

Artigo Científico

DANIELA MARIA AZEVEDO DE ARAÚJO

Vila Nova de Gaia, 25 de junho de 2015

Análise biomecânica da marcha e funcionalidade em crianças com Paralisia Cerebral: efeito da intervenção da fisioterapia com facilitação em tapete rolante

Daniela Maria Azevedo de Araújo (MSc)¹

Filipa Manuel Alves Machado de Sousa (PhD)²

¹Escola Superior de Tecnologia da Saúde do Instituto Politécnico do Porto (ESTSP-IPP)

²Faculdade de Desporto da Universidade do Porto (FADEUP)

Resumo

Introdução: As crianças com Paralisia Cerebral evidenciam frequentemente alterações da sua funcionalidade global, evidenciadas nomeadamente na marcha. Diferentes protocolos de facilitação da marcha em tapete rolante têm vindo a ser alvo de estudos no sentido de clarificar a sua eficácia nesta população. Estes sugerem uma evolução positiva dos diferentes aspectos estudados (funcionalidade global, resistência cardiorespiratória, componentes da marcha), contudo utilizam diferentes metodologias e especificidades do protocolo, não existindo consenso acerca das melhores condições de utilização.

Objectivo(s): O presente trabalho teve como objectivo principal avaliar o efeito da aplicação de um protocolo de marcha em tapete rolante (PMTR) em crianças com Paralisia Cerebral (PC) espástica, nos parâmetros biomecânicos da mesma e funcionalidade global.

Métodos: Participaram no estudo 9 crianças com PC do tipo diplégico e hemiplégico inscritos na Associação de Paralisia Cerebral de Braga (APCB), com idades compreendidas entre os 3 e os 8 anos de idade. Cada criança foi avaliada antes e após a aplicação do PMTR, através da análise biomecânica da marcha (dinamometria e electromiografia de superfície), bem como da aplicação do teste de medida da função motora (TMFM). A amostra foi dividida em dois grupos – grupo sujeito ao protocolo de marcha em tapete rolante (GPMTR) (n=5) e grupo controlo (GC) (n=4). O protocolo em tapete rolante foi incluído nas sessões de intervenção de fisioterapia, com uma frequência semanal de 2 a 3 vezes por semana, durante um período de 10 semanas consecutivas, após o qual foram repetidas as avaliações iniciais.

Resultados: A análise dos resultados permitiu verificar evoluções no GPMTR ao nível do *score* total da TMFM e especialmente na dimensão E, o que revelou melhorias significativas da funcionalidade motora global neste grupo. Verificaram-se ainda, em termos eletromiográficos um melhor padrão de recrutamento muscular, bem como, no que se refere à análise dinamométrica, evoluções positivas, na componente vertical das forças de reacção do solo.

Conclusão: O presente estudo parece sugerir que a inclusão da facilitação da marcha em tapete rolante no plano de intervenção pode contribuir para uma melhoria nos parâmetros biomecânicos da marcha e funcionalidade global de crianças com Paralisia Cerebral do tipo diplégico e hemiplégico, com idades compreendidas entre os 3 e os 8 anos.

Palavras-chave:

Paralisia Cerebral, marcha na PC, tapete rolante (*treadmill training*).

Abstract

Background: Children with cerebral palsy frequently present alterations in global functionality with repercussions on gait. Different protocols of gait facilitation on treadmill have been studied in order to evaluate its efficacy. A positive evolution of the different aspects studied (gross motor functionality, cardiorespiratory endurance, gait components) were suggest but different methodologies and protocol specifications were used, suggesting a lack of consensus about the best conditions.

Aim(s): This study's main objective was to evaluate the effect of a protocol of treadmill training (PMTR) in children with spastic Cerebral Palsy (CP), in the biomechnc parameters and gross motor functionality

Methods: Nine children with diplegic and hemiplegic type of PC with intervention in APCB (Cerebral Palsy Association of Braga), aged between 2 and 8 years old participated in the study. Each child was assessed before and after the application of PMTR by analysis of gait biomechanics (ground reaction forces and surface electromyography) and the application of the gross motor function measure (TMFM). The sample was divided into two groups - the group that were included on the treadmill gait protocol (GPMTR) (n = 5) and the control group (CG) (n = 4). The treadmill protocol was included in the intervention therapy sessions with a weekly frequency of 2 to 3 times for a period of 10 consecutive weeks, after which the initial evaluations were repeated.

Results: The analysis has shown changes on GPMTR in terms of the total score of TMFM and especially in the dimension E, which revealed significant improvements in gross motor function, in this group. It was also found in terms electromyographic a better pattern of muscle recruitment. The ground reaction forces analysis also revealed positive alterations in the vertical component.

Conclusion: This study seems to suggest that the inclusion of treadmill gait in the intervention plan can contribute to an improvement in biomechanical parameters of gait and gross moto functional measure of children with cerebral palsy (hemiplegic and dyplegic types), aged between 3 and 8 years.

Key words: Cerebral Palsy, gait in CP, treadmill training.

1 Introdução

A Paralisia Cerebral (PC) descreve um grupo de desordens do desenvolvimento de movimento e postura, causando limitação de actividade, que é atribuída a distúrbios não progressivos, que ocorrem no cérebro em desenvolvimento. As desordens motoras são frequentemente acompanhadas de alterações sensoriais, perceptivas, cognitivas, da comunicação e comportamento, epilepsia, e por alterações músculo-esqueléticas secundárias (Rosenbaum et. al., 2007). A diplegia e hemiplegia são bastante comuns, tendo sido citadas por vários autores como os quadros motores mais frequentes (Andrada et al, 2012; Mäenpää, 2005 Fonseca, 2004). Estas duas formas de PC, incluídas no grupo espástico, evidenciam um atingimento mais acentuado ao nível do tronco e membros inferiores ou num dos hemisférios, embora o envolvimento motor se considere global.

Para que a marcha se desenvolva de acordo com o observado durante o desenvolvimento sensoriomotor típico é necessária uma adequada relação entre estabilidade e mobilidade, estando esta frequentemente comprometida nas crianças com PC. De facto, estas crianças, apresentam uma diminuição da capacidade de recrutar actividade muscular, desenvolvendo sinergias musculares e relações agonista-antagonista

desadequadas. Assim, são observadas alterações do nível de actividade e alinhamento do tronco e membros inferiores, como componentes de flexão ou extensão excessivos do tronco, a flexão, adução e rotação interna da articulação coxofemoral, excessiva flexão ou extensão do joelho, pé equinovaro ou equinovalgo (Boonyong, 2010; Berker & Yalçin, 2005). O controlo selectivo dos músculos está comprometido, interferindo com a adequada co-activação muscular, levando a alterações evidentes na marcha (Cignetti, Zedka, Vaugoyeau & Assaiante, 2013; Burtner, Qualls & Woollacott, 1998; Damiano, Kelly & Vaughn, 1995). As alterações nos componentes da marcha são comuns, salientando-se de entre os mais frequentes, um inadequado ataque ao solo ou a incompleta amplitude articular de flexão/extensão da articulação coxofemoral e joelho, na fase de oscilação/final da fase de apoio, respectivamente (Boonyong, 2010; Stebbins, Harrington, Thompson, Zavatsky & Theologis, 2010; Gage, 1991).

Assim, associadas às alterações de alinhamento e controlo postural, observam-se dificuldades na selectividade e gradação do movimento, uma redução significativa da velocidade e resistência, comparativamente com os pares da mesma idade, interferindo significativamente com a sua funcionalidade. Alguns autores referem estes parâmetros, essencialmente o controlo postural e a funcionalidade da

marcha, como determinante essencial da independência, interferindo no seu desenvolvimento social e qualidade de vida (Wallard, Dietrich, Kerlirzin, & Bredin, 2014; Dieruf, Burtner, Provost, Phillips, Bernitsky-Beddingfield & Sullivan, 2009; Dickinson et.al., 2007; Miller & Bachrach, 2006; Ratliffe 2000; Gontijo & Cury, 2004; Lepage, Noreau.& Bernard, 1998).

A aquisição de marcha e melhoria do seu padrão estão entre os principais objectivos da intervenção terapêutica, pelo seu papel na autonomia e qualidade de vida da criança, mas também, por ser habitualmente o principal objectivo referido pelos pais (Bleck, 1990 citado por Damiano, Kelly & Vaughn, 1995). Inovações nas formas de intervenção, que contribuam para evoluções mais eficientes e melhoria do seu padrão são fundamentais.

Com o intuito de intervir nestas alterações, tem vindo a ser estudado e mesmo implementado em alguns centros, a utilização do tapete rolante como meio auxiliar da facilitação de marcha, em diferentes patologias e, mais recentemente, na PC.

Face ao exposto, o propósito do presente estudo foi, avaliar o efeito da aplicação de um protocolo em tapete rolante, na marcha e funcionalidade global de crianças com Paralisia Cerebral. Para tal recorreu-se à utilização de instrumentos de

avaliação, mais especificamente, à plataforma de forças e à electromiografia, utilizados de forma sincronizada, com o objectivo de avaliar a marcha nas crianças com paralisia cerebral do tipo hemiplégico e diplégico; bem como ao Teste de Medida da Função Motora adaptado à população em questão, que avalia as capacidades motoras globais da criança.

O interesse em realizar este estudo com recurso ao tapete rolante, advém da sua eficácia apresentada em vários estudos que utilizam um protocolo de marcha em tapete rolante (PMTR), realizados com crianças, com diferentes alterações/patologias neuromotoras (Filho, Kawamura, Lopes, Neves Cardoso & Caiafa, 2014; Grecco L., Zanon N., Sampaio L., Oliveira C., 2013; Mattern-Baxter, McNeil & Mansoor, 2013; Grecco, Tomita, Passini, Sampaio & Oliveira 2013; Chrysagis., Skordilis, Stavrou, Grammatopoulou & Koutsouki, 2012; Johnston T, et al., 2011; Zwicker J, Tanja\Dieruf, Burtner, Provost, Phillips, Bernitsky-Beddingfield & Sullivan, 2009; Mattern-Baxter, Bellamy et al. 2009; Mutlu, Krosschell & Spira, 2009; Angulo-Barroso et al. 2008; Behrman et al, 2008; Borggraefe, Meyer-Heim & Mansoor., 2008; Cernak, Stevens, Price & Shumway-Cook, 2008; Begnoche & Pitetti 2007; Cherng, Liu Lau & Hong, 2007; Dodd e Foley, 2007; Hodapp, Vry, Mall & Faist, 2007; Phillips, Sullivan, Burtner, Caprihan, Provost. & Bernitsky-Beddingfield, 2007;

Porvost, K et.al. 2007; Dannemiller, Heriza, Burtner & Gutierrez, 2005; Chan, Smith & Lo, 2004; Day, Fox, Lowe, Swales & Behrman, 2004; Eagleton, Iams, McDowell, Morrison & Evans, 2004; Blundell, Shepherd, Dean, Adams & Cahill, 2003; Bodkin, Baxter & Heriza. 2003; Trahan & Malouin 2002; Schindl, Forstner, Kern & Hesse, 2000; McNevin, Coraci & Schafer, 2000; Richards et. al., 1997).

A este motivo pode ser associada, também, a escassez de estudos científicos disponíveis em Portugal nesta área de intervenção ou que utilizem este tipo de instrumento.

2 Métodos

2.1 Amostra

Participaram neste estudo 9 crianças, 3 do sexo feminino e 6 do sexo masculino, com idades compreendidas entre os 2 e os 8 anos, com diagnóstico de PC do tipo diplégico ou hemiplégico espástico. As crianças apresentavam uma classificação segundo a GMFCS (*Gross Motor Function Classification System*) (Rosenbaum et al, 2008), variável entre os níveis I e III, isto é, com marcha independente (7 crianças) ou com recurso a auxiliar de marcha (2 crianças, as únicas com grau III na GMFCS). Todas integravam programas de intervenção terapêutica em equipa interdisciplinar, na APCB.

Estabeleceram-se os seguintes critérios de inclusão para o estudo:

- Crianças com o diagnóstico médico de PC do tipo diplégico ou hemiplégico (Provost et.al., 2007; Provost et.al., 2007; Chan, Smith & Lo, 2004; Schindl, Forstner, Kern & Hesse, 2000; Schindl, Forstner, Kern & Hesse, 2000; Phillips, Sullivan, Burtner, Caprihan, Provost. & Bernitsky-Beddingfield, 2007; Richards & Malouin, 1997).

- Crianças com marcha autónoma ou que realizem marcha com auxiliar (Crianças com GMFCS entre I e III) (Cernak, Stevens, Price & Shumway-Cook, 2008)

- Crianças com nível cognitivo que permita o entendimento das ordens verbais implicadas nas instruções dos testes realizados (Cherng, Liu, Lau & Hong, 2007; Phillips, Sullivan, Burtner, Caprihan, Provost. & Bernitsky-Beddingfield, 2007; Provost et.al. 2007) ;

- Crianças com idade entre os 3 e os 8 anos (Cherng, Liu, Lau & Hong, 2007).

Foram excluídas do estudo crianças:

- que apresentassem deformidades estruturais ao nível dos membros inferiores e/ou tronco, com alterações biomecânicas irreversíveis significativas ou instabilidade na articulação tibio-társica (alteração anatómica) (Maltais, Bar-or, Pierrynowski & Galea, 2003),

- que tivessem sido submetidas a alguma cirurgia ortopédica nos 12 meses precedentes (Phillips, Sullivan, Burtner, Caprihan, Provost. & Bernitsky-Beddingfield, 2007).

A amostra foi seleccionada da totalidade de clientes da Associação de Paralisia Cerebral de Braga (APCB), tendo-se contactado as crianças com as características pretendidas, com confirmação do quadro neurológico em relatório médico.

A amostra foi dividida em dois grupos (grupo sujeito ao protocolo de marcha em tapete rolante (GPMTR) e grupo controlo (GC)) de acordo com as

características (sexo, idade, quadro motor, GMFCS, independência na marcha) de forma a obter duas amostras o mais homogéneas possível.

O GPMTR foi constituído por 5 crianças, as quais foram submetidas ao protocolo em tapete rolante durante as sessões de fisioterapia habituais. Do GC fizeram parte 4 crianças, submetidas a sessões de fisioterapia, que incluíam, tal como no GPMTR, facilitação da marcha, nomeadamente na deslocação entre a sala de atendimento e a recepção. A tabela 1 apresenta a caracterização dos participantes:

Tabela 1: Caracterização da amostra, relativamente à idade (anos), sexo (F: feminino; M: masculino), peso (kg), altura (m), score da GMFCS e classificação da PC (hemiplégia e diplégia). Divisão da amostra em GPMTR e GC.

PARTICIPANTE	IDADE (Anos)	SEXO (F/M)	PESO (kg)	ALTURA (m)	GMFCS	CLASSIFICAÇÃO DA PC	
GPMTR	1	3,3	F	16	1.0	III	Hemiplégia
	2	3	M	10	0.88	I	Hemiplégia
	3	6	F	25	1.23	I	Diplégia
	4	7,7	M	33.3	1.26	I	Diplégia
	5	6,6	M	15,8	1.10	II	Diplégia
GC	6	5,5	M	16	1,04	III	Diplégia
	7	6,1	M	21.5	1.10	I	Diplégia
	8	5,4	F	17,2	1,03	II	Diplégia
	9	8,6	M	22	1,22	I	Hemiplégia

2.2 Instrumentos

2.2.1 Teste de Medida da Função Motoras (TMFM)

O TMFM-88 é um instrumento de observação estandardizado que inclui critérios de confiança e validade para medir alterações nas capacidades motoras

globais funcionais, especificamente em crianças com PC, traduzido, adaptado e validado para a população portuguesa (Andrada & Gimenez, 1991).

Este instrumento tem-se demonstrado válido, fiável (fiabilidade inter e intra-observador de 0,99) e responsivo às mudanças na função motora grossa para

crianças/jovens com PC (Andrada et al., 2012; Palisiano, Rosenbaum, Walter, Russel, Wood & Galuppi, 1997; Rodby-Bousquet & Hägglund, 2010; Russell, Rosenbaum, Avery & Lane, 2002; Santo, Pavão & Rocha, 2005; Yonetsu et.al.,2009; Day, Fox, Lowe, Swales & Behrman, 2007; Cherng, Liu, , Lau & Hong, 2007).permitindo uma avaliação funcional e quantitativa do potencial motor funcional da criança/jovem, não incidindo, no entanto, na qualidade do movimento.

2.2.2 Análise Biomecânica da marcha

Para a recolha e análise dos Parâmetros Biomecânicos (Força de Reacção do Solo e EMG) foram utilizados, uma plataforma de forças (Bertec tipo AM 4060-15), com 0,60 metros de comprimento por 0,40 metros de largura, com uma frequência de 1000 Hz; um electromiógrafo de frequência 1000Hz; um amplificador (Bertec AM 6300), com ganhos pré-definidos; uma unidade de interface (Biopac UM 100); um conversor analógico/digital de 16 bits (Biopac); um computador e o *software Acqknowledge*, para processar os dados recolhidos; *software MatLab*, para obter os valores normalizados ao peso corporal de cada indivíduo e gráficos pretendidos.

Para além destes instrumentos foi ainda necessária uma unidade de sincronização, para garantir a recolha simultânea dos dados.

2.2.3 Tapete Rolante Adaptado:

Pela inexistência na Instituição de um tapete rolante e devido ao custo elevado dos tapetes rolantes adaptados existentes no mercado, optou-se pela adaptação de um tapete não motorizado, adaptando a este um motor e um variador de frequência, que permitiu transformá-lo num tapete motorizado, com possibilidade de variação da velocidade, dentro dos valores necessários. Foram ainda aplicadas barras para apoio de mãos e fixação de faixas/calção de segurança, anteriores e laterais, com possibilidade de regulação em altura, de forma a permitir uma variabilidade de apoio (mais adequada para cada criança).

A adaptação realizada permitiu velocidades bastantes baixas (entre 0 e 1 m/s), com painel de controlo de velocidade e botão de ligar e desligar acessível, na frente do tapete.

2.3 Procedimentos

2.3.1 Protocolo Experimental

Os procedimentos incluídos no estudo foram realizados em dois espaços distintos, pela necessidade de material específico. Na APCB foram recolhidos os dados referentes à TMFM, e dados caracterizadores da amostra. Foi também o local onde decorreu o protocolo de marcha em tapete rolante e as respectivas sessões de fisioterapia. A recolha de dados referente à análise biomecânica da marcha

decorreu no Laboratório de Biomecânica da Faculdade de Desporto da Universidade do Porto. Deste modo, a selecção das crianças foi feita através da consulta do Processo Central da Instituição, tendo em vista os critérios de inclusão e exclusão, de forma a obter dados de identificação (nome, sexo e a idade), diagnóstico médico e áreas de reabilitação em que estão inseridas. Após a selecção das crianças foi feito um pedido de autorização aos pais para a participação no estudo.

Assim, num primeiro momento na APCB aplicou-se o TMFM e GMFCS, medindo-se ainda a altura de cada participante. No Laboratório de Biomecânica da FADE-UP realizou-se a recolha de dados referentes ao sinal electromiográfico nos músculos recto anterior, bicipete femoral, tibial anterior e gastrocnémio medial, bem como ao componente vertical da força de reacção do solo (plataforma de forças). Finalizada esta avaliação procedeu-se à inclusão do protocolo do tapete rolante nas sessões de fisioterapia, para o GPMTR.

O último momento do estudo decorreu 10 semanas após a aplicação do protocolo, tendo-se realizado uma avaliação idêntica à do 1º momento, com todas as crianças de ambos os grupos (Cherng, Li, Lau & Hong, 2007). Foram garantidas as mesmas condições de recolhas para todas as crianças, nos dois momentos de teste.

2.3.2 Procedimentos nas sessões de fisioterapia:

A intervenção foi realizada 2 a 3 vezes por semana (sendo a frequência semanal definidas de acordo com as necessidades de cada cliente, disponibilidade familiar e disponibilidade do serviço) (Cherng, Liu, Lau & Hong, 2007; Day, Fox, Lowe, Swales & Behrman, 2004), com duração de 50 min/sessão, e incluíram a facilitação de seqüências de movimento, potenciando o nível de actividade e um adequado alinhamento, visando uma potenciação da funcionalidade (Cherng, Liu, Lau & Hong, 2007). As sessões incluíram sempre facilitação de marcha em solo no início e final da sessão (um percurso de aproximadamente 60 metros, entre a recepção e sala de intervenção). O protocolo m tapete rolante foi incluído nas sessões de fisioterapia habituais da criança (apenas no GPMTR), realizado, no final da sessão, com a facilitação necessária adaptada a cada criança promovendo uma cinemática da marcha apropriada.

2.4 Procedimento de análise dos dados

2.4.1 Análise da Força de Reacção do Solo

Como forma de facilitar a análise e interpretação da força de reacção do solo considerou-se pertinente dividir cada uma das componentes vertical (F_z) em quatro fases, da seguinte forma:

Fase 1 – Compreendida entre o contacto inicial e o primeiro pico de força;

Fase 2 –Correspondente ao intervalo entre o primeiro pico de força e o apoio médio;

Fase 3 – Entre o apoio médio e o segundo pico de força;

Fase 4 – Entre o 2º pico de força e o fim da fase de apoio.

O início do processamento dos dados passou pela normalização da força relativamente ao peso corporal de cada indivíduo, seguindo-se a marcação manual dos pontos referentes a cada fase. Após a selecção destes pontos, foi calculada a média dos valores, a taxa de crescimento da força (TCF), o valor do pico e tempo da componente Fz da FRS normalizada, nas diferentes fases.

2.4.2 *Análise da Actividade Eléctrica Muscular*

Após a recolha do sinal electromiográfico dos músculos seleccionados para o estudo, procedeu-se à filtragem digital das curvas, aplicando-se um filtro de 25 a 500 Hz, à rectificação do sinal e aplicação de novo filtro, de 6Hz, para eliminar as variações bruscas dos valores de amplitude do sinal rectificado.

Para finalizar, retiraram-se os dados electromiográficos, após a aplicação das rotinas do MatLab 6.5, que se encontravam devidamente sincronizados com as fases

escolhidas da componente vertical da Força de Reacção do Solo. A fase de pré-activação foi definida como sendo os 150 milissegundos que precedem a fase de contacto do pé com o solo (De Monte and Arampatzis 2008).

A análise electromiográfica pretendeu analisar o valor médio do sinal electromiográfico dos recto femoral (RF), bicipete femoral (BF), tibial anterior (TA) e gastrocnémio medial (GM), nas fases de: pré-activação e fases 1, 2, 3 e 4.

2.4.3 *Procedimentos estatísticos*

Na descrição e caracterização da amostra utilizamos as medidas estatísticas de tendência central e dispersão, nomeadamente a média, o desvio padrão, o valor mínimo e máximo.

Devido à dimensão da amostra (9 sujeitos) aplicamos testes não-paramétricos para analisar amostras emparelhadas (teste de Wilcoxon), para aceder às diferenças do grupo entre a avaliação inicial e final. Para comparar os dois grupos, relativamente aos diferentes dados, utilizou-se também um teste não paramétrico para amostras independentes (teste Mann-Whitney). Considerou-se um nível de significância $\alpha = 0.05$ em ambos os casos.

Para realizar a análise estatística foi utilizado o Programa *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS), versão 17.

2.5 Ética

Após a selecção da amostra foi solicitado o consentimento aos pais ou cuidadores, para a realização do presente estudo, após esclarecimento dos objectivos, procedimentos, possíveis efeitos e eficácia do mesmo. Os pais ou tutores legais das crianças que manifestaram o seu consentimento informado assinaram a declaração de consentimento.

Foram garantidos durante o estudo o anonimato e a confidencialidade dos dados pessoais dos participantes

3 Resultados

Tendo como objectivo a análise da marcha e da sua funcionalidade, obtivemos os valores das componentes vertical da força de reacção do solo e, os valores médios do sinal electromiográfico dos

músculos recto femural, tibial anterior, bicípite femural e gastrocnémio medial, assim como o valor da GMFM, cujos resultados são apresentados de seguida. Nas tabelas e figuras, serão apresentados os valores da média e desvio padrão relativos ao GPMTR e GC, assim como, os valores de prova obtidos através dos testes não paramétricos de Wilcoxon (para comparar valores de dois momentos do mesmo grupo) e de Mann-Whitney (para comparar valores entre os dois grupos).

A amostra foi constituída por 9 crianças, entre os 3 e os 8,6 anos de idade, podendo observar-se na Tabela e os valores médios das variáveis Idade, Altura e Peso, bem como, os resultados do teste não paramétrico para análise de amostras independentes (Teste de Mann-Whitney), verificando-se assim tratar-se de dois grupos homogéneos, no que a estas variáveis diz respeito ($p > 0,05$)

Tabela 2: Valores do Teste de Mann-Whitney para as variáveis idade (anos), altura (m) e peso (Kg), relativas aos dois grupos em estudo ($\alpha=0,05$).

	n	Idade		Altura		Peso				
		Média \pm SD	T. Mann-Whitney z	p	Média \pm SD	T. Mann-Whitney z	p	Média \pm SD	T. Mann-Whitney z	p
GPMTR	5	5,32 \pm 2,08	-0,490	0,640	1,09 \pm 0,16	-0,123	0,902	20,02 \pm 9,16	-0,447	0,655
GC	4	6,40 \pm 1,50			1,10 \pm 0,87			19,18 \pm 3,02		

3.1 Análise dos resultados do TMFM

Os resultados obtidos através da

aplicação do Teste de Medida da Função Motora nos diferentes momentos de avaliação são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3: Valores da TMFM, dimensão D, E e valor total, em %, nos dois momentos de avaliação (M1 e M2)) de ambos os grupos (GPMTR e GC).

Sujeito	TMFM						
	Dimensão D (%)		Dimensão E (%)		Total (%)		
	M Av 1	M Av 2	M Av 1	M Av 2	M1	M2	
GPMTR	1	41,0	84,6	12,5	55,5	52,7	81,8
	2	82,0	89,7	63,9	84,7	89,2	94,9
	3	94,9	94,9	87,5	91,7	96,5	97,3
	4	100	100	91,7	94,4	97,3	98,9
	5	79,5	94,9	75,0	80,6	88,0	93,1
GC	6	34,5	69,2	29,2	37,2	66,7	77,9
	7	89,7	94,9	83,3	83,3	94,6	95,6
	8	71,8	79,5	45,8	45,8	76,8	79,9
	9	87,2	89,7	83,3	84,7	94,1	94,8

A análise da tabela permite verificar que ocorreram evoluções nos valores da TMFM (*Score* Total, Dimensão D e Dimensão E), para os diferentes sujeitos da amostra, contudo estes foram mais evidentes nos sujeitos pertencentes ao

GPMTR. O teste comparativo, da média dos diferentes momentos de avaliação, de cada grupo (Teste de Wilcoxon), permite evidenciar mais facilmente estas diferenças, estando estas diferenças apresentadas na tabela 4.

Tabela 4: Valores Médios, Desvio Padrão (SD) e resultado do Teste de Wilcoxon (T.Wilcoxon) para as variáveis GMFM – *Score* total e *Score* das Dimensões D e E (%), para o GPMTR e GC, nos dois momentos de avaliação (1 e 2).

Grupo	GMFM - <i>Score</i> Total (%)		GMFM - Dimensão D (%)		GMFM - Dimensão E (%)				
	media ± SD	T.Wilcoxon		Media ± SD	T.Wilcoxon		media ± SD	T.Wilcoxon	
		z	p		z	p		Z	p
GPMTR1	84,74 ± 18,39	-2,023	0,043	82,0 ± 23,16	-1,604	0,109	75,0 ± 31,90	-2,023	0,043
GPMTR2	93,20 ± 6,750			92,8 ± 5,860			84,7 ± 15,47		
GC1	83,05 ± 13,68	-1,826	0,680	70,8 ± 25,46	-1,826	0,680	60,4 ± 27,30	-1,342	0,180
GC2	87,05 ± 9,450			83,3 ± 11,38			62,8 ± 24,79		

Analisando a tabela importa salientar que, apenas no GPMTR, se obteve uma variação significativa ($p=0,043$), apesar de ter ocorrido um aumento do *score* total em ambos os grupos. Também no que se refere à Dimensão D (funcionalidade da criança na posição de pé), o GPMTR evidenciou uma evolução mais favorável entre os dois momentos de avaliação, do que o GC ($p=0,109$ e $p=0,680$ no GPMTR e GC, respectivamente). No que se refere à

Dimensão E, (funcionalidade da criança a andar, correr e saltar), observou-se uma variação maior no GPMTR do que no GC, quando comparamos os dois momentos de avaliação, sendo esta significativa ($p=0,043$ e $p=0,180$ para o GPMTR e GC, respectivamente).

Também no que diz respeito aos resultados da GMFM – *score* total verificou-se que, o GPMTR evidenciou

uma evolução positiva, significativa ($p = 0,043$). Este resultado reflecte a melhoria da funcionalidade apresentada pelas crianças deste grupo. O GC evidenciou também evoluções mas em menor

magnitude, não sendo o resultado estatisticamente significativo ($p = 0,680$).

Os resultados referentes à análise inter-grupos estão apresentados na tabela 5.

Tabela 5: Média, Desvio Padrão (SD) e resultado do Teste de Mann-Whitney (T.Mann-Whitney) para as variáveis GMFM – Score total e Score das Dimensões D e E (%), para comparação do GPMTR com o GC, nos dois momentos de avaliação (1 e 2).

	GMFM - Score Total (%)			GMFM - Dimensão D (%)			GMFM - Dimensão E (%)		
	media ± SD	T.Mann-Whitney		media ± SD	T.Mann-Whitney		media ± SD	T.Mann-Whitney	
		z	p		z	p		z	p
GPMTR1	84,74 ± 18,39	-0,49	0,624	82,0 ± 23,16	-0,735	0,462	75,0 ± 31,90	-0,492	0,623
GC1	83,05 ± 13,68			70,8 ± 25,46			60,4 ± 27,30		
GPMTR2	93,20 ± 6,750	-1,225	0,221	92,8 ± 5,860	-1,376	0,169	84,7 ± 15,47	-1,353	0,176
GC2	87,05 ± 9,450			83,3 ± 11,38			62,8 ± 24,79		

Através da observação da tabela 5, podemos verificar que, em nenhuma das três situações (GMFM *score* total, dimensão D e dimensão E) existem diferenças estatisticamente significativas, entre os dois grupos, nos diferentes momentos de avaliação, (p inicial igual a 0,624, 0,462 e 0,620, respectivamente, para *score* total, dimensão D e dimensão E e final de 0,221, 0,169 e 0,176 respectivamente, para *score* total, dimensão D e dimensão E).

Apesar de todos os valores apresentados serem maiores que 0,05, podemos observar que o valor de p é bastante menor no segundo momento de avaliação para as três variáveis, ou seja, apesar de não se ter alcançado um valor de p que permita concluir que as diferenças são significativas, este parece mostrar uma maior diferença entre os dois grupos no

final do estudo, com resultados mais positivos no GPMTR.

3.2 Análise da componente vertical da Força de Reacção do Solo:

A componente da força de reacção do solo aqui apresentada (componente vertical), encontra-se normalizada ao peso corporal de cada criança, estando o tempo normalizado ao tempo total da fase de apoio do ciclo de marcha. Nas tabelas seguintes (tabelas 6 e 7) estão registados os valores médios da força vertical da fase 1 e

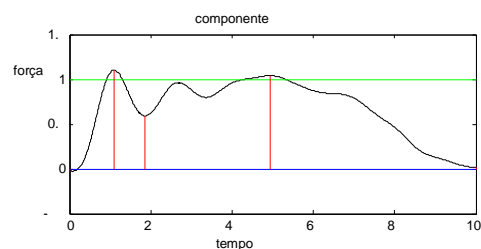


Figura 1: Componente vertical da FRS apresentada por um dos sujeitos da amostra, com a respectiva divisão das suas fases.

fase 2, e a taxa de crescimento da força (TCF) na fase 1.

Tabela 6: Valores médios, desvio padrão e valor do teste de Wilcoxon, relativos ao valor médio normalizado das fases 1, TCF da fase 1 e valor médio normalizado das fases 2 da componente Fz, em cada grupo (GPMTR e GC).

	COMPONENTE VERTICAL: FASE 1 E 2								
	Média fase 1 (norm)			TCF fase 1			Média fase 2 (norm)		
	media ± SD	Teste Wilcoxon		media ± SD	Teste Wilcoxon		media ± SD	Teste Wilcoxon	
	z	P		Z	p		z	p	
GPMTR1	0,564 ± 0,152	-1,051	0,293	0,048 ± 0,034	-1,120	0,263	0,857 ± 0,148	-0,560	0,575
GPMTR2	0,502 ± 0,19			0,036 ± 0,011			0,871 ± 0,215		
GC1	0,455 ± 0,614	-0,730	0,465	0,034 ± 0,006	-0,730	0,465	0,789 ± 0,062	-1,095	0,273
GC2	0,530 ± 0,114			0,042 ± 0,016			0,841 ± 0,102		

Tabela 7: Valores médios, desvio padrão e valor do teste de Mann-Whitney, relativos ao valor médio normalizado das fases 1, TCF da fase 1 e valor médio normalizado das fases 2 da componente Fz, nos dois grupos (GPMTR e GC).

	COMPONENTE VERTICAL: FASE 1 E 2								
	Média fase 1 (norm)			TCF fase 1			Média fase 2 (norm)		
	media ± SD	T. Mann-Whitney		media ± SD	T. Mann-Whitney		media ± SD	T. Mann-Whitney	
	z	p		Z	p		z	p	
GPMTR 1	0,564 ± 0,152	-1,529	0,126	0,048 ± 0,034	-0,255	0,790	0,857 ± 0,148	-1,529	0,126
GC1	0,455 ± 0,614			0,034 ± 0,006			0,789 ± 0,062		
GPMTR2	0,502 ± 0,19	-0,170	0,863	0,036 ± 0,011	-0,255	0,790	0,871 ± 0,215	-0,849	0,396
GC2	0,530 ± 0,114			0,042 ± 0,016			0,841 ± 0,102		

Apesar de se observarem alterações dos valores referentes aos parâmetros apresentados, as diferenças não são, quer na análise intra-grupo, quer na inter-grupo, estatisticamente significativas. Contudo, pode observar-se que, a actividade média

ocorrida na fase 1 da componente vertical diminuiu no GPMTR, assim como, a sua TCF. Pelo contrário, no GC ambas aumentaram. As tabelas seguintes apresentam os resultados relativos à média normalizada da fase 3 e 4, e TCF da fase 3.

Tabela 8: Valores médios, desvio padrão e valor do teste de Wilcoxon, relativos ao valor médio normalizado da fase 3, taxa de crescimento da força (TCF) da fase 3 e valor médio normalizado da fase 4, de Fz, em cada grupos (GPMTR e GC).

	COMPONENTE VERTICAL: APOIO MÉDIO - FINAL DO APOIO								
	Média fase 3 (norm)			TCF fase 3			Média fase 4 (norm)		
	media ± SD	Teste Wilcoxon		media ± SD	Teste Wilcoxon		media ± SD	Teste Wilcoxon	
	z	P		z	p		z	p	
GPMTR1	0,859 ± 0,123	-1,260	0,208	0,025 ± 0,038	-0,700	0,484	0,524 ± 0,097	-0,140	0,888
GPMTR2	0,902 ± 0,124			0,014 ± 0,011			0,524 ± 0,079		
GC1	0,818 ± 0,024	-1,461	0,144	0,012 ± 0,006	-0,730	0,465	0,435 ± 0,036	-1,461	0,144
GC2	0,851 ± 0,036			0,018 ± 0,017			0,505 ± 0,082		

Tabela 9: Valores médios, desvio padrão e valor do teste de Mann-Whitney, relativos ao valor médio normalizado da fase 3, taxa de crescimento da força (TCF) da fase 3 e valor médio normalizado da fase 4, de Fz, em cada grupos (GPMTR e GC).

	COMPONENTE VERTICAL: APOIO MÉDIO - FINAL DO APOIO								
	Média fase 3 (norm)			TCF fase 3			Média fase 4 (norm)		
	Média ± SD	T. Mann-Whitney		media ± SD	T. Mann-Whitney		media ± SD	T. Mann-Whitney	
	z	P		z	p		z	p	
GPMTR 1	0,859 ± 0,123	-1,858	0,062	0,025 ± 0,038	-0,170	0,865	0,524 ± 0,097	-1,698	0,089
GC1	0,818 ± 0,024			0,012 ± 0,006			0,435 ± 0,036		
GPMTR2	0,902 ± 0,124	-0,679	0,497	0,014 ± 0,011	-0,340	0,734	0,524 ± 0,079	-0,510	0,610
GC2	0,851 ± 0,036			0,018 ± 0,017			0,505 ± 0,082		

A análise das tabelas anteriores, revela que a média normalizada aumentou na fase 3, para ambos os grupos, contudo, em nenhum deles se observam diferenças estatisticamente significativas. A TCF nesta fase, reduziu no GPMTR e aumentou no GC. A média da força após o segundo

pico (fase 4) manteve-se semelhante no GPMTR, mas sofreu um aumento no GC.

As tabelas 10 e 11 apresentam os valores obtidos, relativos ao 1º pico, apoio médio e 2º pico da componente vertical (Fz) da FRS.

Tabela 10: Valores médios, desvio padrão e valor do teste de Wilcoxon, relativos aos valores do 1º, apoio médio e 2º picos de Fz em cada grupo (GPMTR e GC).

	COMPONENTE VERTICAL: VALOR (norm)								
	1º pico		Apoio Médio				2º pico		
	media ± SD	T. Wilcoxon		media ± SD	T. Wilcoxon		media ± SD	T. Wilcoxon	
		z	p		z	p		Z	p
GPMTR1	0,979 ± 0,186	-0,140	0,889	0,757 ± 0,179	-2,100	0,036	0,961 ± 0,080	-0,980	0,327
GPMTR2	0,945 ± 0,263			0,810 ± 0,179			1,012 ± 0,099		
GC1	0,866 ± 0,056	-1,461	0,144	0,730 ± 0,068	0,000	1,000	0,889 ± 0,017	-1,461	0,144
GC2	0,958 ± 0,172			0,726 ± 0,114			0,962 ± 0,107		

Tabela 11: Valores médios, desvio padrão e valor do teste de Mann-Whitney, relativos aos valores do 1º, apoio médio e 2º picos de Fz, em cada grupo (GPMTR e GC).

	COMPONENTE VERTICAL: VALOR (norm)								
	1º pico		Apoio Médio				2º pico		
	media ± SD	T. M.-Whitney		media ± SD	T. M.-Whitney		media ± SD	T. M.-Whitney	
		z	p		z	p		z	p
GPMTR1	0,979 ± 0,186	-1,529	0,126	0,757 ± 0,179	-0,849	0,396	0,961 ± 0,080	-1,529	0,126
GC1	0,866 ± 0,056			0,730 ± 0,068			0,889 ± 0,017		
GPMTR2	0,945 ± 0,263	0,000	1,000	0,810 ± 0,179	-1,359	0,174	1,012 ± 0,099	-1,019	0,308
GC2	0,958 ± 0,172			0,726 ± 0,114			0,962 ± 0,107		

A análise dos valores revela que o valor do 1º pico foi menor em GPMTR2, o que seria de esperar uma vez que a média e TCF até esse ponto diminuíram. No GC ocorreu um aumento, tal como ocorreu com a média e a TCF. Nenhum resultado obteve um valor de prova significativo para o nível de significância escolhido.

A análise dos dados referentes ao valor do apoio médio permite verificar que

no GE o respectivo valor também aumentou após o treino, apresentando uma diferença estatisticamente significativa (p=0,036). No GC o mesmo não ocorre, observando-se uma ligeira redução do valor.

Nas tabelas 12 e 13 estão registados os resultados do momento em que ocorre o 1º pico, apoio médio e 2º pico, na totalidade do tempo de apoio.

Tabela 12: Valores médios, desvio padrão e valor do teste de Wilcoxon, relativos ao tempo de ocorrência (em percentagem do tempo total de apoio) do 1º pico, apoio médio e 2º pico de FZ, em cada grupo (GPMTR e GC).

	COMPONENTE VERTICAL: TEMPO (%)					
	1º pico		Apoio Médio		2º pico	
	media ± SD	T. Wilcoxon z p	media ± SD	T. Wilcoxon z p	media ± SD	T. Wilcoxon z p
GPMTR1	26,94 ± 9,478	-0,700 0,484	40,09 ± 12,428	-0,560 0,575	56,42 ± 9,827	-0,420 0,674
GPMTR2	29,93 ± 10,207		43,56 ± 14,913		57,86 ± 13,522	
GC1	29,31 ± 2,906	-3,650 0,715	39,60 ± 4,476	-0,730 0,465	53,46 ± 7,847	-0,730 0,465
GC2	28,70 ± 6,631		42,28 ± 9,207		55,13 ± 3,620	

Tabela 13: Valores médios, desvio padrão e valor do teste de Mann-Whitney, relativos ao tempo de ocorrência (em percentagem do tempo total de apoio) do 1º pico, apoio médio e 2º pico de Fz, em cada grupo (GPMTR e GC).

	COMPONENTE VERTICAL: TEMPO (%)					
	1º pico		Apoio Médio		2º pico	
	media ± SD	T. M.- Whitney z p	media ± SD	T. M.- Whitney z p	media ± SD	T. M.- Whitney z p
GPMTR1	26,94 ± 9,478	-0,170 0,865	40,09 ± 12,428	0,000 1,000	56,42 ± 9,827	-0,849 0,396
GC1	29,31 ± 2,906		39,60 ± 4,476		53,46 ± 7,847	
GPMTR2	29,93 ± 10,207	-0,170 0,865	43,56 ± 14,913	-0,170 0,865	57,86 ± 13,522	-0,679 0,497
GC2	28,70 ± 6,631		42,28 ± 9,207		55,13 ± 3,620	

O tempo de ocorrência do 1º pico sofreu um atraso, aproximou-se dos 30% no GPMTR, e adiantando-se ligeiramente no GC, aproximando-se dos 28% do tempo total da fase de apoio.

A percentagem de tempo de ocorrência do apoio médio aumentou aproximou-se dos 44%, no GPMTR, e dos 42%, no GC.

Os resultados do teste de Mann-Whitney não revelam diferenças significativas, entre os grupos em nenhum dos parâmetros.

A percentagem de tempo em que ocorreu o 2º pico, relativamente ao tempo total, aumentou no GPMTR (aproximando-

se dos 58%) e reduziu no GC (aproximando-se dos 55%).

3.3 Análise da actividade EMG:

Os resultados da actividade EMG dos músculos recto femoral (RF), bicípíte femoral (BF), tibial anterior (TA) e gastrocnémio medial (GM), serão apresentados, sendo referentes às fases de pré-activação, fase 1, 2, 3 e 4 da componente vertical da FRS.

As tabelas 14 e 15 referem-se aos resultados médios relativos ao músculo recto femoral, nas fases de pré-activação, e nas fases 1, 2, 3 e 4.

Tabela 14: Valores médios da actividade EMG do músculo recto femoral, referentes à pré-activação e fases 1, 2, 3 e 4 e resultado do teste de Wilcoxon.

	EMG RECTO FEMURAL								
	Pré-activação			Média fase 1			Média fase 2		
	media ± SD	Teste Wilcoxon		media ± SD	Teste Wilcoxon		media ± SD	Teste Wilcoxon	
		Z	p		Z	p		z	p
GPMTR1	0,462 ± 0,411	-1,680	0,093	0,646 ± 0,119	-0,420	0,674	0,348 ± 0,084	-0,560	0,575
GPMTR2	0,659 ± 0,436			0,662 ± 0,125			0,377 ± 0,211		
GC1	0,423 ± 0,233	-1,095	0,273	0,609 ± 0,044	-0,730	0,465	0,554 ± 0,086	-1,095	0,273
GC2	0,388 ± 0,175			0,631 ± 0,159			0,437 ± 0,152		
	Média fase 3				Média fase 4				
	media ± SD	Teste Wilcoxon		media ± SD	Teste Wilcoxon				
		z	p		Z	p			
GPMTR1	0,316 ± 0,149	-0,420	0,674	0,341 ± 0,188	-1,260	0,208			
GPMTR2	0,322 ± 0,190			0,334 ± 0,129					
GC1	0,505 ± 0,122	-1,095	0,273	0,423 ± 0,144	-1,095	0,273			
GC2	0,387 ± 0,202			0,337 ± 0,104					

Na sua generalidade (com excepção da fase 4) o GPMTR evidenciou um aumento da actividade do músculo RF no segundo momento de avaliação, apesar de as diferenças não serem significativas. O aumento foi mais evidente na pré-activação, o que pode ser verificado pelo

valor de teste obtido. Por outro lado, o GC apresenta uma diminuição da actividade média em todas as fases excepto na fase 1.

As diferenças inter-grupos, com os respectivos valores do Teste de Mann-Whitney, encontram-se na tabela seguinte.

Tabela 15: Valores médios da actividade EMG do músculo recto femoral, referentes à pré-activação e fases 1, 2, 3 e 4 e resultado do teste de Mann-Whitney.

	EMG RECTO FEMURAL								
	Pré-activação			Média fase 1			Média fase 2		
	media ± SD	T. Mann-Whitney		media ± SD	T. Mann-Whitney		media ± SD	T. Mann-Whitney	
		z	p		z	p		z	P
GPMTR1	0,462 ± 0,411	-0,170	0,865	0,646 ± 0,119	-0,170	0,865	0,348 ± 0,084	-2,717	0,007
GC1	0,423 ± 0,233			0,609 ± 0,044			0,554 ± 0,086		
GPMTR2	0,659 ± 0,436	-1,019	0,308	0,662 ± 0,125	-0,340	0,734	0,377 ± 0,211	-0,849	0,396
GC2	0,388 ± 0,175			0,631 ± 0,159			0,437 ± 0,152		
	Média fase 3				Média fase 4				
	media ± SD	T. Mann-Whitney		media ± SD	T. Mann-Whitney				
		z	p		z	p			
GPMTR1	0,316 ± 0,149	-1,529	0,126	0,341 ± 0,188	-0,849	0,396			
GC1	0,505 ± 0,122			0,423 ± 0,144					
GPMTR2	0,322 ± 0,190	-0,340	0,734	0,334 ± 0,129	-0,170	0,865			
GC2	0,387 ± 0,202			0,337 ± 0,104					

A tabela 15, permite verificar que apenas na fase 2, no 1º momento de avaliação, se verificaram diferenças significativas entre os grupos (p=0,007),

apresentando o GPMTR um valor médio de actividade do RF inferior ao do GC. Esta tendência manteve-se no 2º momento de avaliação. Em todas as fases (excepto

na pré-activação e fase 1) e em todos os momentos de avaliação o GPMTR teve valores inferiores ao GC.

Os dados da actividade EMG do músculo bicípíte femoral são apresentados de seguida.

Tabela 16: Valores médios da actividade EMG do músculo bicípíte femoral, referentes à pré-activação e fases 1, 2, 3 e 4 e resultado do teste de Wilcoxon.

	EMG BICIPETE FEMURAL								
	Pré-activação			Média fase 1			Média fase 2		
	media ± SD	Teste Wilcoxon		media ± SD	Teste Wilcoxon		media ± SD	Teste Wilcoxon	
	z	p		z	p		z	P	
GPMTR1	0,472 ± 0,163	-1,014	0,310	0,647 ± 0,137	-0,845	0,298	0,623 ± 0,161	-0,169	0,866
GPMTR2	0,397 ± 0,163			0,641 ± 0,062			0,642 ± 0,208		
GC1	0,346 ± 0,123	-1,095	0,273	0,668 ± 0,127	-0,730	0,465	0,687 ± 0,099	-1,095	0,273
GC2	0,311 ± 0,071			0,730 ± 0,60			0,571 ± 0,123		
	Média fase 3			Média fase 4					
	media ± SD	Teste Wilcoxon		media ± SD	Teste Wilcoxon				
		z	p		z	p			
GPMTR1	0,436 ± 0,164	-1,183	0,237	0,344 ± 0,165	-1,690	0,091			
GPMTR2	0,520 ± 0,229			0,408 ± 0,111					
GC1	0,615 ± 0,090	-0,365	0,715	0,356 ± 0,129	-0,730	0,465			
GC2	0,501 ± 0,196			0,322 ± 0,116					

Analisando o comportamento dos grupos nos dois momentos de avaliação, é possível verificar-se que, na fase de pré-activação, ocorreu, em ambos, uma diminuição da actividade média do músculo BF. Na fase 1, o GPMTR evidenciou uma diminuição desta actividade, enquanto o GC evidenciou um

aumento. Por outro lado, fases 2, 3 e 4, foi possível observar-se o comportamento oposto, apresentando o GPMTR um aumento da actividade e o GC uma redução. Em nenhuma das fases se observam diferenças significativas nos grupos, entre os momentos de avaliação.

Tabela 17: Valores médios da actividade EMG do músculo bicípíte femoral, referentes à pré-activação e fases 1, 2, 3 e 4 e resultado do teste de Mann-Whitney.

	EMG BICIPETE FEMURAL								
	Pré-activação			Média fase 1			Média fase 2		
	media ± SD	T. Mann-Whitney		media ± SD	T. Mann-Whitney		media ± SD	T. Mann-Whitney	
	z	p		Z	P		z	p	
GPMTR1	0,472 ± 0,163	-1,019	0,308	0,647 ± 0,137	-0,510	0,610	0,623 ± 0,161	-0,849	0,396
GC1	0,346 ± 0,123			0,668 ± 0,127			0,687 ± 0,099		
GPMTR2	0,397 ± 0,163	-1,134	0,257	0,641 ± 0,062	-1,701	0,089	0,642 ± 0,208	-0,378	0,705
GC2	0,311 ± 0,071			0,730 ± 0,60			0,571 ± 0,123		
	Média fase 3			Média fase 4					
	media ± SD	T. Mann-Whitney		Media ± SD	T. Mann-Whitney				
		z	p		z	p			
GPMTR1	0,436 ± 0,164	-1,698	0,089	0,344 ± 0,165	0,000	1,000			
GC1	0,615 ± 0,090			0,356 ± 0,129					
GPMTR2	0,520 ± 0,229	-0,189	0,850	0,408 ± 0,111	-0,567	0,571			
GC2	0,501 ± 0,196			0,322 ± 0,116					

Analisando a tabela 17 é possível observar-se que no período de tempo correspondente à pré-activação, a actividade do BF é superior no GPMTR, em ambos os momentos de avaliação, verificando-se contudo uma redução mais acentuada entre momentos, neste grupo, em comparação com o GC. No que se refere à fase 1, é possível observar-se,

através da análise do valor de teste, que as diferenças entre os grupos se acentuam entre o primeiro e segundo momentos de avaliação. A análise da tabela 17 não demonstra diferenças significativas nos dois grupos, nas diferentes fases. Os resultados relativos à actividade EMG do tibial anterior são apresentados nas tabelas 18 e 19.

Tabela 18: Valores médios da actividade EMG do músculo tibial anterior, referentes à pré-activação e fases 1, 2, 3 e 4 e resultado do teste de Wilcoxon.

	EMG TIBIAL ANTERIOR							
	Pré-activação		Média fase 1		Média fase 2			
	media ± SD	Teste Wilcoxon z p	media ± SD	Teste Wilcoxon z p	media ± SD	Teste Wilcoxon z P		
GPMTR1	0,435 ± 0,144	0,000 1,000	0,610 ± 0,184	-1,859 0,063	0,425 ± 0,129	-2,366 0,018		
GPMTR2	0,487 ± 0,077		0,716 ± 0,108		0,657 ± 0,157			
GC1	0,212 ± 0,027	-1,826 0,068	0,528 ± 0,171	-1,461 0,144	0,389 ± 0,116	-0,730 0,465		
GC2	0,345 ± 0,102		0,630 ± 0,168		0,529 ± 0,180			
	Média fase 3			Média fase 4				
	media ± SD	Teste Wilcoxon z p		media ± SD	Teste Wilcoxon z p			
GPMTR1	0,395 ± 0,169	-1,859	0,063	0,516 ± 0,091	-0,676	0,499		
GPMTR2	0,542 ± 0,164			0,572 ± 0,153				
GC1	0,324 ± 0,035	-1,095	0,273	0,423 ± 0,112	-0,365	0,715		
GC2	0,481 ± 0,216			0,464 ± 0,159				

A análise dos dados permite perceber um aumento da actividade em todas as fases nos dois grupos, contudo, exceptuando a fase de pré-activação, o GPMTR apresentou um valor de prova menor, tendo alcançado uma diferença significativa na fase 2. A análise da tabela

19 permite verificar que na fase de pré-activação, os grupos apresentaram diferenças com significado, no primeiro momento de avaliação, contrariamente ao que se verificou no segundo momento de avaliação. Assim, no segundo momento de avaliação, em ambos os grupos

Tabela 19: Valores médios da actividade EMG do músculo tibial anterior, referentes à pré-activação e fases 1, 2, 3 e 4 e resultado do teste de Mann-Whitney.

	EMG TIBIAL ANTERIOR							
	Pré-activação		Média fase 1		Média fase 2			
	media ± SD	T. Mann-Whitney z P	media ± SD	T. Mann-Whitney z p	media ± SD	T. Mann-Whitney z P		
GPMTR1	0,435 ± 0,144	-2,717 0,007	0,610 ± 0,184	-0,510 0,610	0,425 ± 0,129	-0,679 0,349		
GC1	0,212 ± 0,027		0,528 ± 0,171		0,389 ± 0,116			
GPMTR2	0,487 ± 0,077	-1,890 0,059	0,716 ± 0,108	-1,134 0,257	0,657 ± 0,157	-1,323 0,186		
GC2	0,345 ± 0,102		0,630 ± 0,168		0,529 ± 0,180			

	Média fase 3			Média fase 4		
	media ± SD	T. Mann-Whitney		media ± SD	T. Mann-Whitney	
		z	p		z	p
GPMTR1	0,395 ± 0,169	-0,936	0,349	0,516 ± 0,091	-1,359	0,174
GC1	0,324 ± 0,035			0,423 ± 0,112		
GPMTR2	0,542 ± 0,164	-0,567	0,571	0,572 ± 0,153	-0,756	0,450
GC2	0,481 ± 0,216			0,464 ± 0,159		

evidenciaram um aumento na actividade do TA, embora maior no GC. Importa salientar que na pré-activação e nas diferentes fases, os valores do GPMTR são sempre mais elevados do que os do GC.

Os resultados referentes à actividade EMG do músculo gastrocnémio medial são apresentados nas tabelas que se seguem.

Tabela 20: Valores médios da actividade EMG do músculo gastrocnémio medial, referentes à pré-activação e fases 1, 2, 3 e 4 e resultado do teste de Wilcoxon.

	EMG GASTROCNÉMIO MEDIAL								
	Pré-activação			Média fase 1			Média fase 2		
	media ± SD	Teste Wilcoxon		media ± SD	Teste Wilcoxon		media ± SD	Teste Wilcoxon	
	z	p	z	p	z	P	z	P	
GPMTR1	0,318 ± 0,081	-2,366	0,018	0,759 ± 0,068	-1,521	0,128	0,738 ± 0,211	-0,338	0,735
GPMTR2	0,264 ± 0,072			0,719 ± 0,087			0,732 ± 0,189		
GC1	0,344 ± 0,138	-1,095	0,273	0,707 ± 0,079	-1,461	0,144	0,741 ± 0,158	-0,365	0,715
GC2	0,315 ± 0,084			0,780 ± 0,124			0,751 ± 0,134		
	Média fase 3			Média fase 4					
	media ± SD	Teste Wilcoxon		media ± SD	Teste Wilcoxon				
		z	p		z	P			
GPMTR1	0,719 ± 0,164	-1,014	0,310	0,595 ± 0,144	-0,338	0,735			
GPMTR2	0,761 ± 0,188			0,627 ± 0,153					
GC1	0,782 ± 0,198	-0,365	0,715	0,646 ± 0,165	-0,730	0,465			
GC2	0,730 ± 0,85			0,601 ± 0,156					

No período correspondente à pré-activação, o GPMTR evidenciou uma redução significativa na actividade do músculo GM (p=0,018). A mesma tendência verificou-se também nas fases 1 e 2, embora sem diferenças significativas,

enquanto que, nas fases 3 e 4 ocorreu um aumento na actividade deste músculo. No GC verificou-se um comportamento oposto, isto é, a actividade do músculo GM aumentou nas fases 1 e 2 e diminuiu nas fases 3 e 4.

Tabela 20: Valores médios da actividade EMG do músculo gastrocnémio medial, referentes à pré-activação e fases 1, 2, 3 e 4 e resultado do teste de Mann-Whitney.

	EMG GASTROCNÉMIO MEDIAL								
	Pré-activação			Pré-activação			Média fase 1		
	media ± SD	T. Mann-Whitney		media ± SD	T. Mann-Whitney		media ± SD	T. Mann-Whitney	
	z	p	z	p	z	P	z	P	
GPMTR1	0,318 ± 0,081	-0,170	0,865	0,759 ± 0,068	-1,019	0,308	0,738 ± 0,211	-0,170	0,865
GC1	0,344 ± 0,138			0,707 ± 0,079			0,741 ± 0,158		
GPMTR2	0,264 ± 0,072	-0,945	0,345	0,719 ± 0,087	-0,567	0,571	0,732 ± 0,189	0,000	1,000
GC2	0,315 ± 0,084			0,780 ± 0,124			0,751 ± 0,134		

	Média fase3			Média fase 4		
	media ± SD	T. Mann-Whitney		media ± SD	T. Mann-Whitney	
		z	p		z	p
GPMTR1	0,719 ± 0,164	-0,679	0,497	0,595 ± 0,144	-1,019	0,308
GC1	0,782 ± 0,198			0,646 ± 0,165		
PMTR2	0,761 ± 0,188	-1,323	0,186	0,627 ± 0,153	-0,189	0,850
GC2	0,730 ± 0,85			0,601 ± 0,156		

A análise da tabela referente à comparação dos grupos permite verificar que em nenhuma das fases se observaram diferenças significativas entre eles.

4 Discussão

Uma análise pormenorizada da componente vertical da FRS em paralelo com os dados obtidos através da EMG, permite sugerir evoluções nos parâmetros biomecânicos da marcha, que suportam as alterações verificadas ao nível funcional global.

Assim, analisando a fase 1 (compreendida entre o contacto inicial e o primeiro pico de força), observa-se que, contrariamente ao GC, a actividade média (Fz) diminuiu no GPMTR, assim como, a TCF. A forma da curva tipicamente apresentada por crianças com PC, é diferente da apresentada pelos pares da mesma idade, sem alterações neuromotoras, observando-se um declive mais acentuado, taxas de crescimento de força mais elevadas e picos mais marcados (Hsue, 2009; White, Agouris, Selbie & Kirkpatrick, 1999). Isto relaciona-se com um ataque ao solo com uma menor absorção do choque, apoio do pé menos

harmonioso e uma menor superfície de apoio (Stebbins, Harrington, Thompson, Zavatsky, & Theologis, 2010; Sybil, 2003). O facto de ter ocorrido uma redução nestes dois parâmetros no GPMTR, parece remeter para uma aproximação do comportamento das crianças deste grupo à curva da marcha típica. Estes dados parecem revelar uma redução do impacto do pé no solo após a aplicação do protocolo neste grupo.

A redução do valor do 1º pico no GPMTR, de acordo com o apresentado anteriormente para a fase 1, pode sugerir que ocorreu uma aceitação do peso de forma mais progressiva ao longo do contacto inicial e fase de aceitação de carga, alcançando um valor máximo menor. Pelo contrário no GC este valor aumentou, o que parece poderá fazer pressupor o contrário.

O tempo de ocorrência do 1º pico sofreu um atraso, aproximou-se dos 30% no GPMTR, e adiantando-se ligeiramente no GC, aproximando-se dos 28% do tempo total da fase de apoio. White e colaboradores (1999) encontraram tempos de ocorrência nas crianças sem alterações neuromotoras entre os 21 e os 22%,

enquanto que as crianças com PC apresentavam estes picos num tempo percentual menor, próximo dos 17% do tempo da fase total de apoio. Os valores encontrados no GPMTR parecem revelar um atraso na ocorrência do pico e consequentemente da fase 1.

Através da análise dos dados eletromiográficos, verificou-se um aumento importante da actividade do recto femural no GPMTR (contrariamente ao GC), na fase de pré-activação ($p=0,09$), assim como na fase 1 (em ambos os grupos), observando-se valores médios de actividade mais elevados do que nas restantes fases,. A actividade do RF, na fase terminal de oscilação, promove a flexão da coxofemoral e extensão do joelho, importantes para o aumento do arco de movimento durante o passo e prepara o membro para o contacto com o solo. É ainda usualmente activado para estabilizar o joelho nos primeiros 20% da fase de apoio e controlar a flexão do joelho (Romkes & Brunner 2007; Sojka, Stuberg, Knutson & Karst, 1995; Gage, 1991),

Na fase final de oscilação os isquiotibiais (maioritariamente o semitendinoso) estão activos, prevenindo a excessiva extensão do joelho e desacelerando a flexão da coxofemoral. Esta actividade continua no início da fase de apoio, assiste (conjuntamente com os músculos vastos medial e lateral) na estabilidade destas duas articulações

(Romkes & Brunner, 2007). Assim, os dados relativos ao bicipete femoral revelam uma diminuição da actividade na pré-activação e um aumento na fase 1, em ambos os grupos (mas menos evidente no GC).. Estes resultados podem estar relacionados com o facto de, na PC ocorrer frequentemente uma co-contração muscular, nomeadamente ao nível dos músculos quadricípete e isquiotibiais, influenciando a extensão do joelho, levando a uma diminuição do arco do movimento na fase de oscilação e comprometimento do passo e da progressão da marcha. Uma melhor relação de activação quadricípete/isquiotibiais nesta fase pode relacionar-se com um aumento da actividade do quadricípete associada a uma diminuição da tensão dos isquiotibiais. Durante esta fase, seria de esperar, também, uma actividade excêntrica dos dorsiflexores, para evitar um choque do antepé no chão, uma vez que a gravidade e a inércia o guiam para flexão plantar (Sojka, Stuberg, Knutson & Karst, 1995). De facto, a actividade do TA é tipicamente marcada nas fases de contacto inicial e de aceitação da carga, permitindo o controlo do posicionamento do pé e da flexão plantar no final da aceitação da carga (Romkes & Brunner, 2007). A actividade apresentada por este músculo no inicio da fase de apoio, é maior, habitualmente, em crianças que apresentam um padrão de marcha típico,

do que em crianças com PC. A observação dos resultados do presente estudo permite verificar que em ambos os grupos ocorreu um aumento da actividade anterior deste músculo em todas as fases analisadas. O aumento da sua actividade, na fase de contacto com o solo e aceitação da carga (fase 1), nos GPMTR e GC (mais acentuado e significativo no primeiro, $p=0,018$ na fase 2 e próximo disso na fase 1, com $p=0,063$) parece entrar em consonância com o apresentado.

No GPMTR a actividade do gastrocnémio medial diminuiu significativamente na fase de pré-activação ($p=0,018$), apresentando uma ligeira diminuição também na fase 1, contrariamente ao GC. A posição do pé em flexão plantar no contacto inicial limita a extensão do joelho, uma vez que promove uma tensão nos gastrocnémios que não permitem a extensão completa do joelho nesta fase (Romkes & Brunner, 2007). Associando estes resultados relativos ao GPMTR à diminuição observada na actividade do bicipite femoral e aumento na actividade dos recto femoral e tibial anterior observados no mesmo grupo, estes parecem sugerir uma magnitude de activação mais adequada no ataque ao solo e fase inicial de apoio.

Na fase 2 (intervalo entre o primeiro pico de força e o apoio médio), o valor

médio (Fz) aumentou em ambos os grupos, parecendo que a transição entre a fase de recepção da carga e o médio apoio em ambos os grupos, se caracterizou por uma maior transferência de carga para o membro de referência. A percentagem de tempo de ocorrência do apoio médio aumentou aproximou-se dos 44%, no GPMTR, e dos 42%, no GC. Os valores encontrados no GPMTR estão de acordo com o apresentado por White e colegas (2005), que observaram em crianças com um desenvolvimento típico que o apoio médio ocorre aproximadamente a 45% do tempo de apoio total.

Nesta fase, o GC apresentou uma diminuição marcada da actividade média do bicípito femoral, acompanhada por uma diminuição da actividade do recto femoral. No GPMTR, ambos os músculos apresentaram um aumento da actividade, mais marcado do recto femoral. Nesta fase, ocorre habitualmente a extensão da coxofemoral e do joelho, tendo os músculos isquiotibiais um papel auxiliar na extensão da primeira, e em conjunto com a contracção dos flexores da coxofemoral, permite a estabilidade do joelho (Boonyong, 2010; Miller 2007). O aumento da actividade no GPMTR parece, assim, aproximar-se de uma performance mais eficiente.

Relativamente ao gastrocnémio medial, no GPMTR, a redução da actividade apresentada na fase de pré-

ativação (estatisticamente diferente) continua a ser observada nas fases 1 e 2, apesar de as diferenças serem progressivamente menores. Esta redução da actividade na fase 1 e 2, no GPMTR, não ocorre no GC. Salienta-se que, o GPMTR evidenciou um aumento da actividade do músculo tibial anterior, bastante marcado na fase 1 e significativo na fase 2 ($p=0,018$), enquanto o GC apresentou aumentos menos marcados. A associação destes resultados permite prever no GPMTR um melhor alinhamento nestas fases, associado a uma melhoria da sinergia muscular, sugerindo que o protocolo promoveu evoluções positivas.

Fz aumentou, para ambos os grupos, contudo, a TCF nesta fase, reduziu no GPMTR e aumentou no GC. A análise dos dados referentes ao valor do apoio médio permite verificar que no GPMTR o respectivo valor também aumentou, significativamente ($p=0,036$). No GC o mesmo não ocorre, observando-se uma ligeira redução do valor. Esse aumento, no GPMTR, parece revelar uma maior capacidade para a transferência de carga para o membro em apoio, durante a oscilação do contralateral, É de referir que, as crianças com PC apresentam médias de Fz correspondentes a toda a fase de apoio, menores do que crianças com DSM típico (Hsue et al, 2009; Diop, Rahmani, Belli, Gautheron, Geysant & Cottalorda, 2004; Mayer, 2002). Em consonância com este

facto, White e colaboradores (2005) encontraram valores de 2º pico próximos de 110% do peso do corpo em crianças saudáveis e valores entre 91 e 96,5% em crianças com PC. O valor do 2º pico aumentou nos dois grupos e, apesar de não revelar uma diferença significativa entre os dois momentos ou entre os valores dos dois grupos, sugere uma evolução positiva.

A percentagem de tempo de ocorrência do apoio médio aumentou aproximado-se dos 44%, no GPMTR, e dos 42%, no GC. Contudo, os resultados da análise intergrupos não revelaram diferenças significativas, em nenhum dos parâmetros. Os valores encontrados no GPMTR estão de acordo com o apresentado por White e colegas (1999), que observaram em crianças com um desenvolvimento típico que o apoio médio corresponde aproximadamente a 45% do tempo de apoio total.

A percentagem de tempo em que ocorreu o 2º pico, relativamente ao tempo total, aumentou no GPMTR (aproximando-se dos 58%) e reduziu no GC (aproximando-se dos 55%), sendo habitualmente próximo dos 75% do tempo total da fase de apoio, em crianças saudáveis (White, Agouris & Fletcher, 1999). Este valor permite supor que o tempo de apoio unipodal aumentou e o tempo da fase 4 reduziu no GPMTR, apesar de, comparativamente com o da marcha típica, ser ainda bastante longo.

Uma vez que o impulso para a oscilação do membro é menor nas crianças com PC, a redução progressiva do contacto do pé no solo (durante a fase de pré-oscilação) ocorre num período de tempo mais longo. Como referido anteriormente, estas crianças apresentam uma percentagem de apoio duplo tendencialmente maior, pela dificuldade no controlo postural e equilíbrio (Boonyong, 2010; White, Agouris & Fletcher, 2005; Sybil, 2003 Mayer, 2002).

No final da fase de apoio, o quadríceps tem um papel importante na manutenção da extensão do joelho e auxilia em 10% o impulso para a fase de balanço (Gage, 1993). Se analisamos os valores referentes à fase 3 nos dois grupos do estudo, similarmente à fase 2 (apesar de menores valores de magnitudes), percebemos que o GPMTR teve um ligeiro incremento na actividade do recto femoral e bicipete femoral nesta fase, enquanto no GC essa actividade diminuiu. Na fase 4, o GC continua a apresentar uma redução da actividade do recto femoral e do bicipete femoral, enquanto o GPMTR apresenta uma redução (apenas observada nesta fase) de actividade do recto femoral com aumento da actividade do bicipete femoral alcançando uma diferença entre os dois momentos, com um valor de $p=0,091$.

Os músculos isquiotibiais são responsáveis por produzirem, em conjunto com os restantes extensores da

coxofemoral, 30% do impulso no final da fase de apoio (Gage, 1993), pelo que este aumento parece traduzir evoluções importantes no padrão de activação muscular. A redução da actividade do recto femoral encontrada na fase de pré-balanço, permite, ainda, uma maior extensão da coxofemoral, importante para o comprimento do passo (Cignetti et al, 2013; Farmer, 2003).

Os resultados apresentados pelos dois grupos, revelam um aumento da activação do tibial anterior nas fases 3 e 4, (alcançando um valor de $p=0,063$ na fase 3 no GPMTR). Tipicamente ocorre um pico de activação do tibial anterior na fase de pré-oscilação e continuando por toda a fase de oscilação (Zwaan, Becher, Harlaar, 2012; Farmer, 2003). Os resultados relativos ao gastrocnémio medial, nestas fases, indicam um aumento da actividade no GPMTR e uma redução no GC.

Na fase terminal de apoio deveria ocorrer uma contracção brusca do tricéps sural que promoveria o impulso importante para o conseqüente deslocamento anterior do membro. Na fase terminal de apoio, o tricéps sural promove 40% da força requerida para a propulsão, com os extensores da coxofemoral, flexores da coxofemoral e quadríceps, a suportarem 30%, 20% e 10%, apenas (Sojka, Stuberg, Knutson & Karst, 1995; Gage, 1993). Como a perda de controlo distal, nas crianças com PC, o tricéps sural acaba

por ser responsável apenas por aproximadamente 10% desse impulso, passando a ser os extensores e flexores da coxofemoral, os principais responsáveis. O incremento de actividade do gastrocnémio medial no GPMTR, é um dado importante e positivo no sentido de uma melhoria da marcha.

Na fase terminal de apoio o tricípete sural ajuda a estabilizar o ângulo da articulação tibiotalar e permite a elevação do calcanhar. Em crianças com PC que apresentam o pé equino, a actividade deste inicia mais cedo, na fase oscilatória, e prolonga-se durante toda a fase de apoio (Romkes and Brunner 2007). Isto é explicado porque o contacto do solo é realizado com os dedos, e não com o calcanhar, seguindo-se algum movimento de dorsiflexão durante a aceitação de carga por esse membro, sendo frequentemente os gastrocnémios que controlam esse movimento (Romkes and Brunner 2007). A redução da actividade do gastrocnémio (nas fases de pré-activação, fase 1 e 2) associada a um aumento da actividade do tibial anterior em todas as fases (no GPMTR), parece revelar evoluções positivas no ataque ao solo, aceitação de carga e fase de aceleração por parte das crianças deste grupo.

Os parâmetros cinéticos parecem revelar uma maior capacidade para a

absorção do choque no ataque ao solo, assim como, para aceitação de carga nesse membro, durante a fase de apoio no GPMTR. A fase de desaceleração ocorre de uma forma mais harmoniosa, e a deslocação do corpo para a frente na fase de médio apoio e de aceleração, parece ser mais eficiente. A sequência de activação muscular dos grupos musculares estudados parece também ir de encontro a uma maior eficiência da marcha e melhoria dos seus componentes. Poucas investigações utilizando um protocolo semelhante estudam a actividade EMG, contudo, Hesse e colaboradores (2001), num estudo que envolveu adultos após AVC, encontraram também uma melhor qualidade de activação muscular dos músculos que estudaram. As repercussões na funcionalidade motora global foram também observados, assim como, benefícios na qualidade de vida de crianças com PC após protocolo MTR (Dieruf, Burtner, Provost, Phillips, Bernitsky-Beddingfield & Sullivan. 2009). Vários estudos obtiveram bons resultados com a utilização de PMTR em crianças com PC pelo que esta tarefa específica parece ser uma boa estratégia a incluir na intervenção com estas crianças e que o paradigma da aprendizagem através de uma tarefa específica se adapta a crianças com lesão cerebral congénita (Borggraefe, Meyer-Heim, Kuma, Schaefer, Berweck & Heinen, 2008).

O ambiente oferecido pelo tapete rolante, em conjunto com a facilitação permite-lhes sentir e experienciar uma marcha mais simétrica, rítmica, assim como um *input* sensorial específico, que lhe permitam dar o passo e realizar um padrão de marcha mais eficiente. A presença do terapeuta permite ainda motivar, orientar e dar feedback da performance (Mayston, 2011; Raine, 2009; Day, Fox, Lowe, Swales & Behrman, 2004). As 10 semanas de intervenção que incluíram o protocolo em tapete rolante, com assistência terapêutica, ajudando a criança a realizarem uma tarefa funcional significativa (marcha) com múltiplas repetições (Cherng, Li, Lau & Hong, 2007).

Alguns estudos, associam estas evoluções a um aumento da plasticidade neural, modulação de redes medulares e a uma promoção da actividade de geradores de padrões centrais (Borggraefe, Meyer-Heim, Kuma, Schaefer, Berweck & Heinen, 2008; Mackay Lyons, 2002; Bruce & Dobkin, 1999). Estudos que envolveram o estudo imagiológico através de ressonância magnética funcional (fMRI) (Bode, Mathern, Bookheimer & Dobkin, 2007; Phillips, Sullivan, Burtner, Caprihan, Provost. & Bernitsky-Beddingfield, 2007) obtiveram aumento da actividade cortical essencialmente em situações de lesão subcortical, activação do córtex sensorial primário/córtex motor primário

contralateral e activação na área motora suplementar bilateral após MTR.

Alguns autores estudaram a manutenção dos ganhos ao longo do tempo, por exemplo, Borggraefe e colaboradores (2008) que verificaram uma manutenção dos ganhos relativos à velocidade, endurance e funcionalidade, em crianças com PC, até 4 meses após o protocolo.

Conclusão

O objectivo deste estudo agora apresentado, foi verificar o efeito de um protocolo de marcha em tapete rolante na funcionalidade e marcha de crianças com Paralisia Cerebral, do tipo diplégico e hemiplégico. Os resultados obtidos parecem sugerir que a inclusão no plano de inter

venção de um protocolo de marcha em tapete rolante:

- parece ser um meio eficaz para promover uma melhoria da funcionalidade global, e da funcionalidade em pé e na marcha, estatisticamente significativa em dois dos três parâmetros estudados da TMFM;

- induziu alterações no padrão de actividade electromiográfica e influenciou o componente vertical das FRS.

Em síntese, os resultados parecem evidenciar, evoluções positivas, no padrão de marcha e na funcionalidade global das

crianças com PC sujeitas ao protocolo de marcha em tapete rolante associado à intervenção em fisioterapia.

5 Agradecimentos

A toda as crianças e famílias participantes neste estudo, assim como todos o que directa ou indirectamente contribuíram para o mesmo.

6 Referências bibliográfica

- Andrada, M.G. & Gimenez, J.P. (1991). *Teste de Medida das Funções Motoras (TMFM) - Guia do Utilizador. Adaptação do Gross Motor Function Measure de Russell e colaboradores* (1989). Lisboa: Centro de Paralisia Cerebral Calouste Gulbenkian.
- Andrada, G., Virella, D., Folha, T., Gouveia, R., Cadete, A., Alvarelhão, J., & Calado, E. (2012). *Vigilância Nacional da Paralisia Cerebral aos 5 anos: crianças nascidas entre 2001e 2003*. Coimbra: Federação das Associações Portuguesas de Paralisia Cerebral.
- Angulo-Barroso, R., A. Burghardt, et al. (2008). Physical activity in infants with Down Syndrome receiving treadmill intervention. *Infant Behavior and Development* 31(2): 255-269.
- Begnoche D. & Pitetti B (2007). Effects of traditional treatment and partial body weight treadmill training on the motor skills of children with spastic Cerebral Palsy A pilot study." *Pediatric Physical Therapy* 19: 11-19.
- Behrman, A., P. Nair, et al. (2008). Locomotor training restores walking in a nonambulatory child with chronic, severe, incomplete cervical spinal cord injury. *Physical Therapy* 88(5): 580-590.
- Berker, N. and S. Yalçin (2005). *The help guide to cerebral palsy*. http://www.global-help.org/publications/books/book_cphelp.html. , Editora Global - Help Publication.
- Blundell S., Shepherd R., dean C., Adams R & Cahill B. (2003). Functional strength training in cerebral palsy: a pilot study of a group circuit training class for children aged 4-8 years. *Clinical Rehabilitation* 17: 48-57.
- Bode S., Mathern G, Bookheimer S. & Dobkin B. (2007). Locomotor training remodels fMRI sensorimotor cortical activations in children after cerebral hemispherectomy. *NeuroRehabilitation and Neural Repair* 21: 497-508.
- Bodkin A., Baxter R. & Heriza C. (2003). Treadmill training for an infant born preterm with a grade III intraventricular hemorrhage. *Physiotherapy* 83(12): 1107-1118.
- Boonyong, Sujitra. (2010). *Development of postural control during gait in typically developing children and children with cerebral palsy: The effects of dual task conditions*. (PhD), University of Oregon Libraries.
- Borggraefe, I., Meyer-Heim A., Kumar A., Schaefer J., Berweck S. & Heinen F. (2008). Improved gait parameters after robotic-assisted locomotor treadmill therapy in a 6-year-old child with Cerebral Palsy" *Movement Disorders* 23(2): 280-283.
- Bruce, H. and M. Dobkin (1999). An overview of the treadmill locomotor training with partial body weight support: a neurophysiologically sound approach whose time has come for randomized clinical trials. *NeuroRehabilitation and Neural Repair* 13(3): 157-165.
- Burtner, P. A., Qualls, C., & Woollacott, M. H. (1998). Muscle activation characteristics of stance balance control in children with spastic cerebral palsy. *Gait & posture*, 8(3), 163-174.
- Caderby, Teddy, Yiou, Eric, Peyrot, Nicolas, Begon, Mickaël, & Dalleau, Georges. (2014). Influence of gait speed on the control of mediolateral dynamic stability during gait initiation. *Journal of Biomechanics*, 47(2), 417-423. doi:
- Cernak K., Stevens V, Price R. & Shumway-Cook A. (2008). Locomotor training using body-weight support on a treadmill in conjunction with ongoing physical therapy in a child with severe Cerebellar Ataxia. *Physical Therapy* 88(1): 88-97.
- Chae, John, Quinn, Allison, El-Hayek, Kevin, Santing, Jennifer, Berezovski, Roman, & Harley, Mary. (2006). Delay in Initiation and Termination of Tibialis Anterior Contraction in Lower-Limb Hemiparesis: Relationship to Lower-Limb Motor Impairment and Mobility. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 87(9), 1230-1234.
- Chan N., Smith A. & Lo S. (2004). Efficacy of neuromuscular electrical stimulation in

- improving ankle kinetics during walking in children with cerebral palsy. *Hong Kong Physiotherapy Journal* 22: 50-56.
- Cignetti, Fabien, Zedka, Milan, Vaugoyeau, Marianne, & Assaiante, Christine. (2013). Independent Walking as a Major Skill for the Development of Anticipatory Postural Control: Evidence from Adjustments to Predictable Perturbations. *PLoS ONE*, 8(2), e56313.
- Cherng R., Liu C., Lau T. & Hong R. (2007). Effects of treadmill training with body weight support on gait and gross motor function in children with spastic cerebral palsy. *American journal of Physical Medical Rehabilitation* 86(7): 548-555.
- Chrysagis N., Skordilis E., Stavrou N., Grammatopoulou E. & Koutsouki D (2012) The Effect of Treadmill Training on Gross Motor Function and Walking Speed in Ambulatory Adolescents with Cerebral Palsy: A Randomized Controlled Trial. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*: 91 (9): 747-760
- Crowley, J., S. Arnold, et al. (2009). Treadmill training in a child with cerebral palsy: a case report. *Physiotherapy and Occupational Therapy Pediatric* 29(1): 60-70.
- Damiano, D. (2007). Classification of cerebral palsy: clinical therapist's perspective. *Developmental Medicine and Child Neurology* 49(s2): 16-17.
- Damiano, D. and S. DeJong (2009). A systematic review of the effectiveness of treadmill training and body weight support in pediatric rehabilitation. *Journal of Neurologic Physical Therapy* 33: 27-44.
- Damiano D., Kelly L. & Vaughn C.L. (1995). Effects of quadriceps femoris muscle strengthening on crouch gait in children with spastic diplegia. *Physical Therapy* 75: 658-671.
- Dannemiller L., Heriza C., Burtner P. & Gutierrez T. (2005). Partial weight bearing treadmill training in the home with CP: a study of feasibility and motor outcomes. *III STEP Conference*. Salt Lake City.
- Day, J., Fox E., Lowe J., Swales H. & Behrman A. (2004). Locomotor training with partial body weight support on a treadmill in a nonambulatory child with spastic tetraplegic cerebral palsy: a case report. *Pediatric Physical Therapy* 16: 106-113.
- Dickinson, H., et al. (2007). Self-reported quality of life of 8-12-years-old children with cerebral palsy: a cross-sectional European study. *The Lancet* 369(9580): 2171-2178.
- Dierick, F., M. Penta, et al. (2004). A force measuring treadmill in clinical gait analysis. *Gait and Posture* 20: 299-303.
- Dierick, Frédéric., Lefebvre, Caroline., van den Hecke, Adélaïde., & Detrembleur, Christine. (2004). Development of displacement of centre of mass during independent walking in children. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 46, 533-539.
- Dieruf, K., Burtner P, Provost B, Phillips J, Bernitsky-Beddingfield A. & Sullivan K. (2009). A pilot study of quality of life in children with cerebral palsy after intensive body weight-supported treadmill training. *Pediatric Physical Therapy* 21(1): 45-52.
- Diop, M., Rahmani A., Belli A., Gautheron V., Geysant A. & Cottalorda J. (2004). Influence of speed variation and age on the asymmetry of ground reaction forces and stride parameters of normal gait in children. *Journal of Pediatric Orthopaedics B* 13: 308-314.
- Dodd, K. and S. Folcy (2007). Partial body-weight-supported treadmill training can improve walking in children with Cerebral Palsy: a clinical controlled trial. *Developmental Medicine & Child Neurology* 49: 101-105.
- Farmer, S. (2003). Key factors in the development of lower limb co-ordination: implications for the acquisition of walking in children with cerebral palsy. *Disability and Rehabilitation* 25(14): 807-816.
- Filho M, Kawamura C, Lopes J, Neves D, Cardoso M & Caiafa J (2014) Most frequent gait pattern in diplegic spastic cerebral palsy Acta Ortopédia Brasileira 22(4) 197-201.
- Fonseca, L. (2005). Abordagem Neurológica da criança com Paralisia Cerebral: causas e exames complementares. *Paralisia Cerebral: Neurologia, Ortopedia e Reabilitação*: 45-66.
- Gage, J. (1991). *Gait analysis in cerebral palsy*. Great Britain., Editora Mac Keith Press.
- Gage, J. (1993). "Gait Analysis: an essential tool in the treatment of cerebral palsy." *Clinical Orthopaedics and related research* 288: 126-134.
- Gontijo, A. and V. Cury (2004). Atuação da fisioterapia no tratamento da criança portadora de paralisia cerebral. *Paralisia Cerebral*:

- Neurologia, Ortopedia e Reabilitação*, C. Lima and L. Fonseca. Brasil, Guanabara Koogan: 249-258.
- Gontijo, A. and V. Cury (2005). Atuação da fisioterapia no tratamento da criança portadora de paralisia cerebral. *Paralisia Cerebral: Neurologia, Ortopedia e Reabilitação*: 249-258.
- Grecco L, Tomita S, Passini C, Sampaio L. & Oliveira C. (2013) Effect of treadmill gait training on static and functional balance in children with cerebral palsy: a randomized controlled trial. *Brazilian Journal of Physical Therapy* 17(1): 17-23
- Grecco L., Zanon N., Sampaio L., Oliveira C. (2013) A comparison of treadmill training and overground walking in ambulant children with cerebral palsy: randomized controlled clinical trial *Clinical Rehabilitation* **27(8): 686-696**.
- Guan, J., L. Bennet, et al. (2006). *Progress in Cerebral Palsy Experimental Therapies Following Hypoxia-ischemia. Trends in Cerebral Palsy Research*. H. Fong. New York, Nova Biomedical, Nova Science Publishers, Inc. : 110- 135.
- Hesse, S. (2001). Locomotor Therapy in neurorehabilitation. *Neurorehabilitation* 16: 133-139.
- Hesse, S., C. Werner, et al. (2001). Influence of walking speed on lower limb muscle activity and energy consumption during treadmill walking of hemiparetic patients. *Archives of Physical Medical Rehabilitation* 82: 1547-1550.
- Hodapp M., Vry J., Mall V & Faist M (2007). Treadmill training induced improvement of spinal reflex modulation in children with cerebral palsy. *Society Proceedings/ Clinical Neurophysiology* 118: e9-e116.
- Hsue, Bih-Jen, Miller, Freeman, & Su, Fong-Chin. (2009). The dynamic balance of the children with cerebral palsy and typical developing during gait. Part I: Spatial relationship between COM and COP trajectories. *Gait & Posture*, 29(3), 465-470. doi:
- Johnston T.(2011) Effects of a supported speed treadmill training exercise program on impairment and function for children with cerebral palsy. *Developmental Medicine and Child Neurology* 53: 742-750.
- Jung, T., M. Gilgannon, et al. Treadmill-based analysis for children with cerebral palsy: biomechanical comparison of treadmill and overground walking. *NCRMM* 8: 416.
- Lepage C., Noreau L. & Bernard P. (1998). Association between characteristics of locomotion and accomplishment of life habits in children with cerebral palsy. *Physical Therapy* 78(5): 458-469.
- Lundy-Ekman, L. (2008). *Neurociência: fundamentos para a reabilitação*. Rio de Janeiro, Saunders Elsevier.
- MacKay-Lyons, M. (2002). Central pattern generation of locomotion: a review of the evidence. *Physical Therapy* 82: 69-83.
- Mäenpää, H. (2005). *Electrostimulation therapy and selective posterior rhizotomy in the treatment of children with cerebral palsy*. Helsinki, Medical faculty, University of Helsinki: 91.
- Maltais D., Bar-or O., Pierrynowski M & Galea V. (2003). Repeated Treadmill Walks affect physiologic responses in children with cerebral palsy. *Official Journal of the American College of Sports Medicine*: 1653-1661.
- Maltais, D., B. Wilk, et al. (2004). Responses of children with cerebral palsy to treadmill walking exercise in the heat. *Medicine and Science in Sports and Exercises* 1674-1681.
- Marcuzzo, S., M. Dutra, et al. (2008). Beneficial effects of treadmill training in a cerebral palsy-like rodent model: walking pattern and soleus quantitative histology. *Brain Research*: 129-140.
- Mattern-Baxter, K. (2009). Effects of partial body weight supported treadmill training on children with cerebral palsy. *Pediatric Physical Therapy* 21: 12-22.
- Mattern-Baxter K., Bellamy S. & Mansoor J. (2009). Effects of intensive locomotor treadmill training on young children with cerebral palsy. *Pediatric Physical Therapy* 21: 308-319.
- Mattern-Baxter K., McNeil S. & Mansoor J. (2013) Effects of Home-Based Locomotor Treadmill Training on Gross Motor Function in Young Children With Cerebral Palsy: A Quasi-Randomized Controlled Trial *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*; 94(11): 2061-2067

- Mayer, M. (2002). Clinical neurokinesiology of spastic gait: review. *Bratisl Lek Listy* 103(1): 3-11.
- Mayston, M. (2006). The Bobath concept today. <http://www.bobath-ndt.com/concept.html>.
- McNevin N., Coraci L. & Schafer J. (2000). Gait in adolescent cerebral palsy: the effect of partial unweighting. *Archives of Physical Medical Rehabilitation* 81: 525-528.
- Meyer-Heim, A., et al. (2007). Feasibility of robotic-assisted locomotor training in children with central gait impairment. *Development Medicine and Child Neurology* 49(12): 900-906.
- Miller F. & Bachrach S., (2006). *Cerebral palsy: a complete guide for caregiving*. Baltimore, The Johns Hopkins University Press.
- Miller, F. (2007). *Physical Therapy of Cerebral Palsy*. New York, Springer Science- Business Media, Inc.
- Morris, C. (2007). Definition and classification of cerebral palsy: a historical perspective. *Developmental Medicine and Child Neurology* 49(s2): 3-7.
- Mutlu A¹, Krosschell K, Spira DG. (2009) Treadmill training with partial body-weight support in children with cerebral palsy: a systematic review. *Developmental Medicine Child Neurology*..51(4):268-75.
- Palisiano, R., Rosenbaum, P., Walter, S., Russell, D., Wood, E., & Galuppi, B. (1997). Development and reliability of a system to classify gross motor function in children with cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*, Volume 39(Issue 4), 214-223.
- Phillips J., Sullivan K., Burtner P., Caprihan A., Provost B. & Bernitsky-Beddingfield A. (2007). Ankle dorsiflexion fMRI in children with cerebral palsy undergoing intensive body-weight-supported treadmill training: a pilot study. *Developmental Medicine & Child Neurology* 49: 39-44.
- Provost, B., D. K, et al. (2007). Endurance and gait in children with cerebral palsy after intensive body weight-supported treadmill training. *Pediatric Physical Therapy* 19: 2-10.
- Posser, L. (2007). Locomotor training within an inpatient rehabilitation program after pediatric incomplete spinal cord injury. *Physical Therapy* 87: 1224-1232.
- Provost, B., D. K, et al. (2007). Endurance and gait in children with cerebral palsy after intensive body weight-supported treadmill training. *Pediatric Physical Therapy* 19: 2-10.
- Raine, Sue., Meadows, Linzi., & Lynch-Ellerington. (2009). *Bobath Concept: Theory and clinical practice in neurological rehabilitation*. United Kingdom: Willey-Backwell.
- Ratliffe, K. (2000). *Fisioterapia na clinica pediátrica- guia paraa equipe de fisioterapeutas*. São Paulo, Editora Santos.
- Richards C. et.al. (1997). Early and intensive treadmill locomotor training for young children with CP: a feasibility study. *Pediatric Physical Therapy* 9: 158-165.
- Romkes J. & Brunner R. (2007). An electromyographic analysis of obligatory (hemiplegic cerebral palsy) and voluntary (normal) unilateral toe-walking. *Gait and Posture* 26: 577-586.
- Rosenbaum P., Paneth,N., Leviton,A ,Goldstein& Bax,(2007a). A report: the definition and classification of cerebral palsy *BMC Pediatrics*: 49, 8-14.
- Rosenbaum P., PanethN., Leviton., Goldstein & Bax, (2007b). A report: the definition and classification of cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*..: 49, pp. 8-14):
- Rosenbaum, Peter., Palisano, Robert., & Bartlett, Doreen.Galuppi, Barbara.Russell, Dianne. (2008a). Development of the Gross Motor Function Classification System for cerebral palsy, *Developmental Medicine & Child Neurology*., 50(4), 249-253.
- Rosenbaum, Peter., Palisano, Robert., & Bartlett, Doreen.Galuppi, Barbara.Russell, Dianne. (2008b). Development of the Gross Motor Function Classification System for cerebral palsy. 50(4), 249-253.
- Russell, D., J., Rosenbaum, P., L., Avery, L., M. & Lane, M. 2002. Gross Motor Function Measure (GMFM-66 & GMFM-88) User,,s Manual. Ontario: Mac Keith Press.
- Russell, D., P. Rosenbaum, et al. (1989). The gross motor function measure: a means to evaluate the effects of physical therapy *Development Medicine and Child Neurology* 31: 341-352.
- S Russel, B Bennett, et al. (2007). Determinants of gait: applied to children with cerebral palsy. *Gait and Posture* 26(2): 295-300.

- Santos, A., Pavão, S. & Rocha, N. (2011). Sit-to-stand movement in children with cerebral palsy: A critical review. *Research in Development Disabilities*, 32, 2243-2252.
- Schindl, M., Forstner C., Kern H. & Hesse S. (2000). Treadmill training with partial body weight support in nonambulatory patients with cerebral palsy. *Archives of Physical Medical Rehabilitation* 81: 01-306.
- Shumway-Cook, A. and M. Woollacott (2003). *Controle Motor: Teoria e aplicações práticas*, Manole.
- Sojka A., Stuberg W., Knutson L & Karst G. (1995). Kinematic and electromyographic characteristics of children with cerebral palsy who exhibit genu recurvatum. *Archives of Physical Medical Rehabilitation* 75: 558-565.
- Song, W., I. Sung, et al. (2003). Treadmill training with partial body weight support in children with cerebral palsy. *Archives of Physical Medical Rehabilitation*: 84 E82.
- Sousa, Andreia., & Tavares, João. (2012). Effect of Gait Speed on Muscle Activity Patterns and Magnitude During Stance. PhD Thesi, University of Porto.
- Stebbins, Julie, Harrington, Marian, Thompson, Nicky, Zavatsky, Amy, & Theologis, Tim. (2010). Gait compensations caused by foot deformity in cerebral palsy. *Gait & Posture*, 32(2), 226-230.
- Steffen, T., B. Boeve, et al. (2007). Long-term locomotor training for gait and balance in a patient with mixed progressive supranuclear palsy and corticobasal degeneration. *Physical Therapy* 87(8): 1078-1087.
- Stolze, H., J. Kutz-Buschbeck, et al. (1997). Gait analysis during treadmill training and overground locomotion in children and adults. *Electroencephalography and clinical neurophysiology/ Electromyography and Motor Control* 105: 490-497.
- Suteerawattananon, M., B. MacNeill, et al. (2002). Supported treadmill training for gait and balance in a patient with progressive supranuclear palsy. *Physical Therapy* 82(5): 485-495.
- Sybil, F. (2003). Key factors in the development of lower limb co-ordination: implications for the acquisition of walking in children with cerebral palsy. *Disability and Rehabilitation* 25(14): 807-816.
- Tlesse, S. (2001). Locomotor therapy in neurorehabilitation. *NeuroRehabilitation* 16: 133-139.
- Trahan, J. and F. Malouin (2002). Intermittent intensive physiotherapy in children with cerebral palsy: a pilot study. *Developmental Medicine and Child Neurology* 44(4): 233-239.
- Ulrich, D., M. Lloyd, et al. (2008). Effects of intensity of treadmill training on development outcomes and stepping in infants with Down Syndrome: a randomized trial. *Physical Therapy* 88(1): 114-122.
- Ulrich, D., B. Ulrich, et al. (2001). Treadmill training of infants with Down Syndrome: evidence-based development outcomes. *Pediatrics* 108(5): e84-90.
- Van der Heide, Jolanda C., & Hadders-Algra, Mijna. (2005a). Postural Muscle Dyscoordination in Children with Cerebral Palsy. *Neural plasticity* 12, 197-203.
- Vaughan, C., B. Davis, et al. (1999). *Dynamics of Human Gait*. South Africa, South Africa State LibraryCataloguing-in-Publication Data.
- Wallard, L., Dietrich, G., Kerlirzin, Y., & Bredin, J. (2014). Balance control in gait children with cerebral palsy. *Gait & Posture*, 40(1), 43-47. doi:
- White, R., Agouris I. & Fletcher E. (2005). Harmonic analysis of force platform data in normal and cerebral palsy gait. *Clinical Biomechanics* 20: 508-516.
- White, R., Agouris I., Selbie R, Kirkpatrick M.. (1999). The variability of force platform data in normal and cerebral palsy gait." *Clinical Biomechanics* 14: 185-192.
- Wu, J., J. Looper. (2007). Exploring effects of different treadmill interventions on walking onset and gait pattern in infants with Down Syndrome. *Developmental Medicine and Child Neurology* 49(11): 839-845.
- Zwaan, Esther, Becher, Jules G., & Harlaar, Jaap. (2012). Synergy of EMG patterns in gait as an objective measure of muscle selectivity in children with spastic cerebral palsy. *Gait & Posture*, 35(1), 111-115.
- Zwicker J,Tanja\M, (2010) Effectiveness of Treadmill Training in Children With Motor Impairments: An Overview of Systematic Reviews. *Pediatric Physical Therapy*:22:361–377

