

Padrão cinemático do joelho durante a marcha de crianças com síndrome de Down por classificação etária

Kinematics pattern of knees in the gait of children with Down Syndrome according to age
Estándar cinemático de la rodilla durante la marcha de los niños con síndrome de Down por clasificación por edades

Bruna Felix Apoloni¹, Pedro Paulo Deprá²

RESUMO | Desordens no padrão motor da marcha têm sido comumente encontradas em indivíduos com síndrome de Down. O presente estudo avaliou o comportamento angular do joelho de crianças com síndrome de Down ao longo de vinte e quatro meses de acompanhamento. A amostra foi constituída por 20 crianças, de ambos os sexos, com idade entre 24 e 83 meses. A tarefa proposta foi caminhar em linha reta, na velocidade autosseleccionada. O modelo biomecânico foi representado pelo posicionamento externo de marcadores retrorrefletivos nas articulações trocânter maior do fêmur, centro articular do joelho e maléolo lateral do hemicorpo direito. Para registro e análise biomecânica utilizou-se a cinemetria bidimensional. Para análise dos dados utilizou-se análise descritiva e os testes comparativos Anova One-Way e Kruskal-Wallis. Não foram encontradas diferenças significativas nos valores angulares do joelho entre diferentes faixas etárias. As crianças analisadas apresentaram valores regulares para a flexão máxima do joelho no contato inicial e a flexão máxima do joelho na fase de balanço apresentou flexão excessiva ao longo do tempo.

Descritores | Síndrome de Down; Marcha; Joelho.

ABSTRACT | Disabilities in the gait motor pattern have been commonly found in individuals with Down Syndrome. This study evaluated the knee angle behavior

of children with Down Syndrome for 24 months. The sample comprised 20 male and female children aged between 24 and 83 months. Participants had to walk straight in a speed of preference. We represented the biomechanical model by the external positioning of retroreflective markers in the greater trochanter of the femur, in the knee joint center, and the lateral ankle joint of the right hemibody. For registration and biomechanical analysis, we used two-dimensional kinematics. For data analysis, we used descriptive and comparative analysis of One-Way ANOVA and Kruskal-Wallis tests. There were no significant differences in the knee angle values between different ages. The examined children showed regular values for knee maximum flexion at initial contact and knee maximum flexion at the swing phase, and excessive flexion over time.

Keywords | Down syndrome; Gait; Knee.

RESUMÉN | Desordenes en el patrón motor de la marcha están siendo comúnmente encontrados en los individuos con síndrome de Down. El presente estudio evaluó el comportamiento angular de la rodilla de niños con síndrome de Down a lo largo de veinticuatro meses de acompañamiento. La muestra fue constituida por 20 niños, de ambos sexos, con la edad entre 24 y 83 meses. La tarea propuesta fue la de caminar en línea recta, en la velocidad autoseleccionada. El modelo

Estudo desenvolvido no Laboratório de Biomecânica e Comportamento Motor do Departamento de Educação Física da Universidade Estadual de Maringá – Maringá (PR), Brasil.

¹Mestranda do programa de Pós-graduação associado em Educação Física UEM/UEL da Universidade Estadual de Maringá (UEM) – Maringá (PR), Brasil.

²Professor Doutor do programa de Pós-graduação associado em Educação Física UEM/UEL da Universidade Estadual de Maringá (UEM) – Maringá (PR), Brasil.

Endereço para correspondência: Bruna Felix Apoloni – Rua Osaka, 311, Jardim Imperial II, Maringá (PR) – CEP 87023-100 – Telefone: (44) 3305-7542 – E-mail: felixapoloni@gmail.com – Fonte de financiamento: CNPQ, Finep e Seti-PR – Conflito de interesse: Nada a declarar – Apresentação: 1 dez. 2016 – Aceito para publicação: 1 jul. 2017 – Aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos (COPEP) da Universidade Estadual de Maringá (UEM) sob o parecer nº 434/2008.

biomecânico fue representado por el posicionamiento externo de los marcadores retrorreflectantes en las articulaciones trocánter mayor del fémur, centro articular de la rodilla y maléolo lateral del hemicuerpo derecho. Para el registro y el análisis biomecánico se utilizó la cinemetría bidimensional. Para el análisis de los datos se utilizó el análisis descriptivo y las pruebas comparativas Anova One-Way y Kruskal-Wallis.

No fueron encontradas diferencias significativas en los valores angulares de la rodilla entre distintas franjas de edad. Los niños analizados presentaron valores regulares para la flexión máxima de la rodilla en el contacto inicial y la flexión máxima de la rodilla en la etapa de balanceado que presentó flexión excesiva a lo largo del tiempo.

Palabras clave | Síndrome de Down; Marcha; Rodilla.

INTRODUÇÃO

A síndrome de Down é decorrente de uma anomalia genética, ocasionada em grande parte pela divisão celular irregular do cromossomo 21¹. Indivíduos com tal anomalia genética podem desenvolver atrasos na aprendizagem, dificuldades cardíacas, frouxidão ligamentar, redução da força e do tônus muscular. Em relação à marcha, a literatura tem reportado que desordens no padrão motor têm sido comumente encontradas em indivíduos com síndrome de Down².

A marcha é a forma básica da locomoção humana, e o modo de movimento mais confortável e econômico caracteriza-se por movimentos suaves e repetitivos das articulações³. Durante o ciclo da marcha, a cinemática da articulação do joelho apresenta movimentos alternados de flexão e extensão. No momento de contato inicial do pé com o solo, denominada fase de suporte, a articulação do joelho pode apresentar flexão máxima de 18°. No balanço, quando há transposição do membro inferior (40 a 70% do ciclo da marcha), o joelho flexiona-se até 70°⁴.

A aquisição da marcha independente em crianças com desenvolvimento típico favorece o desenvolvimento da noção espacial, estimulando a exploração ativa do ambiente. Porém, crianças como aquelas com síndrome de Down e que apresentam uma locomoção ineficiente ou que são deslocadas de modo passivo pelo espaço podem ter o desenvolvimento limitado, assim como a exploração dos ambientes nos quais está inserida. Para o desenvolvimento de padrões estáveis da marcha faz-se necessário tempo, prática e estímulos ambientais adequados⁵.

Na literatura foram observados alguns estudos em relação à marcha em crianças com síndrome de Down^{2,6-8}, e no entanto não foram encontrados estudos sobre o comportamento angular do joelho de crianças com síndrome de Down ao longo do tempo. Cabe salientar

que a marcha muda com o desenvolvimento motor, sendo assim necessária observação frequente para o acompanhamento efetivo do seu progresso⁹.

Wu et al.⁶ avaliaram a influência de uma intervenção em esteira generalizada de baixa intensidade e outra individualizada de alta intensidade na marcha de crianças com síndrome de Down. A intervenção em esteira individualizada e de alta intensidade promoveu influência positiva no padrão cinemático das articulações do quadril, joelho e tornozelo. Os autores descrevem que, de modo geral, estas crianças apresentam durante o desenvolvimento do padrão de andar características espaçotemporais e articulares diferentes quando comparadas àquelas com desenvolvimento típico.

Galli et al.⁷ investigaram a marcha de crianças com síndrome de Down e com desenvolvimento típico, e seus resultados demonstraram que crianças com a síndrome apresentavam maior flexão na articulação do quadril e joelho na fase de apoio e maior flexão plantar no contato inicial do pé com o solo.

Cimolin et al.² compararam variáveis cinemáticas e cinéticas durante a marcha entre pacientes adultos com a síndrome de Prader-Willi, adultos com síndrome de Down e um grupo de controle sem desordens genéticas, e concluíram que pacientes possuidores de alguma das síndromes apresentaram padrões de marcha diferentes quando comparados com o grupo de controle.

Rodenbusch et al.⁸ analisaram a marcha em esteira inclinada de dezesseis crianças com síndrome de Down, e demonstraram que a inclinação da esteira em 10% foi capaz de promover mudanças em variáveis como cadência, tempo da fase de balanço e no comportamento dos ângulos do quadril, joelho e tornozelo.

Valentin-Gudiol et al.⁵ fizeram uma revisão sistemática da literatura, considerando estudos que avaliaram a efetividade de intervenções em esteira no desenvolvimento da locomoção em crianças menores de seis anos de idade e com risco de atraso neuromotor, concluindo que as

pesquisas com intervenção em esteira promoveram resultados positivos, estimulando o desenvolvimento da marcha independente, porém afirmaram que poucos estudos com tal metodologia utilizaram um grupo de controle adequado em suas pesquisas.

Neste contexto, este estudo tem por objetivo descrever o comportamento angular do joelho de crianças com síndrome de Down ao longo de 24 meses em função da faixa etária.

METODOLOGIA

Participaram deste estudo 20 crianças de ambos os sexos, de faixa etária entre 24 e 83 meses, com diagnóstico de síndrome de Down, matriculadas e frequentando as aulas de uma instituição de ensino. A amostragem foi realizada por conveniência e seleção consecutiva a partir do acesso à população, em período suficiente para descrever possíveis alterações no comportamento angular do joelho no decorrer da pesquisa.

Durante um período de acompanhamento de 24 meses foram realizadas 5 avaliações antropométricas e cinemáticas do ciclo da marcha. As crianças foram agrupadas por faixa etária, totalizando 7 crianças de 24 a 35 meses com massa corporal média de $11,50 \pm 1,19$ kg e estatura média de $81,71 \pm 5,16$ cm, 8 de 36 a 47 meses, $12,12 \pm 1,86$ kg e $91,28 \pm 14,86$ cm, 8 de 48 a 59 meses, $14,58 \pm 2,06$ kg e $106,93 \pm 17,40$ cm, 7 de 60 a 71 meses, $17,14 \pm 1,67$ kg e $112,54 \pm 11,13$ cm e 10 com 72 a 83 meses, $19,65 \pm 3,16$ kg e $124,35 \pm 16,64$ cm. Nas avaliações antropométricas utilizou-se uma balança Camry modelo BR9010® para a mensuração da massa corporal (kg) e estadiômetro Cardiomed® para aferição da estatura (cm). Considerando o critério da seleção consecutiva, a intermitência no número de crianças se deu pela disponibilidade das mesmas em cada período de coleta da amostra.

Para tais procedimentos avaliativos utilizou-se um ambiente laboratorial montado em espaço cedido pela própria instituição de ensino. Os pais e/ou responsáveis pelas crianças foram informados sobre os procedimentos da pesquisa e concordaram com a participação por meio da assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). O estudo teve aprovação do Comitê Permanente de Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos (CEP).

Na análise do ciclo da marcha, as crianças com síndrome de Down, utilizando vestimentas confortáveis, realizaram

a tarefa proposta de caminhar em linha reta, na velocidade preferencial e executando o movimento da marcha por três vezes consecutivas. O ambiente laboratorial montado para a coleta de dados foi previamente calibrado em um sistema de referência bidimensional.

O modelo biomecânico do estudo foi representado pelo posicionamento de marcadores retrorrefletivos nos seguintes pontos anatômicos do membro inferior: trôcanter maior do fêmur, centro articular do joelho e maléolo lateral. As coordenadas dos marcadores posicionados no trôcanter maior do fêmur e centro articular do joelho definiram o vetor representativo da coxa, e as coordenadas do centro articular do joelho e maléolo lateral definiram o vetor da perna.

Para o registro dos movimentos da marcha, uma câmera filmadora Panasonic NV-GS180® com frequência de aquisição de 30 Hz (quadros/s) e *shutter* ajustado manualmente em 1/500s foi posicionada perpendicularmente ao sistema de referência. Após este registro, as imagens foram digitalizadas e desentrelaçadas gerando sequências de 60 Hz. O software Dvideow¹⁰ foi utilizado para os processos de calibração, desentrelaçamento e reconstrução bidimensional.

O ciclo da marcha foi definido pelo contato sucessivo do calcanhar do pé direito sobre o solo. A marcha das crianças foi realizada adjacente ao sistema de referência, desta forma excluindo possíveis interferências advindas de erros de paralaxe. A análise do comportamento angular do joelho durante o ciclo da marcha foi executada em relação ao hemitorço direito das crianças. Inicialmente as coordenadas bidimensionais relativas aos marcadores foram verificadas por um filtro digital Butterworth de 4ª ordem com frequência de corte de 5 Hz.

O ângulo relativo do joelho foi calculado pelo produto escalar entre os vetores coxa e perna. Para cada ciclo selecionado foi obtido o comportamento do ângulo do joelho ao longo da passada. Analisou-se, o valor médio relativo aos três ciclos de passadas de cada criança.

Os dados foram verificados quanto à normalidade por meio do teste de Shapiro-Wilk. Optou-se pela apresentação dos dados em média e desvio-padrão dos ângulos máximos (pico) de flexão nos momentos de contato inicial do pé com o solo, fase de balanço e percentuais de ocorrência dos movimentos em relação ao ciclo da marcha.

Após a identificação do tipo de distribuição utilizou-se os testes para inferência estatística. Para comparações entre faixas etárias das variáveis flexão máxima no

contato inicial e na fase de balanço e percentual de ocorrência no contato inicial utilizou-se o teste Anova One-Way. Para o percentual de ocorrência na fase de balanço utilizou-se o teste Kruskal-Wallis. O teste “t” para um grupo foi utilizado para comparar a flexão máxima do joelho no contato inicial do pé com o solo de cada faixa etária com um valor de referência descrito na literatura.

RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta a comparação entre o valor de flexão máxima do joelho no momento de contato

inicial do pé direito sobre o solo em cada faixa etária e o referencial descrito pela literatura⁴.

Não foram encontradas diferenças significativas na comparação dos valores de flexão máxima do ângulo do joelho no contato inicial do pé sobre o solo, em todas as faixas etárias, com o valor de referência de 18° descrito na literatura².

A Tabela 2 apresenta a descrição dos dados relativos ao comportamento angular do joelho, apresentados em média e desvio-padrão, durante o ciclo da marcha de crianças com síndrome de Down distribuídas por classificação etária.

Não foram encontradas diferenças significativas nas comparações das variáveis analisadas entre as faixas etárias.

Tabela 1. Comparação do ângulo de flexão do joelho no contato inicial por faixa etária com o valor de referência

Faixa Etária (meses)	Flexão máxima no contato inicial (graus)	Valor de referência (graus)	Teste t	p valor
24 a 35 (n=7)	16.35 (8.88)	18	0.48	0.642
36 a 47 (n=8)	13.28 (5.96)	18	2.23	0.060
48 a 59 (n=8)	21.67 (11.80)	18	0.88	0.407
60 a 71 (n=7)	14.48 (4.84)	18	1.91	0.104
72 a 83 (n=10)	18.91 (7.06)	18	0.41	0.691

Teste estatístico: Teste t para um grupo. $p < 0.05$

Tabela 2. Comparação do comportamento angular do joelho durante o ciclo da marcha de crianças com síndrome de Down por classificação etária

Faixa Etária (meses)	Flexão máxima no contato inicial (graus)	Percentual de ocorrência no contato inicial (%)	Flexão máxima na fase de balanço (graus)	Percentual de ocorrência na fase de balanço (%)
24 a 35 (n=7)	16.35 (8.88)	10.79 (4.07)	61.90 (16.84)	74.22 (2.72)
36 a 47 (n=8)	13.28 (5.96)	11.06 (3.89)	58.97(12.96)	73.30 (3.07)
48 a 59 (n=8)	21.67(11.80)	11.00 (5.84)	64.43 (10.26)	74.26 (2.38)
60 a 71 (n=7)	14.48 (4.84)	11.65 (3.90)	56.80 (10.77)	75.90 (4.27)
72 a 83 (n=10)	18.91 (7.06)	13.42 (4.40)	56.50 (10.78)	73.22 (3.76)

Teste estatístico: Anova One-Way para as variáveis flexão máxima no contato inicial e na fase de balanço e percentual de ocorrência no contato inicial; Teste Kruskal-Wallis ($p < 0,05$) para a variável percentual de ocorrência na fase de balanço

DISCUSSÃO

O objetivo deste estudo foi descrever o comportamento angular do joelho de crianças com síndrome de Down separadas por classificação etária ao longo de 24 meses de acompanhamento.

Em relação ao comportamento angular do joelho no contato inicial do pé sobre o solo, a literatura pesquisada descreve que neste momento a articulação pode fletir-se

até 18°, e não foram encontradas diferenças significativas na comparação entre o ângulo máximo de flexão do joelho para cada faixa etária e o valor referencial. No entanto, a partir dos resultados descritos (Tabela 1) é possível inferir que, nas faixas etárias de 24 a 35 meses, 36 a 47 meses e 60 a 71 meses, o grupo de crianças analisado possuía média inferior ao valor de referência. Já nas faixas etárias de 48 a 59 meses e de 72 a 83 meses o valor de flexão máxima apresentou-se superior ao valor normativo utilizado para

análise. Estes resultados permitem inferir que nesta fase do ciclo da marcha, as crianças de todas as faixas etárias então avaliadas apresentaram valores médios dentro dos limites descritos pela literatura⁴.

Neste sentido, é conhecido que crianças com síndrome de Down podem apresentar padrão atípico de marcha, em que o joelho pode apresentar flexão excessiva no contato inicial do pé com o solo em decorrência de uma inadequada flexão plantar durante o estágio de resposta à carga¹¹. Este aumento na flexão também ocorre como um movimento compensatório para reduzir possíveis discrepâncias no comprimento do membro inferior dominante ou em consequência de um padrão exagerado nos movimentos do quadril, joelho e braços, com o objetivo de compensar a diminuição da flexão plantar e avanço do membro.

O comportamento angular do joelho durante o ciclo da marcha pode apresentar amplitude de 0° até 70°, sendo que fatores como características individuais, modelo biomecânico utilizado para a coleta de dados e velocidade da marcha podem promover diferenças nos valores de flexão e extensão em cada momento do ciclo⁴, e neste estudo o comportamento angular do joelho apresentou amplitude de 2.24° até 88.02°, considerando todas as faixas etárias.

Na fase do balanço, quando há transposição do membro inferior, não foram encontradas diferenças significativas nas comparações do valor máximo de flexão do joelho entre as diferentes classificações etárias. Neste momento do ciclo da marcha, o joelho pode fletir-se até 70° e entre 40 a 70% do ciclo, e na amostra analisada, os valores máximos de flexão foram superiores ao valor descrito pela literatura em todas as classificações etárias.

Cimolin et al.² encontraram um valor médio de máxima flexão do joelho no segundo momento (fase de balanço) de 41.06° ± 10.68° em adultos com síndrome de Down. Wu et al.⁶ investigaram a diferença entre dois tipos de intervenções em esteira no desenvolvimento do andar de treze crianças com síndrome de Down, e ao fim do acompanhamento de um ano, o grupo foi submetido a uma intervenção classificada como generalizada e de baixa intensidade, apresentando valores médios para o ângulo do joelho no segundo momento de flexão de 74.2° (± 3.6°) no período anterior à intervenção, e de 70.4° (± 4.0°) no período posterior. Já a intervenção definida como de alta intensidade apresentou valor médio de 73.7° (4.3°) no período anterior e 69.5° (3.2°) no posterior.

No estudo da marcha em esteira com 0% de inclinação, as crianças com síndrome de Down apresentaram valor

médio de flexão do joelho no contato inicial de 15.59° (6.71°) e valor máximo de flexão na fase de balanço de 43.09° (6.26°).

Já neste estudo, apenas as crianças da faixa etária entre 48 a 59 meses apresentaram valor médio de flexão do joelho no contato inicial relativamente superior ao do estudo descrito acima. A flexão máxima na fase de balanço avaliada em todas as faixas etárias apresentaram valor médio superior ao descrito por Rodenbusch et al.⁸.

Apresentam-se como limitações metodológicas, contudo, a análise do movimento no plano sagital, que apesar de ser amplamente utilizada na descrição do comportamento angular do joelho, se realizada nos planos coronal e transversal poderia fornecer um maior detalhamento. A análise de outros ângulos corporais que atuam direta ou indiretamente durante a realização do ciclo da marcha também poderia contribuir para este estudo.

CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos é possível inferir que as crianças com síndrome de Down de todas as faixas etárias observadas apresentaram valores para o comportamento angular do joelho, no contato inicial do pé sobre o solo, que corroboram com valores normativos para um padrão típico da marcha descrito pela literatura analisada. No momento de transposição do membro inferior que ocorre na fase do balanço, os valores máximos de flexão do joelho em todas as faixas etárias foram superiores aos valores referenciais.

Assim, os principais achados do presente estudo foram que as crianças analisadas apresentaram valores regulares para a flexão máxima do joelho no contato inicial, ou seja, a flexão desta articulação ao longo do tempo permaneceu estável e em conformidade com valores descritos na literatura pesquisada, enquanto a flexão máxima do joelho na fase de balanço apresentou flexão excessiva ao longo do tempo.

REFERÊNCIAS

1. Thabet NS, Kamal HM. Modulation of balance and gait in children with Down syndrome via gravity force stimulation program training. Bull Fac Ph Th. [Internet]. 2011 [acesso em 9 ago. 2017];16(2):87-98. Disponível em: <https://goo.gl/DY2nJe>
2. Cimolin V, Galli M, Grugni G, Vismara L, Albertini G, Rigoldi C, et al. Gait patterns in Prader-Willi and Down syndrome patients. J Neuroeng Rehabil. 2010;7:28. doi:10.1186/1743-0003-7-28.

3. Pietraszewski B, Winiarski S, Jaroszczuk S. Three-dimensional human gait pattern: reference data for normal men. *Acta Bioeng Biomech.* 2012;14(3):9-16. doi: 10.5277/abb120302.
4. Perry J. *Análise de marcha: marcha normal.* Vol. 1. São Paulo: Manole; 2005.
5. Valentin-Gudiol M, Bagur-Calafat C, Girabent-Farrés M, Hadders-Algra M, Mattern-Baxter K, Angulo-Barroso R. Treadmill interventions with partial body weight support in children under six years of age at risk of neuromotor delay: a report of a Cochrane systematic review and meta-analysis. *Eur J Phys Rehabil Med.* 2013;49(1):67-91.
6. Wu J, Looper J, Ulrich DA, Angulo-Barroso RM. Effects of various treadmill interventions on the development of joint kinematics in infants with Down syndrome. *Phys Ther.* 2010;90(9):1265-76. doi: 10.2522/ptj.20090281.
7. Galli M, Rigoldi C, Brunner R, Virji-Babul N, Giorgio A. Joint stiffness and gait pattern evaluation in children with Down syndrome. *Gait Posture.* 2008;28(3):502-6. doi: 10.1016/j.gaitpost.2008.03.001.
8. Rodenbusch TL, Ribeiro TS, Simão CR, Britto HM, Tudella E, Lindquist AR. Effects of treadmill inclination on the gait of children with Down syndrome. *Res Dev Disabil.* 2013;34(7):2185-90. doi: 10.1016/j.ridd.2013.02.014.
9. Guffey K, Regier M, Mancinelli C, Pergami P. Gait parameters associated with balance in healthy 2-4 year-old children. *Gait Posture.* 2016;43:165-9. doi: 10.1016/j.gaitpost.2015.09.017.
10. Figueroa PJ, Leite NJ, Barros RML. A flexible software for tracking of markers used in human motion analysis. *Comput methods programs biomed.* 2003;72(2):155-65. doi: 10.1016/S0169-2607(02)00122-0.
11. Whittle MW. *Gait analysis: an introduction.* 4. ed. Edinburgh: Butterworth-Heinemann; 2007.