

Efeito da restrição da tarefa durante a marcha independente de crianças com síndrome de Down e desenvolvimento típico

Vanessa M. Andrade de Castro, Viviani G. Moretto Próspero, Raquel de Melo Martins & Inara Marques

Grupo de Estudos e Pesquisa em Desenvolvimento e Aprendizagem Motora, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR, Brasil 86051-980

Effect of task constraint during independent gait of children with Down syndrome and typical development

Abstract: The aim of this study was to analyze the effect of task constraint in the step length of the relative angle of internal ankle during independent gait of children with Down Syndrome (DS) and Typical Development (TD). Two children participated in the sample, whose task was to walk on a wooden platform in the flat and inclined surfaces. The results indicated that DS child was higher and less consistent in the two variables of analysis. Compared with TD child, was identified differences between the two children, emphasizing greater sensitivity of DS child to the restricted task.

Key Words: Stride length, ankle angle, Down syndrome.

Introdução

A marcha bípede é caracterizada como um traço unicamente humano, que apresenta modificações ao longo da vida. Esta peculiaridade inclui observar início, paradas, mudanças na velocidade, alterações na direção e adaptações para as mudanças de superfícies (GOBBI; PATLA, 1997; INMAN; RALSTON; TODD, 1998; GOBBI; SECCO; MARINS, 1999; LIMA; SECCO; MIYASIKE; GOBBI, 2001).

Durante a aquisição da marcha, várias alterações são observadas no processo de desenvolvimento da criança, tais como crescimento das dimensões corporais, maturação neural, maturação muscular e influência da prática nos movimentos (ADOLPH; VEREIJKEN; SHROUT, 2003). Também podem ser observadas mudanças no controle postural, equilíbrio, força, posição dos braços e integração das informações sensoriais (BRIL e BRENIÈRE, 1992; LEDEBT, 2000). Desse modo, a aquisição da marcha independente se destaca por ser uma atividade extremamente complexa, que envolve a interação de muitos sistemas em desenvolvimento, cujo resultado pode interferir diretamente nos padrões da marcha, culminando com um padrão considerado maduro apenas por volta dos três anos de experiência, embora algumas alterações ocorram até a puberdade (SUTHERLAND; KAUFMAN; MOITOZA, 1998).

Estudos que buscam avaliar estas características em crianças ressaltam a emergência de estratégias adaptativas tais como a ampliação da base de apoio dos membros inferiores para manter a postura e facilitar o deslocamento (BRIL e BRENIÈRE, 1992) e a elevação dos braços, caracterizado por “guarda alta”, que tem por objetivo manter a estabilidade (PAYNE; ISAACS, 2007; BURNETT; JOHNSON, 1971). Com o processo de desenvolvimento, percebe-se que há uma relação inversa entre a largura da base de apoio e o comprimento de passada, ou seja, na medida em que há um aumento no comprimento da passada, ocorre uma diminuição da largura (BRIL e BRENIÈRE, 1992; PAYNE, 2007), gerando conseqüentemente um aumento na velocidade das passadas.

Com relação às crianças com Síndrome de Down, é possível observar algumas diferenças no processo de aquisição da marcha independente. Segundo Rogers e Coleman (1992) esta população é caracterizada por apresentar uma maior variabilidade de tempo durante o período de aquisição da marcha, ocorrendo por volta dos 19 meses de idade, podendo variar dos 13 aos 48 meses de idade, enquanto que crianças com Desenvolvimento Típico iniciam a marcha em média aos 12 meses, variando apenas de 9 a 17 meses. De acordo com Parker e Bronks (1982, 1986), Ulrich, Ulrich, Coller e Cole (1995) e

Palisano, Walter, Russel e colaboradores (2001) crianças com Síndrome de Down caminham pelo menos um ano mais tarde que crianças com Desenvolvimento Típico, e apresentam padrões de marcha diferentes devido aos déficits músculo-esqueléticos e neuromusculares.

Desse modo, em razão das crianças com Síndrome de Down apresentarem um atraso no desenvolvimento do sistema nervoso central e periférico (WISNIEWSKI; SCHMIDT-SIDOR, 1989; SCHMIDT-SIDOR; WISNIEWSKI; SHEPARD; SERSEN, 1990; WISNIEWSKI, 1990; SCHWARTZMAN, 2003), estas apresentam características estruturais como: atraso na maturação óssea, hálux varo ou valgo, pés planos, frouxidão ligamentar, instabilidade da patela, hipotonia muscular e hiperflexibilidade articular, sendo estas duas últimas características as principais responsáveis pelo atraso na aquisição da marcha (DUGDALE e RENSHAW, 1986; SCHWARTZMAN, 2003).

Em conseqüência destas deformidades, é observado, nestas crianças, uma menor dorsiflexão de tornozelo, acompanhado por menor extensão do quadril e menor propulsão da marcha que resulta, conseqüentemente, em um padrão de locomoção como se arrastasse os pés. Além disso, apresentam uma maior rotação dos membros inferiores, utilizada para aumentar a base de suporte, reduzir a oscilação vertical do centro de gravidade e promover estabilidade postural. Todas estas características somadas resultam em um padrão de marcha com menor velocidade de deslocamento, com passos menores, uma maior base de suporte, maior duração da fase de apoio, menor duração da fase de balanço e, ainda, maior flexão das articulações do quadril e joelhos (DUGDALE e RENSHAW, 1986; ULRICH et al., 1995; ULRICH; ULRICH; ANGULO-KINZLER; YUN, 2001; SCHWARTZMAN, 2003). Kim, Bang e Kim (1995) verificaram, também, uma cadência mais lenta e uma anteversão pélvica, cujo resultado é um andar atípico, realizado sobre a ponta dos pés.

Há um consenso, portanto, de que o padrão de marcha das crianças com Síndrome de Down é organizado de maneira diferente em razão do que chamamos de restrição organísmica, conforme a concepção atual de desenvolvimento motor baseado na interação entre as restrições. Hoje, considera-se que as mudanças no desenvolvimento motor são guiadas pela interação entre as restrições do organismo, do ambiente e da tarefa (NEWELL, 1986). Alterações em um ou mais elementos que compõem estas restrições podem limitar ou encorajar um comportamento novo. Há, no entanto, uma ausência de trabalhos, que busquem verificar

se, além das suas próprias restrições organísmicas, as crianças com Síndrome de Down respondem às demais restrições com a mesma magnitude que as crianças com Desenvolvimento Típico.

Há vários estudos que têm tentado utilizar o conceito de restrições para explicar as alterações que ocorrem no desenvolvimento motor. A idéia se estabelece a partir da necessidade de se descobrir qual restrição ou componente pode levar a alterações significativas na aquisição da marcha independente. Os trabalhos desenvolvidos por Ulrich e colaboradores (1995, 2001) Wu, Looper, Ulrich, Ulrich e Ângulo-Barroso (2007) e Ângulo-Barroso, Wu e Ulrich (2008), têm utilizado esteiras motorizadas em suas intervenções com crianças com Síndrome de Down. As variáveis investigadas foram as diferentes velocidades impostas e os diferentes períodos de prática como forma de restrição da tarefa. De modo geral, os resultados indicaram que as intervenções nas esteiras auxiliaram na antecipação da aquisição da marcha, assim como uma melhora significativa dos padrões de marcha de crianças com Síndrome de Down.

Outros trabalhos têm sido conduzidos, com o objetivo de verificar o efeito da restrição, como os de Mauerberg-deCastro e Ângulo-Kinzler (2000), que utilizaram diferentes superfícies (dura, elástica e trave) sobre a marcha de crianças e adultos com Síndrome de Down. O resultado encontrado foi um padrão de marcha muito semelhante entre as crianças e os adultos. Já, para Paula, Mauerberg-deCastro e Cozzani (2006), cujo trabalho também envolveu diferentes tipos de superfícies (piso duro e colchão), a restrição envolvida não foi suficiente para promover alterações na duração do ciclo de passada em bebês com Síndrome de Down.

Assim, diante de diferentes estudos que buscaram verificar a interferência das restrições no desenvolvimento de indivíduos com Síndrome de Down e a necessidade de se aprofundar os conhecimentos que possam contribuir para uma melhor compreensão do fenômeno, especialmente nesta população, o objetivo deste estudo foi analisar o efeito da restrição da tarefa no comprimento de passada e no ângulo relativo interno de tornozelo durante a marcha independente, entre crianças com Síndrome de Down e Desenvolvimento Típico, em duas situações de superfície.

Métodos

Participantes

Participaram deste estudo 2 crianças, sendo uma menina com Desenvolvimento Típico com idade de cinco anos e quatro meses e um menino com

Síndrome de Down com idade de cinco anos e dois meses. As crianças foram selecionadas em uma creche municipal, cujos pais/responsáveis foram contatados e esclarecidos sobre os objetivos e procedimentos da pesquisa. Após o esclarecimento, os responsáveis assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido, autorizando a participação da criança no estudo. Os procedimentos adotados na pesquisa obedecem aos Critérios de Ética em Pesquisa com Seres Humanos, conforme resolução nº 196/96 do Conselho Nacional de Saúde e aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Estadual de Londrina, sob o parecer nº 211/06.

Tarefa

As crianças foram estimuladas a andar livremente em uma distância de, no mínimo, 2m de comprimento, sobre uma plataforma de madeira em duas condições: superfície plana e superfície inclinada.

Instrumentos

Para a realização da tarefa foi utilizada uma plataforma de madeira na cor preta com 3,70m de comprimento, sendo composta por 4 módulos. Dois módulos finais de 1,00 x 1,00 x 0,16 m (comprimento, largura e altura respectivamente), um central medindo 1,70 x 1,00 x 0,16 m (comprimento, largura e altura respectivamente) e uma rampa com 15° de inclinação, 0,32m de altura e 1,70m de comprimento, que foi posicionada no centro da plataforma (Figura 1). Atrás da passarela foram fixados panos pretos nas paredes para minimizar possíveis interferências nas imagens.

Uma filmadora digital Panasonic, modelo VDR-M53, com frequência de 30 quadros por segundo, foi fixada sobre um tripé a uma altura focal de 0,57 m, posicionada perpendicularmente ao plano de movimento e a 3,5 metros da distância do ponto central da passarela. As imagens foram realizadas a partir do plano sagital, registrando o momento em que a criança passava pela demarcação central (1,70 m). Um holofote de 1000 watts foi colocado atrás da filmadora a fim de proporcionar uma iluminação adequada para melhor definição das imagens.

Para realizar a calibração das imagens, foi utilizado um calibrador de quatro pontas feito em madeira, com medidas de 1,90m de largura e 1,38m de altura. Marcadores reflexivos de 1cm de diâmetro foram fixados na pele das crianças para demarcar os quatro pontos articulares (Figura 1),

com objetivo de facilitar a análise do movimento e a digitalização do processo de reconstrução 2-D.

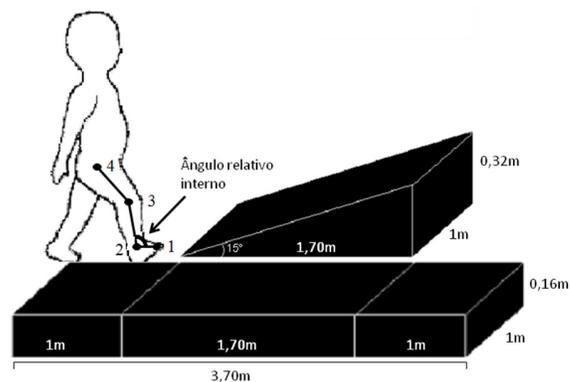


Figura 1: Figura esquemática apresentando os pontos fixados para digitalização e análise: pé (1-2), perna (2-3) e coxa (3-4), assim como a representação do ângulo relativo interno de tornozelo e dimensões da plataforma.

Procedimentos

As crianças foram avaliadas individualmente em ambiente laboratorial. Durante as coletas elas permaneceram vestidas apenas com a roupa de baixo para que fossem fixados os marcadores reflexivos nos pontos anatômicos, depois disso foram conduzidas a caminhar livremente sobre a plataforma de madeira, realizando três tentativas na condição plana e três na condição inclinada num total de seis tentativas. A ordem das tentativas foi estabelecida anteriormente. Primeiro realizou-se as tentativas na posição plana e depois na posição inclinada. Todas as tentativas foram filmadas para posterior análise.

A análise da marcha foi realizada a partir das variáveis dependentes - comprimento de passada e o ângulo relativo interno de tornozelo - obtido por meio de um modelo biomecânico de avaliação cinemática de referência bidimensional (2-D). O ângulo relativo interno refere-se ao ângulo formado entre os membros perna e pé, como demonstrado na Figura 1.

Os pontos anatômicos demarcados para a digitalização das imagens foram: 1) quinta articulação metatarsofalangiana, 2) maléolo lateral da fíbula, 3) epicôndilo lateral do fêmur e 4) trocânter maior do fêmur. As ligações entre esses pontos definiram os seguintes segmentos corporais: pé (1-2), perna (2-3) e coxa (3-4) (Figura 1).

As imagens foram digitalizadas e analisadas através do programa Ariel Performance Analysis System (APAS versão 1.4). Os dados foram analisados descritivamente, com base na média e desvio-padrão, sendo calculado o valor médio do comprimento de passada e ângulo relativo interno

de tornozelo das três tentativas em cada superfície para a criança com Desenvolvimento Típico e Síndrome de Down.

Resultados

O objetivo do presente trabalho foi analisar o efeito da restrição da tarefa, sobre o comprimento de passada e o ângulo relativo interno de tornozelo durante a marcha independente de crianças com Síndrome de Down e Desenvolvimento Típico, em duas condições: superfície plana e inclinada. Primeiramente, serão apresentados os resultados referentes ao comprimento da passada e, na seqüência, os referentes ao ângulo relativo interno de tornozelo.

Comprimento da passada

Ao analisar os resultados do comprimento de passada da criança com Síndrome de Down, entre as superfícies plana e inclinada, observou-se que os valores referentes à superfície plana foram maiores que os apresentados na superfície inclinada, com uma média de 65cm e 46cm de comprimento, respectivamente.

Considerando essa mesma análise a criança com Desenvolvimento Típico apresentou maiores valores em relação à criança com Síndrome de Down, com médias de 70 cm em superfície plana e 62 cm na superfície inclinada, apresentando, no entanto uma menor diferença do comprimento de passada entre as superfícies (Figura 2).

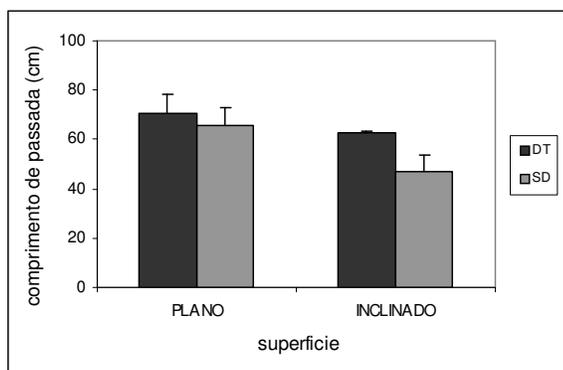


Figura 2: Gráfico das médias e desvio-padrão de comprimento de passada apresentadas pelas crianças nas condições de superfície plana e inclinada.

Considerando os valores do desvio-padrão no comprimento de passada, pode-se verificar que a criança com Síndrome de Down foi mais inconsistente nas condições plana e inclinada, com desvio-padrão de $\pm 7,38$ e $\pm 9,40$, respectivamente,

comparada a criança com Desenvolvimento Típico, na qual observou-se os valores de $\pm 6,75$ na superfície plana e $\pm 0,80$ na inclinada.

Quando comparados os valores apresentados entre as crianças, verificou-se que a criança com Síndrome de Down apresentou menor comprimento de passada em relação à criança com Desenvolvimento Típico nas duas condições, sendo na superfície inclinada a diferença mais acentuada.

Esses valores sugerem que a criança com Síndrome de Down foi mais influenciada pela restrição da tarefa em ambas as condições, especialmente na superfície inclinada.

Ângulo relativo interno do tornozelo

O movimento do tornozelo de acordo com Perry (2005) tem um papel importante no ciclo da marcha. Assim, para melhor compreensão dos resultados, a movimentação do tornozelo será denominada de dorsiflexão, quando o movimento do pé estiver para cima e flexão plantar, quando o movimento do pé estiver para baixo.

Na análise do ângulo relativo interno de tornozelo, as médias dos resultados mostraram que a criança com Síndrome de Down apresentou pouca variação nos valores de ângulo entre as superfícies, com 105° ($\pm 5,62$) na superfície plana e 107° ($\pm 5,33$) na superfície inclinada. Já, a criança com Desenvolvimento Típico, apresentou uma maior variação na angulação, com 118° ($\pm 1,82$) na superfície plana e 105° ($\pm 3,48$) na superfície inclinada (Figura 3). Com relação aos valores do desvio-padrão, verificou-se que a criança com Síndrome de Down apresentou resultados maiores em relação à criança com Desenvolvimento Típico, representando assim maior variação do valor angular de tornozelo durante a passada em ambas superfícies.

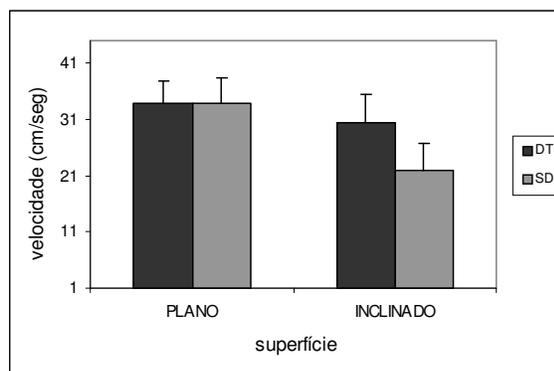


Figura 3: Gráfico das médias e desvio-padrão do ângulo relativo interno de tornozelo apresentadas pelas crianças nas condições de superfície plana e inclinada.

Com o intuito de observar qual foi o padrão de variação do ângulo durante toda a passada e justificar as diferenças nos desvio-padrão, os dados foram analisados quadro a quadro entre as superfícies e entre as crianças. Para a descrição destes dados foram considerados a média das 3 tentativas analisadas para ambas as condições.

Com relação à superfície plana, observou-se que a criança com Síndrome de Down apresentou um padrão mais variável do deslocamento do tornozelo, com maior dorsiflexão durante o contato inicial do pé com o solo e durante todo o ciclo de passada, quando comparado com a criança com desenvolvimento típico (Figura 4).

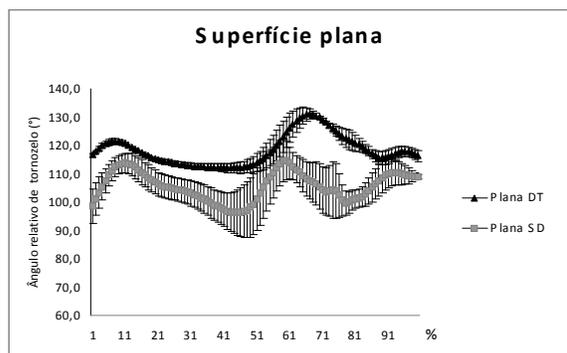


Figura 4: Média e desvio-padrão do ângulo relativo interno do tornozelo em função do percentual do ciclo de passada na condição de superfície plana.

Na condição de superfície inclinada também foram apresentadas diferenças entre os valores de angulação do tornozelo durante a passada das crianças. Pode-se observar que as crianças apresentaram padrões de passada diferentes durante o contato do pé com o solo, mostrando que a criança com Síndrome de Down apresentou menor dorsiflexão na condição inclinada do que a criança com Desenvolvimento Típico, podendo inferir que a restrição da tarefa foi pouco restritiva à marcha da criança com Desenvolvimento Típico e que a criança com Síndrome de Down foi mais sensível a esta restrição, alterando seu padrão de organização (Figura 5).

Ao contrário do apresentado na literatura (DUGDALE; RENSHAW, 1986; ULRICH et al., 1995; ULRICH et al., 2001; SCHWARTZMAN, 2003), em nosso estudo foi observado que a criança com Síndrome de Down apresentou maior dorsiflexão ao caminhar em superfície plana, com uma média de 105°, ou seja, a criança caminhava realizando o primeiro toque do pé com o calcanhar seguido por planta e artilhos, quando comparado à criança com Desenvolvimento Típico.

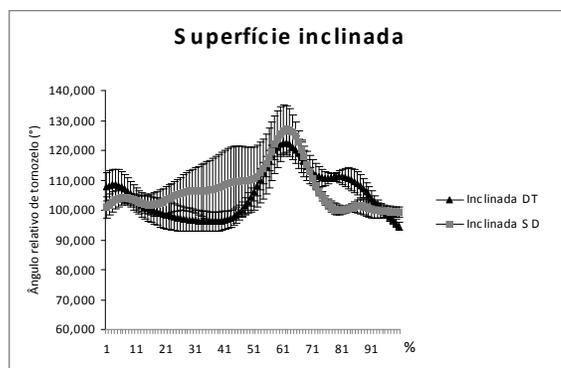


Figura 5: Média e desvio-padrão do ângulo relativo interno do tornozelo em função do percentual do ciclo de passada na condição de superfície inclinada.

De acordo com estes dados pode-se verificar que a criança com Desenvolvimento Típico apresentou maior variação no ângulo relativo interno de tornozelo entre as superfícies quando relacionado apenas à média dos valores, entretanto, com padrões de passada bastante parecidos entre as condições. Já a criança com Síndrome de Down, apresentou pouca variação no valor médio dos ângulos, no entanto, quando analisados de forma descritiva observou-se que seu padrão de passada se comportou de maneira bastante variável entre as condições, ou seja, a criança com Síndrome de Down, também foi mais sensível à restrição apresentada pela tarefa.

Discussão e Conclusão

Os resultados obtidos nesse estudo indicam que a criança com Síndrome de Down foi mais sensível à restrição da tarefa que a criança com Desenvolvimento Típico. Conforme os resultados relativos ao comprimento de passada da criança com Síndrome de Down observou-se que os valores referentes à superfície plana foram maiores que os apresentados na superfície inclinada. Comparando esse resultado com a criança com Desenvolvimento Típico, observou-se que a criança com Síndrome de Down apresentou, nas duas condições, valores menores, especialmente na superfície inclinada.

Estes resultados são semelhantes aos obtidos no estudo de Kubo e Ulrich (2006) que analisaram os parâmetros de velocidade, comprimento e frequência da marcha, através de análise cinemática tridimensional, entre bebês com Síndrome de Down e Desenvolvimento Típico, após um mês do aparecimento da marcha independente. Os resultados desse estudo indicaram que as crianças com Síndrome de Down apresentaram valores menores do comprimento de passada quando

comparadas às crianças com Desenvolvimento Típico, em todas as variáveis analisadas.

Da mesma forma, Smith e Ulrich (2008), ao comparar os padrões da marcha em indivíduos adultos com Síndrome de Down e Desenvolvimento Típico (idades entre 35 a 62 anos), frente a três diferentes graus de complexidade de obstáculos, verificaram que os indivíduos com Síndrome de Down foram os que apresentaram menores valores de comprimento de passada e foram mais lentos, apresentando maior período de duplo apoio, além de menor dorsiflexão e passo mais baixo durante a travessia do obstáculo em relação aos indivíduos com Desenvolvimento Típico.

Outro estudo que corrobora com os resultados obtidos no presente estudo é o de Agiovlasis, McCubbin, Yun, Mpitsos e Pavol (2009). Nesse estudo, os autores citados analisaram o movimento do centro de massa corporal de indivíduos adultos com e sem Síndrome de Down, além de variáveis como duração, largura e comprimento de passada. Por meio dos resultados, foi possível identificar que os adultos com Síndrome de Down apresentaram valores menores na duração da passada e uma maior variação nos valores de largura e comprimento de passada, sugerindo como conclusão, a existência de um padrão de marcha com menor estabilidade e maior custo energético entre os adultos com Síndrome de Down.

Em uma outra vertente, e contrariando os resultados obtidos no presente estudo, Blanck, Chang, Kubo, Holt e Ulrich (2009) investigaram diversas variáveis da marcha durante seis meses em crianças com Síndrome de Down e Desenvolvimento Típico submetidas à sessões de prática na esteira elétrica, em diferentes velocidades. Após o período de intervenção, observou-se que ambos os grupos apresentaram um aumento do comprimento da passada à medida que aumentava a velocidade e que as crianças com Síndrome de Down apresentaram valores maiores em relação às crianças com Desenvolvimento Típico. Esse resultado aponta para a velocidade atuando como um forte parâmetro controle, uma vez que houve um efeito mais significativo nas crianças com Síndrome de Down.

No que se refere ao ângulo relativo interno do tornozelo, os dados do presente estudo mostram que a criança com Síndrome de Down apresentou pouca variação do valor angular médio entre as duas superfícies, porém com valores menores aos da criança com Desenvolvimento Típico (maior dorsiflexão).

Estes resultados contrariam os obtidos na literatura. No trabalho conduzido por Galli;

Rigoldi; Brunner; Virji-Babul; Giorgio (2008), cujo objetivo foi avaliar os padrões típicos da marcha com relação à quantificação da rigidez, da frouxidão ligamentar e da hipotonia de 98 crianças com Síndrome de Down (idade entre 6 a 15 anos) e 30 crianças com Desenvolvimento Típico (idade entre 5 a 13 anos), foi observado que as crianças com Síndrome de Down apresentaram menor dorsiflexão do pé devido à maior flexão do quadril e dos joelhos durante todo o ciclo de marcha, condições apresentadas devido à hipotonia e frouxidão ligamentar em indivíduos com Síndrome de Down.

Já, o trabalho de Cioni, Cocilovo, Rossi, Paci e Valle (2000) que compararam as características biomecânicas do tornozelo durante a marcha independente de 17 sujeitos com Síndrome de Down e de 10 sem a síndrome (idades entre 8 a 36 anos), identificaram uma reduzida ou fraca correlação entre os parâmetros cinéticos espaciais e temporais entre os grupos, ressaltando uma baixa funcionalidade do tornozelo, provavelmente devido à hipotonia e frouxidão ligamentar.

No âmbito da intervenção, o estudo de Copetti, Mota, Graup, Menezes e Venturini (2007) buscou verificar o efeito da equoterapia sobre a variação angular de tornozelo e joelho de crianças com Síndrome de Down e verificaram que após as sessões de prática, houve uma melhora no padrão de deslocamento de ângulo, principalmente do tornozelo, considerando as curvas de normalidade propostas pela literatura apontadas por Perry (2004).

Vale ressaltar que o trabalho em discussão valeu-se de uma comparação entre duas condições de tarefa - plano e inclinado - diferindo das condições apresentadas nos trabalhos citados acima. Assim, os resultados deste trabalho nos levam a concluir que a criança com Síndrome de Down organizou seu comportamento de maneira diferenciada frente à restrição da tarefa, apresentando uma maior dorsiflexão na condição plana do que a criança com Desenvolvimento Típico. No entanto, quando relacionado entre as superfícies, pode-se notar uma grande variação do padrão entre os diferentes tipos de restrição.

É importante frisar que este estudo apresenta algumas limitações como o número de indivíduos e ao não controle das intervenções que as crianças sofreram até a presente idade, podendo este ser um ponto crucial para a diferença apresentada pelas crianças com relação, principalmente, a angulação de tornozelo. Partindo dessas considerações, ressalta-se a necessidade de maiores investigações relacionando as características desenvolvimentais e orgânicas de indivíduos com Síndrome de

Down, avaliando a relação dos ângulos de calcanhar joelho e quadril e, especialmente, com um número maior de indivíduos.

Referências

- ADOLPH, K.E., VEREIJKEN, B., & SHROUT, P.E. (2003). What changes in infant walking and why. *Child Development*, 74(2), 475-497.
- AGIOVLASITIS, S., MCCUBBIN, J.A., YUN, J. MPITSOS, G., & PAVOL, M.J. (2009). Effects of Down syndrome on three-dimensional motion during walking at different speeds. *Gait & Posture*, 30(3), 345-350.
- ANGULO-BARROSO, R. M., WU, J., & ULRICH, D.A. (2008). Long-term effect of different treadmill interventions on gait development in new walkers with Down syndrome. *Gait & Posture*, 27(2), 231-238.
- BLACK, D. CHANG, C.-L., KUBO, M. HOLT, K. & ULRICH, B. (2009). Developmental trajectory of dynamic resource utilization during walking: Toddlers with and without Down syndrome. *Human Movement Science*, 28(1), 141-154.
- BRIL, B. & BRENIÈRE, Y. (1992). Postural Requirements and Progression Velocity in Yong Walkers. *Journal of Motor Behavior*, 24(1), 105-116.
- BURNETT, C.N. & JOHNSON, E.W. (1971). Development of gait in childhood. Part II. *Development Medicine and child neurology*, 13(2), 207-215.
- CIONI, M., COCILOVO, A., ROSSI, F., PACI, D., & VALLE, M. S.T. (2000). Analysis of ankle kinetics during walking in individuals with Down Syndrome. *American Journal on Mental Retardation*, 106(5), 470-478.
- COPETTI, F., MOTA, C.B., GRAUP, S., MENEZES, K.M., & VENTURINI, E.B. (2007). Comportamento angular do andar de crianças com Síndrome de Down após intervenção com equoterapia. *Revista Brasileira de Fisioterapia*, 11(6), 503-507.
- DUGDALE, T.W. & RENSHAW, T.S. (1986). Instability of the patellofemoral joint in Down Syndrome. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, 68(3), 405-413.
- GALLI, M., RIGOLDI, C., BRUNNER, R., VIRJIBABUL, N., & GIORGIO, A. (2008). Joint stiffness and gait pattern evaluation in children with Down syndrome. *Gait & Posture*, 28(3), 502-506.
- GOBBI, L.T.B. & PATLA, A.E. (1997). Desenvolvimento da locomoção em terrenos irregulares: proposta de um modelo teórico. In: A.M. PELLEGRINI (org.). *Coletânea de estudos: comportamento motor 1*. (p. 29-44). São Paulo: Movimento.
- GOBBI, L.T.B. SECCO, C.R., & MARINS, F.H.P. (1998). Influências da Lateralidade na Locomoção sobre Obstáculos. In: *XXI Simpósio Internacional de Ciências do Esporte*, São Paulo. Recuperado em 16 de agosto de 2008 de http://www.rc.unesp.br/ib/efisica/leplo/capitulo_99.pdf
- INMAN, T.V., RALSTON, H.J., & TODD, F. (1998). A Locomoção humana. In: J. ROSE; & J.G. GAMBLE, *Marcha Humana*. (p. 1-21), 2ª Edição. São Paulo: Premier.
- KIM, B., BANG, D.Y., KIM, B. (1995). Gait characteristics in Down's syndrome. *Gait & Posture*, 3(2), 84.
- KUBO, M. & ULRICH, B.D. (2006). Early stage of walking: Development of control in mediolateral and anteroposterior directions. *Journal of Motor Behavior*, 38(3), 229-237.
- LEDEBT, A. (2000) Changes in arm posture during the early acquisition of walking. *Infant Behavior and Development*, 23(1), 79-89.
- LIMA, C.B., SECCO, C.R., MIYASIKE, V.S., & GOBBI, L.T.B. (2001). Equilíbrio dinâmico: influência das restrições ambientais. *Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano*, 3(1), 83-94.
- MAUERBERG-DECASTRO, E. & ANGULO-KINZLER, R. (2000). Locomotor patterns of individuals with Down syndrome: Effects of environmental and task constraints. In: D. WEEKS, R. CHUA & R. ELLIOT (Eds.), *Perceptual-motor behavior in Down Syndrome*. (pp. 71-98) Urbana-Champaign: Human Kinetics.
- NEWELL, K.M. (1986). Constraints on the development of coordination. In: M.G. WADE & H.T.A. WHITING, (Eds.). *Motor development in children: Aspects of Coordination and Control*. (p. 85-122). Dordrecht: Martinus Nijhoff.
- PARKER, A.W. & BRONKS, R. (1980). Gait of children with Down syndrome. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 61(8), 345-351.
- PARKER, A.W., BRONKS, R., & SNYDER JR, C.W. (1986). Walking patterns in Down's syndrome. *Journal of Mental Deficiency Research*, 30, 317-330.
- PAULA, A.I., MAUERBERG-DECASTRO, E. & COZZANI, M.V. (2006). Desenvolvimento longitudinal do andar para frente e para trás: Impacto da restrição ambiental. *Revista*

- Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano*, 8(4), 73-81.
- PAYNE, V.G. & ISAACS, L.D. (2007). *Desenvolvimento motor humano: uma abordagem vitalícia*. 6ª Edição. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.
- PERRY, J. (2004). *Análise de marcha: Marcha normal I*. Barueri: Manole.
- ROGERS, P.T. & COLEMAN, M. (1992). *Medical care in Down Syndrome: a preventative medicine approach*. New York: Marcel Dekker.
- SCHMIDT-SIDOR, B., WISNIEWSKI, K.E., SHEPARD, T.H., & SERSEN, E.A. (1990). Brain growth in Down syndrome subjects 15–22 weeks of gestation age and birth to 60 months. *Clinical Neuropathology*, 9(4), 181–190.
- SCHWARTZMAN, J.S. (2003). *Síndrome de Down*. 2ª Edição. São Paulo: Memnon Mackenzie.
- SMITH B.A. & ULRICH, B.D. (2008). Early onset of stabilizing strategies for gait and obstacles: Older adults with Down syndrome. *Gait & Posture*, 28(3), 448–455.
- SUTHERLAND, D.H., KAUFMAN, K. & MOITOZA, J.R. (1998). Cinemática da marcha humana normal. In: L. ROSE & J.G. GAMBLE, *Marcha Humana*. (pp. 23-44). 2ª Edição. São Paulo: Premier.
- ULRICH B.D., ULRICH, A.D., COLLIER, D.H., & COLE, E.L. (1995). Developmental shifts in the ability of infants with Down Syndrome to produce treadmill steps. *Physical Therapy*, 75(1), 14-23.
- ULRICH, D.A., ULRICH, B.D., ANGULO-KINZLER R.M. & YUN, J. (2001). Treadmill Training of Infants With Down Syndrome: Evidence-Based Developmental Outcomes. *Pediatrics*, 108(5), 1-7.
- PALISANO, R.J., WALTER, S.D., RUSSEL, D.J., ROSENBAUM, P.L., GÉMUS, M., GALUPPI, B. et al. (2001). Gross motor function of children with Down syndrome: creation of motor growth curves. *Archives of Physical Medical and Rehabilitation*, 82, 494-500.
- WISNIEWSKI, K.E. (1990). Down syndrome children often have brain with maturation delay, retardation of growth, and cortical dysgenesis. *American Journal of Medical Genetics*, 7(supl), 274–281.
- WISNIEWSKI, K.E. & SCHMIDT-SIDOR, B. (1989). Postnatal delay of myelin formation in brains from Down Syndrome infants and children. *Clinical Neuropathology*, 8(2), 55–62.
- WU, J., LOOPER, J., ULRICH, B.D., ULRICH, D.A. & ÂNGULO-BARROSO, R.M. (2007) .

Exploring effects of different treadmill interventions on walking onset and gait patterns in infants with Down syndrome. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 49(11), 839–845.

Endereço para correspondência:

Vanessa M. Andrade de Castro
R. Café Caturra, 192, Conjunto do Café
Londrina, PR, 86081-260
e-mail: vanessamota_uel@yahoo.com.br

Submetido: 26 de fevereiro de 2010.

Revisado: 12 de dezembro de 2010.

Aceito: 15 de janeiro de 2011.