

Análise cinemática da marcha na esteira de crianças e adolescentes saudáveis

Miriã Cristina Rodrigues Monteiro^{1*} (IC), Cibelle Kayenne Martins Roberto Formiga¹ (PQ). Flávia Martins Gervásio. ¹ (PQ).

E-mail: mi.mont.cris@gmail.com

1 Universidade Estadual de Goiás- Campus ESEFFEGO Av. Anhanguera, 3228 Setor Leste Universitário, Goiânia-GO, 74643-010.

Resumo: O estudo teve o objetivo de analisar os parâmetros cinemáticos angulares da marcha na esteira de crianças e adolescentes saudáveis e verificar as diferenças existentes considerando a idade, o sexo, o índice de massa corporal (IMC) e a dominância pedal dos participantes. O estudo foi analítico transversal, com a amostra constituída por 78 crianças saudáveis, de ambos os sexos, com idades entre 8 a 14 anos, regularmente matriculada no Colégio de Aplicação do IEG, em Goiânia (GO). Foi realizada a análise da marcha com auxílio de câmeras de infravermelho e software MyoVideo. As variáveis cinemáticas angulares (quadril, joelho, tornozelo e tronco) foram comparadas pelo Teste T de Student para amostras independentes. Em todas as análises foi considerado o nível de significância $p < 0,05$. O estudo concluiu que houve diferenças nos parâmetros angulares da marcha de crianças e adolescentes de acordo com o sexo, IMC e dominância pedal dos participantes, principalmente para o tronco e articulação do quadril, em que os meninos e os destros pedais tiveram maior amplitude de movimento durante a caminhada controlada na esteira.

Palavras-chave: Biomecânica. Marcha. Desenvolvimento Motor.

Introdução

A marcha utiliza uma sequência de repetições de movimento do membro para mover o corpo para frente enquanto, simultaneamente, mantém a postura estável. Quando o corpo se move para frente, um membro serve como fonte móvel de apoio enquanto o outro membro avança para uma nova posição de apoio. Em seguida, os membros invertem seus papéis. Para a transferência do peso do corpo de um membro para o outro, ambos os pés então em contato com o solo. Essa série de eventos é repetida até que o destino do indivíduo seja alcançado (PERRY, 2005).

As técnicas de imagem são utilizadas para auxiliar profissionais e pesquisadores na avaliação biomecânica. Atualmente, as técnicas mais usadas para avaliação da marcha são fotografia, videografia e cinematografia. A análise da marcha é importante na prática clínica e é usada para determinar se um paciente precisa de cirurgia, para avaliar os resultados pós-operatórios e para determinar quando os resultados precisam ser monitorados (LEE; LIM, 2017).

A marcha é classificada em ciclos divididos em dois períodos. O período do apoio acontece quando o pé está em contato com o chão e o período de balanço que ocorre quando o pé não está em contato com o chão. Existem subdivisões para os períodos da marcha. Para o período do apoio são divididas em: *duplo apoio inicial* que marca o começo do ciclo da marcha, é o momento no qual ambos os pés estão no solo depois de um contato inicial. *Apoio simples do membro* acontece quando o pé oposto é elevado para o balanço, durante esse período o peso total do corpo permanece no membro de apoio. *Duplo apoio terminal* inicia-se com o contato do solo e o outro pé e continua até o momento que o outro membro original do apoio é elevado para o balanço (PERRY, 2005).

No ser humano normal, um padrão de marcha é adquirido na infância e com a prática, o sistema sensorio motor, torna-se muito adaptado e gera automaticamente um conjunto repetitivo de comando de controle motor, para permitir a pessoa caminhar sem esforço consciente. No contexto das variáveis angulares à medida que ocorre o ciclo da marcha deslocamentos articulares acontecem no espaço (RIBAS, et. al 2006). Na área da Fisioterapia, frequentemente tem sido usado o treino de marcha na reabilitação de crianças e adolescentes com sequelas neurológicas, tais como a paralisia cerebral (PC) (MARTINELLO et al., 2014) e Síndrome de Down. (COPETTI et al., 2007). O treino de marcha pode ocorrer no solo, na água e com utilização de equipamentos eletrônicos como, por exemplo, a esteira ergométrica.

Além do treino específico da marcha, outras terapias têm sido usadas na área neurológica para melhorar a marcha de crianças e adolescentes. O estudo realizado por Copetti et al. (2007) investigou a influência do tratamento de equoterapia no comportamento angular do tornozelo e joelho durante a marcha em três crianças com Síndrome de Down do sexo masculino, com média de idade de 7,3 anos. O estudo considerou que para esse grupo as atividades de estimulação motora fornecidas pelas sessões de equoterapia proporcionaram alterações consideráveis nas variáveis angulares do tornozelo e joelho, melhorando na qualidade do andar, atuando de maneira mais eficiente no movimento do tornozelo e com pouco efeito sobre o joelho.

No estudo de Martinello et al., (2014) analisaram-se as características cinemáticas da marcha de uma criança com diplegia espástica durante a deambulação auxiliada por diferentes modalidades de apoio (apoio de uma muleta,

duas muletas e cintura escapular) e assim determinar com base nas características biomecânicas da marcha a forma mais adequada de treinar a deambulação de uma criança com diplegia espástica. O estudo verificou que a marcha com duas muletas seria a modalidade de apoio mais indicada, considerando-se a funcionalidade e a independência da criança. Porém, a marcha com apoio na cintura escapular pode ser indicada para o treinamento de marcha durante a prática clínica por estimular diferentes parâmetros espaço-temporais e angulares.

Com base nos estudos levantados, verifica-se que há necessidade na literatura da identificação dos padrões de marcha de crianças e adolescentes saudáveis visando contribuir para novos parâmetros de normalidade para estudos comparativos com crianças com problemas neurológicos que afetam a locomoção. O estudo teve o objetivo de analisar os parâmetros cinemáticos angulares da marcha na esteira de crianças e adolescentes saudáveis e verificar as diferenças existentes considerando a idade, o sexo, o índice de massa corporal (IMC) e a dominância pedal dos participantes.

Material e Métodos

O estudo foi analítico transversal, com a amostra constituída por 78 crianças saudáveis, de ambos os sexos, com idades entre 8 a 14 anos, regularmente matriculada no Colégio de Aplicação do IEG, em Goiânia (GO).

Para a realização da coleta dos dados foram utilizados os seguintes materiais e instrumentos: Duas câmeras Logitech HD Pro – alta resolução; Sistema MR3 Noraxon ® 0 MyoVideo; 25 Marcadores reflexivos; fita adesiva, esteira ergométrica, balança com estadiômetro e ficha de anamnese. Todas as crianças do estudo foram avaliadas quanto ao peso, altura e anotada dados pessoais de idade, sexo e dominância manual e pedal em uma ficha individual.

O procedimento de coleta foi realizado conforme o protocolo da Myo Video para avaliação da marcha na esteira descrita a seguir. Inicialmente a pele da criança foi limpa com algodão e álcool removendo sujidade, creme, óleo, quaisquer substâncias na superfície da pele que impeça a fixação dos marcadores. Foi necessário que para a coleta a criança estivesse com o mínimo de roupa possível para coleta perfeita da amplitude de movimento de cada articulação durante a marcha. Sendo os meninos com bermuda curta e as meninas com top e bermuda curta.

Posteriormente, foram fixados vinte e cinco marcadores reflexivos em pontos anatômicos específicos sendo eles em membros inferiores (trocânter maior do fêmur, terço médio da linha articular do joelho, bordo inferior do maléolo lateral e cabeça do quinto metatarsiano), nos membros superiores (acrômio, epicôndilo lateral, processo estilóide do rádio), na pelve (espinhas ilíacas ântero superiores, espinhas ilíacas pósteros superiores), no tronco (esterno no processo xifoide, processo espinho das vertebrae C7, T1, T3, T12), e em cabeça (trago).

A técnica dos marcadores de movimento consiste em colocar marcadores na superfície da pele em locais que representem com precisão as ações das articulações subjacentes. Esses marcadores são registrados pelas câmeras e suas posições convertidas em dados de movimento por complexos programas de computador (PERRY, 2005).

As câmeras Logitech HD Pro, foram colocadas uma em cada lado da esteira pegando toda a esteira e a criança dos pés à cabeça. Antes de cada coleta elas se alto calibram. E então a criança foi posicionada sobre a esteira com apoio dos membros superiores e em uma velocidade alto selecionada de 2,7 metros/segundos, garantindo uma marcha sincrônica com ritmicidade contínua e bom controle. Quando a criança se adaptou solicitou que a mesma soltasse os braços e foi realizada uma coleta de trinta segundos andando livremente na esteira.

Após as filmagens de todas as crianças, cada vídeo foi analisado para a extração das variáveis cinemáticas angulares de acordo com o ciclo normal da marcha. Todo o conjunto de dados coletados pelos instrumentos utilizados foram organizados em uma planilha eletrônica do Excel®. Após a preparação de toda a planilha os dados foram transferidos para uma planilha do SPSS - *Statistical Package for Social Sciences* (versão 23.0) e processadas as análises estatísticas descritiva e inferencial. As variáveis cinemáticas angulares (quadril, joelho, tornozelo e tronco) foram comparadas pelo Teste T de Student para amostras independentes. Os grupos comparados foram idade (crianças e adolescentes), sexo (masculino e feminino), índice de massa corporal (IMC – classificação em eutróficos e sobrepeso/obesos) e dominância pedal (direita e esquerda) dos participantes. Em todas as análises foi considerado o nível de significância $p < 0,05$.

Resultados e Discussão

Os resultados obtidos revelaram que a amostra de participantes estava proporcionalmente distribuída quanto a idade (50% entre 8 e 12 anos e 50% entre

13 e 17 anos), com 56% de crianças do sexo feminino e 70% classificados como eutróficos pelo IMC e 88% possuíam dominância pedal do lado direito (Tabela 1).

Os resultados dos parâmetros cinemáticos angulares quanto às três variáveis analisadas (sexo, IMC e dominância pedal) estão apresentados nas Tabelas 2, 3 e 4. É importante ressaltar que foram descritos nas tabelas os resultados principais para cada item importante do ciclo da marcha de acordo com as três articulações estudadas (quadril, joelho e tornozelo). Comparando os parâmetros em relação a idade dos participantes, não houve diferença estatisticamente significativa em nenhuma articulação em todas as fases do ciclo da marcha analisados.

Tabela 1. Descrição das características da amostra do estudo (n=78).

Características	Valores
Idade (Média - DP)	12,6 - 1,5
Grupos pela Idade (f - %)	
Crianças (8 a 12 anos)	39 - 50%
Adolescentes (13 a 17 anos)	39 - 50%
Grupos pelo Sexo (f - %)	
Feminino	44 - 56%
Masculino	34 - 44%
Peso (Média - DP)	50,3 - 13,8
Altura (Média - DP)	1,57 - 0,11
IMC (Média - DP)	20,0 - 3,57
Grupo pelo IMC (f - %)	
Eutróficos	55 - 70%
Sobrepesos e Obesos	23 - 30%
Grupos pela Dominância Pedal (f - %)	
Direita	69 - 88%
Esquerda	9 - 12%

Fonte: Autores

De acordo com a Tabela 2, os parâmetros avaliados revelaram que nas articulações avaliadas (tronco do lado D, quadril D/E e tornozelo D) os meninos tiveram maior angulação nos movimentos da marcha em relação às meninas. Na análise quanto ao IMC, verificou-se que apenas uma articulação foi influenciada pelas diferenças entre o IMC dos participantes, indicando que as crianças

classificadas com sobrepeso e obesidade aumentaram a amplitude do movimento do quadril E balanço inicial (Tabela 3).

Quanto a análise da dominância pedal, os participantes com dominância pedal direita tiveram maior angulação para o movimento do tronco e joelho E nas fases de contato do pé no solo. Por sua vez, nas fases de balanço as crianças com dominância pedal direita (destros) tiveram maior amplitude de movimento articular para tronco e joelho esquerdo, indicando que eles fazem a transferência de peso para o lado da dominância quando o corpo está mais instável durante a caminhada na esteira.

Tabela 2. Parâmetros cinemáticos angulares da marcha quanto ao sexo dos participantes

Articulação	Fases da Marcha	Ângulo Articular		Valor de p*
		Feminino Média (DP)	Masculino Média (DP)	
Tronco (MID)	Apoio Médio	3,43 (6,3)	8,85 (9,6)	0,004
	Quadril (MID)	6,11 (6,4)	9,44 (7,2)	0,035
Quadril (MIE)	Balanço Final	4,50 (6,2)	8,38 (4,7)	0,003
	Contato Inicial	18,95 (6,1)	14,94 (9,0)	0,031
	Apoio Médio	6,70 (6,4)	11,0 (6,8)	0,006
	Balanço Inicial	0,70 (4,7)	5,62 (8,2)	0,003
Tornozelo (MID)	Balanço Final	6,98 (4,7)	9,94 (4,7)	0,008
	Balanço Inicial	-0,05 (7,3)	3,83 (8,7)	0,036

Fonte: Autores. Legenda: DP: Desvio Padrão; MID: membro inferior D; MIE: membro inferior E. *Teste T de Student para grupos independentes.

O presente estudo analisou a marcha na esteira de uma amostra de crianças e adolescentes saudáveis de uma escola pública da cidade de Goiânia. Além de avaliar os parâmetros angulares de marcha nos movimentos do tronco, quadril, joelho e tornozelo, o estudo analisou as diferenças nas amplitudes de movimento de acordo com as variáveis idade, sexo, classificação do índice de massa corporal (IMC) e lado da dominância pedal dos participantes.

Tabela 3. Parâmetros cinemáticos angulares da marcha quanto ao IMC dos participantes

Articulação	Fases da Marcha	Ângulo Articular	Valor de p*
-------------	-----------------	------------------	-------------

		Eutróficos	Sobrepesos/Obesos	
		Média (DP)	Média (DP)	
Quadril (MIE)	Contato Inicial	17,13 (6,9)	17,39 (9,5)	0,892
	Apoio Final	-13,36 (12,8)	-12,65 (8,9)	0,810
	Balanço Inicial	1,67 (6,1)	5,65 (7,9)	0,019*
	Balanço Final	7,78 (5,1)	8,96 (4,5)	0,43

Fonte: Autores. Legenda: DP: Desvio Padrão; D: membro inferior D; E: membro inferior E. *Teste T de Student para grupos independentes.

Tabela 4. Parâmetros cinemáticos angulares da marcha quanto a dominância pedal dos participantes

Articulação	Fases da Marcha	Ângulo Articular		Valor de p*
		Direita Média (DP)	Esquerda Média (DP)	
Tronco (MID)	Contato Inicial	-12,06 (9,5)	-20,11 (6,4)	0,017
	Balanço Inicial	12,92 (6,7)	7,0 (9,2)	0,022
Tronco (MIE)	Apoio Final	18,64 (8,5)	12,44 (7,8)	0,043
	Balanço Inicial	13,17 (6,3)	8,33 (6,1)	0,033
Joelho (MIE)	Contato Inicial	-6,94 (9,4)	-15,56 (9,8)	0,013
	Balanço Médio	-12,48 (8,0)	-19,78 (11,2)	0,017
	Balanço Final	3,41 (6,7)	-1,67 (9,6)	0,048

Fonte: Autores. Legenda: DP: Desvio Padrão; MID: membro inferior D; MIE: membro inferior E. *Teste T de Student para grupos independentes.

O estudo concluiu que não houve diferença nos parâmetros angulares de crianças de acordo com a idade, porém para as variáveis sexo, IMC e dominância pedal dos participantes foram encontradas diferenças principalmente para o tronco e articulação do quadril, em que os meninos e os destros tiveram maior amplitude de movimento durante a caminhada controlada na esteira.

Morais Filho, Reis e Kawamura (2010), descreveram o padrão de movimento dos joelhos e tornozelos na fase de apoio em grupos etários diferentes, com a proposta de identificar como estes parâmetros comportam-se durante a maturação da marcha normal. A amostra foi composta por 51 indivíduos normais que foram divididos em dois grupos (crianças com média de 9,7 anos e adultos com média de 25 anos). Os resultados obtidos mostraram que o grau de flexão de joelhos ao

contato inicial foi maior no grupo de crianças quando comparado com o grupo de adultos, concluindo que as crianças apresentaram um maior grau de flexão dos joelhos ao contato inicial, na primeira onda de flexão no apoio, e na flexão mínima no apoio quando comparados com adultos. Estes resultados foram discordantes do presente estudo, pois não foi observada diferença entre as angulações articulares entre os grupos divididos pela faixa etária. Possivelmente, a diferença deve estar relacionada a maior discrepância de idade e maturação do indivíduo.

De acordo com Santos et al. (2007), ao avaliar as diferenças no padrão da marcha em esteira, de idosos de ambos os gêneros, ativos e sedentários, encontraram velocidades diferenciadas com superioridade do gênero masculino em relação ao feminino. Segundo os autores, esses resultados demonstram que os homens apresentaram maiores valores nas variáveis que dependem da força e da amplitude, possivelmente associado às características de locomoção, dependentes dos aspectos antropométricos. Sendo assim podemos afirmar que quanto maior a força, velocidade e amplitude de movimento do indivíduo, maior será a angulação de cada articulação em diferentes fases da marcha (MANN; TEIXEIRA; MOTA, 2008).

No estudo de Patiño et al.,(2007) foi verificado a influência de um sistema de incremento de peso de 0, 10, 20 e 30% do peso corporal e sem uso do colete de suporte de peso, sobre as características cinéticas da marcha em velocidade auto selecionada de indivíduos adultos jovens. Segundo os autores, o padrão da marcha de adultos jovens é parcialmente afetado pelo incremento do peso corporal. Este resultado vem de acordo com o do presente estudo, em que as crianças e adolescentes que apresentaram a classificação de sobrepeso e obesidade tiveram maior amplitude de movimento no quadril E na fase de balanço inicial durante a marcha.

Carneiro et al., (2009) analisou as características cinemáticas e dinamométricas da marcha de três crianças entre 11 e 12 anos no ambiente aquático. Os resultados angulares apresentaram que a ausência de um arco de movimento verificado no deslocamento angular do tornozelo no ambiente aquático foi observada durante a fase de resposta à carga (12% do ciclo da marcha no ambiente terrestre) quando não ocorre a onda de flexão plantar comumente observada no ambiente terrestre. Os autores concluíram que a análise das variáveis cinemáticas e cinéticas mostrou diferenças entre a marcha de crianças no ambiente

terrestre a aquático e os valores de ADM de tornozelo e joelho foram semelhantes entre ambiente terrestre e aquático ou até maiores no caso do joelho.

Em relação ao presente estudo, acredita-se também que a marcha na esteira pode ter alterado o padrão natural de caminhar das crianças e adolescentes participantes, particularmente, naqueles que não possuíam nenhuma experiência prévia de caminhar numa esteira ergométrica. Neste sentido, a marcha e suas angulações podem ter sido alteradas pela influência do ambiente de exame.

Apesar destas limitações, acredita-se que a marcha na esteira se constitui uma ferramenta valiosa tanto na avaliação quanto no treinamento locomotor de crianças com sequelas locomotoras, tais como a PC. O treino de marcha em esteira melhora a função motora grossa, velocidade da marcha e mobilidade assistiva para crianças com PC, pois a esteira oferece uma oportunidade para treinar repetida e intensamente todo o ciclo da marcha e facilitar um melhor padrão durante o treino (SU; CHUNG; CHOW, 2013).

No estudo de Grecco et al. (2013), foi comparado os efeitos do treinamento na esteira e no treino terrestre em crianças com PC. O treinamento no solo e na esteira resultou em melhorias do equilíbrio funcional e estático. No entanto, o treino da esteira resultou em maior melhora do equilíbrio funcional e menor oscilação mediolateral com olhos abertos em crianças com PC, pois a esteira permite uma marcha contínua e menor gasto de energia do corpo para o deslocamento.

Considerações Finais

O estudo concluiu que houve diferenças nos parâmetros angulares da marcha de crianças e adolescentes de acordo com o sexo, IMC e dominância pedal dos participantes, principalmente para o tronco e articulação do quadril, em que os meninos e os destros pedais tiveram maior amplitude de movimento durante a caminhada controlada na esteira. Os resultados podem contribuir para novos parâmetros de normalidade ao fornecer dados para comparações de estudos com crianças com patologias específicas que afetam o sistema locomotor.

Agradecimentos

Agradeço ao apoio financeiro do CNPq para o desenvolvimento da pesquisa.

Referências

CARNEIRO, L. C. et al. Kinematics and dynamometrics characteristic of children ' s gait in

- the aquatic environment. **Fisioterapia em movimento**, v. 22, n. 3, p. 427–438, 2009.
- COPETTI, F. et al. Comportamento angular do andar de crianças com Síndrome de Down após intervenção com equoterapia. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, v. 11, n. 6, p. 503–507, 2007.
- GRECCO, L. A. C. et al. Effect of treadmill gait training on static and functional balance in children with cerebral palsy: A randomized controlled trial. **Brazilian Journal of Physical Therapy**, v. 17, n. 1, p. 17–23, 2013.
- LEE W. H., LIM S. Y., Comparison of accelerometer-based and treadmill-based analysis systems for measuring gait parameters in healthy adults. **The Journal of Physical Therapy Science**. v. 29: 651–653, 2017
- MANN, L.; TEIXEIRA, C.; MOTA, C. A marcha humana: interferências de cargas e de diferentes situações. **Arquivos de Ciências da Saúde UNIPAR**, p. 257–264, 2008.
- MARTINELLO, M. et al. Parâmetros cinemáticos da marcha de criança com paralisia cerebral: Comparação entre diferentes formas de apoio. **Cadernos de Terapia Ocupacional, UFSCar**. v.22, n.1, p. 137–143, 2014.
- MORAIS FILHO, M. C.; REIS, R. A. DOS; KAWAMURA, C. M. Avaliação do padrão de movimento dos joelhos e tornozelos durante a maturação da marcha normal. **Acta Ortopédica Brasileira**, v. 18, n. 1, p. 23–25, 2010.
- PATIÑO, M.S ; GONÇALVES, A.R; MONTEIRO, BC; SANTOS, IL; BARELA , JA; BARELA, A. Características cinemáticas, cinéticas e eletromiográficas do andar de adultos jovens com e sem suporte parcial de peso corporal. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, v. 11, , p. 19–25, /fev. 2007, 2007.
- PERRY, J. **Análise de Marcha: Marcha Normal**. Manole, SP, v.2, 2005.
- RIBAS D. I. R., ISRAEL V. L., MANFRA E.F., ARAÚJO C. C. Estudo comparativo dos parâmetros angulares da marcha humana em ambiente aquático e terrestre em indivíduos hígidos adultos jovens. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**. v.13, n.6, 2006.
- SANTOS, D. M., MELO, S. I. L. CARNEIRO, L. C., ANDRANDE, M. Características da marcha de idosos considerando a atividade física e o sexo. **Fisioterapia e Movimento**, v. 21, n.4, p.137-148, 2008.
- SU, I. Y.; CHUNG, K. K.; CHOW, D. H. Treadmill training with partial body weight support compared with conventional gait training for low-functioning children and adolescents with nonspastic cerebral palsy: A two-period crossover study. **Prosthetics and Orthotics International**, v. 37, n. 6, p. 445–453, 2013.