

## VARIÁVEIS ESPAÇO-TEMPORAIS DURANTE O ANDAR EM CRIANÇAS

DAVID, Ana Cristina de<sup>1</sup>  
A VILA, Aluisio Otavio Vargas<sup>2</sup>

### RESUMO

O objetivo deste trabalho foi descrever variáveis espaço-temporais do andar em crianças dos seis aos dez anos de idade e relacionar com fatores de crescimento como estatura e comprimento dos membros inferiores. A amostra foi composta de vinte e duas crianças saudáveis que participaram do estudo voluntariamente. Para verificar diferenças nas características do andar em relação à idade os sujeitos foram divididos em quatro grupos: 6-7, 8, 9 e 10 anos. Para o registro das variáveis espaço-temporais (comprimentos e tempos do ciclo e passo) foram utilizadas quatro câmeras de vídeo e duas plataformas de força sincronizadas. A taxa de aquisição das câmeras foi de 60 Hz e a frequência de amostragem dos sinais das plataformas de 600 Hz. As médias das variáveis espaço-temporais foram comparadas entre os grupos através do teste ANOVA one-way. Não foram encontradas diferenças quanto ao sexo para estas variáveis. Diferenças estatisticamente significativas foram notadas para o grupo de 6-7 anos em relação aos outros grupos quanto à algumas variáveis espaço-temporais relativas. Velocidade relativa e cadência maiores foram encontradas para este grupo em relação aos demais. Os resultados encontrados aqui fornecem informações sobre as características do andar em crianças para um período de crescimento regular, que compreende dos seis aos dez anos de idade.

**Unitermos:** andar, crianças, cinemática, cinética, biomecânica, reabilitação.

---

<sup>1</sup>Faculdade de Educação Física - Universidade de Brasília - [acdavid@umb.br](mailto:acdavid@umb.br)

<sup>2</sup>Centro de Educação Física, Fisioterapia e Desportos - Universidade Estadual de Santa Catarina - [d2aova@pobox.udesc.br](mailto:d2aova@pobox.udesc.br)

---

**SPATIO-TEMPORAL DATA DURING WALKING IN CHILDREN****ABSTRACT**

The purpose of this study was to describe spatio-temporal data during walking in children. Twenty-two healthy children participated voluntarily in this study. They were divided in four groups (6-7, 8, 9 and 10 years) for to investigate age-related differences in walking characteristics. Spatio-temporal data were obtained using four video cameras synchronized with two force plates. The rate of the cameras were 60 Hz and the plate was used at a frequency of 600 Hz. Mean values and standard deviations of spatio-temporal characteristics were calculated for each group. Analysis of variance (ANOVA one-way) was used to determine whether there were any significant differences between age-group. Differences were not found for sex in spatio-temporal measurements. Some differences were observed for 6-7 years age group in spatio-temporal variables. Higher relative speed and cadence were detected for this group. These results provided information for a regular growth period and specific data for children aged six to ten.

**Uniterms:** walking, children, kinematics, kinetics, biomechanics, rehabilitation.

---

Um dos estudos mais extensos e conhecidos sobre o desenvolvimento do andar é o de Sutherland et al. (1988), que investigou os processos de mudança e maturação da marcha desde o andar independente até a idade de 7 anos. Seus resultados mostram que a maturação do andar está completa por volta dos 5 anos de idade, embora mudanças devido ao crescimento ocorram até a puberdade. Outros estudos confirmam estes achados (Stolze et al., 1997; Jeng et al., 1997; Öunpuu et al., 1991; Beck et al., 1981; Grieve & Gear, 1966). Enquanto a literatura ainda carece de estudos mais detalhados, abordando a dinâmica do desenvolvimento da marcha desde o andar independente até a sua maturação, dados para crianças de faixas etárias maiores também são escassos (Engsberg et al., 1993; Wheelwright et al. 1993, Todd et al. 1989).

Variáveis cinemáticas durante o andar tem sido registradas mais do que qualquer outro grupo de variáveis (Winter, 1991). No entanto, segundo Zatsiorsky et al. (1994) suas relações ainda não são bem compreendidas. O acesso a essas variáveis auxiliam no diagnóstico de problemas neurológicos e ortopédicos, permitem a avaliação de programas de reabilitação e melhoria da condição física e também o desenvolvimento de produtos como próteses e calçados.

Sabe-se que a idade cronológica não possui uma relação linear com

crescimento. No entanto, por questões práticas, este fator é o mais utilizado para o acesso à mudanças no desenvolvimento. Informações a respeito de padrões da marcha são, na maioria das vezes, relacionadas utilizando-se a idade cronológica como referência. Embora a idade seja a referência, muitas das mudanças nos padrões do caminhar são devido ao crescimento, principalmente nas variáveis espaço-temporais (Sutherland et al. 1988). Apesar disso é difícil encontrar na literatura dados do andar agrupados por faixas etárias de acordo com os períodos de crescimento. Tais dados dariam informações mais representativas da variabilidade que se deve esperar de um determinado grupo de acordo com as faixas etárias.

### **O ciclo do andar**

O termo andar corresponde a um padrão cíclico de movimentos corporais que se repete a cada passo. Em geral as descrições da marcha tratam do que acontece em apenas um ciclo, supondo-se que os ciclos sucessivos são todos iguais. Embora variações possam ocorrer na forma de andar entre indivíduos ou no mesmo indivíduo, devido a mudanças de velocidade ou fatores como calçado, estado emocional e biotipo, existem eventos que são partilhados por todos. Há dois requisitos básicos para o andar: (a) as forças de reação que sustentam o corpo e; (b) o movimento periódico de cada um dos pés de uma posição de apoio para a seguinte, na direção da progressão. Esses requisitos básicos originam movimentos corporais específicos observados durante a locomoção. O ciclo do andar tem sido tradicionalmente dividido em duas fases, a de apoio e de balanço. A fase de apoio pode ser dividida em três fases separadamente: primeiro apoio duplo, apoio simples e segundo apoio duplo. Conforme o corpo transfere o peso para o membro de apoio, ocorrem deslocamentos dos segmentos nos três planos. A cada passo o corpo eleva-se e desce alguns centímetros ao mesmo tempo em que oscila de um lado para outro. Esses movimentos são relacionados entre si de forma sistemática (Inman et al., 1998).

### **A maturação do andar**

A aquisição da habilidade básica do andar depende principalmente do desenvolvimento e amadurecimento dos sistemas nervoso e músculo-esquelético. A infância é a época do aprendizado e do desenvolvimento, com crescimento em tamanho e experiência (Skinner, 1998). A criança ao engatinhar utiliza os membros em uma seqüência típica quadrúpede, ou seja, só avança um dos membros quando os outros três estão apoiados no solo. Isto proporciona a estabilidade de um tripé. Essa estabilidade se perde quando se torna bípede, e embora a locomoção bípede pareça mais simples, requer um controle neural maior (Inman et al., 1998). A idade média

do andar independente tem sido relatada aos dezoito meses de idade (Eckert, 1993), com uma variação de 2 a 3 meses, não havendo diferença quanto ao sexo como relatado por Malina & Bouchard (1991). A compreensão dos padrões de marcha nas crianças depende da complexa interação entre crescimento e desenvolvimento. Alguns fatores tem sido utilizados como indicadores da maturação da marcha, como o contato inicial do pé no solo utilizando-se o calcanhar; a presença da chamada onda de flexão do joelho, que consiste na flexão após o contato do calcanhar e subsequente extensão anteriormente à retirada do pé do solo; e o balanço recíproco dos membros inferiores e superiores. No entanto, como estes indicadores aparecem muito cedo, eles possuem um valor limitado, embora tenham a vantagem de serem de fácil identificação visual.

Sutherland et al. (1980) descrevem cinco determinantes importantes da marcha madura: (1) duração do apoio simples, (2) velocidade do andar, (3) cadência, (4) comprimento do passo, (5) proporção entre a largura da pelve e a largura do passo. Os fatores mais importantes no desenvolvimento do padrão maduro dos determinantes do andar são o comprimento do membro inferior e sua respectiva estabilidade, manifestados pelo aumento do tempo de apoio simples. O padrão maduro da marcha determinado de acordo com estes critérios parece estar bem estabelecido aos três anos de idade, embora as mudanças devido ao crescimento continuem até a puberdade, estabilizando aos vinte anos de idade e permanecendo constantes durante a vida adulta. De acordo com Sutherland et al. (1988), a presença destes cinco determinantes não necessariamente assegura maturação, mas a falta de um deles de forma persistente é um forte indicador de marcha patológica. Para a observação de todos os determinantes é necessário a utilização de técnicas de análise de movimento.

### **Normalização das variáveis do andar**

Para Zatsiorsky et al. (1994) os padrões do andar em crianças variam devido à três fatores: (a) crescimento, ou seja, modificações nas dimensões corporais; (b) maturação; e (c) aquisição de coordenação motora específica. Enquanto as duas últimas são difíceis de separar, as modificações devido ao crescimento devem ser levadas em conta.

Para comparar características do andar entre diferentes indivíduos deve-se normalizar as variáveis de acordo com as dimensões corporais. A normalização das medidas lineares do andar como comprimento do passo e comprimento do ciclo tem sido realizada utilizando-se a estatura ou comprimento de membros inferiores, não havendo, entretanto um consenso na literatura (Wheelwright et al., 1993; Hof & Zijlstra, 1997; Stolze et al., 1997). As variáveis temporais como tempo de apoio e tempo de balanço tem sido apresentadas relativas ao tempo total do ciclo. Alguns

autores como Kirtley et al. apud O'Malley (1996), apresentam argumentos contra o processo de normalização das variáveis cinemáticas e cinéticas do andar. Para os autores a normalização introduz unidades de medidas obscuras e como não há consenso nos métodos a serem utilizados, estes procedimentos não auxiliam no problema de padronização de dados no estudo da locomoção. Para O'Malley (1996), no entanto, quando se está estudando o andar em crianças se torna indispensável a normalização dos dados.) Os valores normalizados devem ser utilizados com cautela devido ao fato das proporções corporais entre crianças normais e crianças portadoras de patologias apresentarem, muitas vezes, grandes diferenças Sutherland (1996).

### **Objetivo do estudo**

O objetivo deste estudo é descrever o comportamento de variáveis espaço-temporais durante o andar, em crianças de 6 a 10 anos de idade, e suas relações com fatores de crescimento como comprimento dos membros inferiores e estatura.

## **METODOLOGIA**

### **Amostra e local do estudo**

A amostra do estudo foi composta por 22 sujeitos, sendo 13 do sexo feminino e 9 do sexo masculino, na faixa etária dos 6 aos 10 anos de idade, pertencentes à Escola Estadual Franklin Roosevelt, da cidade de Florianópolis - SC. Os sujeitos foram divididos em quatro grupos: 6 e 7 anos (N=5), 8 anos (N=6), 9 anos (N=5) e 10 anos (N=6). Para todos os sujeitos foi obtido o consentimento informado dos pais ou responsáveis.

Para verificar o estado de saúde das crianças e história de problemas neurológicos ou músculo-esqueléticos foi aplicado um questionário aos pais ou responsáveis e realizado um exame clínico, anteriormente à coleta de dados propriamente dita. O questionário e o exame clínico utilizados foram adaptados do modelo do *Motion Analysis Laboratory, Children's Hospital and Health Center, San Diego* (Sutherland et al. 1988). Todas as crianças selecionadas mostraram bom estado de saúde, na época da realização da avaliação, e histórico clínico sem problemas neurológicos ou músculo-esqueléticos. Os dados foram coletados no Laboratório de Biomecânica do Centro de Educação Física, Fisioterapia e Desportos da Universidade Estadual de Santa Catarina.

## Procedimentos

Os procedimentos para a coleta foram divididos em duas etapas: primeiramente foi realizada a calibração das câmeras, utilizando-se o método DLT (Transformação Linear Direta), desenvolvido por Abdel-Aziz & Karara (1991), de forma a permitir o cálculo das coordenadas dos pontos relativos aos eventos necessários para o cálculo das variáveis espaço-temporais. Posteriormente, foram realizadas as medidas antropométricas, a filmagem e a aquisição dos sinais nas plataformas. O sistema utilizado foi o *Peak Motus* (*Peak Performance Inc.*) com quatro câmeras de vídeo SVHS e duas plataformas de força AMTI (*Advanced Mechanical Technology Inc.*), sincronizados no tempo, com frequências de amostragem de 60 e 600 Hz, respectivamente. Para medir a estatura e o comprimento dos membros inferiores (desde a crista ilíaca ântero-superior até o maléolo medial) foi utilizada uma trena de metal, com resolução de 0,5 cm, fixada à parede.

## Protocolo experimental

Foi solicitado à criança que percorresse uma distância de 10 metros em linha reta, até um objeto colocado ao final do trajeto. As plataformas foram posicionadas ao nível do solo, na metade da trajetória a ser percorrida pela criança. A velocidade adotada para o andar foi a chamada *velocidade livre*, ou seja, o indivíduo seleciona a sua velocidade preferida para realizar um determinado trajeto. Segundo Larish et al. apud Stolze et al. (1997) e Finley & Cody apud Lobo da Costa (1995), a tendência é a escolha da velocidade em que se tem menor gasto energético. Após a explicação da tarefa à cada criança e de um período de 5 a 10 minutos de adaptação ao ambiente, foi realizada a aquisição dos dados. Todas as crianças realizaram as avaliações descalças (Oeffinger et al., 1999). O deslocamento foi na direção X positivo das plataformas. A tentativa só foi considerada válida se cada um dos pés tocasse em uma das plataformas. Foram realizadas três tentativas para cada sujeito. A taxa de amostragem das imagens foi de 60 Hz e das plataformas de 600 Hz. Os registros das plataformas e imagens foram sincronizados no tempo. O contato inicial do pé direito da criança na primeira plataforma (sinal > 0,7 V) foi o evento utilizado como gatilho (*trigger*) para o início da aquisição dos sinais nas plataformas, ao mesmo tempo em que era gerado um pulso elétrico, enviado às câmeras, consistindo este em um sinal de sincronismo em forma de código de barras vertical, reconhecido posteriormente pelo software de processamento das imagens. A câmera um, a primeira a receber o pulso é chamada *master*, sendo as outras três chamadas escravas (*slaves*).

### Variáveis espaço-temporais

As variáveis espaço-temporais foram calculadas, pelo sistema Peak Motus, através de informações dos seguintes eventos, provenientes das imagens de vídeo e dos sinais das duas plataformas de força:

- Evento 1 - contato inicial do pé direito
- Evento 2 - contato final pé esquerdo
- Evento 3 - contato inicial do pé esquerdo
- Evento 4 - contato final do pé direito

Os eventos são definidos para dois ciclos do andar, um esquerdo e um direito, portanto estes eventos se repetirão por duas vezes, sendo uma delas sobre as plataformas. Aqueles eventos que ocorrem sobre as plataformas são reconhecidos pelo software nos registros dos sinais das forças, os outros tem que serem reconhecidos pelo usuário, definindo-se os quadros das imagens em que tais eventos acontecem. Segundo o estudo de Wall & Crosbie (1996), a técnica de determinar o momento de toque do calcanhar e retirada do pé do solo através de videografia, se mostra altamente confiável e com erros mínimos, quando comparados com os registros da plataforma. Os eventos definidos permitem então obter as variáveis a seguir:

- a) Velocidade: Consiste na taxa de variação da posição com o tempo na direção da progressão. Neste estudo foi utilizada a velocidade média de dois ciclos completos medidos na direção X do sistema de referência absoluto.
- b) Cadência : Representa o número de passos por minuto. Foi calculada de acordo com Whittle (1995):  $(\text{no. de passos} \cdot 60 / \text{tempo})$ .
- c) Tempo total do ciclo: Tempo entre o contato inicial do calcanhar de um dos pés até o contato inicial do calcanhar deste mesmo pé.
- d) Tempo do passo: Tempo entre o contato inicial do calcanhar de um dos pés até o calcanhar inicial do pé contralateral.
- e) Tempo de apoio duplo: Tempo em que os dois pés estão em contato com o solo durante um ciclo do andar, corresponde ao contato inicial do calcanhar de um dos pés até a retirada do pé contralateral.
- f) Tempo de apoio simples: Tempo em que somente um dos pés está em contato com o solo durante o ciclo do andar.
- g) Tempo de apoio: Tempo que vai do contato inicial do calcanhar de um pé até a retirada deste mesmo pé do solo.

As variáveis temporais foram calculados em seus valores relativos (% do tempo total do ciclo).

- h) Comprimento do ciclo: Distância entre o contato inicial do calcanhar de um pé até o próximo contato do calcanhar do mesmo pé, na direção do deslocamento.
- i) Comprimento do passo: Distância entre o contato inicial do calcanhar de um pé até o contato do calcanhar do pé contralateral, na direção do deslocamento.
- j) Largura do passo: Distância entre o centro articular do tornozelo esquerdo e centro articular do tornozelo direito durante o contato inicial de cada pé no solo.

O comprimento do passo foi calculado em seu valor relativo (% do comprimento do ciclo) e o comprimento do ciclo foi normalizado pelo comprimento do membro inferior.

### **Tratamento Estatístico dos Dados**

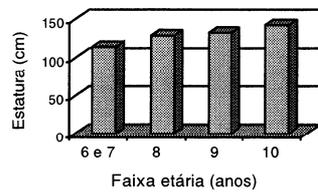
Os dados do estudo, foram tratados estatisticamente, utilizando-se o software Statistica v. 5.0: Para comparar as médias das variáveis espaço-temporais, entre as faixas etárias, foi aplicado a análise de variância one-way (ANOVA), utilizando-se o teste post-hoc de Student-Newman-Keuls para a identificação das diferenças entre os grupos. As comparações entre as médias dos grupos quanto ao sexo e lado direito e esquerdo foi realizada através do test-t de Student. A correlação ou interdependência entre as variáveis antropométricas e espaço-temporais foram verificadas através de análise de regressão.

### **RESULTADOS**

Os itens foram analisados em relação ao número total de sujeitos que participaram deste estudo, e entre as faixas etárias. Os valores encontrados foram comparados com dados disponíveis na literatura para crianças e adultos.

#### **Variáveis antropométricas**

Na Figura 2 à Figura 4 estão representados graficamente os valores de estatura, massa corporal e comprimento dos membros inferiores e identificadas as diferenças estatisticamente significativas entre as diferentes faixas etárias. Estas variáveis foram selecionadas por serem as características de crescimento que mais parecem ter influência em outras características do andar normal como os parâmetros espaço-temporais e força de reação do solo (Beck et al., 1981). O comprimento dos membros inferiores serviu para normalizar as variáveis de distância como comprimento do passo e comprimento do ciclo e a estatura para cálculo da velocidade relativa.



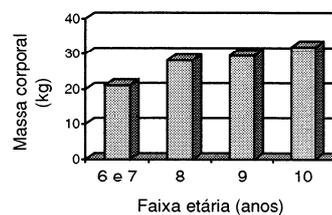
**Figura 2** - Médias da estatura para cada faixa etária

Grupo 6-7  $\neq$  Grupo 8, Grupo 9 e Grupo 10 ( $p < 0.01$ )  
 Grupo 10  $\neq$  Grupo 8 ( $p < 0.02$ ) e Grupo 9 ( $p < 0.05$ )

As diferenças entre os grupos de 6-7 e 8 anos, são maiores do que entre os outros grupos, tanto para a massa corporal, como para a estatura e comprimento dos membros inferiores. Em parte isso poderia ser explicado pelo maior intervalo de idade entre estes dois primeiros grupos.

**Figura 3** - Médias da massa corporal para cada faixa etária.

Grupo 6-7  $\neq$  Grupo 8, Grupo 9 e Grupo 10 para  $p < 0.02$



**Figura 4** - Médias do comprimento dos membros inferiores direito (a) e esquerdo (b) para cada faixa etária.

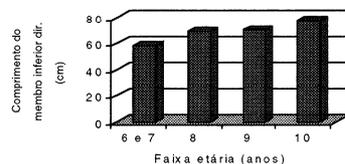
comprimento do membro inferior direito

Grupo 6-7  $\neq$  Grupo 8 ( $p < 0.01$ ), Grupo 9 ( $p < 0.01$ ), e Grupo 10 ( $p < 0.01$ )

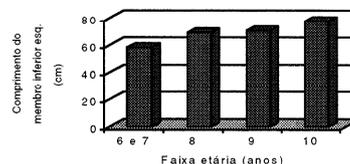
Grupo 10  $\neq$  Grupo 8 ( $p < 0.05$ ) e Grupo 9 ( $p < 0.05$ )

comprimento do membro inferior esquerdo

Grupo 6-7  $\neq$  Grupo 8 ( $p < 0.01$ ), Grupo 9 ( $p < 0.01$ ), e Grupo 10 ( $p < 0.01$ )



(a)



(b)

Embora os intervalos de idades sejam semelhantes entre as faixas etárias de 8, 9 e 10 anos, as menores diferenças de massa corporal, estatura e comprimento dos membros inferiores são encontrados entre o grupo de 8 e 9 anos. Tal fato poderia estar relacionado com o fato de estas faixas etárias apresentarem velocidade de crescimento mais lenta (Eckert, 1993).

### Variáveis espaço-temporais

A Tabela 1 mostra os valores absolutos da cadência e das velocidades absolutas e relativas para os grupos durante dois ciclos completos do andar.

Não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas ( $p > 0,05$ ) entre os grupos quanto à velocidade absoluta, sendo o valor máximo observado, neste estudo, foi para o grupo de 6-7 anos (1,29 m/s). Este valor está acima daqueles registrados por alguns autores (Stolze et al., 1997; Sutherland et al.; 1988; Kato et al., 1997).

A velocidade das crianças tende a ser mais baixa do que a de adultos (Sutherland et al., 1980), como encontrado aqui. Quando comparados os valores da velocidade normalizada pela estatura (velocidade relativa), observa-se que houve diferença estatisticamente significativa entre o grupo de 6-7 anos e os demais. Foley et al. (1979) relataram velocidade média de 0,97 estatura/s em um grupo de crianças de 6 a 13 anos.

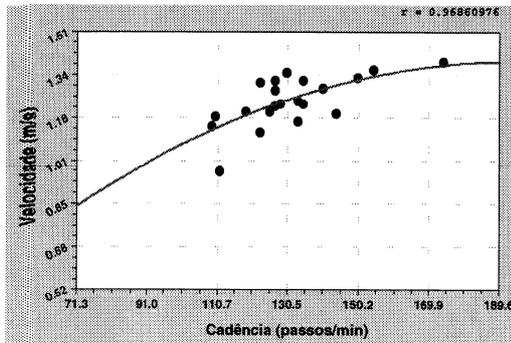
**Tabela 1** - Média e desvio-padrão da cadência e velocidade para diferentes faixas etárias.

	Cadência (passos/min)		Velocidade (m/s)		(estatura/s)	
	Média	Desvio-padrão	Média	Desvio-padrão	Média	Desvio-padrão
6-7 anos (N=5)	149 <sup>a</sup>	17	1,29	0,10	1,13 <sup>b</sup>	0,10
8 anos (N=6)	127	11	1,17	0,10	0,91	0,07
9 anos (N=5)	126	11	1,24	0,09	0,94	0,10
10 anos (N=6)	122	10	1,25	0,08	0,88	0,10
Total (N=22)	130	16	1,24	0,10	0,96	0,13

<sup>a</sup> Grupo 6-7  $\neq$  Grupo 8 ( $p < 0,01$ ), Grupo 9 ( $p < 0,02$ ), e Grupo 10 ( $p < 0,01$ )

<sup>b</sup> Grupo 6-7  $\neq$  Grupo 8 ( $p < 0,01$ ), Grupo 9 ( $p < 0,01$ ), e Grupo 10 ( $p < 0,01$ )

Quanto à cadência, o maior valor (149 passos/min) ocorreu no grupo de 6-7 anos, similar ao encontrado por Sutherland et al. (1988), que foi de  $144 \pm 17$  passos/minuto. Foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre este grupo e os demais.

**Figura 5** - Representação parabólica entre velocidade e cadência.

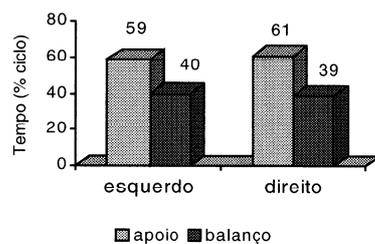
De acordo com Zatsiorsky et al. (1994), vários autores tem estudado a relação entre a cadência e velocidade. Há um certo consenso de que pode-se representar a cadência como uma função linear que varia com a raiz quadrada da velocidade. A Figura 5 ilustra essa relação para os dados de cadência e velocidade deste estudo.

Na Tabela 2 são apresentados os valores máximos, mínimos, as médias e os desvios-padrão para as variáveis espaço-temporais relativas para os 22 sujeitos do estudo.

Não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas ( $p > 0,05$ ) quando comparadas qualquer uma das variáveis espaço-temporais relativas quanto ao sexo feminino e masculino.

As únicas variáveis relativas que apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre os grupos de 6-7, 8, 9 e 10 anos de idade foram o tempo do passo esquerdo, comprimento do passo direito, o comprimento do ciclo esquerdo e comprimento do ciclo direito. As diferenças encontradas para todas as variáveis foram entre o grupo de 6-7 anos e os demais. Estas diferenças podem estar relacionadas à maior velocidade observada neste grupo.

Nas Figuras 6 e 7 são representados os valores temporais do ciclo do andar para os 22 sujeitos da amostra e na Figura 8 as variáveis de distância, também para os 22 sujeitos.

**Figura 6** - Médias do tempo de apoio e balanço relativos ao tempo do ciclo completo do andar (N=22).

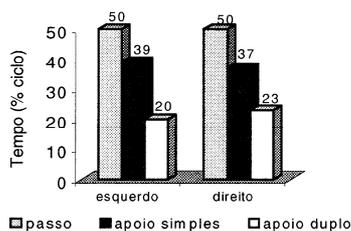
**Tabela 2-** Valores mínimos, máximos, médias e desvios-padrão para as variáveis espaço-temporais relativas (N=22).

	N	Mínimo	Máximo	Média	Dp
Tempo de apoio esquerdo (% ciclo)	22	56,47	63,55	59,40	1,94
Tempo de apoio direito (% ciclo)	22	55,13	63,73	60,79	2,09
Tempo de balanço esquerdo (% ciclo)	22	35,51	43,53	40,28	2,24
Tempo de balanço direito (% ciclo)	22	36,27	44,87	39,36	2,20
Tempo do passo esquerdo* (% ciclo)	22	48,15	52,78	49,99	1,25
Tempo do passo direito (% ciclo)	22	47,06	52,50	49,97	1,44
Tempo de apoio simples esquerdo (% ciclo)	22	36,08	44,87	39,38	2,03
Tempo de apoio simples direito (% ciclo)	22	34,40	41,11	37,87	1,86
Tempo de apoio duplo esquerdo (% ciclo)	22	12,82	26,17	20,17	3,10
Tempo de apoio duplo direito (% ciclo)	22	16,67	28,42	22,81	3,01
Razão entre o tempo de apoio e balanço esquerdo (% ciclo)	22	1,30	1,79	1,48	0,13
Razão entre o tempo de apoio e balanço direito (% ciclo)	22	1,23	1,76	1,55	0,14
Largura do ciclo (% estatura)	22	3,3	13,4	8,7	2,5
Comprimento do ciclo esquerdo* (x M.I.)	22	1,49	1,89	1,68	0,12
Comprimento do ciclo direito* (x M.I.)	22	1,46	1,93	1,65	0,12
Comprimento do passo esquerdo (x M.I.)	22	0,72	0,98	0,84	0,07
Comprimento do passo direito* (x M.I.)	22	0,74	0,98	,084	0,06

\*Variáveis que apresentaram diferença estatisticamente significativas entre os grupos.

A fase de apoio do andar normal tem uma duração aproximada de 60% do tempo total do ciclo e a fase de balanço de 40% (Whittle, 1995). Cada tempo de apoio duplo representaria 10% do tempo do ciclo. Beck et al. (1981) encontrou para crianças de 1 a 15 anos valores típicos de 56% do ciclo para o tempo de apoio e 44% para o tempo de balanço. Estes valores mostram somente pequenas variações com o aumento da idade (39% e 61% do tempo do ciclo para crianças acima de 2 anos de idade), sem diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) na razão entre o tempo de apoio e balanço nas diferentes idades, como também encontrado por Stolze et al. (1997). Neste estudo a razão entre o tempo de apoio e balanço também não mostrou diferenças significativas entre as diferentes faixas etárias (Tabela 2).

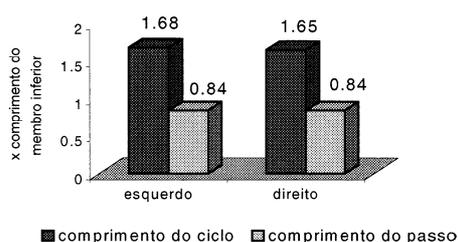
Wheelwright et al. (1993) observaram que a duração do apoio simples relativo aumenta lentamente dos 7 até aproximadamente 10 anos. Valores de 39% à 42% do ciclo foram encontrados. Sutherland et al. (1988) verificou que aos 3 anos e meio de idade as crianças já apresentam valores relativos de apoio simples próximo aos dos adultos (38% do tempo do ciclo). Valores semelhantes foram encontrados neste estudo para as crianças de 6 a 10 anos de idade (Figura 7). O tempo de apoio simples é um importante indicador da habilidade da criança controlar o peso do corpo em um só apoio e valores abaixo dos padrões refletem instabilidade, que estariam relacionadas com problemas no controle motor e instabilidade articular, entre outros (Sutherland et al. 1988).



**Figura 7** - Médias do tempo do passo, apoio simples e apoio duplo relativos ao tempo do ciclo completo do andar (N=22).

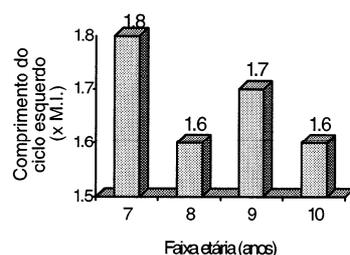
Na Figura 8 estão representados os valores para o comprimento do ciclo e comprimento do passo normalizados pelo comprimento do membro inferior.

**Figura 8** - Médias do comprimento do ciclo e comprimento do passo relativos ao comprimento do membro inferior (N=22).

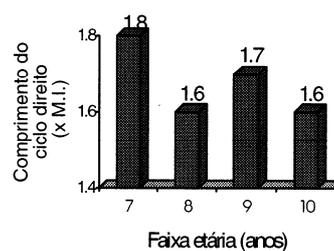


Segundo Beck et al. (1981) o comprimento do ciclo relativo representa aproximadamente 76% o valor da estatura (comprimento do passo sendo igual a 38% da estatura), não sofrendo variações significativas dos 2 aos 14 anos de idade. Os resultados de Wheelwright et al. (1993), são diferentes dos autores anteriores, com o comprimento do passo representando 43% da estatura, em um grupo de 3 à 18 anos de idade. Quando o comprimento do ciclo foi dividido pela estatura, não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas dos 2 aos 16 anos de idade (Beck et al. 1981), o mesmo acontecendo com os dados registrados por Sutherland et al (1988), utilizando o comprimento do membro inferior como fator de normalização para o comprimento do ciclo em crianças de 3 anos e meio até 7 anos. Os valores relativos de comprimento do ciclo aos 7 anos seriam os mesmos encontrados para adultos (Murray et al. 1970).

O'Malley (1996), no entanto, encontrou correlações significativas entre comprimento do ciclo e idade (0,82), comprimento do ciclo e comprimento do membro inferior (0,86) e comprimento do ciclo e estatura (0,86), após a normalização do comprimento do ciclo pelo comprimento do membro inferior. Os dados utilizados foram os de Sutherland et al. (1988), para crianças de 1 à 7 anos de idade. O autor obteve os melhores resultados quando o comprimento do ciclo foi normalizado pela estatura, idade e comprimento do membro inferior simultaneamente.



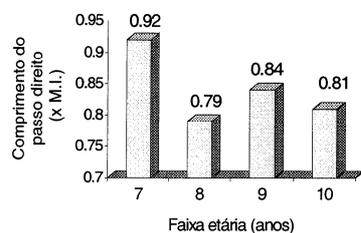
(Figura 9)



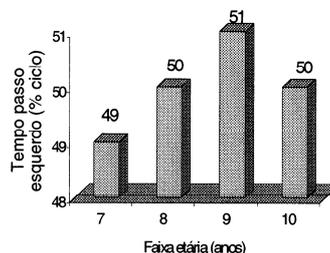
(Figura 10)

**Figura 9** - Médias do comprimento do ciclo esquerdo para cada faixa etária (N=22).  
Grupo 6-7  $\neq$  Grupo 8 e Grupo 10 ( $p < 0.02$ )

**Figura 10** - Médias do comprimento do ciclo direito para cada faixa etária (N=22).  
Grupo 6-7  $\neq$  Grupo 8 e Grupo 10 ( $p < 0.02$ )



(Figura 11)



(Figura 12)

**Figura 11** - Médias do comprimento do passo direito para cada faixa etária (N=22). Grupo 6-7  $\neq$  Grupo 8 ( $p < 0.01$ ), Grupo 9 ( $p < 0.02$ ) e Grupo 10 ( $p < 0.01$ ).

**Figura 12** - Médias do tempo do passo esquerdo para cada faixa etária (N=22). Grupo 6-7  $\neq$  Grupo 9 ( $p < 0.2$ ).

Na Figura 9 à Figura 12 estão representadas as médias das variáveis espaço-temporais relativas que tiveram diferenças estatisticamente significativas entre os grupos. As variáveis que apresentaram diferenças foram o tempo do passo esquerdo, quando considerado o tempo total do ciclo, comprimento do ciclo direito e esquerdo e comprimento do passo direito, quando considerados relativos ao comprimento do membro inferior. Wheelwright et al. (1993) apontam a existência de assimetrias, no andar normal, entre os lados direito e esquerdo, de 8% à 10%. Citam como exemplo a diferença encontrada por eles para o tempo de apoio duplo (9%). Excluídos os erros sistemáticos de medidas, uma possível explicação para o fato seria a dominância lateral dos membros inferiores e diferenças nos tamanhos dos segmentos.

## CONCLUSÕES

Não foram encontradas diferenças nas variáveis espaço-temporais entre os grupos de 8, 9 e 10 anos. Tais fatos demonstram que as características do andar nestas faixas etárias apresentam regularidade e podem ser utilizados os valores médios relativos como referência para populações semelhantes. Os dados apresentados, específicos para cada idade e para um período do crescimento fornecem novas informações a respeito da reprodutibilidade das variáveis biomecânicas do andar.

Algumas variáveis mostraram diferenças significativas entre o grupo de 6-7 anos e os demais. Este grupo apresentou velocidades absolutas e relativas maiores do que os grupos de idades maiores, ao contrário do esperado, e a velocidade interfere

no comportamento destas variáveis. Considerando-se a faixa etária do grupo, fatores maturacionais ou de crescimento podem ser atribuídos à estas diferenças, ou ainda, fatores metodológicos podem ter influenciado os comportamentos da cadência e da velocidade. Sugere-se, então, que estudos semelhantes sejam realizados nesta faixa etária com maior número de sujeitos.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDEL-AZIZ, Y. I. & KARARA, H. M. Direct linear transformation from comparator coordinates into object-space coordinates in close-range photogrammetry. In Symposium on Close-Range Photogrammetry, Urbana – Champaign, Illinois, p. 1-18, 1971.
- BECK, R.J.; ANDRIACCHI, T.P.; KUO, K.N.; FERMIER, R.W. & GALANTE, J.O. Changes in the gait patterns of growing children. *J. Bone and Joint Surgery.*, v. 63-A, p. 1452-, 1981.
- ECKERT, H. M. Desenvolvimento motor. Manole, São Paulo, 1993.
- ENGSBERG, J. R., LEE, A. G.; TEDFORD, K. G. & HARDER, J. A. Normative ground reaction force data for able-bodied and below-knee-amputee children during walking. *J. of Pediatric Orthopedics*, v. 13, n. 2, p. 169-173, 1993.
- FOLEY, C.D.; QUANBURY, A. O. & STEINKE, T. Kinematics of normal child locomotion – a statistical study based on TV data. *J. of Biomechanics*, v. 12, p. 1-6, 1979.
- GRIEVE, D.W. & GEAR, R. J. The relationships between length of stride, step frequency, time of swing and speed of walking for children and adults. *Ergonomics*, v. 5, n. 9, p. 379-399, 1966.
- HOF, L. & ZIJLISTRA, W. Comment on “Normalization of temporal-distance parameters in pediatric gait” - Letter to the editor. *J. of Biomechanics*, v. 30, n. 3, p. 299, 1997.
- INMANN, V. T.; RALSTON, H. J. & TODD, F. A locomoção humana. In: Rose, J. & Gamble, J.G. (eds). *Marcha Humana*. 2 ed. São Paulo: Editorial Premier, 1998, p. 1-21.

- JENG, S.; LIAO, H. LAI, J. & HOU, J. Optimization of walking in children. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, v. 29, n. 3, p. 370-376, 1997.
- KATOH, M; MOCHIZUKI, T. & MORIYAMA, A Changes of sagittal-plane ankle motion and ground reaction force (fore-aft shear) in normal children aged four to 10 years.. *Developmental Medicine & Child Neurology*, v. 35, p. 417-423, 1993.
- LOBO DA COSTA , P.H. Abordagem biomecânica da locomoção: parâmetros da função coordenativa em crianças durante o subir e descer escadas e o andar no plano. Dissertação (Mestrado em Educação Física). São Paulo: Escola de Educação Física, Universidade de São Paulo, 1995.
- MALINA, R.M. & BOUCHARD, C. Growth, maturation and physical activity. *Human Kinetics*, Champaign, 1991.
- MURRAY, L. M., KORY, R. S. & SEPIC, S.B. Walking patterns of normal women. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, v. 51/11, p. 637-650 , 1970.
- OEFFINGER, D.; BRAUCH, B.; CRANFILL, C.; HISLE, C.; WYNN, C.; HICKS, R. & AUSGSBURGER, S. Comparison of gait with and without shoes in children. *Gait & Posture*, v. 9, n. 2, p. 95-100, 1999.
- O'MALLEY, M. J. Normalization of temporal-distance parameters in pediatric gait. *J. of Biomechanics*, v. 29, n. 5, p. 619-625, 1996.
- ÕUNPUU, S.; GAGE, J.R. & DAVIS, R.B. Three-dimensional lower extremity joint kinetics in normal pediatric gait. *J. of Pediatric Orthopaedics*, v. 11, p. 341-349, 1991.
- SKINNER, S. Desenvolvimento da marcha. In: Rose, J. & Gamble, J.G. (eds). *Marcha humana*. 2 ed. São Paulo: Editorial Premier, 1998, p. 129-146.
- STOLZE, H.; KUHTZ-BUSCHBECK, J.P.; MONDWURF, C.; BOCZEK, A.; JÖHNK, K.; DEUSCHL, G. & ILLERT, M. Gait analysis treadmill and overground locomotion in children and adults. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, v. 105, p. 490-497, 1997.
- SUTHERLAND, D. H., OLSHEN, R. A., LES COOPER, B. A.; BIDEN & WOO, S. L.-Y. *J. Bone and Joint Surgery*, v. 62-A, p.336-353, 1980.

- SUTHERLAND, D. H., OLSHEN, R. A., BIDEN, E. N., WYATT, M. P. The development of mature walking. Oxford, Mac Keith, 1988.
- SUTHERLAND, D. H.; KAUFMAN, K. R., CAMPBELL, K., AMBROSINI, D. & WYATT, M. Clinical use of prediction regions for motion analysis. *Child Neurology*, v. 38, n. 9, 1996.
- TODD, F. N., LAMOREUX, L. W., SKINNER, S. R., JOHANSON, N. P., ST. HELEN, R., MORAN, S. A., & ASHLEY, R. K. Variations in the gait of normal children. *J. Bone and Joint Surgery.*, v. 71-A, p. 196-204, 1989
- WALL, J.C. & CROSBIE, J. Accuracy and reliability of temporal gait measurement. *Gait and Posture*, v. 4, p. 293-296, 1996.
- WHEELWRIGHT E.F.; MINNS, R.A; LAW, H.T. & ELTON, R.A Temporal and spatial parameters of gait in children. I: normal control data. *Developmental and Medicine & Child Neurology*, v. 35, p. 102-113, 1993.
- WHITTLE, M. *Gait analysis - an introduction*. Butterworth Heinemann, Oxford, 1995.
- WINTER, D. A. *The biomechanics and motor control of human gait: normal, elderly and pathological*. University of Waterloo Press, Waterloo, 2<sup>a</sup>. ed., 143 p., 1991.
- ZATSORSKY, V.M.; WERNER, S.L. & KAIMIN, M. A. Basic kinematic of walking. Step length and step frequency. A review. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, v. 34, n. 2, p. 109-134, 1994.