Luísa Castilho Prosdocimi de Oliveira

Priscilla Rezende Pereira Figueiredo

VALIDADE DE UM MÉTODO CLÍNICO PARA DEFINIÇÃO DE EVENTOS DE MARCHA EM CRIANÇAS COM DESENVOLVIMENTO NORMAL E COM PARALISIA CEREBRAL

Belo Horizonte

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG

2010

Luísa Castilho Prosdocimi de Oliveira

Priscilla Rezende Pereira Figueiredo

VALIDADE DE UM MÉTODO CLÍNICO PARA DEFINIÇÃO DE EVENTOS DE MARCHA EM CRIANÇAS COM DESENVOLVIMENTO NORMAL E COM PARALISIA CEREBRAL

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Fisioterapia da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Fisioterapia.

Orientadora: Profª. Dra. Marisa Cotta Mancini

Co-orientadora: Profª. Dra. Paula Lanna Pereira da Silva

Belo Horizonte

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG

2010

RESUMO

A marcha é um importante indicador de funcionalidade e foco frequente de atenção na reabilitação de crianças com paralisia cerebral (PC). No ambiente clínico, onde recursos mais sofisticados não estão disponíveis, sua análise tem sido realizada por meio da inspeção visual de vídeos capturados por câmeras digitais. Até o momento, não há na literatura estudos que validem esse método. Portanto, o objetivo do presente estudo foi avaliar a validade de um método clínico de determinação dos eventos de marcha através da análise de vídeos obtidos por câmera digital. Foi conduzido um estudo metodológico que comparou, por meio de análise observacional, os momentos nos quais os eventos contato inicial (CI) e retirada dos dedos (RD) aconteceram num mesmo ciclo da marcha capturado concomitantemente por uma câmera digital e pelo sistema de alta acurácia Qualisys Pro-Reflex, cujas câmeras permitem a delimitação de 101 quadros por segundo e analisam a uma freqüência de 120 Hz. Os 123 ciclos da marcha usados para comparação foram obtidos de um banco de dados de lactentes com desenvolvimento motor normal e de crianças com PC, ambos dados de projetos de pós-graduação em Ciências da Reabilitação da EEFFTO, UFMG. A garantia de que os mesmos ciclos estavam sendo analisados nos dois sistemas se deveu à sincronia obtida por um circuito de luz (led) infravermelha. A partir dos eventos CI e RD, foram calculados tempo de duração da fase de apoio e de balanço, e o tempo total do ciclo da marcha. A concordância foi calculada pelo coeficiente de correlação intra-classe (ICC), com software SPSS® versão 15.0. Foi observada concordância excelente (ICC>0,95) entre as medidas realizadas pela câmera de digital e pelo Qualisys, exceto para a fase de balanço dos lactentes onde o coeficiente foi bom (ICC=0,64). Dessa forma, filmagem por câmera digital é procedimento válido para determinação das fases gerais da marcha de lactentes com desenvolvimento normal e crianças com PC e, portanto, adequado para uso clínico.

Palavras-chave: Marcha. Câmera digital. Análise de movimento. Paralisia Cerebral. Locomoção.

ABSTRACT

Locomotion is an important indicator of functionality and frequent focus of attention in children's with cerebral palsy (CP) rehabilitation program. In the clinical setting, where more sophisticated features are not available, its analysis has been carried out by visual inspection of videos captured by digital cameras. Although widely used, we cannot find in the literature studies which validate this method of gait analisys. Thus, this study aimed to assess the validity of this clinical method for determination of children's temporospatial gait parameters. It was conducted a methodological study in which was compared, by means of observational analysis, the moments in which "inicial contact" (IC) and "toe off" (TO) gait events occurred in the same gait cycle simultaneously captured by a digital camera and by a system of high accuracy, the Qualisys Pro-Reflex. The 123 gait cycles used for comparison between the two systems were obtained from a database of infants with typical motor development and children with CP acquired through projects developed in the Rehabilitation Sciences post graduated program of EEFFTO, UFMG. Assurance that the same cycles were being analyzed in both systems was due to synchrony obtained by a circuit of infrared light (LED). From the definition of CI and TO gait events we could calculate temporospatial gait parameters, such as stance and swing phase duration and the total time of gait cycle, which were the variables used for comparison. The correlation coefficient was calculated by intraclass correlation (ICC), with SPSS® version 15.0. We found excellent agreement (ICC>0.95) between all measurements taken by digital camera and Qualisys, except for the normal infants swing phase where the rate was good (ICC=0.64). In conclusion, visual analysis of gait cycles captured by digital camera is a valid procedure for determining the general phases of gait in infants with normal development and children with CP and, therefore, suitable for clinical use.

Key-words: Gait. Digital camera. Motion analysis. Cerebral Palsy. Locomotion.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 56

2 MATERIAIS E MÉTODO 8

2.1 Tipo de Estudo 8

2.2 Participantes 8

2.3 Instrumentação ..... 892.3 Instrumentação

..... 8

2.3.1 Qualisys 99

2.3.2 Câmera digital 9109

2.4 Procedimentos 10

2.5 Redução dos Dadoss 10110

2.6 Análise Estatística 11121

3 RESULTADOS 12

4 DISCUSSÃO 14

5 CONCLUSÃO 17167

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 18178

APÊNDICE I 201920

Código de ca

1 INTRODUÇÃO

A marcha é um importante indicador de funcionalidade e do grau de independência dos indivíduos[1,2,3]. Por esse motivo, o aprimoramento da habilidade locomotora dos pacientes tem sido um objetivo central do processo de reabilitação[3]. A implementação de intervenções com este objetivo requer métodos confiáveis e válidos de avaliação e análise de marcha que permitam estabelecer diagnósticos funcionais, metas de tratamento, bem como verificar os ganhos após as intervenções[1,3,4].

A avaliação da marcha, usada como base para tomada de decisões terapêuticas, surge a partir de uma gama de dados clínicos, dentre os quais se incluem características cinemáticas (i.e., deslocamentos angulares das articulações e variáveis têmporo-espaciais[5,6]) e cinéticas (i.e., momentos articulares, potências articulares e força de reação do solo[6]) do movimento das articulações no espaço. No contexto laboratorial, é possível quantificar essas variáveis de forma detalhada a partir de sistemas computadorizados de análise de movimento e de plataformas de força. Entretanto, na clínica, parâmetros têmporo-espaciais obtidos por meio de análise observacional de vídeos têm sido tradicionalmente utilizados para a avaliação da marcha. São exemplos desses parâmetros: velocidade, comprimento da passada e do passo, cadência, tempos da fase de apoio e da fase de balanço.

Os parâmetros têmporo-espaciais são indicadores relevantes de desempenho na marcha[7]. A emergência e proficiência no desenvolvimento dessa habilidade motora tem sidoA emergência e proficiência no desenvolvimento dessa habilidade motora têm sido descrita por meio de alterações nesses parâmetros[8]. À medida que o padrão de marcha torna-se mais maduro, a velocidade, o comprimento do passo e o tempo da fase de balanço aumentam[8]. Em contrapartida, a largura do passo e o tempo do apoio duplo diminuem ao longo do processo de amadurecimento da marcha[8]. Além disso, os parâmetros têmporo-espaciais permitem a diferenciação entre padrões de marcha considerados normais e os patológicos, como os encontrados em crianças com paralisia cerebral (PC)[9]. A literatura salienta que a marcha de crianças com PC, comparada a de crianças normais, é caracterizada por menores velocidade e comprimento de ciclo[3], além de reduzido tempo de apoio simples no membro plégico[3], pela fraqueza muscular e falta de controle motor dessa

população[3]. Outros estudos estabelecem que esses parâmetros sãosejam importantes
indicadores do nível de gravidade da criança com PC[10,11]. Portanto, a relação desses parâmetros com o desempenho e maturação da marcha parece bem estabelecida na literatura científica e, ademais, são fáceis de se computar clinicamente e sensíveis a mudanças obtidas com intervenções terapêuticas.

Para se estabelecer parâmetros têmporo-espaciais, é necessária a determinação de pelo menos dois eventos, que são o contato inicial e a retirada dos dedos. Estes eventos são importantes para a caracterização de um ciclo da marcha nas fases de apoio e de balanço[12,13,14]. O uso de plataformas de força[12,14,15,16] e de sistemas computadorizados de análise do movimento têm sido considerados padrão ouro para a definição dos eventos da marcha e descrição de seus parâmetros têmporo-espaciais[1]. Contudo, esses métodos possuem procedimentos complexos, são restritos ao ambiente laboratorial[1] e, em relação às plataformas de força, o número disponibilizado muitas vezes limita a quantidade de passos consecutivos que podem ser coletados para posterior análise[14,15], a não ser nos casos em que as plataformas de força são instaladas em esteiras ergométricas[17]. Em todo caso, os equipamentos demandados possuem custo elevado e limitações em se tratando de sua aplicação clínica. Por isso, a busca por métodos alternativos que possam prover praticidade e, ao mesmo tempo, confiabilidade às medidas torna-se uma necessidade tanto para a prática clínica quanto para pesquisas científicas[15].

Uma alternativa para determinação dos eventos de marcha é a utilização da inspeção visual de vídeos feitos por câmeras digitais[12]. Essa modalidade de análise possui baixo custo e não necessita de local ou equipamentos especiais[1]. No entanto, existem várias referências sobre as limitações desse método, tais como inacurácia na inspeção visual devido a imperfeições das filmagens, falhas humanas e longo tempo despedido na análise[12,13]. As pesquisas apenas apontam para um aumento significativo da consistência dos dados obtidos por meio de análise observacional quando esta é realizada com o auxílio de vídeos, através de recursos que permitem a visualização quadro a quadro do movimento em câmera lenta[1,2].

Além de largamente utilizado na prática clínica, os vídeos capturados por câmeras digitais têm sido usados em pesquisas de validação de escalas de análise da marcha[18,19,20]. Nesses estudos, as filmagens advindas de câmeras digitais foram

utilizadas nos procedimentos de pontuação de escalas observacionais de análise de marcha e, posteriormente, os escores obtidos foram comparados com métodos mais sofisticados de análise tridimensional de marcha, sendo o Qualisys Pro-Reflex® um exemplo desse tipo de sistema. Apesar da sua ampla utilização, o método de análise de marcha a partir de vídeos obtidos por câmera digital ainda requer estudos que avaliem sua confiabilidade e validade.

A validade e a confiabilidade das medidas relacionadas à marcha devem ser conhecidas para então serem usadas adequadamente. Dado que repetidas mensurações de variáveis da marcha apresentam alguma variabilidade, é esperado que existaexistisse uma certacerta proporção de erros na análise dos dados. Portanto, as diferenças encontradas antes e após um tratamento podem decorrer tanto dos efeitos terapêuticos quanto de variações de medida ou de ambos. O conhecimento da magnitude da taxa de erro das mensurações minimiza os riscos de super ou subestimação dos efeitos de uma determinada intervenção. É necessário saber se os resultados do tratamento superam os erros de medida[21].

Diante do exposto acima, o objetivo do presente estudo foi avaliar a validade de um método clínico de determinação dos eventos de marcha através da análise de vídeos obtidos por câmera digital. Para tanto, foram comparados, por meio de análise observacional, os momentos nos quais os eventos contato inicial e retirada dos dedos aconteceram num mesmo ciclo da marcha capturado concomitantemente por uma câmera digital e pelo sistema de análise de movimento Qualisys®, tomado como referência nesse estudo.

2 MATERIAIS E MÉTODO

2.1 Tipo de Estudo

Trata-se de um estudo metodológico, observacional, do tipo transversal.

2.2 Participantes

Os dados utilizados para a comparação dos métodos de análise da marcha foram de crianças vinculadas a dois projetos desenvolvidos por alunas do Programa de pós-graduação em Ciências da Reabilitação da EEFFTO, da Universidade Federal de Minas Gerais. O primeiro projeto foi com crianças que apresentam desenvolvimento motor normal em fase de aquisição da marcha independente (Tese de Doutorado da aluna Paula Silva de Carvalho Chagas) e o segundo teve como participantes crianças com Paralisia Cerebral Espástica do tipo hemiplégica (Dissertação de mestrado da aluna Tatiana Pessoa da Silva Pinto). Os critérios de inclusão dos lactentes no primeiro estudo foram nascimento a termo, ausência de complicações nos períodos pré, peri e pós natais e desenvolvimento motor grosso normal segundo o teste Alberta Infant Motor Scale – AIMS. Quanto ao segundo estudo, as crianças preencheram os seguintes critérios de inclusão: diagnóstico documentado de paralisia cerebral hemiplégica espástica, idade entre 6 e 12 anos, capacidade de entender comandos simples e de deambular sem auxílio (classificadas nos níveis I e II do Gross Motor Function Classification System). Em ambos os estudos, as amostras foram selecionadas por conveniência.

Foram analisados dados de onze crianças com desenvolvimento motor normal (Grupo I), e oito crianças com paralisia cerebral (Grupo II), totalizando uma amostra de dezenove indivíduos.

2.3 Instrumentação

Os dados foram obtidos a partir do sistema de análise de movimento Qualisys ProReflex MCU (QUALISYS MEDICAL AB®, 411 12 Gothenburg, Suécia) e de gravações por câmera digital (Filmadora DVD Sony DCR/DVD 405) de ciclos da

marcha correspondentes.

Foi construído um circuito de luz (led) infravermelha com lâmpada pequena[22], colocado dentro do campo visual da câmera digital, que permaneceu no modo *nightshot* durante a coleta. Ao ser acionado concomitantemente à captação dos dados pelo Qualisys, o led permitiu a sincronização entre o ciclo da marcha específico selecionado na filmagem e no Qualisys.

Os momentos nos quais o contato inicial e a retirada dos dedos ocorreram em ambos os sistemas foram registrados em uma tabela de definição do ciclo da marcha padronizada (APÊNDICE I).

2.3.1 *Qualisys*

O Qualisys ProReflex® é um sistema de fotogrametria baseado em vídeo cujas câmeras emitem luz infravermelha, a qual é refletida por marcadores passivos refletores colocados sobre pontos específicos do corpo dos participantes[5]. O reflexo da luz sobre as marcas é captado pela lente de cada câmera, gerando uma imagem bidimensional (2D) das posições dos marcadores. Pela triangulação das imagens de, no mínimo, duas câmeras, este sistema permite a reconstrução em três dimensões (3D) da posição das marcas passivas refletoras. Essas informações são digitalizadas e processadas em tempo real pelo circuito das câmeras, e as coordenadas enviadas para o computador.

As câmeras do Qualisys® (ProReflex, 120 Hz) permitem a delimitação de 101 quadros por segundo e analisam uma freqüência máxima de 120 Hz. Dessa forma, além de ser um sistema de alta confiabilidade, o Qualisys apresenta alta acurácia, o que permite que movimentos rápidos sejam medidos com precisão[5].

2.3.2 Câmera digital

As gravações feitas por meio da câmera digital durante a coleta dos projetos anteriormente citados foram utilizadas para a análise. Nesse período, a câmera foi posicionada sobre um tripé, a uma distância perpendicular de 2 metros da área livre

para a deambulação, com a finalidade de registrar a marcha independente das crianças em plano sagital. Essa posição permitiu a visualização de pelo menos um ciclo completo da marcha a cada tentativa. Cada gravação possui cerca de 30 segundos de duração e possibilita a delimitação de 30 quadros por segundo (30 Hz).

2.4 Procedimentos

Antes de se iniciar a análise dos dados obtidos pelo Qualisys® e pela câmera digital, foi realizado um treinamento das pesquisadoras para que a confiabilidade inter-examinadores da detecção dos eventos contato inicial e retirada dos dedos nos ciclos de marcha fosse estabelecida.

Uma vez que a confiabilidade entre as examinadoras estava dentro dos níveis esperados (ICC>0,99 para fase de apoio e ciclo total da marcha tanto na filmagem da câmera digital quanto no qualisys; ICC=0,96 para fase de balanço no Qualisys; ICC=0,74 para fase de balanço na filmagem da câmera digital), as alunas passaram à análise dos vídeos propriamente dita. A escolha dos ciclos analisados foi baseada na regularidade dos mesmos e na nitidez das imagens dos vídeos. Foram selecionados, em média, seis ciclos da marcha para cada uma das dezenove crianças, totalizando 123 ciclos. Os ciclos escolhidos foram analisados independentemente tanto nos vídeos obtidos pelo sistema Qualisys, quanto pela câmera digital. A garantia de que os mesmos ciclos estavam sendo analisados nos dois sistemas se deve à sincronia obtida pelo circuito de luz infravermelha (led).

Ambas as pesquisadoras foram responsáveis pela análise dos vídeos advindos do Qualisys e da câmera digital. Devido ao fato de a análise dos vídeos de ambos os sistemas ter sido observacional, os momentos nos quais os eventos da marcha deviam ser considerados foram pré-estabelecidos na tentativa de redução de variabilidade entre as analisadoras. Dessa forma, o contato inicial foi definido como o primeiro instante no qual qualquer parte do pé toca o solo, enquanto a retirada dos dedos foi definida como o instante anterior ao qual a última parte do pé deixa o solo.

2.5 Redução dos Dados

A partir da análise dos vídeos foram registrados os momentos, em

milisegundos (ms), nos quais os eventos contato inicial 1, retirada dos dedos e contato inicial 2 aconteceram em cada ciclo da marcha. Estes eventos foram utilizados para a determinação das variáveis têmporo-espaciais deste estudo, a saber, tempos de duração da fase de apoio, da fase de balanço e do ciclo total da marcha. A fase de apoio foi calculada pela subtração entre o momento de ocorrência da retirada dos dedos e o do contato inicial 1. A fase de balanço, por sua vez, pela subtração entre o momento do contato inicial 2 e a da retirada dos dedos. Por fim, o ciclo total da marcha foi calculado pela subtração entre o momento do contato inicial 2 e o do contato inicial 1.

Os valores encontrados, em milisegundos, para duração das fases de apoio e de balanço e do ciclo total da marcha de cada ciclo analisado, em ambos os sistemas, foram plotados em forma de planilha no Excel. Foi feita uma planilha para as crianças com desenvolvimento normal e uma para as crianças com paralisia cerebral. As médias dos valores de cada uma das variáveis foram obtidas e utilizadas para comparação por meio do coeficiente de correlação intraclasse (ICC) da seguinte forma: média da fase de apoio da câmera digital (FAC) X média da fase de apoio do Qualisys (FAQ); média da fase de balanço da câmera digital (FBC) X média da fase de balanço do Qualisys (FBQ) e média do ciclo total da marcha da câmera digital (CTC) X média do ciclo total da marcha do Qualisys (CTQ).

2.6 Análise Estatística

Análises descritivas (média e desvio-padrão) foram utilizadas para caracterização da amostra. A concordância entre a análise por vídeo e pelo sistema Qualysis foi calculada pelo coeficiente de correlação intra-classe (ICC) para cada grupo individualmente e para a amostra total, utilizando-se o software Statistical Package for Social Sciences (SPSS®) versão 15.0. Foi considerado um nível de significância $\alpha = 0,05$.

3 RESULTADOS

O grupo I foi composto por onze lactentes com desenvolvimento motor normal em fase de aquisição de marcha, sendo 6 do sexo masculino (54,5%) e 5 do sexo feminino (45,5%), com média de idade de 1,03 ± 0,07 anos. O grupo II foi composto por oito crianças com diagnóstico de paralisia cerebral hemiplégica espástica (PCE), sendo 5 do sexo masculino (62,5%) e 3 do sexo feminino (37,5%), com média de idade de 7,5 ± 1,30 anos. Nesse grupo, 1 criança (12,5%) tinha o lado esquerdo acometido e 7 (87,5%) o lado direito. Em relação à gravidade do comprometimento motor, 5 crianças foram classificadas como nível I (62,5%) e 3 como nível II (37,5%) do GMFCS.

Os valores das médias e desvio padrão obtidos para cada uma das variáveis de interesse estão descritos na (tabela TAB.1).

TABELA 1
Tabela 1 – Médias e Desvio Padrão das variáveis por Grupo

MÉDIAS E DESVIOS PADRÃO CÂMERA DIGITAL X QUALISYS						
	FAC	***FAQ***	***FBC***	***FBQ***	***CTC***	***CTQ***
GRUPO I (LACTENTES)	0,472 (0,129)	0,524 (0,110)	0,315 (0,016)	0,274 (0,032)	0,788 (0,138)	0,798 (0,126)
GRUPO II (PCE)	0,630 (0,117)	0,631 (0,087)	0,480 (0,042)	0,459 (0,065)	1,110 (0,142)	1,090 (0,133)
TODAS AS CRIANÇAS	0,538 (0,144)	0,569 (0,112)	0,384 (0,088)	0,352 (0,104)	0,923 (0,212)	0,921 (0,194)

Números indicam: média (em ms) e (desvio padrão)

LEGENDA: FAC – média da fase de apoio da câmera digital
FAQ – média da fase de apoio do Qualisys
FBC – média da fase de balanço da câmera digital
FBQ – média da fase de balanço do Qualisys
CTC – média do ciclo total da marcha da câmera digital
CTQ – média do ciclo total da marcha do Qualisys

Os coeficientes de correlação intraclasse (ICC) das medidas de tempo da fase de apoio, tempo da fase de balanço e tempo do ciclo total da marcha para cada um dos grupos e para amostra total encontram-se descritos na (TabelaAB. 2). Os

valores de referência do ICC utilizados neste estudo foram os propostos por Bartko (1966)[23]:

fraca < 0,40; moderada = 0,41 a 0,60; boa = 0,61 a 0,80; excelente = 0,81 a 1. Quando os grupos foram analisados conjuntamente, concordância excelente foi observada para as três variáveis de interesse: fase de apoio (ICC=0,959); fase de balanço (ICC=0,979) e ciclo total (ICC=0,988). Na análise por grupo, foi observada concordância excelente para fase de apoio (ICC=0,975) e para ciclo total (ICC=0,985) bem como concordância boa para fase de balanço (ICC=0,642) no grupo I (lactentes). Quanto ao grupo II (PCE) a concordância foi excelente para fase de apoio (ICC=0,920), fase de balanço (ICC=0,934) e ciclo total (ICC=0,958). Portanto, foi observada concordância excelente entre as medidas realizadas pela câmera digital e pelo Qualisys, exceto para a fase de balanço dos lactentes, em que o coeficiente foi bom.

TABELA 2
Tabela 2 – Concordância (ICC) Câmera digital e Qualisys

CONCORDÂNCIA (ICC) CÂMERA DIGITAL X QUALISYS			
	Fase de Apoio	***Fase de Balanço***	***Ciclo Total***
GRUPO I (LACTENTES)	0,975*	0,642**	0,985*
GRUPO II (PCE)	0,920*	0,934*	0,958*
TODAS AS CRIANÇAS	0,959*	0,979*	0,988*

*Concordância excelente (ICC=0,81 a 1)[23]
**Concordância boa (ICC=0,61 a 0,80)[23]

4 DISCUSSÃO

O objetivo do presente estudo foi avaliar a validade de um método clínico de determinação dos eventos de marcha de lactentes e crianças com PC hemiplégica espástica, documentados por vídeo, para a sua aplicação clínica.

Existem na literatura pesquisas prévias que avaliaram a utilização de vídeos para análise de parâmetros têmporo-espaciais da marcha. O estudo de Dini e David (2009)[3] comparou a repetibilidade de parâmetros têmporo-espaciais de nove crianças com PCE e oito crianças normais. Para o registro dos parâmetros comprimento do ciclo, comprimento do passo, velocidade, cadência, tempo do ciclo, tempo de apoio e tempo de balanço, foi utilizado o sistema Peak Motus, que permite a reconstrução tridimensional do movimento a partir das imagens obtidas de duas câmeras de vídeo SVHS com taxa de aquisição de 60 Hz. Os autores encontraram valores de ICC de magnitudes excelente a moderada, ou seja, maiores que 0,70 para todos os parâmetros analisados em ambos os grupos amostrais. Dessa forma, os autores testaram a confiabilidade da quantificação de parâmetros têmporo-espaciais utilizando um sistema (Peak Motus) que, apesar de ser mais complexo do que a câmera digital utilizada nesse estudo por apresentar o dobro da freqüência de captura (60 Hz) e permitir a análise trimensional do movimento, obteve índices de reprodutibilidade comparáveis aos aqui apresentados.

No presente estudo, foi observada concordância excelente (ICC>0,90) entre as medidas realizadas pela câmera digital e pelo Qualisys, exceto para a fase de balanço dos lactentes, em que o coeficiente foi apenas bom (ICC=0,642). Este resultado pode ser explicado se considerarmos as particularidades do período de aquisição da marcha em lactentes. A duração da fase de balanço é indicador de estabilidade[3] e, por se tratar de um período marcado por passos inseguros e inconsistentes, a duração da fase de balanço na aquisição da marcha em lactentes é muito inferior à da fase de apoio se comparada ao padrão de marcha maduro[8]. Assim, a tecnologia de vídeo da câmera digital utilizada nesse estudo, que possibilita a delimitação de apenas 30 quadros por segundo, possivelmente prejudicou a detecção do momento exato no qual ocorrem os eventos de marcha necessários

para o cálculo dessa fase tão curta que é a fase de balanço dos lactentes. O mesmo não ocorreu com os dados provenientes do sistema Qualisys, que delimita 101 quadros por segundo. Portanto, a precisão temporal da análise por vídeo na câmera digital é menor e isso pode ser mais problemático para eventos de curta duração. A mesma justificativa pode ser atribuída ao menor valor da confiabilidade inter-examinadoras para fase de balanço na filmagem da câmera digital (ICC=0,74).

Outros autores lançaram mão dos mesmos instrumentos utilizados no presente estudo, porém com finalidades distintas. Araújo *et al*. (2007)[1] desenvolveram uma escala observacional de marcha de acordo com os parâmetros cinemáticos representativos das alterações da marcha de crianças com PCE e testaram sua validade comparando os resultados obtidos pela análise de vídeo com dados do sistema Qualisys. Para tanto, a escala abordava as articulações tornozelo/pé, joelho, quadril e pelve. Foi estabelecida validade muito boa para joelho ($r = 0,64$, $p < 0,05$) e boa para o complexo tornozelo/pé ($r = 0,59$, $p < 0,05$). Os demais itens apresentaram concordância de razoável à péssima ou não demonstraram correlação significativa com os mesmos itens avaliados pelo Qualisys.

Da mesma forma, Kawamura *et al*. (2007)[24] analisaram parâmetros cinemáticos articulares da marcha de crianças com PCE, comparando análise visual e tridimensional. Seus resultados revelaram que para a maioria dos itens estudados, houve uma forte divergência entre os dois métodos de análise. Do total de dez parâmetros cinemáticos, apenas dois (flexão do joelho no contato inicial e obliqüidade pélvica) demonstraram valores similares nas análises visual e tridimensional (kappa = 0,65-0,47 e kappa = 0,51, respectivamente).

A consistência dos dados entre a análise de filmagens de câmera digital e do sistema Qualysis obtida nos estudos anteriores acima citados não foi tão alta se comparada à do presente estudo. Isso pode ser explicado pelas diferentes características dos parâmetros analisados. Enquanto Araújo *et al*. (2007)[1] e Kawamura *et al*. (2007)[24] compararam análise visual e tridimensional da cinemática individual das articulações, o presente estudo utilizou variáveis têmporo-espaciais, determinadas a partir da análise de movimentos bidimensionais, para a comparação. Assim, por se tratarem de variáveis mais complexas e específicas e, dessa forma,

exigirem cálculos mais refinados para sua determinação, os valores dos parâmetros cinemáticos individuais das articulações não apresentaram, de modo geral, boa correspondência nos dois métodos de análise. Em contrapartida, os parâmetros têmporo-espaciais são variáveis mais globais e mais simples de serem determinadas, o que justifica a boa concordância encontrada entre as análises por vídeos advindos de câmera digital e do sistema Qualisys.

Apesar de serem consideradas variáveis complexas, parâmetros individuais das articulações permitem a identificação de desvios cinemáticos específicos para os quais a intervenção terapêutica deve ser direcionada. Entretanto, a análise individual de uma só articulação não é um fator de alta preditibilidade do desempenho de marcha, qualidade essa atribuída aos parâmetros têmporo-espaciais, considerados mais adequados para avaliação de desfechos clínicos. Portanto, as duas classes de parâmetros em questão se complementam no que diz respeito à avaliação e análise de marcha.

Uma limitação do presente estudo é o fato de ambos os métodos de análise, feita por vídeos de câmera digital e pelo Qualisys, terem sido do tipo observacional. Assim, as examinadoras estavam sujeitas àa falhas humanas, mesmo ao utilizar o sistema tridimensional de alta acurácia. Apesar desta limitação, o estudo contribuiu para a sistematização da análise observacional da marcha, uma vez que a validade do método clínico abordado para análise desse desfecho do desenvolvimento foi estabelecida, trazendo para aqueles profissionais que o utilizam clinicamente um respaldo na literatura científica.

5 CONCLUSÃO

Análise de vídeos documentados por câmera digital é um procedimento válido para determinação das fases gerais da marcha de lactentes com desenvolvimento normal e de crianças com PC e, portanto, adequado para uso clínico. Sabendo disso, o profissional da área de saúde poderá fazer suas inferências na clínica utilizando esse método de forma mais criteriosa e levando em consideração a taxa de erro existente na determinação de fases de curta duração.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARAÚJO, PA. **Desenvolvimento, validade e confiabilidade da Escala Observacional de Marcha para crianças com paralisia cerebral espástica**. Belo Horizonte, 2007. Dissertação de (Mestrado) –- EEFFTO, Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional – UFMG, 2007.

2. HARRIS, G. F., ; WERTSCH, J. J. Procedures for gait analysis. **Arch Phys Med Rehabil**. 1994,. v.75, (n.2,): p. 216-225, 1994.

3. DINI, P. D.;, DAVID, A.C. Repeatability of spatiotemporal gait parameters: comparison between normal children and children with hemiplegic spastic cerebral palsy. **Rev Bras Fisioter**. 2009. v.13, (n.3):, p. 215-222, 2009.

4. TANAKA, M. S. *et al*., Luppi A, Morya E, Fávero FM, Fontes SV, Oliveira ASB. Principais instrumentos para a análise da marcha de pacientes com distrofia muscular de Duchenne. **Rev Neurocienc**. 2007v.. 15, (n.2):, p.153-159, 2007.

5. CHAGAS, P. S. C. **Efeitos do uso do andador infantil na aquisição da marcha independente em lactentes com desenvolvimento normal**. Belo Horizonte, 2010. Tese de (Doutorado) – EEFFTO, Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional – UFMG, 2010.

6. CHUNG, T. M. Avaliação cinética e cinemática da marcha de adultos do sexo masculino. **Acta Fisiátrica**. 2000., v. 7, (n.2):, p. 61-67, 2000.

7. LIANZA, S.;, GOMES, C. **Consenso Nacional sobre Espasticidade**. Diretrizes para diagnósticos e tratamentos. Sociedade Brasileira de Medicina Física e Reabilitação. São Paulo. 2001.

8. ADOLPH, K. E. Motor/Physical Development: Locomotion. *In*: M. M. Haith and J. B. Benson (Eds.),. **Encyclopedia of infant and early childhood development**. 2008. San Diego, CA: Academic Press, 2008. p,p. 359-373..

9. FRANCO, R. L. L. D. **Análise cinemática da marcha de crianças diplégicas nível I e II do GMFCS.** Belo Horizonte, 2009. Dissertação de (Mestrado) – EEFFTO, Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional – UFMG, 2009.

10. O' MALLEY, J.M.;, ABEL, M. F.;, DAMIANO, L. D. Fuzzy clustering of children with cerebral palsy based on temporal-distance gait parameters. **IEEE Transations on Rehabilitation Engineering.** v. 1997. 5, n.(4):, p. 300-309, 1997.

11. DAMIANO, D. L,.; ABEL, M. F. Relation of gait analysis to gross motor function in cerebral palsy. **Developmental Medicine & Child Neurology**. 1996.v. 38, :p. 389-396, 1996.

12. HRELJAC A, MARSHALL RN. Algorithms to determine event timing during normal walking using kinematic data. **Journal of Biomechanics**. 2000.v. 33, p.:783-786, 2000.

13. ZENI, JRr. J. A.,; RICHARDS, J. G.,; HIGGINSON, J. S. Two simple methods for determining gait events during treadmill and overground walking using kinematic data. **Gait & Posture**. 2008. v. 27:, p. 710-714, 2008.

14. O'CONNOR, C. M., *Thorpe SK, O'Malley MJ, Vaughan CLet al*.. Automatic detection of gait events using kinematic data. **Gait & Posture**. 2007.v. 25, p.: 469-474, 2007.

15. CATALFAMO, P. *et al*., Moser D, Ghoussayni S, Ewins D. Detection of gait events using F-Scan in-shoe pressure measurement system. **Gait & Posture**. 2008.v. 28,: p. 420-426, 2008.

16. DESAILLY, E, Daniel Y, Sardain P, Lacouture P.; *et al*. Foot contact event detection using kinematic data in cerebral palsy children and normal adults gait. **Gait & Posture**. 2009. v. 29, :p. 76-80, 2009.

17. SILVEIRA, E. S. D. F. **Plataformas de força montadas em esteira ergométrica para análise de impactos na marcha humana**. Porto Alegre,, 1997. Dissertação de (Mestrado) – Escola de Engenharia – UFRS, 1997.

18. WREN, T. A. L.;, Patrick K, Hara R, Dorey FJ, Kay RM, Otsuka NY *et al*.. Gillette Gait Index as a Gait Analysis Summary Measure. **J. Pediatr Orthop**. 2007. v.27, p.: 765-768, 2007.

19. BROWN BROWN,C. R., Hillman SJ, Richardson AM, Herman JL, Robb J; *et al*.E. Reliability and validity of the Visual Gait Assessment Scale for children with hemiplegic cerebral palsy when used by experienced and inexperienced observers. **Gait & Posture**. v. 2008. 27, p.: 648-652, 2008.

20. WREN, T. A. L.;, Rethlefsen SA, Healy BS, Patrick K, Dennis SW, Kay RM *et al*.. Reliability and Validity of Visual Assessments of Gait Using a Modified Physician Rating Scale for Crouch and Foot Contact. J**. Pediatr Orthop**. 2005.v. 25, :p. 646-650, 2005.

21. MCGINLEY, J. L.; *et al*., Baker R, Wolfe R, Morris ME. The reliability of three-dimensional kinematic gait measurements: A systematic review. **Gait & Posture**. 2009.v. 29, p.: 360-369, 2009.

22. CHAGAS, P. S. C. **O Início da Aquisição da Marcha Independente em Crianças com Desenvolvimento Típico**: Uma Perspectiva dos Sistemas Dinâmicos. Belo Horizonte, 2004. Dissertação de (Mestrado) – EEFFTO, Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional – UFMG, 2004.

23. BARTKO, J. J. The Intraclass correlation coefficient as a measure of reliability. **Psycol Rep**. 1966;v. 19, p.: 3-11, 1996.

24. KAWAMURA C. M. *et al*, Filho MCM, Barreto MM, Asa SKP, Juliano Y, Novo NF. Comparison between visual and three-dimensional gait analysis in patients with spastic diplegic cerebral palsy. **Gait & Posture**. 2007.v. 25, p.: 18-24, 2007.

APÊNDICE I

TABELA DE DEFINIÇÃO DO CICLO DA MARCHA – FILMAGEM

CRIANÇA:						**COLETA:**			
CICLO	LUZ	**C.I. 1**	**I. B.**	**C.I. 2**	**LUZ – C.I. 1**	**FASE APOIO**	**FASE BALAN.**	**D.C.**	**OBS.**

CICLO: Sequência da marcha selecionada

C.I. 1: Contato Inicial do pé com o chão (início do ciclo)

C.I. 2: Contato Inicial do pé com o chão (final do ciclo)

FASE APOIO: Diferença entre C.I. 1 e I.B.

D.C.: Duração do ciclo de marcha (C.I. 1 – C.I. 2)

LUZ: Instante que a luz acende

I.B.: Início da fase de balanço

LUZ – C.I. 1: Diferença de tempo entre o C.I. 1 e LUZ

FASE BALANÇO: Diferença entre I.B. e C.I. 2