

POLIANA CHIEMI YAMAGUTE COSTA

**ASPECTOS MOTORES DA PARALISIA CEREBRAL ESPÁSTICA
DIPARÉTICA: O NINTENDO WII® COMO ATIVIDADE MOTORA
COMPLEMENTAR**

***MOTOR ASPECTS OF SPASTIC DIPLEGIA CEREBRAL PALSY: THE NINTENDO WII®
AS A COMPLEMENTARY MOTOR ACTIVITY***

Campinas, SP
2013

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA**

POLIANA CHIEMI YAMAGUTE COSTA

**ASPECTOS MOTORES DA PARALISIA CEREBRAL ESPÁSTICA DIPARÉTICA: O
NINTENDO WII® COMO ATIVIDADE MOTORA COMPLEMENTAR**

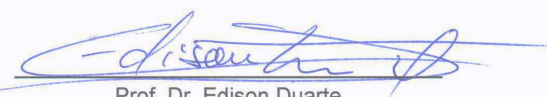
Orientador: Professor Dr. Edison Duarte

***MOTOR ASPECTS OF SPASTIC DIPLEGIA CEREBRAL PALSY: THE NINTENDO WII®
AS A COMPLEMENTARY MOTOR ACTIVITY***

Dissertação de mestrado apresentada à Pós-graduação da Faculdade de Educação Física da Universidade Estadual de Campinas, para obtenção de título de Mestre em Educação Física, área de concentração Atividade Física Adaptada.

Dissertation presented to the Post Graduation Programme of the School of Physical Education of State University of Campinas to obtain the Master's degree in Physical Education. Concentration area: Adapted Physical Activity.

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA
DISSERTAÇÃO DEFENDIDA PELA ALUNA POLIANA CHIEMI
YAMAGUTE COSTA, E ORIENTADA PELO PROF. DR.
EDISON DUARTE



Prof. Dr. Edison Duarte
Orientador

Campinas, SP
2013

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA POR
ANDRÉIA DA SILVA MANZATO – CRB8/7292
BIBLIOTECA DA FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA UNICAMP

C823a Costa, Poliana Chiemi Yamagute, 1982-
Aspectos motores da Paralisia Cerebral Espástica Diparética:
o Nintendo Wii® como atividade motora complementar / Poliana
Chiemi Yamagute Costa. - Campinas, SP: [s.n], 2013.

Orientador: Edison Duarte.
Dissertação (mestrado) – Faculdade de Educação Física,
Universidade Estadual de Campinas.

1. Paralisia cerebral. 2. Paralisia cerebral - Reabilitação. 3.
Realidade virtual. 4. Vídeo games Nintendo I. Duarte, Edison. II.
Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação
Física. III. Título.

Informações para a Biblioteca Digital:

Título em inglês: Motor aspects of Spastic Diplegia Cerebral Palsy: the
Nintendo Wii® as a complementary motor activity.

Palavras-chaves em inglês:

Cerebral palsy
Cerebral Palsy – Rehabilitation
Virtual reality
Nintendo Wii®

Área de Concentração: Atividade Física Adaptada

Titulação: Mestrado em Educação Física.

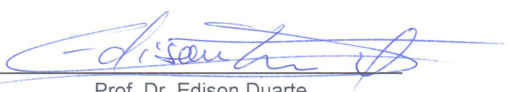
Banca Examinadora:

Edison Duarte [orientador]
José Irineu Gorla
Regina Célia Turolla de Souza

Data da defesa: 27-02-2013

Programa de Pós-Graduação: Educação Física

COMISSÃO EXAMINADORA



Prof. Dr. Edison Duarte
Orientador



Prof. Dr. José Irineu Gorla
Membro Titular



Profa. Dra. Regina Célia Turolla de Souza
Membro Titular

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a todas as crianças e pessoas
com Paralisia Cerebral, minha inspiração de
estudo e trabalho. Espero colaborar com um grão
de areia neste mar tão complexo das intervenções
nesta população.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus, meu Pai, que arquitetou de maneira assombrosamente perfeita o cérebro humano, cada célula, suas conexões e funções, nos permitindo ser seres pensantes e, com nossa inteligência colaborar para que as pessoas vivam bem, em um mundo melhor. Como não crer em uma Mente Brilhante e Soberana que planejou desde o nascer do sol no tempo e espaço matematicamente calculados até cada disparo de potencial de ação? Obrigada Pai por tantas pessoas e coisas boas na minha vida durante esta jornada preciosa.

Agradeço ao querido professor Edison, obrigada pela grande oportunidade de trabalhar e aprender com você, o professor mais humano e mais sábio que conheci, cada dia te admiro mais e desejo ser como você quando crescer...

Agradeço ao meu marido Daniel, meu amado, companheiro, por tanta paciência, compreensão, apoio e força, pelos tempos de pouco sono e muito trabalho, mas sempre me fazendo sorrir e sentir gratidão; obrigada por ser minha fortaleza em tempos de luta, nos fortalecendo ainda mais como casal. Agradeço ao meu amado pai e minha amada mãe, me ensinando sempre o que realmente importa na vida, e por todo seu esforço e suor permitindo que eu chegasse até aqui, jamais conseguirei agradecer o suficiente, que a porção do Senhor caia em dobro sobre a vida de vocês. A Ticinha, Tã e Thales, irmãos queridos, melhores amigos, pelos momentos de alegria e descontração, sempre que precisei. Ticinha, você é o nosso anjo, espero um dia ser pelo menos um pouquinho como você...

Ao professor Gorla, professora Toninha e professor Zamai, agradeço por toda colaboração em tantas etapas do estudo. A querida Rê Turolla, obrigada pelas ideias, incentivo, tempo e espaço cedido para esta conquista. A todos do ambulatório de Fisioterapia Neuro Infantil - HC que de diversas maneiras colaboraram com a pesquisa. Aos amigos do LAMA, obrigada por todo apoio e por me ensinarem a trabalhar em equipe, em especial ao Anselmo por dias e dias tentando me ensinar estatística... um dia eu chego lá... obrigada também ao Luizinho, Marília, Andréia e Léo que me auxiliaram diversas vezes. Todos deixarão saudades.

Muito obrigada monitores/professores do duathlon e da natação da FEF, vocês colaboraram para eu mantivesse a sanidade em meio a tudo, se não fosse por vocês eu teria

enlouquecido ou tido um ataque cardíaco, com certeza! A Lourdinha, sem a sua ajuda, tudo seria muito mais difícil.

Agradeço a querida Bella Koscielny, minha grande mestre, por compartilhar todo seu conhecimento e por ensinar tudo o que eu sei sobre Paralisia Cerebral. Para que um dia a vida seja mais leve para as nossas crianças e suas famílias.

Em especial aos queridos pacientes e suas famílias que participaram da pesquisa, muito obrigada pelo apoio, paciência, esforço, horas e mais horas de trabalho e avaliações, serei eternamente grata, pois sem vocês, este estudo nem existiria.

YAMAGUTE COSTA, Poliana Chiemi. **Aspectos motores da Paralisia Cerebral Espástica Diparética: o Nintendo Wii® como atividade motora complementar**. 2013. 95 f. Dissertação (Mestrado em Educação Física)-Faculdade de Educação Física. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2013.

RESUMO

As crianças e adolescentes com Paralisia Cerebral (PC) Espástica diparética apresentam comprometimentos músculo-esqueléticos e neuromusculares que restringem o controle normal da postura e as estratégias de equilíbrio estático e dinâmico, interferindo no desempenho de atividades funcionais. As inovações tecnológicas dos últimos anos tem agregado intervenções sensório-motoras através de sistemas de realidade virtual para melhora da estabilidade postural e do controle motor seletivo. Com estes objetivos, o vídeo game Nintendo Wii® que utiliza um sistema de realidade virtual é amplamente utilizado no Brasil, sendo conhecido como Wiireabilitação. Poucos estudos comprovam seus benefícios em crianças com distúrbios neuromotores, portanto, este estudo teve como objetivo analisar as mudanças que o uso do sistema de realidade virtual Nintendo Wii® como terapia complementar pode provocar na função motora grossa, alinhamento postural, equilíbrio estático e dinâmico de crianças e adolescentes com PC espástica diparética com marcha independente. Métodos: 12 sujeitos com PC diparética foram alocados aleatoriamente em: grupo controle submetido à fisioterapia convencional (GC, n=6) e grupo experimental submetido à fisioterapia associada à Wiireabilitação (GE, n=6), ambos para treino de alinhamento postural, equilíbrio e função motora grossa. Equilíbrio estático e dinâmico foram avaliados através do sistema de Baropodometria Eletrônica, o alinhamento postural pelo Software para Avaliação Postural (SAPO), e a função motora grossa através das dimensões D e E da escala Gross Motor Function Measure (GMFM-88). Estas variáveis foram mensuradas nos dois grupos antes e após 20 sessões de intervenção, sendo comparadas entre grupo e entre grupo e momento com o testes estatístico ANOVA *one-way* para medidas repetidas. Para as comparações *pairwise* foi utilizada análise gráfica (*boxplot* e gráfico de interação). Resultados: No teste de estabilometria da baropodometria eletrônica, houve diferença estatisticamente significativa na comparação entre grupo para oscilação médio-lateral e ântero-posterior com olhos fechados (cm) e oscilação do centro de pressão na superfície (cm²) com olhos fechados ($p=0.050$; $p=0.005$; $p=0.009$ respectivamente), e diferença na comparação entre grupo e momento para as mesmas variáveis anteriores ($p=0.042$; $p=0.012$ e $p=0.006$ respectivamente). Neste teste observa-se melhora de todas as variáveis no grupo experimental, e piora de todas no grupo controle. Não foram encontradas diferenças significativas que indicassem melhora para as variáveis da função motora grossa, do alinhamento postural, da baropodometria estática e dinâmica. Conclusão: Os resultados deste estudo sugerem que 20 sessões de fisioterapia convencional associadas à Wiireabilitação produzem melhora no controle do equilíbrio estático, porém não foram suficientes para produzir mudanças significativas na função motora grossa, no alinhamento postural e na distribuição da carga corporal nos pés.

Palavras-chaves: Paralisia Cerebral; Paralisia Cerebral – Reabilitação; Realidade virtual; Vídeo games – Nintendo.

YAMAGUTE COSTA, Poliana Chiemi. **Motor aspects of Spastic Diplegia Cerebral Palsy: the Nintendo Wii® as a complementary motor activity.** 2013. 95 s. Dissertation (Master's in Physical Education)-School of Physical Education. State University of Campinas, Campinas, 2013.

ABSTRACT

Children and adolescents with Spastic Diplegia Cerebral Palsy (CP) present musculo-skeletal impairments that restrict normal postural control and static and dynamic balance strategies, interfering in functional performance activities. Recent technological innovations have added sensory-motor interventions through the use of virtual reality systems to improve postural stability and selective motor control. The video game Nintendo Wii® uses a virtual reality system, approaching the objectives before it is widely used in Brazil and is known as Wiihabilitation. Few researches have proved its benefits in children with motor disorders, thus this research aimed to analyze the changes that using the Nintendo Wii® virtual game system, as a complementary therapy, can cause in gross motor function, postural alignment, static and dynamic balance of children and adolescents with spastic diplegia and independent gait. 12 spastic diplegia subjects were randomly allocated into: control group submitted to conventional physiotherapy (CG, n=6) and experimental group submitted to physiotherapy associated with Wiihabilitation (EG, n=6), both for postural alignment, balance and gross motor function training. Static and dynamic balance were assessed through Electronic Baropodometry, postural alignment was assessed by the Software for Posture Assessment (SAPO), and gross motor function through D and E dimensions of the Gross Motor Function Measure (GMFM-88). These variables were measured in both groups before and after 20 sessions of intervention, and were compared between groups and between group and moment with ANOVA one-way for repeated measures. For pairwise comparisons, a graphic analysis was used (boxplot and interaction graph). Results: In the stabilometry test of the electronic baropodometry, there were statistically significant differences between groups for medio-lateral and antero-posterior oscillations with eyes closed (cm) and center of pressure surface oscillation (cm²) with eyes closed ($p=0.050$; $p=0.005$; $p=0.009$ respectively), and in the comparison between group and moment for the same variables ($p=0.042$; $p=0.012$ e $p=0.006$ respectively). In this test, there was improvement in all variables of experimental group, and decline in all variables of control group. There were no significant differences that would indicate improvement on gross motor function, postural alignment, static and dynamic baropodometry variables. The results of the present research suggest that 20 sessions of conventional physiotherapy associated with Wiihabilitation improves control of static balance, however were not sufficient to produce significant changes on gross motor function, postural alignment and foot loading distribution.

Keywords: Cerebral Palsy; Cerebral Palsy – Rehabilitation; Virtual reality; Nintendo Wii®.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Linha do tempo – Paralisia Cerebral: conceitos e classificações	15
Figura 2 – Categorias do <i>Gross Motor Function Classification System</i> (GMFCS)	20
Figura 3 – Divisão dos participantes	55
Figura 4 – Exemplo de análise da baropodometria estática	56
Figura 5 – Exemplo de análise da baropodometria dinâmica	56
Figura 6 – Exemplo de análise da estabilometria com olhos abertos e olhos fechados.	57
Figura 7 – Exemplo de avaliação postural com o SAPO – vista anterior	58
Figura 8 – Avaliações	59
Figura 9 – Interação das médias da Assimetria no Plano Frontal entre grupo e momento	65
Figura 10 – Medianas do deslocamento do centro de pressão no teste de estabilometria bipodálica na direção médio-lateral com olhos fechados	68
Figura 11 – Médias do deslocamento do centro de pressão no teste de estabilometria bipodálica na direção médio-lateral com olhos fechados	68
Figura 12 – Medianas do deslocamento do centro de pressão no teste de estabilometria bipodálica na direção ântero-posterior com olhos fechados	69
Figura 13 - Medianas do deslocamento do centro de pressão no teste de estabilometria bipodálica em superfície por cm ² com olhos fechados	70

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Caracterização dos sujeitos	62
Tabela 2 - Função Motora Grossa, escala GMFM dimensões de bipedestação, andar, correr e pular, escore bruto	63
Tabela 3 - Dados do alinhamento postural analisados pelo Software de Avaliação Postural, desvios em graus	64
Tabela 4 - Baropodometria Estática e Dinâmica analisando a distribuição da carga corporal entre pés esquerdo e direito, antepé e retropé, e Estabilometria avaliando as oscilações corporais	66

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

PC	Paralisia Cerebral
GMFCS	Gross Motor Function Classification System
CIDID	Classificação Internacional das Deficiências, Incapacidades e Desvantagens
CIF	Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde
OMS	Organização Mundial da Saúde
AVD's	Atividades de vida diária
SCPE	<i>Surveillance of Cerebral Palsy in Europe</i> – Vigilância da Paralisia Cerebral na Europa
RNM	Ressonância nuclear magnética
NDT	<i>Neurodevelopmental treatment</i> – tratamento neuroevolutivo
TIS	Terapia de Integração Sensorial
GMFM	<i>Gross Motor Function Measure</i> - Medida da Função Motora Grossa
NMES	<i>Neuromuscular electrical stimulation</i> - Estimulação elétrica neuromuscular
FES	<i>Functional electrical stimulation</i> - Estimulação elétrica funcional
RV	Realidade Virtual
OA	Olhos abertos
OF	Olhos fechados
SAPO	Software de Avaliação Postural
CDP	Centro de pressão

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1 Paralisia Cerebral: Considerações Históricas, Classificações e Aspectos Clínicos.....	14
2.1.1 Considerações históricas da Paralisia Cerebral	14
2.1.2 Classificações	19
2.1.3 Aspectos clínicos	27
2.2 Intervenções Neuromotoras em Crianças com Paralisia Cerebral	35
2.3 Sistema de Neurônios-Espelho e Aprendizagem Motora na Paralisia Cerebral	48
3 OBJETIVO	53
4 METODOLOGIA	54
4.1 Participantes	54
4.2 Procedimentos	55
4.2.1 Baropodometria Eletrônica	55
4.2.2 Software de Avaliação Postural (SAPO)	57
4.2.3 Gross Motor Function Measure (GMFM – 88)	59
4.2.4 Intervenção	60
4.2.4.1 Fisioterapia convencional	60
4.2.4.2 Wiireabilitação	61
4.3 Análise Estatística	61
5 RESULTADOS	62
6 DISCUSSÃO	70
7 CONCLUSÃO	74
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75
ANEXO 1 – Termo de consentimento livre e esclarecido	89
ANEXO 2 – Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa	91
ANEXO 3 - Modelo de interpretação das medidas do protocolo sapo	95

1 INTRODUÇÃO

A Paralisia Cerebral (PC) é a desordem de maior prevalência que acomete a função motora de crianças e interfere em suas atividades diárias, assim, tem sido um dos focos das pesquisas na área da reabilitação neuromotora. As limitações motoras são decorrentes de diversos fatores como a fraqueza muscular, aumento ou diminuição do tônus e alteração do controle motor seletivo. Na PC espástica diparética, fatores como déficit de equilíbrio estático e dinâmico, alinhamento corporal inadequado e controle postural anormal comprometem o desempenho em atividades funcionais simples e cotidianas como andar, correr, pular, entre outras.

Atualmente, o desenvolvimento de novas tecnologias, como a realidade virtual, tem agregado novos recursos ao treino de equilíbrio estático e dinâmico, alinhamento postural e função motora grossa. Estudos relacionam o uso da realidade virtual com a ativação do sistema de neurônio-espelho, pela observação dos movimentos do avatar (imagem do próprio usuário projetada no ambiente virtual), seguida da ação que facilita a ativação das redes neurais das áreas motoras, promovendo a plasticidade neural. Estes dados promissores tem motivado pesquisadores a analisarem o uso do vídeo game Nintendo Wii® em terapia sensório-motora, por ser o pioneiro da nova geração de games a utilizar sistema de realidade virtual para promover movimentos corporais. Apesar de ser amplamente utilizado no Brasil, em clínicas e ambulatórios de fisioterapia de diversas áreas, principalmente em neurologia, há escassez de estudos publicados, comprovando os efeitos deste tipo de intervenção na população com PC. Para esta abordagem, conhecida como Wiireabilitação ser incluída como um método terapêutico eficaz e baseado em evidências, é necessário conhecer seus reais efeitos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Paralisia Cerebral: Considerações Históricas, Classificações e Aspectos Clínicos

2.1.1 Considerações históricas da Paralisia Cerebral

O primeiro estudo descrevendo a Paralisia Cerebral foi publicado em 1843 pelo cirurgião ortopédico inglês, William John Little, que apontou claramente a lesão cerebral durante a infância como causa frequente da paralisia e da espasticidade. Em 1862, Little diferenciou as deformidades congênitas observadas ao nascimento das deformidades de membros desenvolvidas (então denominadas “rigidez espástica”) subsequentes à partos prematuros, traumáticos e difíceis. Nesta diferenciação, o autor agrupou 47 casos nos seguintes quadros clínicos: 1) rigidez hemiplégica afetando somente um hemicorpo; 2) paraplegia afetando mais as pernas do que braços e 3) rigidez generalizada (KAVČIČ, 2005; MORRIS, 2007; AISEN et al., 2011).

Na segunda metade do século XIX, Sigmund Freud, neuropatologista que posteriormente tornaria-se um psiquiatra reconhecido, definiu o termo “Paralisia Cerebral Infantil – *Infantile Cerebral Paralysis*” como: ‘...condição patológica, na qual a paralisia é ofuscada ou substituída pela rigidez muscular ou espasmo muscular espontâneo’ (KAVČIČ, 2005). Freud sugeriu aplicar o termo Paralisia Cerebral Infantil até mesmo em casos neurológicos com ausência de paralisia, como deficiência intelectual, ou nas desordens sem manifestação permanente como a epilepsia (KAVČIČ, 2005). O mesmo classificou a PC de maneira nosográfica, ou seja, agrupou diversos déficits motores infantis de origem cerebral em uma única entidade através dos achados clínicos, reconhecendo que eram resultantes da combinação da lesão inicial e do processo de reparação. A classificação separou as hemiplegias das desordens bilaterais ou diplegias que foram diferenciadas em: rigidez generalizada de origem cerebral, rigidez paraplégica, dupla hemiplegia espástica, coréia congênita generalizada e atetose generalizada. Através de observações, Freud ainda identificou três grupos de fatores etiológicos: causas maternas e congênitas idiopáticas, causas perinatais, e causas pós-natais (MORRIS, 2007; AISEN et al., 2011). No final do século XIX, Osler, Sachs e Peterson publicaram estudos utilizando os termos “hemiplegia infantil, diplegia espástica e paraplegia espástica” (MORRIS, 2007).

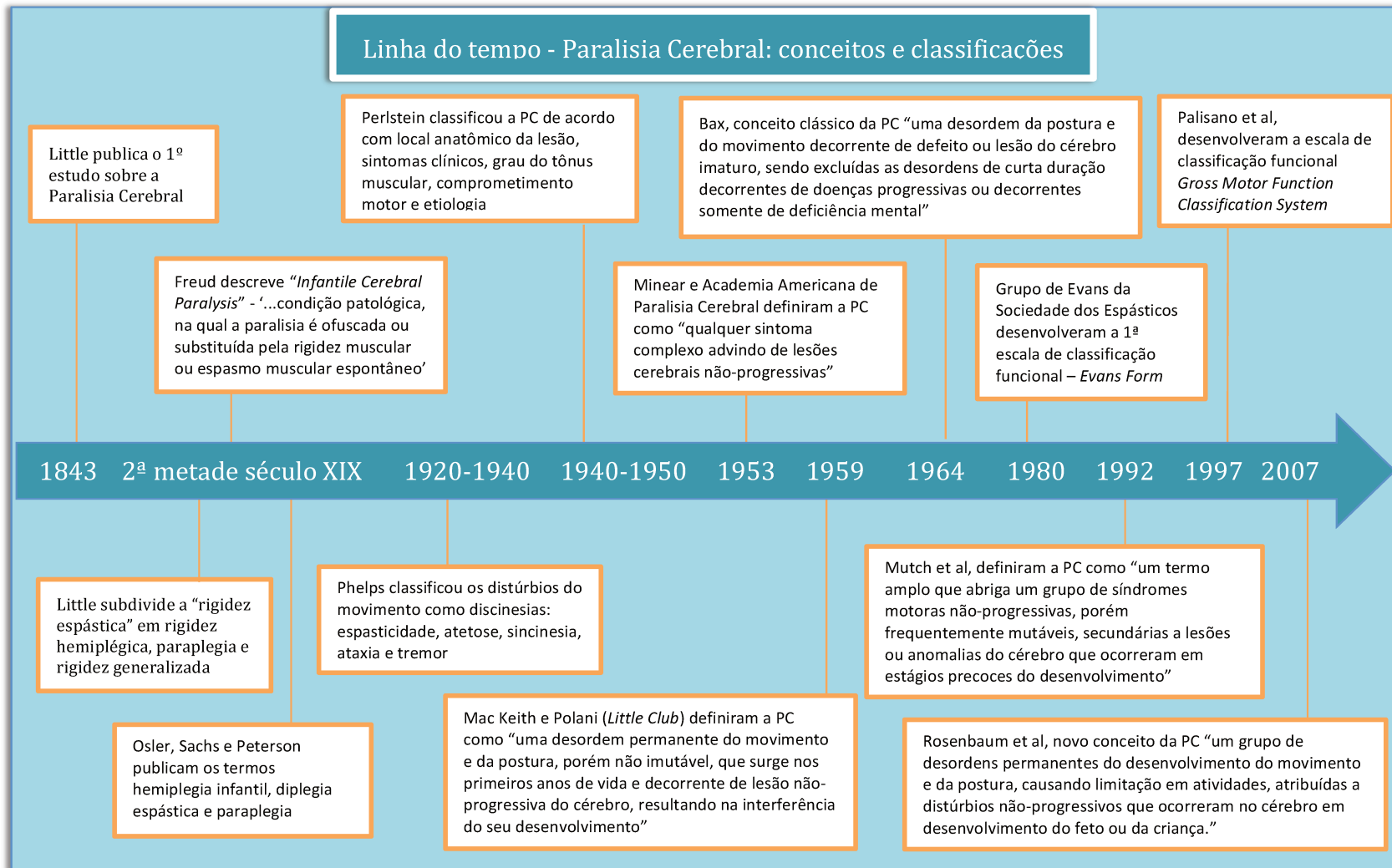


fig. 1 – Linha do tempo: conceitos e classificações da Paralisia Cerebral

Entre as décadas de 1920 e 1940, Winthrop Phelps, cirurgião ortopédico americano, contribuiu para modernizar a intervenção física nos indivíduos com PC, defendendo a fisioterapia, ortetização e bloqueio de nervos, com objetivo de locomoção, auto-cuidado, linguagem e aparência geral. Phelps propôs uma classificação agrupando os distúrbios do movimento como discinesia, e subcategorizou espasticidade, atetose, sincinesia, ataxia e tremor. Em 1947, colaborou na fundação e foi eleito o primeiro presidente da Academia Americana de Paralisia Cerebral (MORRIS, 2007).

O neurologista americano Myer Perlstein, nas décadas de 1940 e 1950, reconsiderou a classificação da PC de acordo com o local anatômico da lesão, sintomas clínicos, grau do tônus muscular, comprometimento motor e etiologia. Poucos anos depois, em 1953, Minear junto à Academia Americana de Paralisia Cerebral definiram a PC como “qualquer sintoma complexo advindo de lesões cerebrais não-progressivas”, e publicaram um sistema de classificação. Este categorizava a PC considerando comprometimento motor, aspectos neuroanatômicos, topografia, etiologia, capacidade funcional e necessidades terapêuticas (MORRIS, 2007). Ao mesmo tempo, pesquisadores britânicos (Evans, Asher e Schonell, Wyllie, e Ingram) descreveram diversos sistemas de classificação, e em 1957 Mac Keith e Polani formaram o “Little Club” com o intuito de repensar a terminologia da PC, definindo-a como “uma desordem permanente do movimento e da postura, porém não imutável, que surge nos primeiros anos de vida e decorrente de lesão não-progressiva do cérebro, resultando na interferência do seu desenvolvimento” (MORRIS, 2007, ROSENBAUM et al., 2007, O’SHEA, 2008a; AISEN et al., 2011).

‘a permanent but not unchanging disorder of movement and posture, appearing in the early years of life and due to a non-progressive disorder of the brain, the result of interference during its development’ (MAC KEITH AND POLANI 1959 apud MORRIS, 2007).

Um conceito clássico da PC utilizado na maioria das publicações há mais de 50 anos, foi publicado em 1964 pelo pediatra britânico Martin Bax “uma desordem da postura e do movimento decorrente de defeito ou lesão do cérebro imaturo, sendo excluídas as desordens de curta duração decorrentes de doenças progressivas ou decorrentes somente de deficiência mental” (MORRIS, 2007, ROSENBAUM et al., 2007, O’SHEA, 2008a; AISEN et al., 2011).

‘a disorder of posture and movement due to a defect or lesion of the immature brain’ and ‘for practical purposes disorders of short duration, due to progressive disease or due solely to mental deficiency were excluded’ (BAX 1964 apud MORRIS, 2007).

Na década de 1980, o grupo de Evans comissionado pela Sociedade dos Espásticos (atual *SCOPE for people with cerebral palsy* – organização beneficente do Reino Unido) classificaram a PC com uma perspectiva epidemiológica, e desenvolveram o “Formulário Evans – *Evans Form*”, que categorizava a criança como não ambulante, vida com restrição, funcional mas não fluente e marcha fluente. Este formulário contém itens que graduam controle de cabeça e tronco, marcha e função de membro superior que permitem identificar os déficits motores centrais (hipotonia, hipertonia, discinesia e ataxia), de mobilidade funcional e destreza manual, presença de comprometimentos intelectuais e sensoriais, dificuldades de comunicação, convulsões, malformações congênitas e adquiridas e outros distúrbios (PALISANO et al., 1997, MORRIS, 2007).

Mutch e colaboradores revisaram em 1992 o conceito da PC, demonstrando sua heterogeneidade “um termo amplo que abriga um grupo de síndromes motoras não-progressivas, porém frequentemente mutáveis, secundárias a lesões ou anomalias do cérebro que ocorreram em estágios precoces do desenvolvimento” (PIOVESANA, 2002; MORRIS, 2007; ROSENBAUM et al., 2007; AISEN et al., 2011).

‘an umbrella term covering a group of non-progressive, but often changing, motor impairment syndromes secondary to lesions or anomalies of the brain arising in the early stages of development’ (MUTCH 1992 apud MORRIS, 2007).

Este estudo revisou o sistema de classificação sueco, considerado o mais utilizado em estudos epidemiológicos, abordando três categorias neurológicas – espástica (subcategorias hemiplegia, diplegia ou tetraplegia), atáxica (diplégica ou congênita) e discinética (coreoatetósica ou distônica) (KAVČIČ, 2005; MORRIS, 2007).

Com o objetivo de padronização, a maioria dos autores graduava o comprometimento motor como leve, moderado e grave (PALISANO et al., 1997; MORRIS, 2007). Considerando a diversidade de classificações em todo o mundo e a necessidade de um consenso entre especialistas da área, Palisano e colaboradores (1997) desenvolveram o Sistema de Classificação

da Função Motora Grossa (Gross Motor Function Classification System – GMFCS) visando padronizar a graduação da disfunção motora. A abordagem do GMFCS foi baseada nos conceitos da deficiência (incapacidade) e de limitação funcional da Classificação Internacional das Deficiências, Incapacidades e Desvantagens (CIDID, 1980), (renomeada em 2001, na segunda edição como Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde - CIF) desenvolvida pela OMS (Organização Mundial da Saúde) (PALISANO et al., 1997; DI NUBILA e BUCHALLA, 2008; O'SHEA, 2008a). Palisano e colaboradores (1997) testaram a validade e confiabilidade do GMFCS sistematicamente. Em outros estudos, a escala apresentou forte correlação com a CIDID, alta concordância interavaliadores para os níveis III-V e concordância aceitável para os níveis I e II (O'SHEA, 2008a e b).

Em relação a conceituação da PC, em 2004, o *National Institute of Neurological Disorders and Stroke/ US National Institutes of Health* e a *Dana Foundation* realizaram um Workshop Internacional sobre a Definição e Classificação da Paralisia Cerebral em Bethesda, Maryland (EUA). Os participantes enfatizaram que a PC não é um diagnóstico etiológico, mas um termo clínico descritivo. Neste evento, os membros do Comitê Executivo com intuito de atualizar a definição da PC e torná-la homogênea internacionalmente, consideraram os avanços da fisiologia e patologia relacionadas ao desenvolvimento cerebral e a necessidade de melhorar a comunicação entre profissionais da área clínica, científica e o público em geral. Assim, descreveram a PC como “um grupo de desordens permanentes do desenvolvimento do movimento e da postura, causando limitação em atividades, atribuídas a distúrbios não-progressivos que ocorreram no cérebro em desenvolvimento do feto ou da criança. As desordens motoras da paralisia cerebral são frequentemente acompanhadas por distúrbios de sensação, percepção, cognição, comunicação e comportamento, por epilepsia e problemas músculo-esqueléticos secundários” (ROSENBAUM et al., 2007).

“Cerebral palsy (CP) describes a group of permanent disorders of the development of movement and posture, causing activity limitation, that are attributed to nonprogressive disturbances that occurred in the developing fetal or infant brain. The motor disorders of cerebral palsy are often accompanied by disturbances of sensation, perception, cognition, communication, and behaviour, by epilepsy, and by secondary musculoskeletal problems” (ROSENBAUM et al., 2007).

Este conceito tem sido amplamente utilizado em estudos científicos desde sua publicação (ANTTILA et al., 2008; O'SHEA, 2008b; PFEIFER et al., 2009; AISEN et al., 2011).

2.1.2 Classificações

As classificações da PC mais utilizadas por pesquisadores e clínicos são divididas de acordo com o tipo e a topografia da alteração motora, a mobilidade funcional, e achados de neuroimagem. Nos últimos anos, houve maior progresso na classificação dos movimentos e habilidades manuais das crianças, especialmente pela validade e confiabilidade testadas destes sistemas (MORRIS, 2007).

2.1.3 Classificação Funcional

O *Gross Motor Function Classification System* (GMFCS) foi desenvolvido para classificar a mobilidade funcional de maneira simples e uniforme e é baseado em movimentos auto-iniciados com ênfase nas atividades de sentar e andar (PALISANO et al., 1997; HIMMELMANN et al., 2007; PFEIFER et al., 2009). O GMFCS é de rápida aplicação, e recentemente tem sido adotado na prática clínica e em pesquisas internacionalmente (KRIGGER, 2006; ANTTILA et al., 2008; O'SHEA, 2008a; PFEIFER et al., 2009) favorecendo a concordância na classificação do nível funcional da criança com PC. A escala categoriza 5 níveis de função motora grossa para quatro faixas etárias distintas, antes dos 2 anos, entre 2 e 4 anos, de 4 a 6 anos, e de 6 a 12 anos, resumidas no quadro (1) a seguir:

FIGURA 2 - Categorias do *Gross Motor Function Classification System* (GMFCS)

NÍVEL DE CLASSIFICAÇÃO	DESEMPENHO DA LOCOMOÇÃO	ATIVIDADES MOTORAS
GMFCS I	Marcha sem restrições	Desempenham atividades correspondentes às crianças da mesma idade porém com dificuldade na velocidade do movimento, equilíbrio e coordenação
GMFCS II	Marcha sem dispositivos auxiliares, porém com limitação em ambientes externos e na comunidade; Necessitam de dispositivos auxiliares para adquirir a marcha	Limitações ao realizar transições; dificuldade para correr, pular e na qualidade do movimento
GMFCS III	Marcha com dispositivos auxiliares e frequentemente órteses, limitação em ambientes externos e na comunidade	Sentar e mobilidade no chão independentes
GMFCS IV	Mobilidade independente muito limitada, necessitam ser transportadas ou utilizam cadeiras motorizadas em ambientes externos e na comunidade	Postura sentada funcional, porém pode precisar de suporte
GMFCS V	Completamente dependentes para locomoção	Limitação em todas as áreas de função motora, dificuldade para controlar cabeça e tronco e para desempenhar qualquer movimento voluntário com controle

(PALISANO et al., 1997; KRIGGER, 2006; MORRIS, 2007; O'SHEA, 2008a; PFEIFER et al., 2009).

Classificação das síndromes motoras

Rosenbaum et al. (2007), no estudo do Workshop Internacional sobre a Definição e Classificação da Paralisia Cerebral de 2004, juntamente com outros autores (SWAIMAN e WU, 2006; O'SHEA, 2008a) recomendam que os pacientes com PC sejam classificados de acordo com o tipo predominante do tônus ou anormalidade motora: espasticidade, ataxia, discinesias – distonia e coreoatetose – e hipotonia.

Espasticidade

Aproximadamente 80% dos pacientes com PC apresentam características espásticas, que envolvem síndrome deficitária e de liberação piramidal, com aumento do tônus muscular velocidade-dependente (hipertonia elástica), fraqueza muscular, exacerbação dos reflexos tendinosos e clônus (PIOVESANA et al., 2002; KRIGGER, 2006; SWAIMAN e WU, 2006; O'SHEA, 2008a; KRÄGELOH-MANN e CANS, 2009).

Apesar de não existir uma classificação amplamente adotada em relação à distribuição topográfica da espasticidade, segundo Piovesana et al. (2002), Swaiman e Wu (2006) e O'Shea (2008a), a maioria dos autores, subdivide o comprometimento dos membros em hemiparesia/hemiplegia, diparesia/diplegia e tetraparesia/quadriplegia.

Hemiparesia/hemiplegia: Espasticidade e déficit motor unilateral, correspondem a cerca de 25% - 40% das crianças com PC espástica. Na avaliação clínica são observadas alteração da coordenação motora grossa e fina, dificuldade em movimentos rápidos, fraqueza muscular principalmente em punho e antebraço, com hipertonia dos músculos antigravitários (postura de membro superior – braço aduzido, cotovelo, punho e dedos fletidos e antebraço pronado; postura de membro inferior - aduzido, com flexão de quadril, joelho em hiperextensão ou leve flexão, pé em equinovaro), frequentemente marcha ceifante em ponta de pé. Entre o 4º e 6º mês de idade torna-se mais evidente a preferência precoce unilateral para alcance e apreensão de objetos. Com a aquisição da marcha evidencia-se o comprometimento do membro inferior. O acometimento maior de membro superior é associado com lesões corticais e subcorticais, e o acometimento predominante de membro inferior é associado à lesão periventricular. A lesão mais frequente ocorre nos períodos pré e peri-natais e acomete o território da artéria cerebral média. Outros fatores, como atraso no desenvolvimento motor, na aquisição da fala, epilepsia, microcefalia, estereognosia prejudicada, sincinesias, hemianopsia homônima (defeitos no campo visual) e discrepância no crescimento do hemicorpo afetado podem estar presentes (PIOVESANA et al., 2002; GAUZZI e FONSECA, 2004; SWAIMAN e Wu, 2006; KRÄGELOH-MANN e CANS, 2009).

Diparesia/diplegia: Representada por espasticidade bilateral com comprometimento dos membros inferiores maior que de membros superiores, 10 a 45% dos pacientes com PC apresentam esta forma, em sua maioria prematuros (KRÄGELOH-MANN et al., 1995; ROTTA, 2002; GAUZZI e FONSECA, 2004; SWAIMAN e WU, 2006). Um estudo de prevalência realizado na Suécia durante quatro décadas, demonstrou que a PC espástica bilateral tem sido dominada por prematuros. Das crianças classificadas pela GMFCS entre níveis I à III, 70% nasceram pré-termo na década de 1990 (HIMMELMANN et al., 2007). A vulnerabilidade vascular da área periventricular, a instabilidade hemodinâmica e respiratória em recém-nascidos prematuros podem resultar em hipoperfusão cerebral, com consequentes leucomalácia periventricular (padrão de lesão característico do início do terceiro trimestre) e hemorragia intraventricular (KRÄGELOH-MANN et al., 1995; ROTTA, 2002; GAUZZI e FONSECA, 2004; SWAIMAN e WU, 2006). Lee et al. (2011) citam que apesar de diversos autores descreverem a correlação entre leucomalácia periventricular e a disfunção motora, esta relação ainda é controversa. Estudos com ressonância nuclear magnética demonstraram que nem sempre indivíduos com leucomalácia periventricular apresentam anormalidades neuromotoras, e alterações estruturais não estão presentes em todos os exames de pacientes com diplegia. Ao redor da área periventricular, as fibras do trato córtico-espinhal que inervam os músculos da região distal de membros inferiores apresentam maior tendência de serem lesionadas devido à sua localização mais medial aos ventrículos. Estes achados são confirmados por estudos que observaram a sequência de ativação agonista-antagonista e sinergistas mais desorganizada em musculatura distal que proximal, além de maior fraqueza na musculatura da articulação de tornozelo do que nas articulações proximais (FOWLER et al., 2010).

Os primeiros sinais clínicos são observados no primeiro semestre de vida, com atraso no controle de cabeça, e do segundo semestre ao segundo ano de vida, com atraso ou alteração da bipedestação e marcha. A fraqueza muscular associada à hipertonia de membros inferiores, são correlacionadas à marcha em tesoura, postura em agachamento (flexão de quadril e joelho, pé em equinovaro e em casos mais graves equinovalgo com adução e rotação interna de quadril) e comprometimento da função motora (THOMPSON et al., 2011). A redução da força muscular é mais altamente relacionada com estas alterações do que a espasticidade. Os distúrbios de marcha mais evidentes nas crianças com PC diparética envolvem déficit significativo na potência da flexão plantar, o grupo muscular mais fraco são os dorsiflexores, e quanto maior a dificuldade na

marcha, menor é a força muscular em abdutores de quadril e extensores de joelho a partir de 30°. Estes músculos são fundamentais para a estabilidade corporal nos planos sagital e frontal durante a marcha e quanto maior a fraqueza neles maior a probabilidade de uso de dispositivos auxiliares (THOMPSON et al., 2011). Ao relacionar a topografia e síndrome motora de crianças com PC com a função motora grossa baseada no GMFCS, Pfeifer et al. (2009) identificaram em seu estudo que todos os indivíduos com diplegia possuíam espasticidade e predominância de nível III, demonstrando maior frequência de marcha com auxílio neste tipo de PC.

O comprometimento do membro superior é variável, no entanto, sempre em menor intensidade que os membros inferiores. Esta alteração é mais visível durante o esforço, como na marcha, em um padrão de extensão ou flexão buscando um ponto de fixação para desempenhar o movimento, além de frequente comprometimento na motricidade fina. Déficit de coordenação, subluxação do fêmur decorrente da hipertonia e malformação acetabular, instabilidade vasomotora (extremidades frias, padrão de suor imprevisível), contratura de musculatura flexora, retardo no crescimento dos membros inferiores, estrabismo convergente são distúrbios frequentes nesta forma de PC (ROTTA, 2002; GAUZZI e FONSECA, 2004; SWAIMAN e WU, 2006; BAX et al., 2007).

Tetraparesia/quadruplegia: Espasticidade de todos os membros, simétrica ou assimétrica (também denominada dupla hemiparesia), geralmente com maior comprometimento de membros inferiores e de um hemicorpo, acometendo de 9 a 43% dos pacientes. As características principais são atraso do desenvolvimento motor, escassez ou redução de movimentos voluntários, evidenciando fraqueza muscular generalizada, hipertonia de musculatura extensora e adutora de membros inferiores e variável de membros superiores (flexora ou extensora) com flutuação do grau de hipertonia, sinais de comprometimento do trato córtico-espinhal (hiperreflexia, clônus aquileu e cutâneo plantar em extensão) e persistência de reflexos primitivos (Moro, marcha reflexa, reflexos tônicos, Galant, preensão palmar e plantar). No primeiro ano de vida, a postura em opistótono ocorre com frequência. A lesão do trato córtico-bulbar (paralisia bulbar supranuclear) gera incoordenação dos músculos orofaríngeos, provocando distúrbios de deglutição que predispõem as aspirações e pneumonias de repetição. De 50% à 60% destes pacientes apresentam epilepsia, sendo também comum subluxação do fêmur, distúrbios de

aprendizagem, alterações visuais, auditivas, cognitivas e de linguagem (PIOVESANA et al., 2002; GAUZZI e FONSECA, 2004; KRÄGELOH-MANN e CANS, 2009).

Em um estudo populacional de crianças de muito baixo peso ao nascimento, 25% das crianças com PC espástica apresentou hemiparesia, 37,5% tetraparesia e 37,5% diparesia (O'SHEA, 2008a). Em pesquisa realizada no Brasil, na amostra de 100 crianças com PC, 52 apresentavam tetraparesia, 33 diparesia e 15 hemiparesia (PFEIFER et al., 2009).

Ataxia: É uma forma rara, afetando de 4 a 10% dos pacientes, frequentemente associada com outros quadros motores, o seu diagnóstico é aplicado somente se a disfunção cerebelar for predominante (SWAIMAN e WU, 2006; KRÄGELOH-MANN e CANS, 2009). O paciente apresenta hipotonia, déficit de equilíbrio, dismetria, nistagmo, incoordenação gerando movimentos com força, ritmo e precisão anormais (SWAIMAN e WU, 2006; O'SHEA, 2008a). Em geral, a marcha independente é adquirida por volta de 3 a 4 anos de idade, com base alargada, dificuldade na progressão e quedas frequentes. Podem apresentar comprometimento intelectual, na maioria leve, alteração do controle da postura sentada, tremor intencional afetando as atividades de vida diária (AVD's) que requerem função motora fina (GAUZZI e FONSECA, 2004; KRIGGER, 2006; SWAIMAN e WU, 2006). A lesão cerebral envolve cerebelo ou regiões adjacentes do tronco cerebral. O diagnóstico diferencial é essencial, considerando que as características patológicas da PC atáxica são inconstantes e pouco compreendidas. Existem casos que a ausência total do vermis cerebelar não gera sintomas cerebelares, enquanto a aplasia do vermis pode estar associada a ataxia não-progressiva (PIOVESANA et al. 2002; GAUZZI e FONSECA, 2004; SWAIMAN e WU, 2006).

Discinesia: Afeta de 7 a 20% das crianças com PC e inclui coreoatetose e distonia. O grupo de Vigilância da PC na Europa (Surveillance of Cerebral Palsy in Europe – SCPE) e o Workshop Internacional sobre a Definição e Classificação da Paralisia Cerebral de 2004 caracterizaram a PC discinética como padrões de postura e/ou movimento anormais (subgrupo distônico), acompanhado por movimentos involuntários, sem controle, recorrentes e ocasionalmente estereotipados (subgrupo coreoatetóide) (HIMMELMANN et al., 2009; KRÄGELOH-MANN e CANS, 2009).

Coreoatetose: É caracterizada pela presença de movimentos involuntários atetósicos (distais lentos e suaves), e com menor frequência coreicos (proximais rápidos, assimétricos e de maior amplitude) que são exacerbados em situações de estresse, e ausentes durante o sono (GAUZZI e FONSECA, 2004; KRIGGER, 2006; SWAIMAN e WU, 2006). A combinação dos movimentos atetósicos e coreicos resulta em um padrão de movimento involuntário rotatório de extremidades distais e hipertonia constante. Outras características como extensão de dedos das mãos e pés, sinais de lesão de neurônio motor superior (hiperreflexia, clônus, Babinski positivo), crises convulsivas, e retardo intelectual podem estar presentes. A dificuldade na articulação da fala leva a grandes variações no ritmo e volume da voz. As principais causas da PC coreoatetósica são hiperbilirrubinemia (kernicterus) e encefalopatia hipóxico-isquêmica (status marmoratus) envolvendo substância cinzenta cortical e/ou subcortical (núcleos da base), com maior incidência de fatores perinatais (PIOVESANA et al., 2002; GAUZZI e FONSECA, 2004; SWAIMAN e WU, 2006).

Distonia: É a forma mais rara das discinesias, na maioria decorrente de encefalopatia hipóxico-isquêmica lesionando tálamo ou núcleos da base. A alteração da regulação do tônus muscular e a ativação simultânea de musculatura agonista e antagonista resulta em movimentos incoordenados e posturas anormais. Há predomínio de distonia dos músculos proximais dos membros e do tronco, com movimentos lentos e persistentes de rotação de cabeça e cervical e hiperextensão. O tronco frequentemente permanece em contração gerando posturas fixas de torção com aparência bizarra (GAUZZI e FONSECA, 2004; SWAIMAN e WU, 2006; HIMMELMANN, 2009).

Hipotonia: Alguns autores consideram este tipo de PC, apesar de não ser incluído na maioria das classificações – a SCPE cita que a hipotonia pura não é um subtipo de PC, considerando este grupo como “não classificável”. Considerada a forma mais rara, conhecida como hipotonia central e persistente após os 3 anos de idade, acomete 1% desta população, sendo associada a lenta aquisição dos marcos motores, fraqueza de membros inferiores evidente e presença de reflexos osteotendíneos normais ou hiperativos. Podem apresentar força e coordenação de membros superiores normais. É de difícil diagnóstico, especialmente pela fisiopatologia pouco compreendida e pela apresentação de hipotonia na fase inicial do grupo das discinesias (aproximadamente três primeiros anos) e do grupo espástico (primeiros meses). A causa da lesão

e sua localização anatômica são desconhecidas, porém sabe-se que o seu efeito sobre o neurônio motor gama em diferentes regiões do sistema nervoso central (córtex motor, tálamo, núcleos da base, núcleo vestibular, formação reticular, e cerebelo) modificam o tônus causando a hipotonia, que persiste com a maturação. O diagnóstico diferencial é fundamental para identificar os casos em que a hipotonia é causada pelo envolvimento da unidade do neurônio motor inferior, como célula da coluna anterior da medula espinhal, nervo periférico, junção neuromuscular ou o próprio músculo (GAUZZI e FONSECA, 2004; SWAIMAN e WU, 2006; KRÄGELOH-MANN e CANS, 2009; PFEIFER et al., 2009).

Classificação e Neuroimagem

Os exames de neuroimagem classificam a PC em espástica bilateral, espástica unilateral, discinética e atáxica. As anormalidades nestes exames ocorrem entre 83 a 91% das crianças com PC, com acometimento mais frequente da substância branca, associado à espasticidade bilateral (diparesia e tetraparesia) e ataxia. O acometimento combinado de substância cinzenta e substância branca é mais correlacionado com a hemiparesia, sendo rara a anormalidade isolada de substância cinzenta. De 9 à 17% das crianças com PC não apresentam exames de neuroimagem anormais (KRÄGELOH-MANN e CANS, 2009; AISEN et al., 2011).

PC espástica bilateral: achados anormais de ressonância nuclear magnética (RNM) em 90%, com maior frequência de lesões da substância branca periventricular (leucomalácia periventricular e/ou hemorragia intraventricular), acometendo mais prematuros, e com menor frequência as lesões corticais (lesões parassagitais ou lesões córtico-subcorticais difusas – também denominadas encefalomalácia multicística), de substância cinzenta profunda e malformações (esquizencefalia, lisencefalia e polimicrogria) (KRÄGELOH-MANN e CANS, 2009).

PC espástica unilateral: RNM anormal em 90%, o achado mais comum é a lesão no território de córtex e substância cinzenta profunda correspondentes a artéria cerebral média. Outras lesões mais frequentes deste grupo incluem: malformações do sistema nervoso central (displasia cortical

focal ou esquizencefalia unilateral), gliose periventricular focal e lesões porencefálicas pós-hemorrágicas (PIOVESANA et al., 2002; KRÄGELOH-MANN e CANS, 2009).

PC discinética: estudos apontam anormalidade de RNM entre 50 a 68% dos casos, principalmente lesões corticais e de substância cinzenta profunda (núcleos da base e tálamo), sendo encontrada também lesão de substância branca periventricular (PIOVESANA et al., 2002; KRÄGELOH-MANN e CANS, 2009).

PC atáxica: uma revisão sistemática sobre a análise de achados de neuroimagem em crianças com ataxia cerebelar não-progressiva, revelou alteração apenas em 39% das RNM e tomografias. Foram descritas malformações e lesões cerebelares em 17% dos casos, assim não delineando um padrão de lesão como nos outros tipos de PC (KRÄGELOH-MANN e CANS, 2009).

Aspectos Clínicos

Epidemiologia

A prevalência estimada na população geral de países desenvolvidos é de 1-2 para 1000 nascidos vivos (ANTTILA et al., 2008; O'SHEA, 2008a e b). Em prematuros nascidos abaixo de 28 semanas de gestação, o risco aumenta para 100:1000 nascidos vivos (O'SHEA, 2008a; KRÄGELOH-MANN e CANS, 2009). A incidência em países em desenvolvimento aproxima-se de 7:1000 nascidos vivos (PIOVESANA et al., 2002). Esta taxa tem se mantido estável há décadas, porém com a evolução dos cuidados neonatais intensivos, as causas epidemiológicas foram modificadas durante este período. Houve avanços na prevenção de infecções congênitas, no entanto, o aumento da sobrevivência de neonatos de muito baixo peso (<1500g) e de prematuros extremos levou a uma nova geração de pessoas com PC, entre 50 e 60% desta população (O'SHEA, 2008a; SWAIMAN e WU, 2006; AISEN et al., 2011).

Etiologia

A lesão cerebral pode ocorrer nos períodos pré, peri ou pós-natais, e estar relacionada a prematuridade e anormalidades do desenvolvimento. Esta lesão, em 80% dos casos de PC é

adquirida no período pré-natal, sendo em sua maioria de causas desconhecidas (KRIGGER, 2006; SWAIMAN e WU, 2006).

Os fatores de risco para as lesões perinatais incluem mecanismos hipóxico-isquêmicos, acidente vascular cerebral neonatal arterial e venoso, hemorragia intracraniana, trauma e complicações do parto (PIOVESANA et al., 2002; KRIGGER, 2006; SWAIMAN e WU, 2006).

No período pré-natal os principais fatores de risco são: maternos (abortos prévios, diabetes, distúrbios da tireóide), gestacional (gestação múltipla, hemorragia gestacional, pré-eclâmpsia, descolamento prematuro da placenta - corioamnionite), retardo do crescimento intrauterino, intoxicação, infecções congênicas (HIV e TORCH – toxoplasmose, outras infecções, rubéola, citomegalovírus, e herpes simples) (PIOVESANA et al., 2002; KRIGGER, 2006; SWAIMAN e WU, 2006).

Nos casos pós-natais, que correspondem de 10 a 20% dos pacientes, as lesões são decorrentes de infecção do sistema nervoso central (meningite bacteriana, encefalite viral), hiperbilirrubinemia (incompatibilidade sanguínea materno-fetal gerando o quadro kernicterus), traumatismos craniano, acidente vascular cerebral, afogamento e asfixia (PIOVESANA et al., 2002; ROTTA, 2002; KRIGGER, 2006; SWAIMAN e WU, 2006).

Na prematuridade, as lesões mais frequentes são leucomalácia periventricular e hemorragia intraventricular. As anormalidades do desenvolvimento incluem malformação cerebral entre 10 a 20% das causas (polimicrogiria, esquizencefalia, paquigiria, lisencefalia), desordens genéticas e metabólicas (hipoglicemia, hipocalcemia, hipomagnesemia). Apesar de alguns autores não considerarem os dois últimos fatores, ainda não existe um consenso sobre a inclusão ou exclusão dos diagnósticos neurometabólicos e genéticos do grupo PC (PIOVESANA et al., 2002; KRIGGER, 2006; SWAIMAN e WU, 2006; MANTOVANI, 2007).

A encefalopatia hipóxico-isquêmica é a causa mais comum de PC, abrange diversos padrões de lesão que variam com a idade gestacional, fatores desencadeantes, e intervenção. Estas lesões resultam em necrose neuronal seletiva (pode envolver córtex cerebral, hipocampo, tálamo, hipotálamo, núcleos da base, núcleos do tronco cerebral, e cerebelo), necrose cerebral isquêmica focal e multifocal (áreas envolvidas pelas artérias cerebrais, mais comumente a artéria cerebral média), lesão cerebral parassagital (necrose do córtex cerebral e substância branca

subcortical na região parassagital), e status marmoratus (tálamo e núcleos da base) (PIOVESANA et al., 2002; ROTTA, 2002; CUNHA FILHO, 2004).

Alguns autores citam que a etiologia da PC é geralmente decorrente da interação de múltiplos fatores de risco que contribuem com a patogênese da lesão cerebral (ROSENBAUM et al., 2007; MANTOVANI, 2007; SWAIMAN e WU, 2006).

Diagnóstico

O diagnóstico da PC tem sido baseado na avaliação física e neurológica, principalmente observacional juntamente com os relatos dos pais sobre o desenvolvimento motor. O atraso na aquisição dos marcos motores típicos, tônus muscular anormal, persistência de reflexos primitivos e posturas anormais são as principais queixas (KRIGGER, 2006; SWAIMAN e WU, 2006; LEITE e PRADO, 2004). O histórico gestacional, de parto, pós-natal e do desenvolvimento motor são fundamentais por possibilitarem a identificação da etiologia mais provável e a exclusão de desordens progressivas metabólicas ou hereditárias (KRIGGER, 2006; SWAIMAN e WU, 2006; LEITE e PRADO, 2004).

Exames de neuroimagem como tomografia computadorizada, ressonância nuclear magnética e ultrassom foram designados como parâmetro para determinar a etiologia da PC. A vigilância dos distúrbios secundários como comprometimento auditivo, visual e de linguagem, convulsões, alterações sensitivas e cognitivas, pode complementar a avaliação clínica (KRIGGER, 2006; SWAIMAN e WU, 2006).

O novo conceito da PC (ROSENBAUM et al., 2007) enfatiza que a presença do comprometimento motor e postural decorrentes do acometimento do sistema nervoso central é a manifestação clínica invariável. Apesar desta manifestação ser permanente, o comprometimento funcional é frequentemente modificado ao longo do tempo, e sua presença, ou seja, a limitação em atividades é critério determinante para diagnosticar a PC (O'SHEA, 2008b).

Distúrbios e comorbidades associados

Como descrito anteriormente, no conceito atual da PC, raramente o distúrbio motor aparece isolado “... as desordens motoras da PC são frequentemente acompanhadas por distúrbios de sensação, percepção, cognição, comunicação e comportamento, por epilepsia e problemas

músculo-esqueléticos secundários”, influenciando a qualidade de vida destas crianças (ROSENBAUM et al., 2007).

As alterações de sensação em indivíduos com PC podem envolver visão, audição e outras modalidades sensoriais, decorrentes da lesão primária e também como consequência da limitação em atividades, que restringem experiências de aprendizado e desenvolvimento perceptivo (ROSENBAUM et al., 2007). Na visão, os maiores comprometimentos são de acuidade; estrabismo, que pode levar a ambliopia; catarata nos casos de toxoplasmose congênita; hemianopsias decorrentes de lesão em região quiasmática, e alto risco de alteração visual cortical (ROTTA, 2002; AISEN et al., 2011). O déficit auditivo pode estar relacionado à lesão primária ou ao uso de medicamentos que comprometem o nervo auditivo (ROTTA, 2002). Em relação à percepção, a criança apresentará déficit na capacidade de incorporar e interpretar as informações sensoriais e cognitivas, também decorrentes da lesão primária ou consequência da limitação em atividades, restringindo aprendizado e desenvolvimento perceptivo (ROSENBAUM et al., 2007).

A SCPE (Surveillance of Cerebral Palsy in Europe – Vigilância da PC na Europa), relata que 30% dos indivíduos com PC apresentam distúrbio intelectual severo (KRÄGELOH-MANN e CANS, 2009), outros estudos relatam déficit cognitivo de 50% a 66% desta população (KRIGGER, 2006; AISEN et al., 2011). Pode ocorrer envolvimento dos processos cognitivos globais e específicos, inclusive da atenção (ROSENBAUM et al., 2007). A comunicação deve ser atentamente avaliada para detectar transtornos de linguagem causados por disfunção cognitiva, motora ou secundária à limitação em atividades que restringem experiências sensório-motoras (ROTTA, 2002; ROSENBAUM et al., 2007; AISEN et al., 2011).

Os distúrbios de comportamento nesta população incluem desordens de espectro autista, transtorno do déficit de atenção e hiperatividade, distúrbios do sono e transtornos de conduta que são frequentes em crianças com inteligência normal ao se frustrarem com as limitações motoras (ROTTA, 2002; ROSENBAUM et al., 2007).

A presença de epilepsia é variável de acordo com a população do estudo, a maioria das citações relatam de 21 à 50% (PIOVESANA et al., 2002; O’SHEA, 2008a; KRIGGER, 2006; AISEN et al., 2011). As características clínicas das convulsões dependem principalmente da localização anatômica do foco epiléptico (PIOVESANA et al., 2002). Rosenbaum et al. (2007) relatam que todos os tipos de convulsão e síndromes epiléticas podem ser encontrados em pessoas com PC. As crianças com tetraparesia e hemiparesia espástica parecem ser mais

susceptíveis a ter epilepsia do que as diparéticas espásticas e atáxicas, possivelmente pela maior presença de crises sintomáticas (AISEN et al., 2011).

As alterações músculo-esqueléticas secundárias, como contraturas musculares ou tendíneas, torção óssea, luxação de quadril, osteoartrite e escolioses são desenvolvidas durante a vida e relacionadas ao crescimento, espasticidade, envelhecimento e outros fatores (ROSENBAUM et al., 2007; TOSI et al., 2009). Estas condições podem causar dor, fadiga e perda ou redução de função e mobilidade (MURPHY, 2009; TOSI et al., 2009). A deformidade mais frequente é o pé equino e em segundo lugar a luxação de quadril. A associação da hipertonía e fraqueza muscular leva ao déficit de equilíbrio, reduzindo o nível de atividade. Esta situação provoca a falha do crescimento muscular longitudinal em relação aos ossos longos, especialmente os músculos gastrocnêmios que acabam por desenvolver a deformidade do tornozelo em equino (GRAHAM e SELBER, 2003). A luxação ou subluxação ocorrem principalmente pelo desequilíbrio das forças musculares associadas ao acetábulo raso, e estão relacionadas à topografia da PC, aparecendo com maior frequência em crianças com tetraparesia (59%), seguida da diparesia (5%) e com menor frequência em hemiparéticos (1%). Cerca de 50% destes pacientes desenvolvem dor, prejudicando sua mobilidade e verticalidade (CARTER e TSE, 2009; ROBIN et al., 2009; MURPHY, 2009; TOSI et al., 2009). A patela alta é uma condição comum em adultos com diparesia espástica que deambulam, pode estar associada a dor anterior no joelho, e pode causar fratura por estresse, tendinite, bursite, subluxação ou luxação (MURPHY, 2009; TOSI et al., 2009). Existem relatos de espondilólise acometendo de 21 e 30% dos adultos com PC que realizam descarga de peso, sendo relacionada à hiperextensão repetitiva que causa a fratura por estresse do *pars interarticularis*. Achados relatam que a estenose cervical é mais comum em pessoas com PC e atetose do que na população em geral. Estes achados evidenciaram maior frequência de degeneração precoce de disco cervical e de instabilidade listésica (*listhetic instability*) na coluna cervical média, que predispõem estes indivíduos a estenose cervical, levando a perda progressiva da função (MURPHY, 2009; TOSI et al., 2009). A presença da escoliose neuromuscular, relacionada a alteração da função neurológica e muscular, depende da população do estudo, variando de 15 à 80%. O comprometimento neurológico e as limitações funcionais mais graves (GMFCS IV e V) estão fortemente associados a escoliose severa (KOOP, 2009). A baixa densidade mineral óssea em crianças e adultos com PC aumentam a taxa de

fraturas, especialmente em pessoas não-deambulantes, com déficit de nutrição e crescimento e que fazem uso de medicamentos anticonvulsivantes (TOSI et al., 2009).

Equilíbrio e controle postural

A maioria das habilidades funcionais requer controle postural e de equilíbrio adequados, que dependem da integração rápida das informações sensoriais (visual, vestibular e somatossensorial) para prevenir deslocamentos ou quedas (ADAMOVICH et al., 2009).

A PC Espástica possui além das características positivas – hiperreflexia, espasticidade e co-contração agonista/antagonista, características negativas que incluem fraqueza muscular, perda do controle motor seletivo, déficits sensoriais e de equilíbrio. As características positivas ainda possuem maior foco em relação as intervenções, no entanto, a fraqueza muscular e a alteração do controle motor seletivo determinam quando e se a pessoa com PC irá andar, e os déficits de equilíbrio determinam se haverá necessidade de dispositivo auxiliar para a locomoção (GRAHAM e SELBER, 2003; GIROLAMI et al., 2011). Hsue e colaboradores (2009) citam que os déficits no equilíbrio e controle postural são os principais componentes da desordem da marcha na PC, além de acarretarem maior oscilação postural.

O comprometimento dos sistemas neuromuscular e músculo-esquelético na PC são responsáveis pela alteração do controle postural. O sistema neuromuscular apresenta alteração para sequenciamento na ativação de múltiplos músculos com aumento na coativação de agonista-antagonista. O atraso na ativação dos músculos posturais limita o controle postural reativo, e a capacidade de realizar ajustes posturais antecipatórios à demanda do ambiente encontra-se precária. Em relação ao sistema músculo-esquelético, o desalinhamento dos segmentos corporais é o principal fator que contribui para o controle postural deficitário, pois modifica a relação do centro de gravidade com a base de sustentação (SHUMWAY-COOK et al., 2003; GIROLAMI et al., 2011; MONGE PEREIRA et al., 2012).

A postura em agachamento (*crouching*) e a hiperlordose lombar – típicas em crianças com PC diparética – são relacionadas ao aumento da estabilidade postural por minimizar os graus de liberdade de tronco e membros inferiores. Contudo, Girolami et al. (2011), em uma pesquisa utilizando eletromiografia, demonstraram que o uso destas posturas, que favorecem a estabilidade, gera aumento na atividade muscular basal, podendo reduzir a magnitude dos ajustes posturais antecipatórios. O *crouching* ao longo do tempo leva a piora gradual da fase de apoio na

marcha, visualizada através de análise cinemática, com aumento da flexão de joelhos (ROSE et al., 2010).

Todas estas alterações interferem diretamente no desempenho de atividades funcionais destes indivíduos, frequentemente reduzindo sua participação na comunidade, escola, trabalho e lazer (GIROLAMI et al., 2011).

Prognóstico

O prognóstico do paciente com PC é influenciado por diversos fatores: a capacidade de independência nas atividades de vida diária, a comunicação, o tipo de PC, o atraso das aquisições motoras, a presença de reflexos patológicos, epilepsia e dos distúrbios associados envolvendo sistemas cognitivo, sensorial e psicológico (PIOVESANA et al., 2002; LEITE e PRADO, 2004; SWAIMAN e WU, 2006; O'SHEA, 2008a).

A equipe que cuida do paciente com PC é também determinante para o bom prognóstico. Neste sentido, os profissionais precisam conhecer e atualizar-se em relação as manifestações clínicas, comorbidades e tratamentos eficientes e baseados em evidências, para que a intervenção consiga abordar todas as necessidades específicas deste indivíduo (PIOVESANA et al., 2002; AISEN et al., 2011)

A maioria das crianças diparéticas adquirem marcha independente com padrão anormal. A marcha é mais frequente em crianças que não apresentam persistência de reflexos primitivos aos 2 anos de idade e menos frequente em crianças com tetraparesia, cegueira e atraso significativo dos marcos motores (SWAIMAN e WU, 2006; O'SHEA, 2008a). Alguns pesquisadores (OPHEIM et al., 2009; TOSI et al., 2009; AISEN et al., 2011) relatam que adultos com PC, mais frequentemente PC bilateral e GMFCS III, evoluem com deterioração da marcha e da mobilidade funcional associadas a dor e fadiga (OPHEIM et al., 2009).

Estudos relatam que a mortalidade nas crianças com PC é rara, porém quando presente, está fortemente associada com comprometimento funcional e de mobilidade severos, deficiência intelectual grave, alterações auditiva e visual, e deficiências múltiplas. Nestes casos, a expectativa de vida é aproximadamente 20 anos (TOSI et al., 2009; O'SHEA, 2008a).

Pesquisas recentes utilizando instrumentos validados, indicaram que a qualidade de vida das crianças com PC na Europa tem se mostrado semelhante à de crianças com desenvolvimento típico, não demonstrando piora da qualidade relacionada a maiores níveis de

comprometimento funcional (O'SHEA, 2008a). Associa-se a qualidade de vida em adultos com PC ao nível de educação, trabalho e acesso a assistência a saúde (AISEN et al., 2011).

Pontos fundamentais para o bom prognóstico, envolvem conhecer a criança, a família, os recursos domiciliares, e atividades diárias para orientação adequada e participação familiar com objetivo de proporcionar maior independência e autonomia (PIOVESANA et al., 2002; ROTTA, 2002).

2.2 Intervenções Neuromotoras em Crianças com Paralisia Cerebral

A PC é a desordem do desenvolvimento motor de maior prevalência na população infantil. O comprometimento motor é crônico, porém mutável ao longo dos anos de acordo com o ambiente em que vive, experiências sensório-motoras e intervenções.

As limitações que os indivíduos com PC apresentam ao desempenhar atividades diárias, demonstram a necessidade da reabilitação por diversos anos, ou durante toda a vida (ANTTILA et al., 2008; DAMIANO, 2009). A intervenção neuromotora nestes indivíduos requer diversas especialidades profissionais, dentre estas, pode-se destacar a fisioterapia que possui como missão essencial habilitar ou reabilitar os movimentos que geram e aprimoram funções motoras cotidianas e reduzem as incapacidades (PATEL, 2005; DAMIANO, 2009).

Desde 2001, a Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde (CIF) da Organização Mundial da Saúde (OMS) tem promovido a modificação no foco das intervenções. Anteriormente os tratamentos visavam reduzir o comprometimento das estruturas físicas e funções, a partir da CIF passou-se a considerar uma intervenção como bem sucedida, quando esta produzir mudança na atividade, participação, ou na qualidade de vida (DAMIANO, 2009; DI NUBILA e BUCHALLA, 2008). Atualmente existem diversos métodos de reabilitação motora com objetivo de maximizar o potencial funcional da criança (ANTTILA et al., 2008).

Tratamento Neuroevolutivo (Neurodevelopmental treatment - NDT)

Berta e Karl Bobath foram pioneiros no tratamento da PC, desenvolvendo na década de 1940, a partir da observação clínica e intervenção de Berta, um dos métodos mais utilizados em todo o mundo há mais de meio século. Inicialmente foram consideradas as teorias reflexa, hierárquica e maturacional da neurociência para desenvolver as técnicas de inibição e controle de tônus, reflexos e padrões de movimento anormais com o objetivo de estabelecer e facilitar o desenvolvimento motor normal e prevenir contraturas e deformidades. A criança era relativamente um personagem passivo da terapia, pois o tratamento necessariamente seguia a sequência do desenvolvimento normal (PATEL, 2005; BUTLER e DARRAH, 2001).

Com o tempo, a experiência e a evolução da neurociência, os Bobaths modificaram sua abordagem terapêutica. Entenderam que o posicionamento do paciente para inibir os reflexos,

a facilitação das reações de endireitamento e o tratamento em si, não desecadeavam movimentos funcionais espontaneamente e não eram transferidos para as atividades de vida diária como esperavam. Assim, descreveram os “pontos chave” para o terapeuta inibir os padrões anormais e facilitar os movimentos normais enquanto a criança se move. Verificaram a necessidade dos indivíduos com PC desenvolverem controle do movimento e equilíbrio e da introdução de tarefas e ambientes funcionais na terapia (BUTLER e DARRAH, 2001; PATEL, 2005).

Na última década, a teoria dos sistemas, que considera o sistema nervoso central como um dentre vários sistemas que influenciam o comportamento motor, tem gerado controvérsia em relação aos princípios do NDT, que inicialmente foi baseado nos modelos da teoria hierárquica e reflexa (BUTLER e DARRAH, 2001). Atualmente, o conceito Bobath envolve concordância com a CIF (intervenção direcionada para superação das restrições em atividades ou participação), considera a neurociência para a análise do movimento humano (integração do controle postural e desempenho da tarefa, seletividade motora para movimentos sequenciais coordenados, input sensorial para o controle e aprendizado motor), e dita que a recuperação motora é dependente da plasticidade neuromuscular, do ambiente e das experiências motoras do indivíduo pós-lesão (GRAHAM et al., 2009).

O primeiro ensaio clínico controlado que analisou a fisioterapia na PC, publicado em 1988, comparou o NDT com um programa de estimulação precoce, obtendo achados desconcertantes para os terapeutas da época, pois demonstrou que com 6 meses de tratamento, o grupo de estimulação precoce obteve quociente motor e escore mental maiores, e apresentaram maiores chances de adquirir marcha que do grupo de NDT (PALMER et al., 1988; DAMIANO, 2009).

Anttila et al. (2008) relataram em uma revisão, os resultados de ensaios clínicos comparando o NDT com outras terapias. Os estudos que associaram este método com outro tipo de intervenção, como por exemplo o uso do traje Adeli, ou estimulação precoce, demonstraram melhora mais acentuada nestes grupos em escores motores e funcionais quando comparados aos grupos submetidos somente ao NDT. Nos estudos com grupos realizando NDT intensivo ou terapias funcionais, também apresentaram resultados melhores comparados ao método tradicional.

Estudos de Butler e Darrah (2001) Patel, (2005) e Damiano, (2009) apontam que a maior dificuldade de analisar a efetividade do tratamento neuroevolutivo e de terapias motoras

em geral, envolve a aplicação da terapia de maneira não padronizada, decorrente dos diferentes níveis de habilidade do terapeuta.

Terapia de Integração Sensorial (TIS)

A Teoria da Integração Sensorial, desenvolvida por Anna Jean Ayres na década de 1970, envolve o princípio do processo neurológico que permite ao indivíduo receber, processar, interpretar e integrar as informações sensoriais de seu corpo e do ambiente para planejar e produzir um comportamento motor organizado, promovendo o aprendizado motor. As crianças com PC frequentemente apresentam ineficiência no processamento sensorial, decorrente da disfunção neurológica do tronco cerebral ou pela própria limitação do controle motor que interfere reduzindo a experiência sensorial. Estas dificuldades podem gerar déficits perceptivos, como comprometimento da imagem corporal, discriminação direita-esquerda, posição no espaço, percepção visual, estereognosia e apraxia, e o maior comprometimento causado por estes déficits, o distúrbio de aprendizado motor (BUMIN e KAYIHAN, 2001; PATEL, 2005; SUGDEN e DUNFORD, 2007).

Os três padrões clássicos dos distúrbios da integração sensorial incluem desordens de modulação sensorial, desordens de discriminação sensorial e desordens sensório-motoras (BUMIN e KAYIHAN, 2001; PATEL, 2005).

A TIS tem como objetivo principal criar um ambiente para facilitar o desenvolvimento normal e a habilidade da criança de processar e integrar as informações visuais, perceptivas, proprioceptivas, vestibulares e auditivas através da experiência sensório-motora com produção de respostas adaptativas. A abordagem terapêutica é baseada no déficit sensorial específico, e não em um comportamento motor (BUMIN e KAYIHAN, 2001; PATEL, 2005; SUGDEN e DUNFORD, 2007).

Em uma revisão, Sugden e Dunford (2007) citam que, diversas meta-análises sobre a eficácia da TIS apontam para o sucesso de estudos mais antigos, mas não para estudos recentes. Pless e Carlsson (2000) verificaram em uma meta análise, a média do tamanho do efeito da TIS (0.21) sendo considerada baixa quando comparada com outras intervenções, como abordagem de habilidades (1.46) e abordagens neuroevolutiva e percepto-motora (0.71). Estes autores

concluíram que terapeutas precisam ser cautelosos em relação a noção de que a integração sensorial promove melhora do desempenho motor, acadêmico, cognitivo e de linguagem.

Treino em esteira

O treino em esteira com suporte parcial de peso tem sido considerado uma das terapias funcionais (relacionada a tarefa) mais bem sucedida para membros inferiores (DAMIANO, 2009). O treino em esteira oferece a repetição do ciclo completo da marcha, considerando os modelos contemporâneos de controle motor e aprendizagem motora que recomendam intervenções com especificidade da tarefa, incluindo prática e repetição. O sistema com suporte parcial de peso favorece uma marcha mais rápida, com padrão mais próximo ao típico, pois reduz o esforço dispendido na sustentação do peso durante a marcha sobre o solo (WILLOUGHBY et al., 2009; ZWICKER e MAYSON, 2010).

O primeiro ensaio clínico sobre treino em esteira para crianças com PC, publicado em 2000, demonstrou melhora na Medida da Função Motora Grossa (*Gross Motor Function Measure* – GMFM) na dimensão de postura em pé e dimensão de andar, correr e pular (DAMIANO, 2009).

Os protocolos de treinamento utilizados em estudos apresentam intensidade e duração variadas, com uma média de duas a três sessões por semana, durante 30 minutos cada, de 2 a 12 semanas (WILLOUGHBY et al., 2009). A velocidade da marcha e a função motora grossa são as medidas mais utilizadas para analisar os resultados de intervenções com esteira, e geralmente os resultados tem sido positivos com tamanho de efeito moderado ou grande (DAMIANO, 2009).

Uma revisão sistemática cita que o treino em esteira com suporte parcial de peso parece ser efetivo no aumento da velocidade da marcha auto-selecionada em crianças com PC, em curtas distâncias. Outro resultado encontrado sugere que os maiores benefícios foram encontrados em crianças com comprometimento funcional mais grave (GMFCS III e IV). Estes dados são importantes para a funcionalidade desta população, pois o aumento da velocidade da marcha em curtas distâncias, favorece potencialmente o uso da marcha como locomoção em ambientes internos (WILLOUGHBY et al., 2009).

Fortalecimento muscular

Inicialmente, as intervenções motoras seguiam os princípios do tratamento neuroevolutivo, focando a inibição da espasticidade. Os profissionais acreditavam que deveriam evitar esforços excessivos para não aumentar a espasticidade e prejudicar o controle motor. No entanto, mais recentemente, diversos especialistas questionando este princípio, identificaram a fraqueza muscular como parte fundamental da síndrome do neurônio motor superior. A fraqueza pode coexistir no músculo espástico e pode estar presente em todos os músculos de uma articulação (MOCKFORD e CAULTON, 2008).

O treino de fortalecimento muscular, que envolve esforço contra resistência progressiva, é uma das intervenções mais estudadas na PC. O consenso entre as pesquisas é que a força muscular pode ser previsivelmente aumentada com um programa de curto-prazo bem desenhado (MOCKFORD e CAULTON, 2008; DAMIANO, 2009). Alguns estudos demonstraram benefícios funcionais, porém não em todos (DAMIANO, 2009). ANTTILA et al. (2008) encontraram em uma revisão sistemática evidência moderada em que os resultados de fortalecimento muscular não produziram efeito sobre a velocidade da marcha auto-selecionada e comprimento do passo. Houve conflito ao analisar a efetividade do fortalecimento sobre a função motora grossa, utilizando a GMFM.

Ainda há pouca evidência sobre a maneira/ equipamento, frequência, intensidade e duração dos exercícios de fortalecimento. Verschuren e colaboradores (2008) sugerem a partir dos estudos em sua revisão sistemática, um programa de no mínimo 6 semanas, com frequência de três sessões por semana para aumentar o desempenho muscular em membros inferiores de pessoas com PC. Em um manuscrito, a Damiano (2009) comenta que para os benefícios serem mantidos, o treino de fortalecimento deve ser regular e contínuo, e que os exercícios em posturas funcionais favorecem a transferência das melhoras para as tarefas motoras.

Estimulação elétrica

Existem relatos de que a estimulação elétrica iniciou-se na Grécia Antiga, cientistas utilizavam âmbar e arraia elétrica para produzir respostas fisiológicas, principalmente contração muscular. Esta técnica desenvolveu-se ao longo dos séculos XVIII e XIX por meio de

pesquisadores, na área de física por Volta e Faraday, e em neurofisiologia por Galvani e Duchenne. Após este avanço, diversos pesquisadores descobriram que em pessoas com lesão de neurônio motor superior, como na PC, a contração muscular poderia ser provocada através da estimulação com corrente alternada sobre o neurônio motor intacto (WRIGHT et al., 2012).

Dentre os diversos tipos de estimulação elétrica, a técnica utilizada em indivíduos com PC é aplicada através de um aparelho não-invasivo chamado *TENS* (*transcutaneous electrical nerve stimulation* – neuroestimulação elétrica transcutânea), mais frequentemente na musculatura de membros inferiores e envolve dois tipos de estimulação (PATEL, 2005; CAURAUGH et al., 2010):

Estimulação elétrica neuromuscular (*NMES – neuromuscular electrical stimulation*): utiliza uma corrente de alta intensidade e curta duração, com o objetivo de iniciar a contração muscular e movimento subsequente.

Estimulação elétrica funcional (*FES – functional electrical stimulation*): a corrente é aplicada semelhantemente a NMES, porém associada a execução de uma tarefa funcional com a contração de um músculo ou grupo muscular pré-selecionado.

A revisão sistemática e meta-análise de Cauraugh et al. (2010) revelou que a estimulação elétrica – NMES e FES – produziu tamanho de efeito médio sobre os parâmetros da marcha de crianças com PC, colaborando para minimizar o comprometimento motor e a limitação da atividade.

Wright et al. (2012) citam em uma revisão efeitos positivos da estimulação elétrica, no entanto consideram que as evidências ainda são insuficientes para estabelecer o melhor tipo de protocolo.

Hipoterapia

A hipoterapia tem sido utilizada por mais de 30 anos como terapia em crianças com PC e considera o movimento do equino como parte de uma intervenção integrada. Os objetivos primários da hipoterapia são melhora da postura, equilíbrio, função e mobilidade. Alguns autores (PATEL, 2005, KWON et al., 2011; ZADNIKAR e KASTRIN, 2011) citam que o cavalo oferece uma base de suporte dinâmica, com padrão de movimento (passo) preciso, rítmico, e repetitivo. Estes movimentos do animal proporcionam informações sensoriais que podem favorecer a

contração e força muscular, estabilidade articular, controle e equilíbrio de tronco e cabeça, planejamento e coordenação motora, resistência da postura global, descarga e transferência de peso, e melhora da marcha. Os movimentos tridimensionais recíprocos que o cavalo produz ao andar são semelhantes aos movimentos pélvicos do ser humano durante a marcha, o que favorece os movimentos de pelve da pessoa que cavalga (KWON et al., 2011). As mudanças na velocidade da marcha do cavalo provoca respostas de endireitamento e equilíbrio, colaborando com a orientação da linha média e o desenvolvimento da estabilidade postural dinâmica (KWON et al., 2011; ZADNIKAR e KASTRIN, 2011).

Segundo Kwon et al., (2011) diversos estudos não-controlados relatam benefícios da hipoterapia nos parâmetros da marcha em crianças com PC. No entanto, em seu ensaio clínico controlado, que restringiu interferências externas como cirurgias ou injeções de toxina botulínica, demonstrou que não houve melhora na função motora grossa das crianças após 10 semanas de terapia, mas houve aumento da velocidade da marcha e comprimento do passo, sem mudança na cadência e, melhora na antroversão pélvica com redução desta angulação. Um dos maiores benefícios desta terapia, envolve os impulsos locomotores provocados pelo impacto do contato das patas anteriores com o solo e a retirada das patas traseiras, que são transferidos para o paciente. Uma terapia de 30 minutos pode provocar de 2700 a 3300 repetições de demandas posturais.

Na revisão sistemática e meta-análise de Zadnikar e Kastrin (2011) sobre os efeitos da hipoterapia em crianças com PC, todos os estudos analisados concluíram efeitos positivos sobre o controle postural e o equilíbrio, apesar de algumas limitações, como amostras reduzidas e bastante heterogêneas, dificultando a generalização da conclusão do estudo sobre esta população.

Terapia Intensiva

Diversos artigos vem estudando o efeito das terapias intensivas, alguns demonstrando maiores benefícios com os programas intensivos quando comparados com tratamentos de menor frequência, e outros estudos não (YABUNAKA et al., 2011). Um dos primeiros ensaios clínicos que testou os efeitos do aumento da exposição a fisioterapia nas crianças com PC, evidenciou que a terapia mais intensa pode acelerar o processo de aquisições motoras (BOWER e MACLELLAN, 1992).

Størvold e Jahnsen (2010) relataram que apesar da dificuldade de inúmeras pesquisas em demonstrar a efetividade da fisioterapia em crianças com PC, alguns fatores específicos associados com a fisioterapia comprovaram efeitos positivos. Estes fatores incluem aumento da exposição a terapia, definição de objetivos específicos para o tratamento e treino funcional. Neste estudo, foi aplicado treino intensivo individual e em grupo de habilidades motoras específicas, pré-determinadas pelos pais e/ou terapeutas e consideradas adequadas para o tratamento intensivo. Os resultados demonstraram uma mudança média na função motora grossa (GMFM-66) maior ou no mesmo nível que outros tipos de intervenção, e duas crianças passaram do nível II da GMFCS para o nível I. Os autores explicam que esta melhora no curto período de tempo da pesquisa, reduz as chances de que a evolução das crianças tenha ocorrido pela maturação, e que a manutenção dos objetivos alcançados após 6 semanas do fim do tratamento, sugere que houve aprendizado clinicamente significativo.

No estudo que analisou os efeitos da intervenção intensiva utilizando um grupo controle pareado hipotético, criado através das curvas de crescimento motor, demonstrou um efeito de interação significativa entre a intervenção e o tempo. Este resultado evidenciou o desenvolvimento acelerado significativo da função motora grossa (GMFM-66) quando comparado com o grupo controle, que representou um grupo de crianças recebendo terapias convencionais (YABUNAKA et al., 2011).

Yabunaka et al. (2011) citam que alguns autores recomendam tratamentos intensivos intermitentes com a fisioterapia convencional, por serem melhor aceitos e menos estressantes para a maioria das crianças e seus cuidadores.

Suit Therapy

As órteses dinâmicas, que são vestes conhecidas como *suit* (Adeli ou Therasuit), fazem parte de programas de terapia intensiva (*intensive suit therapy*), e são utilizadas durante essas terapias. Apesar da evidência limitada, com poucos ensaios clínicos publicados, a busca deste tipo de tratamento por famílias e terapeutas tem sido grande, com a expectativa de acelerar o progresso do desenvolvimento motor (BAR-HAIM et al., 2006; BAILES et al., 2011).

O protótipo do traje Adeli e do Therasuit foi baseado em um traje desenvolvido em 1971, em um programa espacial russo para astronautas, com o objetivo de contrapor a ausência

de gravidade vivenciada no espaço, e manter o condicionamento neuromuscular. A primeira versão do traje Adeli de 1991, foi reformulada por Semenova em 1997, e por Izabela e Richard Koscielny em 2002, sendo composto por um colete, shorts, joelheiras e sapatos. As partes do traje são conectadas por elásticos colocados em ganchos ou anéis fixos e ajustados para fornecer pressão e suporte nas articulações e grupos musculares com o objetivo de alinhar os segmentos corporais, gerando input proprioceptivo mais próximo do normal. O traje reduz sinergias patológicas, e aplica carga na musculatura antigravitária, promovendo a normalização da aferência vestibulo-proprioceptiva (BAR-HAIM et al., 2006; TURNER, 2006; BAILES et al., 2011).

Semenova desenvolveu o método de terapia intensiva com uso do traje baseado em três princípios:

- efeito do traje: trabalhar contra resistência
- fisioterapia intensiva diária durante um mês
- participação motora ativa do paciente

A teoria principal refere que quando o corpo está com o alinhamento mais próximo do normal, então os movimentos podem ser desempenhados, e assim o cérebro reconhece e aprende o padrão de movimento mais correto. O protocolo envolve massagem inicial, em seguida o traje é colocado no paciente para realizar exercícios em posturas com suspensão contra a gravidade, e tarefas de mobilidade funcionais de acordo com o nível funcional da criança (TURNER, 2006).

No ensaio clínico randomizado que comparou o método Adeli suit com o tratamento neuroevolutivo intensivo, as crianças foram avaliadas inicialmente, após um mês de terapia e no follow-up de dez meses após a avaliação inicial. Esta pesquisa sustentou o pressuposto de que terapias mais intensivas aceleram a aquisição de habilidades motoras, através do efeito significativo sobre a função motora grossa (GMFM-66) e o índice de eficiência mecânica na subida de escadas após um mês de tratamento. As duas terapias aplicadas na mesma intensidade, resultaram em retenção semelhante de habilidades motoras (BAR-HAIM et al., 2006).

Izabela e Richard Koscielny desenvolveram o Método Therasuit baseando-se em pilares teóricos a partir de evidências científicas:

- Efeito do traje
- Intensidade da terapia

- Fortalecimento muscular com objetivos específicos – treinamento com periodização
- Integração de reflexos primitivos
- Posturas e atividades funcionais com redução da gravidade

O traje fornece alinhamento entre os segmentos corporais, input proprioceptivo profundo em articulações, ligamentos, músculos, tendões e cápsula articular, podendo facilitar ou oferecer resistência ao movimento. Em geral cada módulo da terapia dura um mês, com sessões diárias de 3 horas. O protocolo é semelhante ao Adeli, respeitando os achados clínicos da avaliação de cada paciente, fundamentalmente os reflexos primitivos para planejar o tratamento. Inicia-se com massagem, em seguida são realizados exercícios de fortalecimento muscular com uso de polias e resistências utilizando periodização. Os exercícios com suspensão contra a gravidade e tarefas funcionais são introduzidos conforme o paciente apresenta aumento na força, sendo realizados com uso do traje. As atividades de integração de reflexos primitivos são desempenhadas do início ao fim do tratamento (THERASUIT METHOD, 2012).

Bailes et al (2011), examinaram os efeitos do uso do Therasuit durante o programa de terapia intensiva, comparando o grupo experimental que fez uso do Therasuit com um grupo controle que utilizou o traje (colete e shorts) sem os elásticos. Não foram encontradas diferenças significativas entre os grupos, porém houve diferença intra-grupo. O grupo controle apresentou diferença significativa na função motora grossa (GMFM-66), e o grupo experimental na função motora grossa (GMFM-66), habilidade funcionais de auto-cuidado, assistência do cuidador em auto-cuidado e habilidade funcionais em mobilidade (Pediatric Evaluation of Disability Inventory – Inventário de Avaliação Pediátrica de Incapacidade).

Damiano (2009) descreve que este tipo de terapia possui componentes múltiplos (diferentes abordagens), e para verificar sua eficiência, sugere que estes componentes sejam separados para identificar os ingredientes ativos e assim analisar a eficiência de cada um isoladamente.

Realidade Virtual

A realidade virtual (RV) é uma abordagem recente em pessoas com PC, envolve uma interface em computador que simula um ambiente, objetos ou atividade em tempo real e permite ao usuário interagir através de múltiplos canais sensoriais (visual, auditivo e tátil) com

experiências similares ao mundo real (ADAMOVICH et al., 2009; LEVAC et al., 2010; BUTLER e WILLETT, 2010). As pesquisas sobre o uso da RV na reabilitação motora iniciaram na década de 1990, e tem sido considerada uma área promissora de pesquisa na reabilitação neuropediátrica (LEVAC et al., 2010).

Os sistemas de RV podem fornecer ou não feedback somatossensorial, o estímulo visual é classificado pelo nível de imersão, bidimensional são não-imersivos, tridimensionais com a projeção visual fixa, são considerados semi-imersivos. Nos sistemas totalmente imersivos, é possível modificar a projeção visual com o movimento de cabeça. Existem diversos equipamentos que captam os movimentos do usuário, como *joysticks*, controles manuais, volantes, luvas, sistemas de captação de movimento como acelerômetro, giroscópio, sensores eletromagnéticos (ADAMOVICH et al., 2009). Nestes sistemas de captação de movimento, os dados coletados pelos equipamentos são utilizados para controlar a imagem do usuário que é refletida no ambiente virtual, ou que pode ser representada por um avatar e interagir com o ambiente virtual. Diversos sistemas de captação de movimento (*motion-capture*) foram desenvolvidos especificamente para reabilitação (LEVAC et al., 2010).

Monge Pereira et al. (2012) citam três elementos essenciais na RV que favorecem o aprendizado motor:

- Repetição: a plasticidade cerebral depende da prática, a repetição promove o aprendizado de habilidades motoras
- *Feedback* sensorial: com a estimulação de diversos canais sensoriais, é possível obter o desenvolvimento máximo das redes neuronais. Os ambientes virtuais proporcionam a estimulação sensório-motora de maneira intensa, que é necessária para induzir a reorganização cerebral.
- Motivação do indivíduo: a pessoa, especialmente crianças conseguem focar nas atividades de maneira mais atrativa e prolongada.

Estes autores relatam sobre variados benefícios e vantagens do uso da RV. A facilidade de aumentar o *feedback* sensorial e integrar as preferências da criança no programa de tratamento, pode aumentar a atenção, motivação e aderência a terapia, e supostamente obter um maior êxito na aprendizagem. Oferece a possibilidade de uma intervenção estruturada e sistemática, em que o terapeuta possui total controle do sistema para adequar a terapia de acordo com o desempenho do paciente. A maioria dos sistemas de RV proporcionam a simulação de

situações reais, favorecendo a transferência das habilidades aprendidas para a vida real. Em relação a segurança, fornecem um ambiente mais controlado, permitindo a criança com PC desenvolver confiança e aquisições motoras primeiramente no ambiente seguro, para depois desempenhar as tarefas no mundo real. De acordo com diversos estudos citados por Monge Pereira et al (2012), a RV produz melhora na manutenção do equilíbrio e controle postural, na qualidade de movimento dos membros superiores, controle motor seletivo e no padrão de marcha (BUTLER e WILLETT, 2010; MONGE PEREIRA et al., 2012).

Um estudo comparou o uso de um sistema de RV com exercícios convencionais domiciliares para movimento de tornozelo (dorsiflexão), demonstrou que apesar dos grupos da terapia convencional terem realizado maior número de repetições, os grupos submetidos a RV apresentaram maior amplitude de movimento e tempo de sustentação em postura de alongamento (BRYANTON et al., 2006).

Apesar de tantos benefícios, alguns autores comentam sobre a dificuldade da implantação desta tecnologia na prática clínica, devido ao alto custo, a complexidade e tamanho dos equipamentos. Esta situação tem motivado pesquisadores desde 2008, a investigar a confiabilidade e efetividade de vídeo games com sistema de RV, especialmente o Nintendo Wii® como uma ferramenta na reabilitação neuromotora (LEVAC et al., 2010).

Wiireabilitação

O Nintendo Wii®, lançado em 2006 foi o vídeo game pioneiro em introduzir interação através de movimento corporal. É composto basicamente por 4 componentes: o controle remoto sem fio com sistema de captura de movimento (sensores de aceleração e direção); por uma plataforma de equilíbrio (*wii balance board*) sem fio com quatro sensores de pressão que captam o centro de pressão do usuário e seus deslocamentos; um sensor infravermelho que fica à frente do usuário, faz a leitura dos movimentos reproduzindo os dados para o avatar (representação do usuário na interface) na tela; e o console que engloba os componentes de hardware e software (LEVAC et al., 2010; SAPOSNIK et al., 2010).

O primeiro relato publicado sobre o uso do Nintendo Wii®, foi o estudo de caso de um adolescente com PC, que descreve a melhora no processamento percepto-visual, controle postural e mobilidade funcional (DEUTSCH et al., 2008).

A partir de 2009 até 2012, diversos artigos sobre o uso do Nintendo Wii® foram publicados. Um dos enfoques de seu uso incluem a análise de respostas metabólicas e gasto energético em crianças acima do peso e obesas, mulheres saudáveis e adultos com PC (HURKMANS et al., 2010; PENKO e BARKLEY, 2010; WORLEY et al., 2011). Na reabilitação neuromotora, esta ferramenta tem sido pesquisada para treino de equilíbrio e controle postural em pacientes com acidente vascular encefálico (LANGE et al., 2010), com lesão cerebral adquirida (GIL-GOMEZ et al., 2011) e com PC (MONGE-PEREIRA et al., 2012), e para melhora da função de membros superiores em pacientes com acidente vascular encefálico (SAPOSNIK et al., 2010). Outros estudos verificaram os efeitos do Wii nas funções sensório-motoras de crianças com síndrome de Down (WUANG et al., 2011) e com deficiências múltiplas (SHIH, 2011). Clark et al. (2010) validaram um sistema para avaliação quantitativa precisa do centro de pressão utilizando a plataforma do Wii Fit (*wii balance board*) comparando-a com a plataforma de força, considerada padrão-ouro.

Levac et al. (2010) desenvolveram uma pesquisa fundamental para a compreensão da quantidade e qualidade de movimentos realizados durante os jogos do Wii por crianças com desenvolvimento motor típico, colaborando positivamente para sua indicação em crianças com distúrbios motores.

Assim como os equipamentos de RV desenvolvidos especificamente para reabilitação, o Nintendo Wii® oferece motivação, feedback sensorial e repetição de movimentos, relacionados previamente. Adamovich et al. (2009) e Saposnik et al. (2010) citam que a interação que o usuário tem com o cenário virtual, através do seu avatar permite a observação e ao mesmo tempo execução dos movimentos necessários em cada jogo, ativando o sistema de neurônios-espelho. Estes autores citam que a observação do movimento desempenhado por pessoas ou imagens repetidamente com a intenção de realizar o movimento, aumenta a frequência de disparos nas células neurais e a magnitude dos potenciais motores evocados.

O aumento nas sinapses influencia diretamente nas interações córtico-corticais nas áreas motoras e pré-motoras promovendo a plasticidade neural (ADAMOVICH et al., 2009). A plasticidade, ou seja os novos circuitos neurais produzidos por jogos ou atividades de RV são justamente o foco na aprendizagem de ações e movimentos desempenhados no mundo real.

2.3 Sistema de Neurônios-Espelho e Aprendizagem Motora na Paralisia Cerebral

O sistema de neurônios-espelho foi identificado primeiramente em experimentos com macacos, nas regiões de córtex pré-motor ventral, lóbulo parietal inferior e sulco temporal superior (CATTANEO e RIZZOLATTI, 2009; OH et al., 2011; VIRJI-BABUL et al., 2012). Em seres humanos este sistema foi identificado através de ressonância nuclear magnética que indicou a existência de duas redes neurais principais com propriedades de espelho – sistema espelho parietofrontal (entre lobo parietal, córtex pré-motor ventral e região caudal do giro frontal inferior), e sistema espelho límbico (ínsula e córtex pré-frontal medial). O sistema espelho parietofrontal está relacionado ao reconhecimento de comportamento voluntário, e o sistema espelho límbico reconhece o comportamento afetivo (CATTANEO e RIZZOLATTI, 2009).

Os neurônios-espelhos disparam potencial de ação sempre que executamos uma ação ou quando esta é observada, mapeando-as em um mesmo programa motor (CATMUR, 2012). Alguns destes neurônios possuem especificidade, a observação de uma ação específica gera um *input* sensorial efetivo pelo qual a célula neural o codifica motoramente. Outros neurônios respondem a ações semelhantes ou relacionadas (CATMUR, 2012). O estudo de D'Ausilio e colaboradores (apud CATMUR, 2012) que investigou a influência de um treino em curto prazo sobre as respostas do sistema espelho, utilizando estimulação magnética transcraniana, demonstrou forte congruência entre o comportamento motor observado e a resposta motora evocada. Foi observado aumento nos potenciais motores evocados do córtex motor primário do observador, correspondente aos mesmos músculos que seriam recrutados para desempenhar o movimento real em um tempo de ativação semelhante (CATTANEO e RIZZOLATTI, 2009; CATMUR, 2012).

A observação e execução simultânea de uma ação facilitam a construção de memórias motoras, aumentando a plasticidade no córtex motor. Estudos demonstraram por meio de análise cinemática do movimento e potenciais evocados na estimulação magnética transcraniana, que após um período de treino com desempenho e observação de movimentos congruentes, houve maior potenciação do aprendizado ao comparar com treino motor isolado (STEFAN et al., 2005; CATTANEO & RIZZOLATTI, 2009).

O ser humano possui habilidade em modificar seu comportamento através da observação de ações ou estratégias de movimento de outras pessoas. Em situações semelhantes

seguiremos ou evitaremos o desempenho observado, de acordo com os acertos e erros, desenvolvendo a imitação, aprendizado motor e comportamento adaptativo (WATANABE, SHINOHARA, e SHIMOJO, 2011). Adamovich et al. (2010) citam que a observação de movimentos, prática repetitiva e terapia de imitação, incorporadas na RV facilitam a produção voluntária de movimentos e o uso da estimulação sensorial que ativam redes neurais específicas, como as áreas motoras essenciais para a recuperação neural e funcional. Diversos neurônios das áreas motora, pré-motora e parietal são modulados por informações visuais, indicando que estas informações geram sinais potentes para a reorganização dos circuitos sensório-motores. A visualização de erros motores influencia as áreas motoras corticais durante o aprendizado motor, e a prática de movimentos com recompensa (por exemplo, pontuação ou vitória ao final de um jogo) pode ser utilizada como *feedback* para reduzir os erros motores e facilitar circuitos adequados (ADAMOVICH et al., 2010).

O aprendizado de novas habilidades motoras é essencial para induzir a plasticidade funcional, ele modifica a capacidade de ação, alterando as conexões neurais (ADAMOVICH et al., 2010). O aprendizado motor é definido como mudança na capacidade de uma pessoa para desempenhar uma habilidade que deve ser inferida pela melhora relativamente permanente no desempenho (MAGILL, 2011). A aprendizagem é o processo de aquisição de uma capacidade, de um novo padrão motor e a memória é o armazenamento e retenção desta capacidade, o produto do processo (SHUMWAY-COOK e WOOLLACOTT, 2003; BASTIAN, 2010). Com o desenvolvimento do aprendizado de uma habilidade, surgem 5 características destacadas por Magill (2011):

- aperfeiçoamento: o desempenho da habilidade motora é aperfeiçoado ao longo do tempo;
- consistência: com o progresso do aprendizado, de uma tentativa para outra o desempenho motor torna-se mais consistente;
- estabilidade: apesar das perturbações internas e externas no indivíduo, ele consegue manter um bom desempenho;
- persistência: quando há melhora na capacidade de desempenho, observa-se aumento na persistência;
- adaptabilidade: quando há melhora no desempenho, a pessoa consegue adaptar-se mais facilmente em diversos contextos durante a tarefa.

Para a aquisição de uma habilidade motora todas as pessoas passam por fases distintas. Um dos modelos mais influentes atualmente é o modelo dos três estágios de Fitts e Posner (SHUMWAY-COOK e WOOLLACOTT, 2003; MAGILL, 2011) que inclui estágios cognitivo, associativo e autônomo. O estágio inicial, cognitivo, envolve a compreensão da tarefa, desenvolvimento de estratégias para execução, onde ocorre alto índice de erro, e exige atenção elevada para o desempenho de ações adequadas e otimizadas. No estágio associativo, a seleção de um padrão motor refina mais o desempenho e reduz sua variabilidade, requer menor atividade cognitiva devido ao uso de pistas ambientais e da identificação dos erros. No último estágio, autônomo, a pessoa apresenta automatismo e consistência da habilidade, utiliza pouco ou não utiliza a consciência e consegue associar com uma tarefa secundária. Nem todas as pessoas que aprendem uma habilidade conseguem chegar a este estágio (SHUMWAY-COOK e WOOLLACOTT, 2003; MAGILL, 2011).

Em todos os estágios anteriores alguma forma de *feedback* é essencial para desenvolver o aprendizado. As informações sensoriais disponíveis indicam o estado atual do movimento da pessoa (SHUMWAY-COOK e WOOLLACOTT, 2003; HEMAYATTALAB e ROSTAMI, 2010). O *feedback* intrínseco é a informação sensorial que surge como consequência natural da produção de movimento (SCHMIDT e WRISBERG, 2008 apud HEMAYATTALAB e ROSTAMI, 2010). Envolve principalmente o sistema visual para reconhecer a precisão do desempenho e o sistema somatossensitivo que reconhece a posição dos segmentos corporais durante todo o movimento. O *feedback* extrínseco é a informação que complementa o intrínseco, como por exemplo orientações durante o desempenho e o conhecimento dos resultados. O *feedback* extrínseco pode ser fornecido durante a tarefa ou quando ocorrer ao final dela é denominado *feedback* terminal, ou seja o conhecimento dos resultados. O mesmo parece ser essencial para o aprendizado, pois motiva, reforça e direciona a pessoa, fornecendo informações sobre as correções que devem ser feitas na próxima tentativa (SHUMWAY-COOK e WOOLLACOTT, 2003; HEMAYATTALAB e ROSTAMI, 2010).

No estudo de Hemayattalab & Rostami (2010) sobre a frequência de *feedback* no aprendizado de habilidades motoras em pessoas com PC, os achados demonstraram que os participantes que receberam 100% de conhecimento dos resultados da atividade apresentaram escores significativamente maiores na aquisição motora comparados ao grupo que recebeu 50%. No entanto, no teste de retenção motora, o grupo que recebeu 50% de conhecimento dos

resultados demonstrou desempenho melhor, sugerindo que menor frequência de conhecimento dos resultados produz mais benefícios no aprendizado motor. O *feedback* contínuo pode provocar dependência na performance de uma tarefa chegando a ignorar os mecanismos de *feedback* intrínsecos, que são fundamentais para aprender a generalizar as informações e funções motoras em situações similares.

Shea e Wulf (1999) relatam que oferecer instruções constantes referentes a coordenação dos movimentos corporais pode não otimizar o aprendizado. Estes pesquisadores citam estudos que compararam os efeitos de instruções que direcionavam a atenção do aprendiz aos efeitos externos de seus movimentos com instruções que focavam a atenção no movimento propriamente dito, o foco interno de atenção. Os resultados demonstraram com consistência, que o aprendizado de uma habilidade motora é otimizado com o foco externo de atenção quando comparado ao foco interno. Os achados descritos são relevantes para formular programas terapêuticos nos indivíduos com PC e podem sugerir que a intervenção com RV e seus games, ao fornecer maior foco externo de atenção facilitam mais o aprendizado dos movimentos. Esta hipótese segue a linha da “hipótese do efeito da ação” de Prinz (1997 apud SHEA e WULF, 1999), as ações são mais bem planejadas e controladas pelos efeitos pretendidos. Os jogos virtuais possuem objetivos específicos, como por exemplo acertar um alvo através do deslocamento do centro de pressão corporal, então o usuário planeja e realiza os movimentos com intenção de acertar o alvo que é o foco externo e não de oscilar o seu centro de pressão, o foco interno.

Um princípio fundamental da aprendizagem motora para o planejamento da intervenção sensório-motora é a transferência do aprendizado. A transferência é definida como a influência da experiência prévia no desempenho de uma habilidade em um novo contexto ou no aprendizado de uma nova habilidade (MAGILL, 2011). A influência pode ser positiva, negativa ou neutra. A transferência positiva refere-se às experiências prévias que facilitam o desempenho de uma ação em um novo contexto ou no aprendizado de uma nova habilidade. A transferência negativa ocorre com a interferência de experiência prévia causando desempenho pior de uma tarefa do que se não houvesse experiência. A transferência neutra ou zero ocorre quando não há influência de experiências anteriores sobre o desempenho de uma atividade motora em novo contexto ou novo aprendizado, acontecendo com frequência em atividades que não possuem similaridades de padrão de movimento (MAGILL, 2011). Um objetivo essencial na prática de

uma habilidade motora é alcançar a capacidade de transferência desta habilidade do ambiente clínico ou de treino para outro ambiente. Baseado nestas informações e em estudos citados na revisão sobre RV de Adamovich et al. (2009), o treino sensório-motor com RV pode ter efeitos similares nos circuitos neurais quando comparado aos treinos em ambientes reais, e possivelmente facilita de maneira positiva a transferência do aprendizado para o mundo real.

As redes neurais das pessoas com PC encontram-se imaturas no momento da lesão cerebral, não possuindo aprendizado prévio em redes que envolveriam o local lesionado. Para desenvolver a função alterada correspondente à lesão, é necessário habilitar estas crianças durante o processo de maturação com a ativação de vias preservadas, fortalecendo estas redes para maximizar seu potencial motor (KREBS et al., 2012). Variáveis fundamentais para modificar a arquitetura neural através do aprendizado são quantidade, duração e intensidade do treino motor (ADAMOVICH et al., 2009; HEMAYATTALAB e ROSTAMI, 2010). Adamovich et al. (2009) relatam que a alta intensidade e repetição de movimentos em pessoas com lesão do sistema nervoso central, como por exemplo milhares de repetições em um curto período de 3 dias provoca plasticidade neural com mudanças em nível sináptico. Outros fatores como desenvolvimento e formação dinâmicos e adaptativos de novas habilidades motoras através da estimulação sensório motora, por exemplo a RV, podem promover mudanças funcionais e a neuroplasticidade (ADAMOVICH et al., 2009).

Estudos recentes tem demonstrado que a inserção da RV no treino sensório-motor para aquisição de novos padrões e estratégias de movimento, tem produzido resultados positivos em um período curto de prática, e tem facilitado a ativação do sistema de neurônios-espelho através da observação e execução simultânea de ações (ADAMOVICH et al., 2009; SAPOSNIK et al., 2010; CATMUR, 2012; MICHALSKI et al., 2012). Citados anteriormente, estes benefícios estão diretamente relacionados com a plasticidade neural colaborando para a formação de novas redes neurais, fenômeno imprescindível para o desenvolvimento e aprendizado motor de pessoas com PC.

3 OBJETIVO

Objetivo geral: analisar os efeitos do uso do sistema de realidade virtual Nintendo Wii® como adjunto de fisioterapia convencional em crianças e adolescentes com PC diparética com marcha independente.

Objetivos específicos:

- comparar a função motora grossa de crianças e adolescentes com PC diparética antes e após a prática da Wiireabilitação
- comparar o equilíbrio estático de crianças e adolescentes com PC diparética antes e após a prática da Wiireabilitação
- comparar o equilíbrio dinâmico de crianças e adolescentes com PC diparética antes e após a prática da Wiireabilitação
- comparar o alinhamento postural de crianças e adolescentes com PC diparética antes e após a prática da Wiireabilitação
- comparar as variáveis anteriores entre o grupo submetido à fisioterapia convencional isolada, e o grupo submetido à fisioterapia associada à Wiireabilitação

Hipóteses:

O presente estudo tem como hipóteses:

- melhora da função motora grossa, do alinhamento postural e do equilíbrio estático e dinâmico no grupo submetido à fisioterapia convencional e no grupo submetido à fisioterapia associada a Wiireabilitação
- o grupo submetido à fisioterapia associada a Wiireabilitação apresentará melhora maior comparado ao grupo submetido à fisioterapia convencional

4 METODOLOGIA

4.1 Participantes

Foram selecionadas inicialmente 20 crianças e adolescentes de 8 a 15 anos, com diagnóstico clínico de Paralisia Cerebral Espástica Diparética em prontuário médico, classificadas em nível I e II da *Gross Motor Function Classification System* (GMFCS), com marcha independente (sem auxílio de dispositivos) e frequentadores do Ambulatório de Fisioterapia aplicada à Neurologia Infantil do Hospital de Clínicas da Universidade Estadual de Campinas. Todos os participantes apresentaram em prontuário médico informação sobre lesão no período pré ou perinatal, indicando não haver experiência motora prévia a lesão. Não foram incluídos no estudo indivíduos que apresentavam epilepsia de difícil controle medicamentoso, que não colaborassem ou não compreendessem os comandos fornecidos nas terapias, ou que tenham sido submetidos à cirurgia ortopédica em menos de 6 meses ou aplicação de toxina botulínica em período inferior à 3 meses do início do estudo. Indivíduos que faltaram 3 vezes ininterruptas (n=3), ou que por qualquer motivo não puderam participar em todas as sessões de intervenção (n=5) foram desligados, resultando em uma amostra final de 12 crianças. A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências Médicas da Universidade Estadual de Campinas, Brasil, sob o protocolo número 140/2010 (ANEXO 1). Os pais ou responsáveis de cada criança receberam o termo de consentimento livre e esclarecido, e ao concordarem e assinarem o mesmo, a criança iniciava a participação no estudo (ANEXO 2).

Os participantes foram divididos aleatoriamente, por meio de sorteio, em dois grupos:

Grupo controle (n=6): aplicação de fisioterapia convencional duas vezes por semana, com duração de 50 minutos, durante 20 sessões.

Grupo experimental (n=6): fisioterapia convencional aplicada duas vezes por semana, com duração de 50 minutos, seguida da wiireabilitação com duração de 30 minutos, utilizando 3 a 4 jogos em cada sessão, durante 20 sessões.

FIGURA 3 – Divisão dos participantes e intervenção

	Grupo controle	Grupo experimental
Participantes	6	6
Nº de sessões	20 sessões	20 sessões
Intervenção		
Fisioterapia convencional	50 min, 2x/semana	50 min, 2x/semana
Wiireabilitação		30 min, 2x/semana

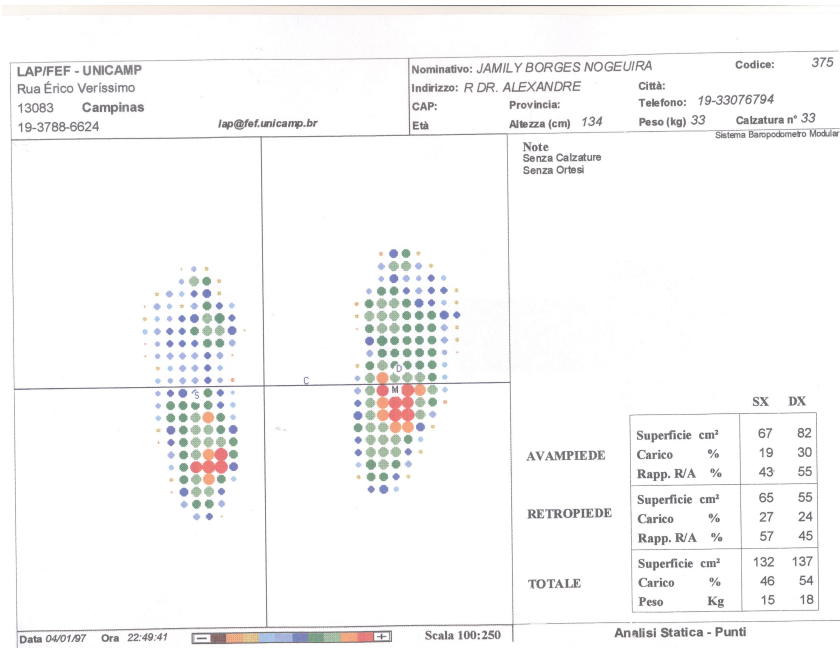
4.2 Procedimentos

Os participantes foram avaliados antes de iniciar e ao finalizar as intervenções, pela pesquisadora responsável através dos seguintes protocolos:

4.2.1 Baropodometria Eletrônica para avaliar o equilíbrio estático e dinâmico através do registro da distribuição da carga corporal (em quilograma e em percentil) entre retropé e antepé direito e esquerdo em postura bipodálica estática e durante a marcha, e através da estabilometria que registra oscilações ântero-posteriores, oscilações médio-laterais (ambas em centímetros), e oscilações do centro de pressão medidos em superfície por cm². O Baropodômetro Eletrônico utilizado nesta pesquisa é composto por uma plataforma modular da Physical Support Italy, com 120 cm de comprimento e 40 cm de largura, constituído por sensores eletrônicos de platina, revestidos por um captador em cacho alveolar que reconhece as informações do apoio plantar conservando a mobilidade natural. As aquisições das imagens são precisas, instantâneas, reproduzíveis e não invasivas (BANKOFF et al., 2006).

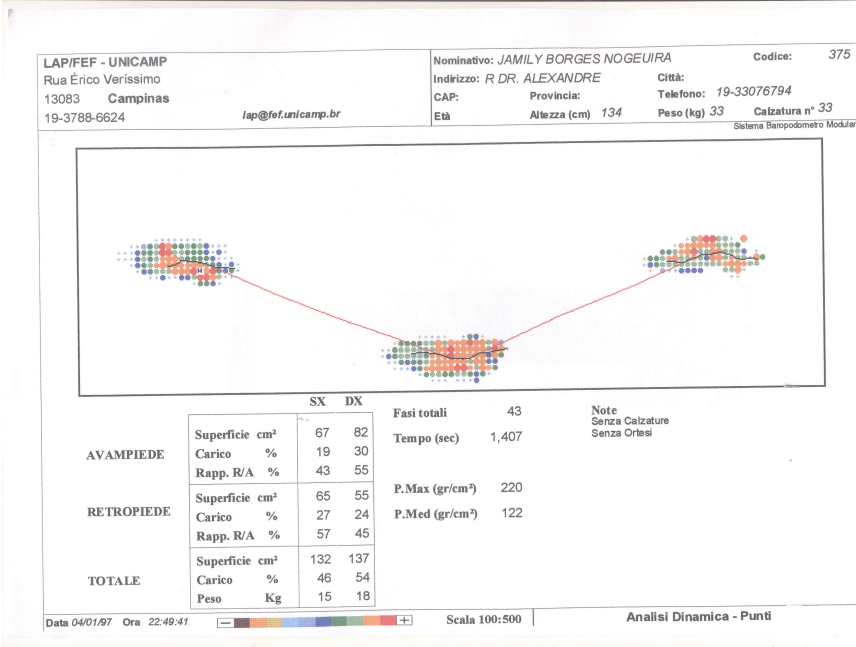
Na avaliação do equilíbrio estático, o indivíduo permanecia em pé sobre a plataforma, descalço, com os pés separados de acordo com a largura dos ombros, os braços ao longo do corpo por aproximadamente 3 segundos até que as informações do apoio plantar fossem captadas pelo baropodômetro. Uma coleta foi realizada com olhos abertos (OA) e outra com olhos fechados (OF). Para esta avaliação foram desenvolvidas duas barras laterais para a eventual necessidade do participante utilizar apoio de membro superior a fim de evitar queda. Para análise do equilíbrio dinâmico o sujeito caminhava descalço sobre a plataforma completando um ciclo de passada. Esta avaliação foi aplicada no Laboratório de Avaliação Postural e Eletromiografia da Faculdade de Educação Física da Unicamp.

FIGURA 4 – Exemplo de análise da baropodometria estática



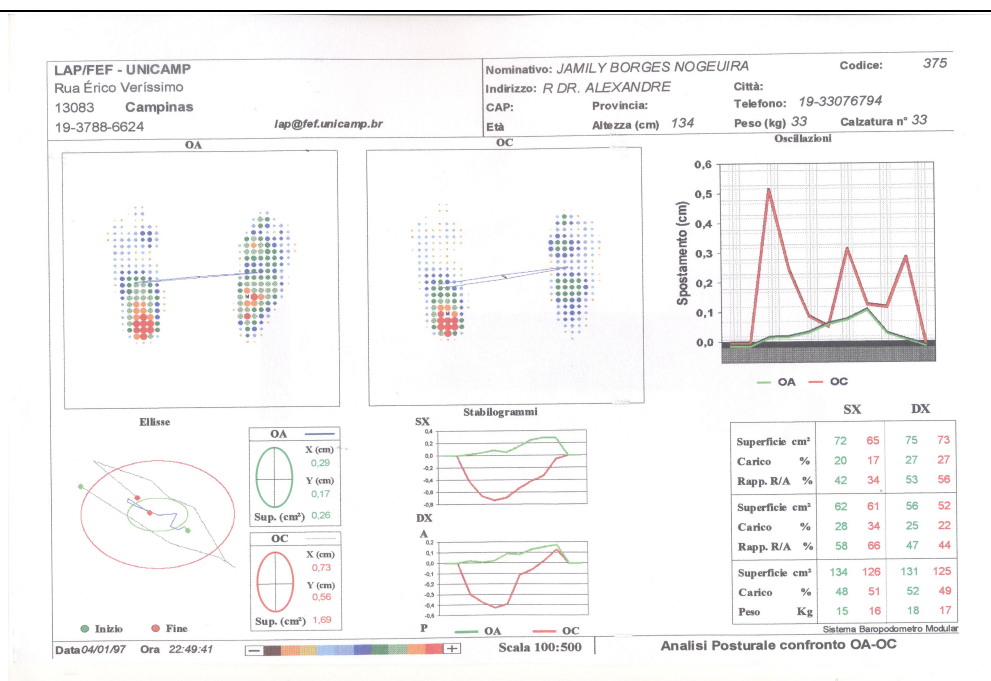
Dados sobre distribuição de carga corporal em % e em kg entre pé direito e esquerdo, antepé e retropé na postura bípede estática

FIGURA 5 – Exemplo de análise da baropodometria dinâmica



Dados sobre distribuição de carga corporal em % e em kg entre pé direito e esquerdo, antepé e retropé durante a marcha

FIGURA 6 – Exemplo de análise da estabilometria com olhos abertos e olhos fechados



Dados sobre a oscilação corporal médio-lateral e ântero-posterior em cm e em superfície por cm² na postura bípede estática com olhos abertos e olhos fechados

4.2.2 Software de Avaliação Postural (SAPO) (anexo 3) para avaliar o alinhamento postural. O SAPO é um programa de computador para avaliação do alinhamento dos segmentos corporais com banco de dados e fundamentação científica com acesso integral pela internet (SAPO, 2006). A avaliação foi realizada através do registro fotográfico do corpo inteiro do indivíduo na vista anterior, posterior, lateral direita e lateral esquerda, na postura em pé, sendo realizada a análise da posição relativa de pontos anatômicos demarcados e digitalizados. Foram utilizados os seguintes equipamentos: computador Mac OS X versão 10.7.5 com acesso a internet; câmera fotográfica digital Sony Cyber-shot DSC-W310 12.1 megapixels, tripé, fio de prumo de 3 metros, 32 marcadores para colocar sobre os pontos anatômicos do sujeito (bolas de isopor de 30 mm com fita dupla face) de acordo com o tutorial, tapete de EVA (50 cm X 50 cm). O tripé com a câmera fotográfica era posicionado numa altura de 75 cm a partir do solo e à uma distância de 3 metros do tapete de EVA. O fio de prumo ficava pendente ao lado do tapete, com demarcação nele de 100 cm para posteriormente calibrar a imagem no software. O participante posicionava-se em pé

livremente sobre o tapete de EVA, posicionando os pés confortavelmente, de frente para a câmera (plano anterior), a foto era registrada, e a posição dos pés adotada inicialmente era demarcada para que a mantivesse nas demais vistas. Em seguida, rodava-se o tapete de EVA, e o indivíduo posicionava-se novamente para registrar a vista lateral direita, e da mesma maneira na vista lateral esquerda e vista posterior. Os dados das fotos foram transferidos para o computador para análise e comparação com padrões de referência da posição relativa dos segmentos corporais e ângulos articulares através do SAPO (FERREIRA, 2006). A marcação dos pontos anatômicos seguiu o protocolo SAPO (tutorial para localização dos pontos anatômicos em FERREIRA, 2006):

- Vista anterior: alinhamento horizontal da cabeça, alinhamento horizontal dos acrômios, alinhamento horizontal das espinhas ilíacas ântero-superiores, ângulo frontal do membro inferior direito, ângulo frontal do membro inferior esquerdo, diferença no comprimento dos membros inferiores, alinhamento horizontal das tuberosidades das tíbias, ângulo Q direito, ângulo Q esquerdo;
- Vista posterior: assimetria horizontal da escápula em relação à T3, ângulo perna/retropé direito, ângulo perna/retropé esquerdo;
- Vista lateral direita/esquerda: alinhamento horizontal da cabeça (C7), alinhamento vertical da cabeça (acrômio), alinhamento vertical do tronco, ângulo do quadril (tronco e coxa), alinhamento vertical do corpo, alinhamento horizontal da pélvis, ângulo do joelho, ângulo do tornozelo.

FIGURA 7 – Exemplo de avaliação postural com o SAPO – vista anterior



SAPO: software para avaliação postural

4.2.3 Gross Motor Function Measure (GMFM – 88) – Medida da Função Motora Grossa para avaliar mudanças quantitativas na função motora grossa. Para esta pesquisa foram utilizadas as dimensões D e E, que contêm as funções motoras grosseiras mais altas.

A dimensão D inclui 13 itens que avaliam as habilidades da criança para manter diferentes posições em pé, assumir a postura em pé a partir de várias posições e desempenhar tarefas na postura em pé. A pontuação mínima desta dimensão é zero e a pontuação máxima é 39. A dimensão E inclui 24 itens que avaliam as habilidades da criança para andar de diversas maneiras, desempenhar tarefas como subir e descer escadas ou chutar uma bola, correr certa distância e pular. A pontuação mínima desta dimensão é zero e a pontuação máxima é 72. Quanto maior a pontuação, melhor é o desempenho motor em ambas dimensões (RUSSELL et al., 2002).

A avaliação postural e da função motora grossa foram aplicadas no Ambulatório de Fisioterapia aplicada à Neurologia Infantil do Hospital de Clínicas da Universidade Estadual de Campinas.

FIGURA 8 – Avaliações

Avaliação	Objetivo
Baropodometria	
Baropodometria Estática	Analisar a distribuição da carga corporal (Kg e %) entre os pés na postura bípede estática, com olhos abertos e olhos fechados;
Baropodometria Dinâmica	Analisar a distribuição da carga corporal (Kg e %) entre os pés durante a marcha;
Estabilometria	Analisar a oscilação do centro de pressão nas direções médio-lateral e ântero-posterior (cm) e em superfície (cm ²) na postura bípede estática, com olhos abertos e olhos fechados;
SAPO - Avaliação Postural	Verificar o alinhamento (ângulo) dos segmentos corporais na postura bípede estática;
GMFM	Avaliar a função motora grossa, com as dimensões D e E correspondentes à bipedestação e suas transferências, andar, correr e pular.

As avaliações foram aplicadas antes e imediatamente após as intervenções.

SAPO: Software para Avaliação Postural; GMFM: Gross Motor Function Measure.

4.2.4 Intervenções: foram aplicadas pela fisioterapeuta responsável pela pesquisa e por outros 3 terapeutas treinados pela mesma.

4.2.4.1 Fisioterapia convencional: foram realizados exercícios para treino de equilíbrio estático e dinâmico e funções motoras grosseiras, utilizando rolos e bolas terapêuticos, elásticos, pesos, cama elástica, colchonetes, brinquedos e objetos para realizar atividades motoras funcionais. Os exercícios envolviam cadeia cinética aberta e fechada, agachamento bipodálico e monopodálico com apoio de membros superiores ou tronco ou associado a atividades funcionais como agachar e saltar, bipedestação em superfícies instáveis e irregulares como prancha, rolos, transferências posturais (ajoelhado – semi-ajoelhado – em pé; sentado em superfície instável – em pé), marcha sobre linha reta, entre linhas, em superfícies instáveis, pular em cama elástica com e sem apoio de membros superiores, subir e descer degraus.

4.2.4.2 Wiireabilitação: foi utilizado o Nintendo Wii Fit®, que inclui o console, controle remoto e a plataforma de equilíbrio. A plataforma capta e mapeia o centro de pressão, centro de gravidade e transferência de peso. O controle remoto possui giroscópio e acelerômetro, captando direção e velocidade do movimento (DEUTSCH et al., 2008; LEVAC et al., 2010). O Wii Fit® inclui jogos de fortalecimento muscular, exercícios aeróbios, yoga e equilíbrio. Foram aplicados 1 ou 2 jogos de fortalecimento (que inclui treinos de fortalecimento de tronco e membros envolvendo controle postural), 1 jogo de yoga (que inclui exercícios de flexibilidade, fortalecimento, alinhamento postural e equilíbrio) e 1 ou 2 jogos de equilíbrio (inclui exercícios de estratégia de tornozelo, quadril e tronco, oscilações do centro de pressão nos planos sagital e frontal e coordenação postural). Por ser um programa de realidade virtual, os jogos fornecem feedback visual e auditivo imediato do movimento realizado pelo praticante, solicitando adequações quando necessário. Após o final de cada jogo, visualiza-se a pontuação do indivíduo, fornecendo um feedback quanto ao seu desempenho geral.

4.3 Análise Estatística

A análise dos resultados foi processada no software RStudio versão 2.15.0 for Apple. O teste de Shapiro-Wilk, os coeficientes de assimetria e curtose convertidos em escore Z foram utilizados para verificar a normalidade dos dados. Nas comparações entre momentos e grupos foram utilizadas a análise de variância de um fator ANOVA *one-way* para medidas repetidas. Para as comparações *pairwise* foi utilizada análise gráfica (*boxplot* e gráfico de interação). O nível de significância adotado para as análises foi $p \leq 0.05$.

5 RESULTADOS

Um total de 12 sujeitos foram avaliados no estudo, sendo cinco do sexo masculino e sete do sexo feminino. A média de idade da amostra foi de 11 anos e 4 meses (11:4), com variação de (8:2 – 15:6), e desvio padrão de 2:2. Com relação ao GMFCS quatro participantes eram do nível I e oito do nível II. A caracterização de cada indivíduo está disposta na tabela 1.

TABELA 1 – Caracterização dos sujeitos

Sujeito	Grupo	Sexo	Idade	GMFCS
A	GE	F	10	II
B	GE	M	9	I
C	GE	M	11	I
D	GE	F	13	II
E	GE	F	15	II
F	GE	M	11	I
G	GC	M	10	II
H	GC	F	8	II
I	GC	M	10	II
J	GC	F	13	II
K	GC	F	12	I
L	GC	F	15	II

GE: Grupo Experimental; GC: Grupo Controle; F: Feminino; M: Masculino; GMFCS: Gross Motor Function Classification System

GMFM

Os dados da função motora grossa, avaliados pela GMFM estão descritos na tabela 2. Não houve diferença significativa entre momento e grupo. Observa-se manutenção do escore bruto na dimensão D, relacionada a bipedestação e suas transferências, após a intervenção em ambos os grupos. Na dimensão E, que envolve funções motoras mais complexas como andar, correr e pular, houve aumento do escore bruto no período final, com aumento maior no grupo experimental, indicando melhora destas habilidades em ambos os grupos.

TABELA 2: Função Motora Grossa, escala GMFM dimensões de bipedestação, andar, correr e pular, escore bruto em média $\pm$ DP

Grupo	DDEB		DEEB	
	Pré	Pós	Pré	Pós
Experimental	35.67 $\pm$ 3.77	35.50 $\pm$ 3.73	66.17 $\pm$ 6.34	69.00 $\pm$ 2.37
Controle	33.67 $\pm$ 3.16	33.17 $\pm$ 4.02	58.00 $\pm$ 10.82	58.83 $\pm$ 10.53

DDEB: dimensão D escore bruto; DEEB: dimensão E escore bruto; pré: antes da intervenção; pós: após a intervenção. (ANOVA *one-way* com medidas repetidas $p \leq 0.05$)

Avaliação Postural (SAPO)

Os resultados da avaliação do alinhamento postural entre os segmentos corporais estão dispostos na tabela 3. Com o objetivo de direcionar os achados para dados relacionados diretamente com o controle postural, foram citadas somente as seguintes variáveis: alinhamento horizontal da cabeça, alinhamento das espinhas ilíacas ântero-superiores, ângulo perna-retropé direito, ângulo perna-retropé esquerdo, alinhamento vertical do corpo vista direita, alinhamento vertical do corpo vista esquerda, ângulo do tornozelo direito, ângulo do tornozelo esquerdo, assimetria do plano frontal, e assimetria do plano sagital. A variável de assimetria do plano frontal (analisa o deslocamento da projeção do centro de gravidade no solo no eixo látero-lateral em centímetros) apresentou diferença significativa entre grupos no momento inicial, como pode ser observado na figura 9 (assimetria no plano frontal, ANOVA – $p = 0.014$). No entanto no período final à intervenção, não houve diferença significativa entre estas variáveis.

TABELA 3: Dados do alinhamento postural analisados pelo Software de Avaliação Postural, desvios em graus (média $\pm$ DP)

Variável	Grupo experimental		Grupo controle	
	Pré	Pós	Pré	Pós
AHC (graus)	6.77 $\pm$ 4.30	5.95 $\pm$ 4.74	4.18 $\pm$ 3.14	2.37 $\pm$ 1.81
AHEIAS (graus)	2.40 $\pm$ 3.25	1.87 $\pm$ 2.24	2.72 $\pm$ 13.18	1.72 $\pm$ 1.07
APRD (graus)				
APRE (graus)	7.83 $\pm$ 8.63	9.13 $\pm$ 5.44	13.05 $\pm$ 6.65	8.42 $\pm$ 15.88
AVCD (graus)	2.27 $\pm$ 1.49	2.45 $\pm$ 1.12	3.20 $\pm$ 1.38	3.45 $\pm$ 1.43
AVCE (graus)	1.95 $\pm$ 1.11	2.32 $\pm$ 1.68	2.67 $\pm$ 1.41	2.08 $\pm$ 1.54
ATD (graus)	85.72 $\pm$ 6.65	86.43 $\pm$ 4.90	78.55 $\pm$ 6.13	80.27 $\pm$ 3.52
ATE (graus)	85.55 $\pm$ 3.11	83.83 $\pm$ 5.19	82.17 $\pm$ 7.42	84.45 $\pm$ 7.17
AssPF (cm)	10.93 $\pm$ 5.86*	10.52 $\pm$ 6.75	18.03 $\pm$ 12.49	12.37 $\pm$ 0.03
AssPS (cm)	27.08 $\pm$ 8.40	32.77 $\pm$ 12.00	42.42 $\pm$ 13.61	41.90 $\pm$ 8.05

*significância estatística entre grupos no momento pré (ANOVA *one-way* com medidas repetidas $p \leq 0.05$). AHC: alinhamento horizontal da cabeça; AHEIAS: Alinhamento horizontal das espinhas ilíacas ântero-superiores; APRD: ângulo perna-retropé direito; APRE: ângulo perna-retropé esquerdo; AVCD: alinhamento vertical do corpo vista direita; AVCE: alinhamento vertical do corpo vista esquerda; ATD: ângulo do tornozelo direito; ATE: ângulo do tornozelo esquerdo; AssPF: assimetria do plano frontal; AssPS: assimetria do plano sagital; pré: antes da intervenção; pós: após a intervenção.

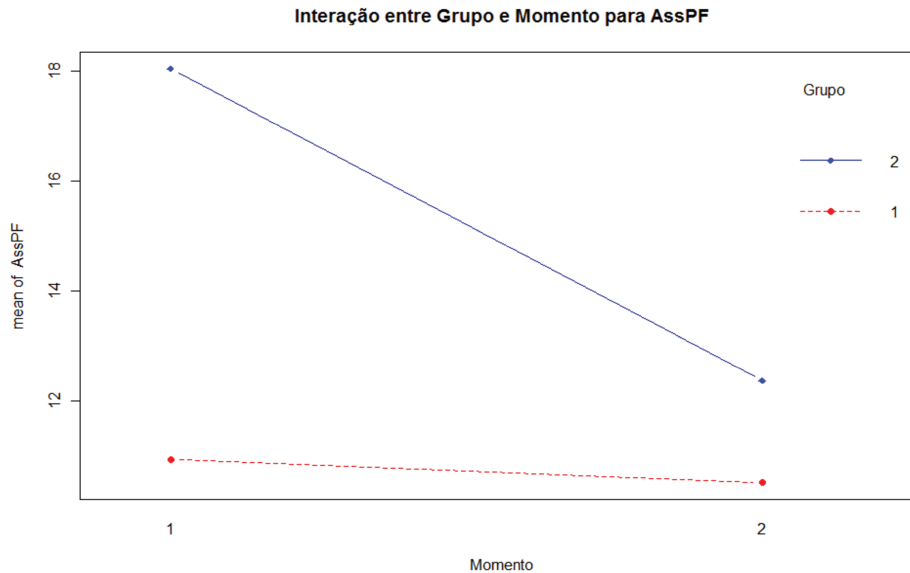


Fig. 9 – Interação das médias da Assimetria no Plano Frontal

Assimetria no Plano Frontal (deslocamento do centro de gravidade no eixo látero-lateral em cm) entre grupo experimental (Grupo 1 – vermelho) e grupo controle (Grupo 2 – azul) e entre momento 1 (antes da intervenção) e momento 2 (após a intervenção) na Avaliação Postural. (ANOVA $p = 0.014$)

Baropodometria

Os resultados da baropodometria estática, dinâmica e estabilometria estão descritos na tabela 4. No teste de baropodometria dinâmica, que analisa a distribuição da carga corporal nos pés durante a marcha, foi verificada diferença significativa na comparação da variável BDCAD (baropodometria dinâmica carga do antepé direito) no momento inicial entre os grupos (ANOVA – $p=0.004$), porém esta diferença não foi observada no momento final. Neste teste, a variável BDCTPD (baropodometria dinâmica carga total do pé direito) indicou diferença significativa entre os grupos nos momentos pré e pós (ANOVA – $p=0.004$), no entanto, em todas as variáveis do teste não foram encontradas diferenças significativas intragrupo. No teste de estabilometria que avalia as oscilações do centro de pressão (CDP) corporal, houve diferença significativa para as variáveis de estabilometria bipodálica oscilação médio-lateral com olhos fechados (EBMLOF), estabilometria bipodálica oscilação ântero-posterior com olhos fechados (EBAPOF) e estabilometria bipodálica oscilação na superfície por cm^2 com olhos fechados (EBSOF) na comparação entre grupos (ANOVA - $p=0.050$; $p=0.005$; $p=0.009$ respectivamente) como pode ser observado nas figuras 10, 11, 12 e 13. Para estas variáveis, EBMLOF, EBAPOF e EBSOF também houve diferença na comparação entre grupo e momento (ANOVA – $p=0.042$; $p=0.012$ e 0.006 respectivamente), figuras 10, 11, 12 e 13. Estes dados demonstram uma oscilação corporal significativamente maior no período pós-intervenção do grupo controle quando comparado ao grupo experimental durante a postura bipodálica estática com olhos fechados. Ainda nestas variáveis, nota-se a redução da oscilação corporal no grupo experimental após a intervenção. Nas outras variáveis deste teste (estabilometria bipodálica médio-lateral, ântero posterior e superfície por cm^2 com olhos abertos) nota-se no momento final da intervenção redução da oscilação para o grupo experimental e aumento da oscilação corporal para o grupo controle. No teste de baropodometria bipodálica estática não houve diferença significativa.

TABELA 4: Baropodometria Estática e Dinâmica analisando a distribuição da carga corporal entre pés esquerdo e direito, antepé e retropé, e Estabilometria avaliando as oscilações corporais (média $\pm$ DP)

Variável	Grupo experimental		Grupo controle	
	Pré	Pós	Pré	Pós
BE CAE ¹ (%)	27.5 $\pm$ 6.71	27.83 $\pm$ 4.35	30.0 $\pm$ 11.86	25.17 $\pm$ 5.81
BE CAD ¹ (%)	28.5 $\pm$ 5.17	26.33 $\pm$ 2.58	28.0 $\pm$ 6.45	25.5 $\pm$ 8.67
BE CRE ¹ (%)	19.83 $\pm$ 12.01	22.0 $\pm$ 3.10	20.0 $\pm$ 14.35	23.83 $\pm$ 4.58
BE CRD ¹ (%)	24.17 $\pm$ 3.12	23.83 $\pm$ 7.36	22.0 $\pm$ 4.29	25.5 $\pm$ 9.25
BE CTPE ¹ (Kg)	19.67 $\pm$ 5.20	19.17 $\pm$ 1.83	22.17 $\pm$ 5.98	19.17 $\pm$ 2.14
BE CTPD ¹ (Kg)	23.17 $\pm$ 9.13	20.17 $\pm$ 4.26	23.17 $\pm$ 6.46	20.83 $\pm$ 2.56
BD CAE ¹ (%)	28.17 $\pm$ 11.46	28.17 $\pm$ 10.36	26.17 $\pm$ 6.18	28.33 $\pm$ 6.25
BD CAD ¹ (%)	33.17 $\pm$ 9.93	33.5 $\pm$ 9.03	28.0 $\pm$ 7.69	32.17 $\pm$ 3.76
BD CRE ¹ (%)	19.5 $\pm$ 10.95	17.83 $\pm$ 11.86	21.0 $\pm$ 6.98	15.67 $\pm$ 7.86
BD CRD ¹ (%)	15.83 $\pm$ 10.01	20.5 $\pm$ 3.94	24.83 $\pm$ 9.24	23.83 $\pm$ 5.95
BD CTPE ¹ (Kg)	19.0 $\pm$ 3.90	19.67 $\pm$ 3.93	18.17 $\pm$ 3.06	17.17 $\pm$ 3.71
BD CTPD ¹ (Kg)	23.83 $\pm$ 11.09 [‡]	25.67 $\pm$ 10.09 [‡]	21.17 $\pm$ 2.14 [‡]	22.83 $\pm$ 3.06 [‡]
EB ML OA ² (cm)	0.21 $\pm$ 0.13	0.15 $\pm$ 0.08	0.51 $\pm$ 0.50	0.53 $\pm$ 0.92
EB AP OA ² (cm)	0.19 $\pm$ 0.15	0.13 $\pm$ 0.09	0.36 $\pm$ 0.18	0.76 $\pm$ 1.39
EB S OA ² (cm ²)	0.22 $\pm$ 0.21	0.13 $\pm$ 0.11	1.65 $\pm$ 2.02	6.84 $\pm$ 16.31
EB ML OF ² (cm)	0.23 $\pm$ 0.25	0.09 $\pm$ 0.05 [#]	0.2 $\pm$ 0.21	0.72 $\pm$ 0.43* [#]
EB AP OF ² (cm)	0.20 $\pm$ 0.19	0.13 $\pm$ 0.09 [#]	0.33 $\pm$ 0.28	0.51 $\pm$ 0.37* [#]
EB S OF ² (cm ²)	0.36 $\pm$ 0.65	0.08 $\pm$ 0.08 [#]	0.55 $\pm$ 0.70	2.39 $\pm$ 2.44* [#]

[‡] significância estatística entre grupo e momento (ANOVA *one-way* com medidas repetidas $p \leq 0.05$)

*significância estatística entre grupos (ANOVA *one-way* com medidas repetidas $p \leq 0.05$)

significância estatística entre grupo e momento (ANOVA *one-way* com medidas repetidas $p \leq 0.05$)

BE: baropodometria estática; BD: baropodometria dinâmica; EB: estabilometria bipodálica; CAE: carga antepé esquerdo; CAD: carga antepé direito; CRE: carga retropé esquerdo; CRD: carga retropé direito; CTPE: carga total pé esquerdo; CTPD: carga total pé direito; ML: oscilação médio-lateral; AP: oscilação ântero-posterior; S: superfície; OA: olhos abertos; OF: olhos fechados.

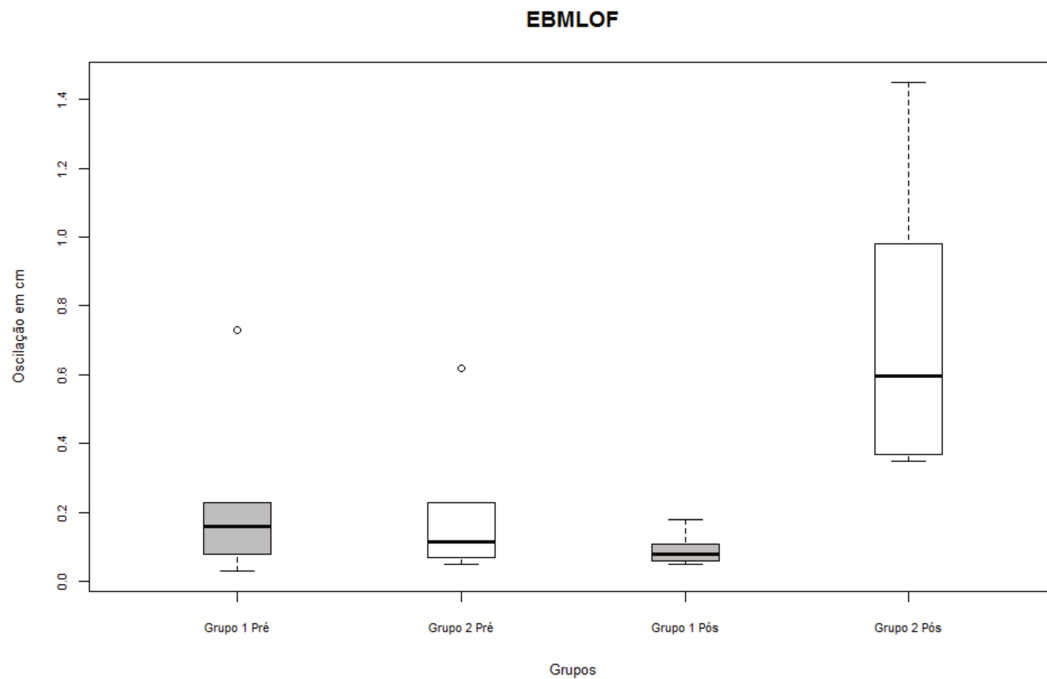


Fig. 10. Medianas do deslocamento do centro de pressão (CDP) no teste de estabilometria bipodálica na direção médio-lateral com olhos fechados (EBMLOF) . Diferença significativa entre grupo e na interação entre grupo e momento, com oscilação do CDP maior no momento final do grupo controle, e menor no grupo experimental. (ANOVA $p=0.050$, $p=0.042$)

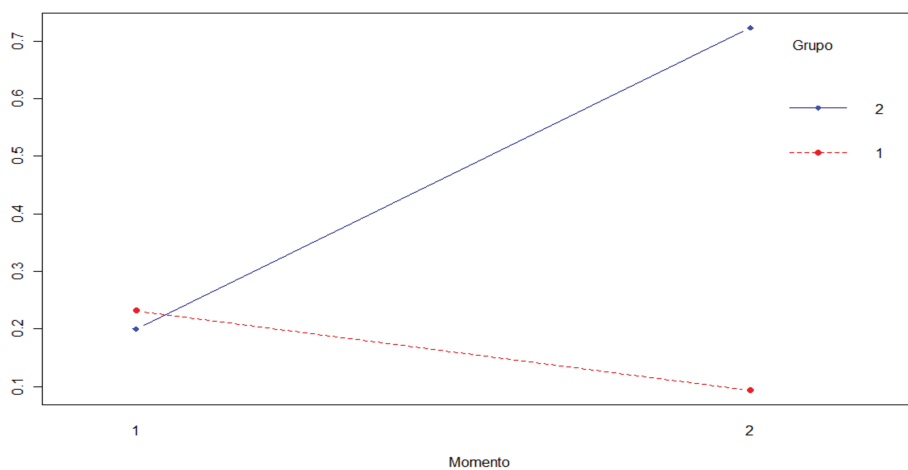


Fig. 11 – Médias do deslocamento do centro de pressão (CDP) no teste de estabilometria bipodálica na direção médio-lateral com olhos fechados (EBMLOF) Diferença significativa entre grupo e na interação entre grupo e momento com oscilação do CDP maior no momento final do grupo controle, e menor no grupo experimental. (ANOVA $p=0.050$, $p=0.042$)

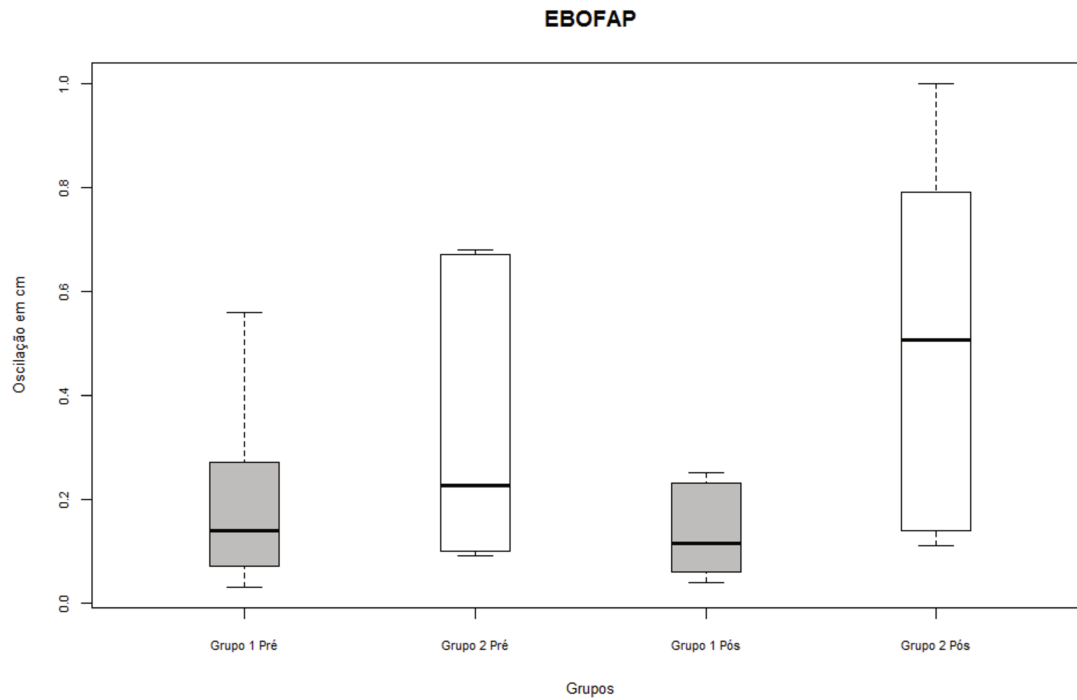


Fig. 12. Medianas do deslocamento do centro de pressão (CDP) no teste de estabilometria bipodálica na direção ântero-posterior com olhos fechados (EBAPOF). Diferença significativa entre grupo e na interação entre grupo e momento, com oscilação do CDP maior no momento final do grupo controle, e menor no grupo experimental. (ANOVA $p=0.005$, $p=0.012$)

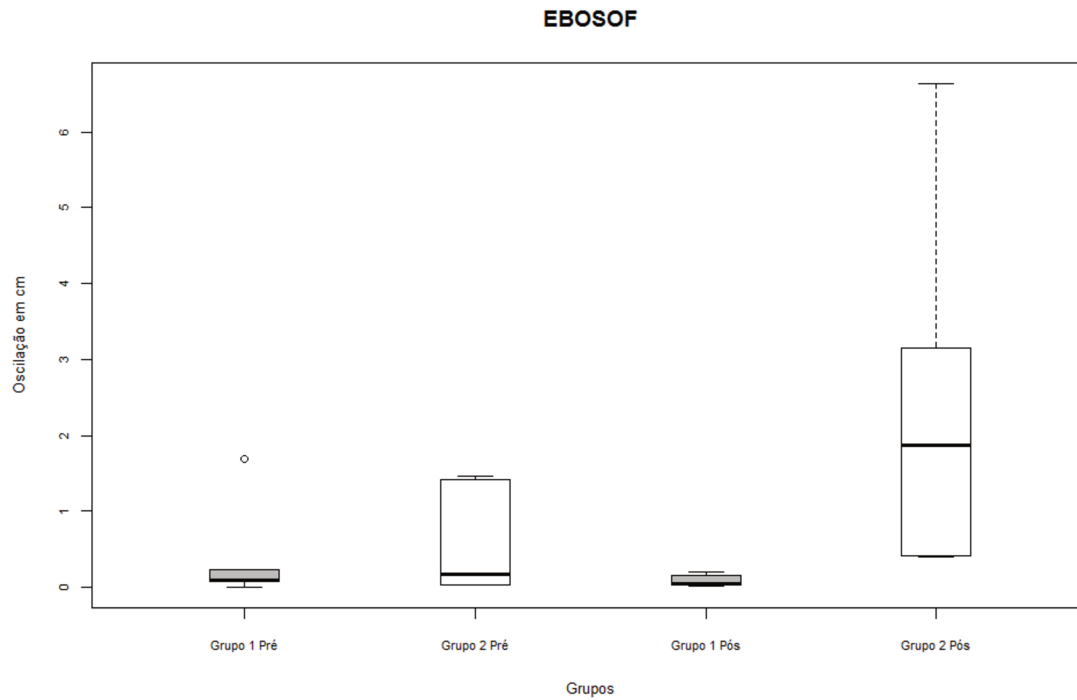


Fig. 13. Medianas do deslocamento do centro de pressão (CDP) no teste de estabilometria bipodálica em superfície por cm^2 com olhos fechados (EBOSOF). Diferença significativa entre grupo e na interação entre grupos e momentos, com oscilação do CDP maior no momento final do grupo controle, e menor no grupo experimental. (ANOVA $p=0.009$, $p=0.006$)

6 DISCUSSÃO

Os resultados encontrados sugerem que a aplicação desta ferramenta como intervenção sensório-motora em curto prazo, pode causar alterações na estabilidade postural durante a bipedestação estática, especialmente observadas em teste com modificação sensorial, ou seja, olhos fechados. O principal achado demonstrou redução significativa da oscilação corporal em superfície por cm^2 na postura em pé estática com olhos fechados e da oscilação corporal em direção médio-lateral e ântero-posterior nas mesmas condições. Estes achados corroboram com o estudo de Michalski et al. (2012), que após 10 sessões de prática de jogos do Wii Fit, jovens adultos saudáveis desenvolveram estratégias de controle postural através de jogos que solicitavam respostas posturais semelhantes, porém com comandos visuais diferentes, de *feedforward* (antecipação) e *feedback* (reação ao estímulo visual). No jogo que requeria controle antecipatório, com a repetição os participantes reduziram as oscilações do CDP na direção médio-lateral, indicando aprendizado de reações adaptativas do controle postural. No outro jogo que solicitava *feedback* houve aumento na oscilação médio-lateral do CDP, indicando o aumento no desafio dos limites de estabilidade. Semelhantemente, no presente estudo, a redução das oscilações tanto na superfície como um todo quanto nas direções médio-lateral e ântero-posterior com olhos fechados no grupo experimental, sugere a aquisição em curto prazo de um maior controle do centro de pressão no grupo experimental. Isto descarta a possibilidade de melhora pelo aprendizado do controle da postura através da repetição do teste, pois observa-se piora nas mesmas variáveis do grupo controle, além do intervalo mínimo de 10 semanas entre as avaliações. Adamovich et al. (2009) citam que o controle postural e de equilíbrio adequados são conquistados através da integração das informações sensoriais, ou seja, a ausência de pistas visuais nos testes de estabilometria, contando somente com os sistemas vestibular e proprioceptivo como *input* sensorial, sugere a otimização da manutenção da postura bípede estática após a intervenção com o game. A revisão de artigos que utilizam a RV como método proprioceptivo em crianças com PC (MONGE PEREIRA et al., 2012), aponta que estas terapias levam a melhora na manutenção do equilíbrio e do controle postural.

Monge Pereira et al. (2012) destacam o alinhamento inadequado entre os segmentos corporais como o principal problema músculo-esquelético em indivíduos com PC. Esta alteração interfere diretamente na relação entre postura corporal e projeção do centro de gravidade na base

de sustentação. Os desvios do alinhamento postural podem levar à assimetria na distribuição do peso corporal, prejudicando o controle de transferência de peso entre os pés (MICHALSKI et al., 2012). Esta população apresenta maior oscilação do centro de pressão durante postura bípede estática evidenciando coordenação deficitária entre região proximal (tronco e pelve) e distal (tornozelo e pé) (HSUE et al., 2009). Outra relação que pode ser feita sobre a melhora na estabilidade postural do grupo experimental da atual pesquisa, é o possível aumento do controle proximal, demonstrado nos resultados da estabilometria e baropodometria pela redução da oscilação corporal após a intervenção com o Wii, sem alteração significativa da distribuição de carga nos pés na comparação intragrupo, ou seja, não houve mudança no controle distal dos membros inferiores. Na avaliação postural esta ausência de mudança distal é observada nas comparações inter e intragrupo sem significância das variáveis de tornozelo e pé.

Nota-se com os resultados da avaliação postural, apesar de não significativos, aumento do desvio na maioria das variáveis no grupo experimental, indicando uma possível piora em seu alinhamento. No grupo controle, houve redução dos desvios, aproximando este grupo a um alinhamento mais adequado. Shumway-Cook e Woollacott (2003) citam que o alinhamento ideal na postura vertical permite que o corpo seja mantido em equilíbrio com um gasto mínimo de energia. A postura adotada com maior frequência por pessoas com PC diparética é o agachamento com hiperlordose lombar, que ao reduzir os graus de liberdade de movimento em tronco e membros inferiores, promove a estabilidade postural, porém aumenta a atividade muscular de base (GIROLAMI et al., 2011). Ao relacionar os achados de melhora no equilíbrio estático com piora do alinhamento postural no grupo experimental, sugere-se que estes participantes passaram a modificar o alinhamento para controlar seu equilíbrio. No entanto, pessoas com PC espástica apresentam alteração na distribuição dos tipos de fibras musculares, com redução de fibras oxidativas e aumento de fibras glicolíticas nos grupos musculares responsáveis pela manutenção da postura (LIEBER, 2010). A redução das fibras oxidativas consequentemente reduz a estabilidade postural alterando o alinhamento. Portanto, entende-se que para melhorar o alinhamento postural nesta população, o treino proposto com o game foi insuficiente, sendo necessária a associação de uma abordagem com ação direta nos músculos estabilizadores da postura.

Apesar dos resultados encontrados, deve-se considerar que ao realizar a avaliação, cada participante foi orientado a posicionar seus pés de maneira alinhada porém livremente, uma

vez que o teste deveria ser de sua postura adotada habitualmente, entendendo-se que esta inicia na disposição dos pés. O posicionamento livre dos pés, pode ter sido responsável pelos diversos desvios descritos pelo software. Associado a estes fatores, pesquisas apontam resultados controversos em relação a fidedignidade da fotogrametria digital como meio de análise postural, incluindo o SAPO. Os achados indicam baixa fidedignidade ao comparar duas sessões realizadas por um único avaliador, e alta fidedignidade com duas análises das digitalizações de um único momento (IUNES et al., 2009; GLANER et al., 2012). Estes dados podem sugerir limitação na acurácia da análise postural do presente estudo, em que uma única avaliadora aplicou o teste em dois momentos diferentes.

Em relação a função motora grossa, a melhora não significativa nas atividades motoras mais complexas que incluem andar, correr e pular, e manutenção nos escores de atividades estáticas em pé e transferências, pode indicar a insuficiência da não-especificidade da tarefa, do curto prazo de terapia e/ou pouca intensidade para promover evolução funcional em ambos os grupos. O treino com a *Wii balance board* incluiu exercícios de equilíbrio e fortalecimento muscular na postura bípede estática e dinâmica, porém sem deslocar-se de cima da plataforma, não havendo especificidade para certas tarefas da avaliação motora, como apoio unipodálico, saltar e transferências. Foi possível introduzir exercícios de alinhamento postural unipodálico somente em dois pacientes em média 4 sessões, possivelmente insuficientes para promover ganhos funcionais. Estudos demonstraram que a força muscular está correlacionada com a marcha e a função motora, e quanto maior o nível de classificação no GMFCS, mais prejudicada se torna a estabilidade nos planos frontal e sagital durante a marcha independente, indicando a importância de treino de fortalecimento muscular para potencializar estas habilidades (THOMPSON et al., 2011). Adamovich et al. (2009) citam que a plasticidade neural é dependente de uso, sendo necessária prática repetitiva e intensa para modificar a organização neural através da adaptação sensório-motora. Størvold e Jahnsen (2010) e Yabunaka et al. (2011) comprovaram que o aumento da intensidade da intervenção promove ganho acelerado das aquisições motoras em um período curto de tempo. Os achados sobre a função motora no presente estudo indicam a necessidade de adequação do programa terapêutico em relação a especificidade, período de aplicação e intensidade.

Fatores como a ativação do sistema de neurônios-espelho e feedback externo são importantes na compreensão da RV como complemento terapêutico. A relação da RV com a

ativação do sistema de neurônio-espelho descrita em diversos estudos (BUCCINO et al., 2006; ADAMOVICH et al., 2009; SAPOSNIK et al., 2010), possivelmente ocorre pela observação dos movimentos do avatar (imagem do próprio usuário projetada no ambiente virtual) seguida da ação, que facilitam a ativação das redes neurais das áreas motoras, promovendo a plasticidade neural. De acordo com o estudo de D'Ausilio e colaboradores (2006) citado por Cattaneo e Rizzolatti (2009) e Catmur (2012) sobre o sistema de neurônios-espelho, durante a observação de um comportamento motor evidenciou-se aumento nos potenciais motores evocados do córtex motor primário do observador, correspondente aos mesmos músculos que seriam recrutados para desempenhar o movimento real em um tempo de ativação semelhante. Stefan et al. (2005) demonstraram por meio de análise cinemática do movimento e potenciais evocados na estimulação magnética transcraniana, que a associação de treino motor com observação de movimentos congruentes, desencadeia maior potenciação do aprendizado ao comparar com treino motor isolado. Estes pesquisadores sugeriram que a observação e execução simultânea de uma ação facilitam a construção de memórias motoras, aumentando a plasticidade no córtex motor.

Shea e Wulf (1999) relatam que o aprendizado de uma habilidade motora é otimizado com o foco externo de atenção, como por exemplo os acontecimentos de um jogo, quando comparado ao foco interno, ou seja, as informações sensoriais captadas durante o desempenho motor. A intervenção com RV e seus games envolve a atenção do usuário nos objetivos e desempenho dos jogos, fornecendo maior foco externo de atenção, portanto facilita o aprendizado dos movimentos. Esta hipótese segue a linha da “hipótese do efeito da ação” de Prinz (1997 apud Shea & Wulf, 1999), que diz que as ações são mais bem planejadas e controladas pelos efeitos pretendidos.

Sugere-se estudos futuros para investigar a ativação do sistema de neurônios-espelho durante a prática da Wiireabilitação, identificando quais redes neurais são ativadas, e qual intensidade mais adequada para produzir plasticidade neural, para fornecer dados essenciais no delineamento de programas que utilizam este tipo de abordagem.

7 CONCLUSÃO

Os resultados deste estudo sugerem que 20 sessões de fisioterapia associadas à Wiireabilitação promovem melhora no controle do equilíbrio estático de indivíduos com PC diparética que possuem marcha independente. A redução da oscilação corporal do grupo submetido à Wiireabilitação demonstrou melhora no controle postural e o aumento da oscilação do grupo submetido a fisioterapia convencional indicou piora no controle postural, que tem sido demonstrada com frequência em estudos com esta faixa etária. No entanto as duas intervenções não foram suficientes para produzir mudanças significativas na função motora grossa, no alinhamento postural e na distribuição da carga corporal nos pés. Sugere-se que esta intervenção seja utilizada como adjunto terapêutico, notando-se a necessidade de associar o treino de controle do centro de pressão com treino de alinhamento postural e fortalecimento muscular, fatores fundamentais para otimizar o controle postural e permitir estratégias de movimento adequadas. Estudos futuros, com amostra e intensidade de terapia maiores, período mais prolongado são necessários para determinar a frequência de intervenção mais adequada, capaz de influenciar o equilíbrio estático e dinâmico de maneira que melhore a função motora grossa de crianças e adolescentes com PC diparética.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ADAMOVICH, S.V.; FLUET, G. G.; TUNIK, E.; MERIANS, A. S. Sensorimotor training in virtual reality: a review. *NeuroRehabilitation*. v. 25, n. 1, p. 29-44, 2009. doi: 10.3233/NRE-2009-0497. Acesso em: 20 jan. 2012.
2. AISEN, M. L.; KERKOVICH, D.; MAST, J.; MULROY, S.; WREN, T. A. L.; KAY, R. M.; RETHLEFSEN, S. A. Cerebral Palsy: clinical care and neurological rehabilitation. In: *Lancet Neurol*. v. 10, p. 844-52, Sep. 2011. doi: 10.1016/S1474-4422(11)70176-4. Acesso em: 10 out. 2011.
3. ANTTILA, H.; AUTTI-RÄMO, I.; SUORANTA, J.; MÄKELÄ, M.; MALMIVAARA, A. Effectiveness of physical therapy interventions for children with cerebral palsy: a systematic review. *BMC Pediatrics*. v. 8, p. 14-23, Apr. 2008. doi: 10.1186/1471-2431-8-14. Acesso em: 30 out. 2011.
4. BAILES, A. F.; GREVE, K.; BURCH, C. K.; REDER, R.; LIN, L.; HUTH, M. M. The effect of suit wear during an intensive therapy program in children with cerebral palsy. *Pediatr Phys Ther*. v. 23, n. 2, p. 136-142. Summer, 2011. doi: 10.1097/PEP.0b013e318218ef58. Acesso em: 25 abr. 2012.
5. BANKOFF, A., BEKEDORF, R., SCHMIDT, A., CIOL, P., & ZAMAI, C. Análise do equilíbrio corporal estático através de um baropodômetro eletrônico. *Revista Conexões*, v. 4, n. 2, p. 19-30, 2006. Acesso em: 10 dez. 2009.
6. BAR-HAIM, S.; HARRIES, N.; BELOKOPYTOV, M.; FRANK, A.; COPELIOVITCH, L.; KAPLANSKI, J.; LAHAT, E. Comparison of efficacy of Adeli suit and neurodevelopmental treatments in children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*. v. 48, n. 5, p. 325–330, May. 2006. doi: 10.1017/S0012162206000727. Acesso em: 25 abr. 2012.
7. BASTIAN, A. J. Understanding sensorimotor adaptation and learning for rehabilitation. *Curr Opin Neurol*, v. 21, n. 6, p. 628-633, Dec. 2010. doi:10.1097/WCO.0b013e328315a293. Acesso em: 20 out. 2012.

8. BAX, M. C. O.; FLODMARK, O.; TYDEMAN, C. Definition and Classification of CP Future Directions: From syndrome toward disease. *Dev Med Child Neurol.* v. 49, suppl 109, p. 39-41, Feb. 2007. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>>. Acesso em: 10 out. 2011.
9. BOWER, E.; MACLELLAN, D. L. Effect of increased exposure to physiotherapy on skill acquisition of children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol.* v. 34, n. 1, p. 25–39, Jan. 1992. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>>. Acesso em: 25 abr. 2012.
10. BRYANTON, C.; BOSSÉ, J.; BRIEN, M.; MCLEAN, J.; MCCORMICK, A.; SVEISTRUP, H. Feasibility, motivation and selective motor control: virtual reality compared to conventional home exercise in children with cerebral palsy. *Cyberpsychol Behav.* v. 9, n. 2, p. 123-8, Apr. 2006. doi: 10.1089/cpb.2006.9.123. Acesso em: 25 abr. 2012.
11. BUCCINO, G.; SOLODKIN, A.; & SMALL, S. L. Functions of the mirror neuron system: implications for neurorehabilitation. *Cognitive and behavioral neurology : official journal of the Society for Behavioral and Cognitive Neurology*, v. 19, n. 1, p. 55-63, Mar. 2006. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16633020>>. Acesso em: 20 out. 2012.
12. BUMIN, G.; KAYIHAN, H. Effectiveness of two different sensory-integration programmes for children with spastic diplegic cerebral palsy. *Disabil Rehabil.* v. 23, n. 9, p. 394-399, Jun. 2001. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>>. Acesso em: 20 fev. 2012.
13. BUTLER, C., DARRAH, J. Effects of neurodevelopmental treatment (NDT) for cerebral palsy: an AACPD evidence report. *Dev Med Child Neurol.* v. 43, n. 11, p. 778-790, Nov. 2001. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>>. Acesso em: 20 fev. 2012.

14. BUTLER, D. P.; WILLETT, K. Wii-habilitation: Is there a role in trauma?. *Int. J. Care Injured*. v. 41, n. 9, p. 883–885, Sep. 2010. doi: 10.1016/j.injury.2010.03.024. Acesso em: 25 abr. 2012.
15. CARTER, D. R.; TSE, B. The pathogenesis of osteoarthritis in cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*. v. 51, suppl 4, p. 79-83, Oct. 2009. doi: 10.1111/j.1469-8749.2009.03435.x. Acesso em: 15 dez. 2011.
16. CATMUR, C. Sensorimotor learning and the ontogeny of the mirror neuron system. *Neuroscience Letters*, 2012. Forthcoming. doi:10.1016/j.neulet.2012.10.001. Acesso em: 20 out. 2012.
17. CATTANEO, L.; RIZZOLATTI, G. The Mirror Neuron System. *Archives of Neurology*, v. 66, n. 5, p. 557-560, May. 2009. doi: 10.1001/archneurol.2009.41. Acesso em: 10 set. 2012.
18. CAURAUGH, J. H.; HSU, W. H.; COOMBES, S. A.; HOLT, K. G. Children with cerebral palsy: a systematic review and meta-analysis on gait and electrical stimulation. *Clin Rehabil*. v. 24, n. 11, p. 963-978, Nov. 2010. doi: 10.1177/0269215510371431. Acesso em: 17 abr. 2012.
19. CLARK, R. A.; BRYANT, A. L.; PUA, Y.; MCCRORY, P.; BENNELL, K.; HUNT, M. Validity and reliability of the Nintendo Wii Balance Board for assessment of standing balance. *Gait Posture*. v. 31, n. 3, p. 307-10, Mar. 2010. doi: 10.1016/j.gaitpost.2009.11.012. Acesso em: 25 abr. 2012.
20. CUNHA FILHO, J. M. Paralisia Cerebral: Aspectos Neuropatológicos e Fisiopatologia. In: LIMA, C. L. F. A.; FONSECA, L. F. *Paralisia Cerebral: Neurologia, Ortopedia, Reabilitação*. Rio de Janeiro: Medsi Guanabara Koogan; 2004. p. 21-24.
21. D'AUSILIO, A., E. ALTENMÜLLER, M. OLIVETTI BELARDINELLI, M. LOTZE, Cross-modal plasticity of the motor cortex while listening to a rehearsed musical piece, *European Journal of Neuroscience*. v. 24, p. 955–8, 2006, apud Catmur, C. Sensorimotor

- learning and the ontogeny of the mirror neuron system. *Neuroscience Letters*, 2012. Forthcoming. doi:10.1016/j.neulet.2012.10.001. Acesso em: 20 out. 2012.
22. DAMIANO, D. L. Rehabilitative therapies in cerebral palsy: the good, the not as good, and the possible. *J Child Neurol.* v. 24, n. 9, p. 1200-1204, Sep. 2009. doi: 10.1177/0883073809337919.Rehabilitative. Acesso em: 20 fev. 2012.
 23. DEUTSCH, J. E.; BORBELY, M.; FILLER, J.; HUHN, K.; GUARRERA-BOWLBY, P. Use of a low-cost, commercially available gaming console (Wii) for rehabilitation of an adolescent with cerebral palsy. *Phys Ther.* v. 88, n. 10, p. 1196-1207, Oct. 2008. doi: 10.2522/ptj.20080062. Acesso em: 25 abr. 2012.
 24. DI NUBILA, H. B. V.; BUCHALLA, C. M. The role of WHO Classifications – ICD and ICF – on definitions of disability. In: *Rev Bras Epidemiol.* v. 11, n. 2, p. 324-35, Jun. 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.org/>>. Acesso em: 10 out. 2011.
 25. FERREIRA, E. A. G. *Postura e controle postural: desenvolvimento e aplicação de método quantitativo de avaliação postural*. São Paulo, 2006 (tese de doutorado – Universidade de São Paulo). Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/5/5160/tde-20092006-142252/pt-br.php>>. Acesso em: 10 dez. 2009.
 26. FOWLER, E. G.; STAUDT, L. A.; GREENBERG, M. B. Lower-extremity selective voluntary motor control in patients with spastic cerebral palsy: increased distal motor impairment. *Dev Med Child Neurol.* v. 52, n. 3, p. 264-9, Jan. 2010. doi: 10.1111/j.1469-8749.2009.03586.x. Acesso em: 15 dez. 2011.
 27. GAUZZI, L. D. V.; FONSECA, L. F. Classificação da Paralisia Cerebral. In: LIMA, C. L. F. A.; FONSECA, L. F. *Paralisia Cerebral: Neurologia, Ortopedia, Reabilitação*. Rio de Janeiro: Medsi Guanabara Koogan; 2004. p. 37-44.
 28. GIL-GÓMEZ, J. A.; LLORENS, R.; ALCANIZ, M.; COLOMER, C. Effectiveness of a Wii balance board-based system (eBaViR) for balance rehabilitation: a pilot randomized

- clinical trial in patients with acquired brain injury. *J Neuroeng Rehabil.* v. 23, n. 1, p. 8-30, May. 2011. doi: 10.1186/1743-0003-8-30. Acesso em: 25 abr. 2012.
29. GIROLAMI, G. L.; SHIRATORI, T.; ARUIN, A. S. Anticipatory postural adjustments in children with hemiplegia and diplegia. *J Electromyogr Kinesiol.* v. 21, n. 6, p. 988-997, Dec. 2011. doi: 10.1016/j.jelekin.2011.08.013. Acesso em: 20 jan. 2012.
30. GLANER, M. F., Mota, Y. L., Viana, A. C. R., & Santos, M. C. D. Fotogrametria: Fidedignidade e falta de objetividade na avaliação postural. *Motricidade*, v. 8, n. 1, p. 78-85, 2012. doi:10.6063/motricidade.8(1).243. Acesso em: 20 out. 2012.
31. GRAHAM, H. K.; SELBER, P. Musculoskeletal aspects of cerebral palsy. *J Bone Joint Surg Br.* v. 85, n. 2, p. 157-66, Mar. 2003. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>>. Acesso em: 15 dez. 2011.
32. GRAHAM, J.V.; EUSTACE, C.; BROCK, K.; SWAIN, E.; IRWIN-CARRUTHERS, S. The Bobath concept in contemporary clinical practice. *Top Stroke Rehabil.* v. 16, n. 1, p. 57-68, Jan-Feb. 2009. doi: 10.1310/tsr1601-57. Acesso em: 20 fev. 2012.
33. HARRIS, S. R.; ROXBOROUGH, L. Efficacy and effectiveness of physical therapy in enhancing postural control in children with cerebral palsy. *Neural plasticity*, v. 12, n.2-3, p. 229-43, 2005. doi:10.1155/NP.2005.229. Acesso em: 20 out. 2012.
34. HEMAYATTALAB, R.; & ROSTAMI, L. R. Effects of frequency of feedback on the learning of motor skill in individuals with cerebral palsy. *Research in developmental disabilities*, v. 31, n. 1, p. 212-7, Jan-Feb. 2010. doi:10.1016/j.ridd.2009.09.002. Acesso em: 20 out. 2012.
35. HIMMELMANN, K.; BECKUNG, E.; HAGBERG, G.; UVEBRANT, P. Bilateral spastic cerebral palsy – prevalence through four decades, motor function and growth. *Eur J Paediatr Neurol.* v. 11, n. 4, p. 215-22, Jul. 2007. doi: 10.1136/adc.2008.144014. Acesso em: 15 nov. 2011.
36. HIMMELMANN, K.; MCMANUS, V.; HAGBERG, G.; UVEBRANT, P.; KRÄGELOH-MANN, I.; CANS, C. Diskinetic cerebral palsy in Europe: trends in

- prevalence and severity. *Arch Dis Child*. v. 94, n. 12, p. 921–926, May. 2009. doi: 10.1136/adc.2008.144014. Acesso em: 15 nov. 2011.
37. HSUE, B-J.; MILLER, F.; SU, F-C. 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*. v. 29, n. 3, p. 465-470, Apr. 2009. doi: 10.1016/j.gaitpost.2008.11.007. Acesso em: 20 jan. 2012.
38. HURKMANS, H. L.; VAN DEN BERG-EMONS, R. J.; STAM, H. J. Energy expenditure in adults with cerebral palsy playing wii sports. *Arch Phys Med Rehabil*. v. 91, n. 10, p. 1577-1581, Oct. 2010. doi: 10.1016/j.apmr.2010.07.216. Acesso em: 25 abr. 2012.
39. IUNES, D., BEVILAQUA-GROSSI, D., OLIVEIRA, A., CASTRO, F., & SALGADO, H. Análise comparativa entre avaliação postural visual e por fotogrametria computadorizada. *Revista Brasileira de Fisioterapia*, v. 13, n. 4, p. 308-315, jul/ago 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-35552009000400007> Acesso em: 20 out. 2012.
40. KAVČIČ, A.; VODUŠEK, D. B. A historical perspective on cerebral palsy as a concept and a diagnosis. In: *Eur J Neurol*, v. 12, n. 8, p. 582-587, Aug. 2005. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>>. Acesso em: 10 out. 2011.
41. KOOP, S.E. Scoliosis in cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*. v. 51, suppl. 4, p. 92-98, Oct. 2009. doi: 10.1111/j.1469-8749.2009.03461.x. Acesso em: 15 dez. 2011.
42. KRÄGELOH-MANN, I.; CANS, C. Cerebral Palsy update. *Brain & Development*. v. 31, n. 7, p. 537-544, Aug. 2009. doi: 10.1016/j.braindev.2009.03.009. Acesso em: 30 out. 2011.
43. KREBS, H. I.; FASOLI, S. E.; DIPIETRO, L.; FRAGALA-PINKHAM, M.; HUGHES, R.; STEIN, J.; & HOGAN, N. Motor learning characterizes habilitation of children with hemiplegic cerebral palsy. *Neurorehabilitation and neural repair*, v. 26, n. 7, p. 855-60, Feb. 2012. doi:10.1177/1545968311433427. Acesso em: 20 out. 2012.

44. KRIGGER, K. W. Cerebral Palsy: An overview. *Am Fam Physician*. v. 73, n. 1, p. 91-100, Jan. 2006. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/>>. Acesso em: 30 out. 2011.
45. KWON, J-Y.; CHANG, H. J.; LEE, J. Y.; HA, Y.; LEE, P. K.; KIM, Y-H. Effects of hippotherapy on gait parameters in children with bilateral spastic cerebral palsy. *Arch Phys Med Rehabil*. v. 92, n. 5, p. 774-9, May. 2011. doi: 10.1016/j.apmr.2010.11.031. Acesso em: 17 abr. 2012.
46. LANGE, B.; FLYNN, S.; PROFFITT, R.; CHANG, C-Y.; RIZZO, A. Development of an interactive game-based rehabilitation tool for dynamic balance training. *Top Stroke Rehabil*. v. 17, n. 5, p. 345-52, Sep-Oct. 2010. doi: 10.1310/tsr1705-345. Acesso em: 25 abr. 2012.
47. LEE, J.D. et al. Motor pathway injury in patients with periventricular leucomalacia and spastic diplegia. *Brain*. v. 134, Pt 4, p. 1199-1210, Apr. 2011. doi: 10.1093/brain/awr021. Acesso em: 15 dez. 2011.
48. LEITE, J. M. R. S.; PRADO, G. F. Paralisia cerebral: aspectos fisioterapêuticos e clínicos. *Neurociências*. v. 12, n. 01, p. 41-45, 2004. doi: 10.4181/RNC.2004.12.41. Acesso em: 15 nov. 2011.
49. LEVAC, D.; PIERRYNOWSKI, M. R.; CANESTRARO, M.; GURR, L.; LEONARD, L.; NEELEY, C. Exploring children's movement characteristics during virtual reality video game play. *Human Movement Science*. v. 29, n. 6, p. 1023-1038, Dec. 2010. doi: 10.1016/j.humov.2010.06.006. Acesso em: 25 abr. 2012.
50. LIEBER, R. L. *Skeletal muscle structure, function, and plasticity: the physiological basis of rehabilitation*. 3rd ed. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins, 2010.
51. MAGILL, R. A. Motor learning and control: concepts and applications, 9th ed. New York, NY: McGraw-Hill, 2011.
52. MANTOVANI, J. F. Definition and classification of cerebral palsy. Classification of cerebral palsy: clinical genetic perspective. *Dev Med Child Neurol*. v. 49, suppl 109, p.

- 26-27, Feb. 2007. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>>. Acesso em: 30 out. 2011.
53. MICHALSKI, A.; GLAZEBROOK, C. M.; MARTIN, A. J.; WONG, W. W. N.; KIM, A. J. W.; MOODY, K. D.; SALBACH, N. M.; et al. Assessment of the postural control strategies used to play two Wii Fit™ videogames. *Gait & posture*, p. 7-11, 2012. Forthcoming. doi:10.1016/j.gaitpost.2012.04.005. Acesso em: 20 out. 2012.
54. MOCKFORD, M.; CAULTON, J. M. Systematic review of progressive strength training in children and adolescents with cerebral palsy who are ambulatory. *Pediatr Phys Ther.* v. 20, n. 4, p. 318–333, winter, 2008. doi: 10.1097/PEP.0b013e31818b7ccd. Acesso em: 20 mar. 2012.
55. MONGE PEREIRA, E.; MOLINA RUEDA, F.; ALGUACIL DIEGO, I. M.; CANO DE LA CUERDA, R.; DE MAURO, A.; MIANGOLARRA PAGE, J. C. Empleo de sistemas de realidad virtual como método de propiocepción en parálisis cerebral: guía de práctica clínica. *Neurología*. Forthcoming 2012. doi:10.1016/j.nrl.2011.12.004. Acesso em: 20 jan. 2012.
56. MORRIS, C. Definition and classification of cerebral palsy: a historical perspective. In: *Dev Med Child Neurol Suppl.* v. 49, suppl 109, p. 3-7, Feb. 2007. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>>. Acesso em: 10 out. 2011.
57. MURPHY, K. P. Cerebral palsy lifetime care – four musculoskeletal conditions. *Dev Med Child Neurol.* v. 51, suppl. 4, p. 30-37. Oct. 2009. doi: 10.1111/j.1469-8749.2009.03431.x. Acesso em: 15 dez. 2011.
58. O'SHEA, M. Cerebral Palsy. In: *Semin Perinatol.* v. 32, n. 1, p. 35-41, Feb. 2008a. doi: 10.1053/j.semperi.2007.12.008. Acesso em: 10 out. 2011.
59. O'SHEA, M. Diagnosis, treatment, and prevention of cerebral palsy. In: *Clin Obstet Gynecol.* v. 51, n. 4, p. 816-828, Dec. 2008b. doi: 10.1097/GRF.0b013e3181870ba7. Acesso em: 10 out. 2011.

60. OH, H.; GENTILI, R. J.; REGGIA, J. A.; CONTRERAS-VIDAL, J. L. Learning of spatial relationships between observed and imitated actions allows invariant inverse computation in the frontal mirror neuron system. In: 33rd Annual International Conference of the IEEE EMBS Boston, Massachusetts USA, August 30 - September 3, 2011. p. 4183-6, 2011. doi:10.1109/IEMBS.2011.6091038. Acesso em: 10 set. 2012.
61. OPHEIM, A.; JAHNSEN, R.; OLSSON, E.; STANGHELLE, J. K. Walking function, pain, and fatigue in adults with cerebral palsy: a 7-year follow-up study. *Dev Med Child Neurol.* v. 51, n. 5, p. 381-388, May. 2009. doi: 10.1111/j.1469-8749.2008.03250.x. Acesso em: 20 jan. 2012.
62. PALISANO, R.; ROSENBAUM, P.; WALTER, S.; RUSSELL, D.; WOOD, E.; GALUPPI, B. Development and reliability of a system to classify gross motor function in children with cerebral palsy. In: *Dev Med Child Neurol.* v. 39, n. 4, p. 214-223, Apr. 1997. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>>. Acesso em: 10 out. 2011.
63. PALMER, F. B.; SHAPIRO, B. K.; WACHTEL, R. C.; et al. The effects of physical therapy on cerebral palsy. A controlled trial in infants with spastic diplegia. *New Engl J Med.* v. 318, n. 13, p. 803-808, Mar. 1988. doi: 10.1056/NEJM198803313181302. Acesso em: 20 fev. 2012.
64. PATEL, D. R. Therapeutic Interventions in Cerebral Palsy. *Indian J Pediatr.* v. 72, n. 11, p. 979-983. Nov. 2005. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>>. Acesso em: 20 fev. 2012.
65. PENKO, A. L.; BARKLEY, J. E. Motivation and physiologic responses of playing a physically interactive video game relative to a sedentary alternative in children. *Ann Behav Med.* v. 39, n. 2, p. 162-9, May. 2010. doi: 10.1007/s12160-010-9164-x. Acesso em: 25 abr. 2012.
66. PFEIFER, L. I.; SILVA, D. B. R.; FUNAYAMA, C. A. R.; SANTOS, J. L. Classification of cerebral palsy: association between gender, age, motor type, topography and Gross Motor Function. *Arq Neuropsiquiatr.* v. 67, n. 4, p. 1057-1061, Dec. 2009. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/>>. Acesso em: 30 out. 2011.

67. PIOVESANA, A. M. S. G.; VAL FILHO, J. A. C.; LIMA, C. L. A.; FONSECA, M. S.; MÜRER, A. P. Encefalopatia Crônica - Paralisia Cerebral. In: FONSECA, L. F.; PIANETTI, G.; XAVIER, C. C. *Compêndio de Neurologia Infantil*. Belo Horizonte: Medsi; 2002. p.825-838.
68. PLESS, M.; CARLSSON, M. Effects of motor skill intervention on developmental coordination disorder: A meta-analysis. *Adapted Phys Activity Quart.* v. 17, n. 4, p. 381 – 401, Oct. 2000.
69. ROBIN, J.; GRAHAM, H. K.; BAKER, R.; SELBER, P.; SIMPSON, P.; SYMONS, S.; THOMASON, P. A Classification system for hip disease in cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol.* v. 51, n. 3, p. 183–192, Mar. 2009. doi: 10.1111/j.1469-8749.2008.03129.x. Acesso em: 15 dez. 2011.
70. ROSE, G. E.; LIGHTBODY, K.; FERGUSON, R. G.; WALSH, J. C.; ROBB, J. E. Natural history of flexed knee gait in diplegic cerebral palsy evaluated by gait analysis in children who have not had surgery. *Gait posture.* v. 31, n. 3, p. 351-4. Mar. 2010. doi: 10.1016/j.gaitpost.2009.12.006. Acesso em: 20 jan. 2012.
71. ROSENBAUM, P.; PANETH, N.; LEVITON, A.; GOLDSTEIN, M.; BAX, M. A report: the definition and classification of cerebral palsy April 2006. *Dev Med Child Neurol Suppl.* v. 49, n. suppl 109, p. 8-14, Feb. 2007. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>>. Acesso em: 10 out. 2011.
72. ROTTA, N. T. Paralisia cerebral, novas perspectivas terapêuticas. *J Pediatr.* v. 78, n. 1, p. S48-S54, 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.org/>>. Acesso em: 30 out. 2011.
73. RUSSELL, D. J.; ROSENBAUM, P. L.; AVERY, L. M.; LANE, M. *Gross Motor Function Measure – GMFM-66 & GMFM-88 – User’s Manual*. Canadá: Mac Keith Press; 2002.
74. SAPO. Portal do projeto software para avaliação postural. 2006. Consultado on-line a partir de <<http://sapo.incubadora.fapesp.br/portal>>. Acesso em: 10 dez. 2009.

75. SAPOSNIK, G.; TEASELL, R.; MAMDANI, M.; HALL, J.; MCILROY, W.; CHEUNG, D.; THORPE, K. E.; COHEN, L. G.; BAYLEY, M. Effectiveness of virtual reality using Wii gaming technology in stroke rehabilitation: a pilot randomized clinical trial and proof of principle. *Stroke*. v. 41, n. 7, p. 1477-1484, Jul. 2010. doi: 10.1161/STROKEAHA.110.584979. Acesso em: 25 abr. 2012.
76. SHEA, C. H.; & WULF, G. Enhancing motor learning through external-focus instructions and feedback. *Human Movement Science*, v. 18, n. 4, p. 553-571, 1999. doi:10.1016/S0167-9457(99)00031-7. Acesso em: 20 out. 2012.
77. SHIH, C-H.; SHIH, C-T.; CHU, C-L. Assisting people with multiple disabilities actively correct abnormal standing posture with a Nintendo Wii Balance Board through controlling environmental stimulation. *Res Dev Disabil*. v. 31, n. 4, p. 936-42, Jul-Aug. 2010. doi: 10.1016/j.ridd.2010.03.004. Acesso em: 25 abr. 2012.
78. SHUMWAY-COOK A, HUTCHINSON S, KARTIN D, PRICE R, WOOLLACOTT M. Effect of balance training on recovery of stability in children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*. v. 45, n. 9, p. 591-602, Sep. 2003. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>>. Acesso em: 20 jan. 2012.
79. SHUMWAY-COOK, A.; WOOLLACOTT, M. H. Controle Motor: Teoria e aplicações práticas, 2 ed. Barueri, SP: Manole, 2003.
80. STEFAN, K.; COHEN, L. G.; DUQUE, J.; MAZZOCCHIO, R.; CELNIK, P.; SAWAKI, L.; UNGERLEIDER, L.; et al. Formation of a motor memory by action observation. *The Journal of neuroscience*, v. 25, n. 41, p. 9339-46, Oct. 2005. doi:10.1523/JNEUROSCI.2282-05.2005. Acesso em: 20 out. 2012.
81. STØRVOLD GV, JAHNSEN R. Intensive Motor Skills Training Program Combining Group and Individual Sessions for Children With Cerebral Palsy. *Pediatr Phys Ther*. v. 22, n. 2, p. 150 –160, summer, 2010. doi: 10.1097/PEP.0b013e3181dbe379. Acesso em: 25 abr. 2012.

82. SUGDEN, D.; DUNFORD, C. Intervention and the role of theory, empiricism and experience in children with motor impairment. *Disabil Rehabil.* v. 29, n. 1, p. 3 – 11. Jan. 2007. doi: 10.1080/09638280600947542. Acesso em: 20 fev. 2012.
83. SWAIMAN, K. F.; WU, Y. Cerebral Palsy. In: SWAIMAN, K. F.; ASHWAL, S.; FERRIERO, D. M. *Pediatric Neurology: Principles & Practice*. 4th ed. Philadelphia: Mosby Elsevier, 2006. p. 491-504.
84. THERASUIT METHOD [Internet]. Keego Harbor (MI): Pediatric Fitness Center; [cited 2012 Mar 12]. About Therasuit® [about 2 screens]. Disponível em: <<http://www.suittherapy.com/therasuit%20info.htm>> Acesso em: 25 abr. 2012.
85. THOMPSON, N.; STEBBINS, J.; SENIOROU, M.; NEWHAM, D. Muscle strength and walking ability in diplegic cerebral palsy: implications for assessment and management. *Gait posture.* v. 33, n. 3, p. 321-5. Mar. 2011. doi: 10.1016/j.gaitpost.2010.10.091. Acesso em: 15 dez. 2011.
86. TOSI, L. L.; MAHER, N.; MOORE, D. W.; GOLDSTEIN, M.; AISEN, M. L. Adults with cerebral palsy: a workshop to define the challenges of treating and preventing secondary musculoskeletal and neuromuscular complications in this rapidly growing population. *Dev Med Child Neurol.* v. 51, suppl. 4, p. 2-11, Oct. 2009. doi: 10.1111/j.1469-8749.2009.03462.x. Acesso em: 15 dez. 2011.
87. TURNER, A. E. The efficacy of Adeli suit treatment in children with cerebral palsy: commentary. *Dev Med Child Neurol.* v. 48, n. 5, p. 324-324, May. 2006. doi: 10.1017/S0012162206000715. Acesso em: 25 abr. 2012.
88. VERSCHUREN, O.; KETELAAR, M.; TAKKEN, T.; HELDERS, P. J. M.; GORTER, J. W. Exercise programs for children with cerebral palsy: a systematic review of the literature. *Phys Med Rehabil.* v. 87, n. 5, p. 404-417, May. 2008. doi: 10.1097/PHM.0b013e31815b2675. Acesso em: 20 mar. 2012.

89. VIRJI-BABUL, N.; ROSE, A.; MOISEEVA, N.; & MAKAN, N. Neural correlates of action understanding in infants: influence of motor experience. *Brain and behavior*, v. 2, n. 3, p. 237-42, May. 2012. doi:10.1002/brb3.50. Acesso em: 10 set. 2012.
90. WATANABE, M.; SHINOHARA, S.; & SHIMOJO, S. Mirror adaptation in sensory-motor simultaneity. *PloS one*, v. 6, n. 12, p. e28080, Dec. 2011. doi:10.1371/journal.pone.0028080. Acesso em: 20 out. 2012.
91. WILLOUGHBY, K. L.; DODD, K. J.; SHIELDS, N. A systematic review of the effectiveness of treadmill training for children with cerebral palsy. *Disabil Rehabil.* v. 31, n. 24, p. 1971-1979, 2009. doi: 10.3109/09638280902874204. Acesso em: 20 mar. 2012.
92. WORLEY, J. R.; ROGERS, S. N.; KRAEMER, R. R. Metabolic responses to Wii Fit™ video games at diferente game levels. *J Strength Cond Res.* v. 25, n. 3, p. 689-93, Mar. 2011. doi: 10.1519/JSC.0b013e318207eae9. Acesso em: 25 abr. 2012.
93. WRIGHT, P. A.; DURHAM, S.; EWINS, D. J.; SWAIN, I. D. Neuromuscular electrical stimulation for children with cerebral palsy: a review. *Arch Dis Child.* v. 97, n. 4, p. 364–371, Apr. 2012. doi: 10.1136/archdischild-2011-300437. Acesso em: 17 abr. 2012.
94. WUANG, Y-P.; CHIANG, C-S.; SU, C-Y.; WANG, C-C. Effectiveness of virtual reality using Wii gaming technology in children with Down Syndrome. *Res Dev Disabil.* v. 32 n. 1, p. 312-21, Jan-Feb. 2011. doi: 10.1016/j.ridd.2010.10.002. Acesso em: 25 abr. 2012.
95. YABUNAKA, Y.; KONDO, I.; SONODA, S.; SAITOH, E.; TSURUTA, Y.; KONAKA, M.; KONAKA, T.; KAWARADA, S. Evaluating the effect of intensive intervention in children with cerebral palsy using a hypothetical matched control group: a preliminary study. *Am J Phys Med Rehabil.* v. 90, n. 2, p. 128-136, Feb. 2011. doi: 10.1097/PHM.0b013e3181fc7ddf. Acesso em: 25 abr. 2012.
96. ZADNIKAR, M.; KASTRIN, A. Effects of hippotherapy and therapeutic horseback riding on postural control or balance in children with cerebral palsy: a meta-analysis. *Dev Med Child Neurol.* v. 53, n. 8, p. 684–691, Mar. 2011. Acesso em: 17 abr. 2012.

97. ZWICKER, J. G.; MAYSON, T. A. Effectiveness of treadmill training in children with motor impairments: an overview of systematic reviews. *Pediatr Phys Ther.* v. 22, n. 4, p. 361–377, winter, 2010. doi: 10.1097/PEP.0b013e3181f92e54. Acesso em: 20 mar. 2012.

ANEXO 1 – Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa



FACULDADE DE CIÊNCIAS MÉDICAS
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

www.fcm.unicamp.br/pesquisa/etica/index.html

CEP, 19/05/10
(Grupo I)

PARECER CEP: Nº 140/2010 (Este nº deve ser citado nas correspondências referente a este projeto)
CAAE: 0106.0.146.000-10

I - IDENTIFICAÇÃO:

PROJETO: “EFEITOS DA WIIREABILITAÇÃO EM CRIANÇAS E ADOLESCENTES COM PARALISIA CEREBRAL ESPÁSTICA”.

PESQUISADOR RESPONSÁVEL: Poliana Chiemi Yamagute

INSTITUIÇÃO: Hospital das Clínicas/UNICAMP

APRESENTAÇÃO AO CEP: 08/03/2010

APRESENTAR RELATÓRIO EM: 19/05/11 (O formulário encontra-se no site acima)

II - OBJETIVOS

Analisar os efeitos da aplicação da Wiireabilitação (reabilitação através do uso do Nintendo Wii) em crianças e adolescentes com paralisia cerebral (PC) espástica.

III - SUMÁRIO

Serão selecionadas 30 crianças e/ou adolescentes (idade entre 8 e 15 anos) com diagnóstico clínico de Paralisia Cerebral Espástica, frequentadores do Ambulatório de Fisioterapia Aplicada à Neurologia Infantil do HC - UNICAMP. Dez crianças e/ou adolescentes serão selecionados para o grupo controle e vinte serão divididos aleatoriamente nos 2 grupos com intervenção. O grupo controle (GC) não será submetido a qualquer tratamento fisioterapêutico. O grupo GF realizará fisioterapia convencional 2 vezes por semana, com duração de 50 minutos, durante 4 meses. O grupo GWii realizará fisioterapia convencional 2 vezes por semana, com duração de 50 minutos, seguida de Wiireabilitação com duração de 30 minutos, durante 4 meses. As sessões de fisioterapia serão realizadas no Ambulatório de Fisioterapia Aplicada à Neurologia do HC - UNICAMP. As variáveis citadas acima serão mensuradas antes do início do estudo e após 4 meses. A avaliação postural, goniometria e avaliação da função motora grosseira será realizada no Ambulatório de Fisioterapia Aplicada à Neurologia Infantil do HC - UNICAMP e a baropodometria será realizada no Laboratório de Avaliação Postural e Eletromiografia da FEF - UNICAMP.

IV - COMENTÁRIOS DOS RELATORES

Após respostas às pendências, o projeto encontra-se adequadamente redigido e de acordo com a Resolução CNS/MS 196/96 e suas complementares, bem como o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

V - PARECER DO CEP

Comitê de Ética em Pesquisa - UNICAMP
Rua: Tessália Vieira de Camargo, 126
Caixa Postal 6111
13083-887 Campinas - SP

FONE (019) 3521-8936
FAX (019) 3521-7187
cep@fcm.unicamp.br



**FACULDADE DE CIÊNCIAS MÉDICAS
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA**

www.fcm.unicamp.br/pesquisa/etica/index.html

O Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências Médicas da UNICAMP, após acatar os pareceres dos membros-relatores previamente designados para o presente caso e atendendo todos os dispositivos das Resoluções 196/96 e complementares, resolve aprovar sem restrições o Protocolo de Pesquisa, bem como ter aprovado o Termo do Consentimento Livre e Esclarecido, assim como todos os anexos incluídos na Pesquisa supracitada.

O conteúdo e as conclusões aqui apresentados são de responsabilidade exclusiva do CEP/FCM/UNICAMP e não representam a opinião da Universidade Estadual de Campinas nem a comprometem.

VI - INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES

O sujeito da pesquisa tem a liberdade de recusar-se a participar ou de retirar seu consentimento em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma e sem prejuízo ao seu cuidado (Res. CNS 196/96 – Item IV.1.f) e deve receber uma cópia do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, na íntegra, por ele assinado (Item IV.2.d).

Pesquisador deve desenvolver a pesquisa conforme delineada no protocolo aprovado e descontinuar o estudo somente após análise das razões da descontinuidade pelo CEP que o aprovou (Res. CNS Item III.1.z), exceto quando perceber risco ou dano não previsto ao sujeito participante ou quando constatar a superioridade do regime oferecido a um dos grupos de pesquisa (Item V.3.).

O CEP deve ser informado de todos os efeitos adversos ou fatos relevantes que alterem o curso normal do estudo (Res. CNS Item V.4.). É papel do pesquisador assegurar medidas imediatas adequadas frente a evento adverso grave ocorrido (mesmo que tenha sido em outro centro) e enviar notificação ao CEP e à Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA – junto com seu posicionamento.

Eventuais modificações ou emendas ao protocolo devem ser apresentadas ao CEP de forma clara e sucinta, identificando a parte do protocolo a ser modificada e suas justificativas. Em caso de projeto do Grupo I ou II apresentados anteriormente à ANVISA, o pesquisador ou patrocinador deve enviá-las também à mesma junto com o parecer aprovatório do CEP, para serem juntadas ao protocolo inicial (Res. 251/97, Item III.2.e)

Relatórios parciais e final devem ser apresentados ao CEP, de acordo com os prazos estabelecidos na Resolução CNS-MS 196/96.

VII- DATA DA REUNIÃO

Homologado na III Reunião Ordinária do CEP/FCM, em 23 de março de 2010.

Profa. Dra. *Carmen* Silvia Bertuzzo
VICE-PRESIDENTE do COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA
FCM / UNICAMP

ANEXO 2

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Projeto de Pesquisa: “Efeitos da Wiireabilitação em crianças e adolescentes com Paralisia Cerebral Espástica”

Protocolo de aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa FCM / Unicamp nº140/2010

Pesquisadora responsável: Ft. Poliana Chiemi Yamagute - CREFITO 3/95120-F

Instituição: Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP.

Faculdade de Educação Física - Departamento de Estudos da Atividade Física Adaptada e Laboratório de Eletromiografia e Biomecânica da Postura

Ambulatório de Fisioterapia aplicada à Neurologia Infantil. Serviço de Fisioterapia e Terapia Ocupacional. Hospital de Clínicas.

O Nintendo Wii® é um sistema de jogos virtuais (video-game) que tem sido frequentemente utilizado nas clínicas e ambulatórios de fisioterapia no Brasil para reabilitação neuromotora. O uso deste aparelho nas terapias tem sido chamado de Wiireabilitação. Porém não há pesquisas publicadas comprovando os benefícios deste tipo de tratamento. Assim, este estudo tem como **objetivo**: Analisar os efeitos da Wiireabilitação e da fisioterapia convencional em crianças e adolescentes com PC espástica.

Para o estudo, as crianças participantes serão divididas em 3 grupos (dois grupos de tratamento aleatoriamente (por sorteio) e o terceiro grupo sem tratamento):

Grupo de fisioterapia	Grupo de wiireabilitação	Grupo controle
tratamento convencional	tratamento convencional associado aos jogos virtuais	serão selecionadas crianças acompanhadas em retornos trimestrais no ambulatório de Fisioterapia, que não participam de tratamento fisioterapêutico, para verificar se existe diferença entre crianças que realizam a fisioterapia e a wiireabilitação e crianças que não realizam

As avaliações serão aplicadas pela fisioterapeuta responsável pela pesquisa, antes e após 4 meses de tratamento, agendadas de acordo com a disponibilidade das crianças. No caso das crianças do grupo sem tratamento, serão avaliadas ao início da pesquisa, e após 4 meses.

<i>Avaliação</i>	<i>Equilíbrio estático e dinâmico</i>	<i>Alinhamento postural</i>	<i>Flexibilidade</i>	<i>Função motora grossa</i>
Equipamento	Baropodometria eletrônica	Software para Avaliação Postural (SAPO), marcadores de isopor e câmera fotográfica	Goniômetro	Subtestes D e E da escala “Medida da Função Motora Grossa” GMFM
Local	Laboratório de Eletromiografia e Biomecânica da Postura, na Faculdade de Educação Física da Unicamp	Ambulatório de Fisioterapia aplicada à Neurologia Infantil do HC/Unicamp	Ambulatório de Fisioterapia aplicada à Neurologia Infantil do HC/Unicamp	Ambulatório de Fisioterapia aplicada à Neurologia Infantil do HC/Unicamp
Duração	30 minutos	20 minutos	20 minutos	30 minutos
Traje / roupa	Roupa de banho (biquini/ sunga)	Roupa de banho (biquini/ sunga)	Shorts ou bermuda	Roupa leve
O que a criança faz	Fica em pé sobre uma plataforma e depois caminha sobre ela	Fica em pé, com marcadores de isopor em seus pontos anatômicos para registro fotográfico	Fica deitada sobre um tablado, e a fisioterapeuta realiza e mede os movimentos das articulações das pernas	Realiza atividades de postura em pé, andar, correr e pular de diversas maneiras

Os tratamentos serão aplicados por fisioterapeutas do Ambulatório de Fisioterapia aplicada à Neurologia Infantil e as sessões agendadas previamente.

Para o grupo do tratamento de fisioterapia convencional, a criança deverá participar de duas sessões semanais, com duração de 50 minutos. Serão realizados exercícios para treino de flexibilidade, força muscular, equilíbrio estático e dinâmico e funções motoras grosseiras, utilizando rolos e bolas terapêuticos, elásticos, pesos, cama elástica, colchonetes, brinquedos e objetos para realizar atividades motoras funcionais.

Para o grupo que participará da fisioterapia convencional associada à Wiireabilitação, a criança deverá participar de duas sessões semanais, com duração de 1 hora e 20 minutos (50 minutos de tratamento fisioterapêutico descrito acima e 30 minutos de Wiireabilitação). Será

utilizado o Nintendo Wii Fit®, que inclui jogos de fortalecimento muscular, exercícios aeróbicos, yoga e equilíbrio utilizando uma plataforma e controle remoto.

Não será necessário nenhum equipamento especial ou esforço excessivo por parte da criança para as terapias e avaliações, sem oferecer riscos previsíveis para seus participantes. As informações obtidas na avaliação serão analisadas sob total sigilo, sem divulgação da identificação dos participantes. A pesquisadora compromete-se em utilizar os dados coletados somente para fins científicos.

Não há despesas pessoais para quem participar do estudo em qualquer fase e também não há compensação financeira relativa à sua participação. A qualquer momento o(a) senhor(a) poderá retirar seu consentimento e solicitar que a criança deixe de participar do estudo, sem qualquer prejuízo à mesma.

Eu, _____ acredito ter sido suficientemente informado a respeito das informações que li ou que foram lidas para mim, e concordo voluntariamente que a criança sob minha responsabilidade participe deste estudo. Confirmando que recebi uma cópia deste termo de consentimento livre e esclarecido.

****Dados da criança:***

Nome: _____ Data de Nascimento: _____ Sexo: (
)F ()MRG _____

Assinatura do responsável

Data: __/__/____

Assinatura da testemunha

Data: __/__/____

Ambulatório de Fisioterapia aplicada à Neurologia Infantil. HC/ Unicamp. Serviço de Fisioterapia e Terapia Ocupacional (para esclarecimento de dúvidas e atualização sobre os resultados parciais da pesquisa)

Endereço: Cidade Universitária Zeferino Vaz, s/nº Campinas, SP CEP: 13083-888

Tel/Fax: 35217374

Contato do Comitê de Ética em Pesquisa FCM/UNICAMP (para reclamações ou denúncias sobre esta pesquisa):

Rua: Tessália Vieira de Camargo, 126 - Caixa Postal 6111 13083-887 Campinas – SP

Tel (019) 3521-8936 Fax (019) 3521-7187 e-mail: cep@fcm.unicamp.br

ANEXO 3

MODELO DE INTERPRETAÇÃO DAS MEDIDAS DO PROTOCOLO SAPO (SOFTWARE PARA AVALIAÇÃO POSTURAL)

Neste modelo encontram-se somente as variáveis utilizadas para análise na pesquisa, portanto não representa o modelo completo utilizado no protocolo SAPO.

Medida	Interpretação	Observações
Alinhamento horizontal da cabeça	(+) Flexão de cabeça à D (-) Flexão de cabeça à E	Normal = 0°
Alinhamento horizontal das EIAS	(+) Elevação EIAS E (-) Elevação EIAS D	Normal = 0°
Ângulo entre perna e retopé	(+) Tendência ao valgo de tornozelo (-) Tendência ao varo de tornozelo	Normal = 0° Referente ao ângulo externo
Alinhamento vertical do corpo	(+) Corpo projetado para frente (-) Corpo projetado para trás	Normal = 0°
Ângulo do tornozelo	Menor que 90° = dorsiflexão de tornozelo Maior que 90° = plantiflexão de tornozelo	Normal = 90°