

# Posturografia na análise do equilíbrio em crianças com paralisia cerebral: revisão de literatura

*Posturography in the analysis of postural control in children with cerebral palsy: a literature review*

*Posturografía en el análisis del equilibrio en niños con parálisis cerebral: revisión de literatura*

Guilherme Henrique Ramos Lopes<sup>1</sup>, Ana Cristina de David<sup>2</sup>

**RESUMO** | Crianças com paralisia cerebral (PC) apresentam menor equilíbrio postural pelo comprometimento de funções motoras, sensoriais e centrais. Existem diversos protocolos funcionais para análise do equilíbrio, mas poucos estudos têm utilizado a plataforma de força como instrumento de precisão nessa avaliação. O objetivo desta revisão foi identificar artigos publicados que utilizaram essa avaliação em crianças com PC e analisar os protocolos e parâmetros utilizados. Para tanto, foi realizada uma busca nas seguintes bases de dados: LILACS, IBECs, MEDLINE, Biblioteca Cochrane e SciELO, por meio da Biblioteca Virtual em Saúde. Foram encontrados 165 artigos; a partir dos critérios de inclusão e exclusão, foram selecionados 16 artigos. Os estudos mostraram que os parâmetros lineares de deslocamento médio-lateral e anteroposterior do centro de pressão e a razão desses deslocamentos têm sido utilizados com maior frequência, e que o tempo de avaliação na plataforma de força, na maioria dos estudos, não excede os 20 segundos. Foi demonstrado ainda que crianças com desenvolvimento típico apresentam melhor controle postural, e que crianças com PC podem incrementar seu equilíbrio a partir de intervenções específicas, inclusive em plataforma de força.

**Descritores** | paralisia cerebral; equilíbrio postural; avaliação.

**ABSTRACT** | Children with cerebral palsy (CP) have reduced postural control given that sensory and motor functions are compromised. There are several functional protocols for balance analysis, but few studies have used the force platform as an instrument of precision in this assessment. The objective of this review was to identify published articles that employed this evaluation of children with CP and to analyze the used protocols and parameters. To this effect, a search was carried out through the BVS in the following databases: LILACS, IBECs, MEDLINE, Cochrane Library, SciELO. A total of 165 articles were found, from which 16 were selected on the basis of the

inclusion and exclusion criteria. Studies have shown that the parameters of medial-lateral and anterior-posterior linear displacement of the center of pressure and the sway ratio have been used more frequently, and that the evaluation time of the force platform, in most studies, does not exceed 20 seconds. This review demonstrates that children with typical development present better postural control, and children with CP can increase their balance via specific interventions, including the use of force platform.

**Keywords** | cerebral palsy; postural balance; evaluation.

**RESUMEN** | Niños con parálisis cerebral (PC) presentan menor equilibrio postural por el compromiso de sus funciones motoras, sensoriales y centrales. Existen diversos protocolos funcionales para el análisis del equilibrio, pero pocos estudios utilizan la plataforma de fuerza como instrumento de precisión en esta evaluación. El objetivo de esta revisión fue identificar artículos publicados que utilizaran esta evaluación en niños con PC y analizar los protocolos y parámetros utilizados. Por lo tanto, fue realizada una búsqueda en las siguientes bases de datos: LILACS, IBECs, MEDLINE, Biblioteca Cochrane y SciELO, por medio de la Biblioteca Virtual en Salud. Fueron encontrados 165 artículos y a partir de los criterios de inclusión y exclusión, fueron seleccionados 16 artículos. Los estudios han demostrado que los parámetros lineales de desplazamiento medio-lateral y antero-posterior del centro de presión y la proporción de estos desplazamientos, han sido utilizados con mayor frecuencia y que el tiempo de evaluación en la plataforma de fuerza, en la mayoría de los estudios, no excede los 20 segundos. Fue demostrado también que niños con desarrollo típico presentan mejor control postural, y que niños con PC pueden incrementar su equilibrio a partir de intervenciones específicas, inclusive en plataforma de fuerza.

**Palabras clave** | parálisis cerebral; equilibrio postural; evaluación.

Estudo desenvolvido na Faculdade de Educação Física da Universidade de Brasília (UnB) - Brasília (DF), Brasil.

<sup>1</sup>Mestrando em Educação Física (Desempenho Motor Infantil) do Departamento de Pós-Graduação da Faculdade de Educação Física da UnB - Brasília (DF), Brasil.

<sup>2</sup>Doutora em Educação Física (Biomecânica); Professora Associada da Faculdade de Educação Física da UnB - Brasília (DF), Brasil.

Endereço para correspondência: Guilherme Henrique Lopes - SQS 109, bloco B, apto 604 - CEP: 70372-020 - Brasília (DF), Brasil - E-mail: guilhermelopes@hotmail.com  
Apresentação: set. 2012 - Aceito para publicação: jan. 2013 - Fonte de financiamento: nenhuma - Conflito de interesses: nada a declarar.

## INTRODUÇÃO

O termo paralisia cerebral (PC) refere-se a um grupo de distúrbios posturais e dos movimentos decorrente de uma lesão cerebral não progressiva e permanente que ocorre durante o desenvolvimento de um cérebro imaturo, e que causa limitações na vida cotidiana do indivíduo<sup>1-3</sup>. Estudos apontam a espasticidade, deformidades articulares, encurtamentos e desequilíbrio muscular como principais alterações no sistema musculoesquelético capazes de interferir no controle postural de crianças com PC, bem como as alterações sensoriais observadas nessas crianças, como déficit visual e dos sistemas auditivo e vestibular<sup>1,2,4,5</sup>.

Assim, torna-se importante avaliar o equilíbrio nesses indivíduos. Existem diversos protocolos de avaliação, desde instrumentos precisos a avaliações observacionais, por meio de métodos qualitativos e quantitativos. No entanto, a forma mais precisa de se avaliar o controle postural é a posturografia, medindo a oscilação corporal durante a postura ereta semiestática, por meio de plataformas de força<sup>6</sup>.

Contudo, poucos estudos têm utilizado esse instrumento em crianças com PC<sup>7</sup>. Assim, o objetivo do estudo foi identificar artigos publicados que utilizaram a posturografia como avaliação do controle postural em crianças com PC e analisar os protocolos e parâmetros utilizados.

## METODOLOGIA E RESULTADOS

Foi realizada uma busca sistemática das publicações sobre equilíbrio postural em crianças com PC. A busca incluiu as seguintes bases de dados: LILACS, IBECs, MEDLINE, Biblioteca Cochrane e SciELO. Foram utilizadas as palavras-chave: *cerebral palsy AND postural control OR balance*. Na busca inicial, por meio de recursos próprios das bases de dados, foram excluídos estudos realizados com crianças menores de dois anos de idade ou com adultos, que não tenham sido publicados em português ou inglês e os anteriores ao ano de 2002 (Etapa I). Após essa busca inicial, foi realizada avaliação baseada no título, resumo e palavras-chave, acrescentando-se o seguinte critério de inclusão: uso da plataforma de força como instrumento de avaliação do equilíbrio, e, como critério de exclusão, os estudos de avaliação pós-intervenção cirúrgica e de revisão de literatura (Etapa II). A análise dos textos completos (Etapa III) foi realizada buscando encontrar os estudos de avaliação

do equilíbrio postural em crianças e adolescentes com condições mínimas de serem avaliadas na plataforma de força na posição em pé ou sentada.

Na Etapa I, foram encontrados 165 artigos. A avaliação do título, resumo e palavras-chave dos artigos reduziu a amostra para 47 estudos. Na Etapa III, foram analisados os textos completos desses artigos, finalizando com 16 artigos que preenchem os critérios (Tabela 1).

## DISCUSSÃO

Os estudos apresentaram amostras de sujeitos que variavam de 7 a 23 sujeitos, com média de 12 sujeitos ( $\pm 5,7$ ), e médias de idade entre 5 a 11 anos. Foram encontrados dois artigos que realizaram avaliação do equilíbrio postural na posição sentada e os outros 14 que avaliaram na posição em pé.

Apesar de encontrarmos somente dois estudos avaliando crianças na posição sentada<sup>8,9</sup>, reconhecemos a importância de uma melhor compreensão do equilíbrio corporal nessa posição. Em virtude das alterações de equilíbrio e do comprometimento motor global, grande parte dos indivíduos com PC permanecem boa parte do tempo sentados, e dessa maneira participam das atividades de vida diária. Essa situação ocorre pois não possuem capacidade para permanecer em pé e, mesmo que tenham capacidade, apresentam melhor desempenho quando sentados, ou ainda porque ocorre aumento de gasto energético na posição em pé. Liao et al.<sup>9</sup> destacam como prioridade na reabilitação desses sujeitos que se obtenha máxima função na posição sentada.

Ambos os estudos utilizaram na amostra grupos com PC do tipo espástico, comparando-os com crianças com desenvolvimento típico (DT), mas com métodos de avaliação do equilíbrio diferentes (Tabela 2).

Cherng et al.<sup>8</sup> avaliaram o equilíbrio sentado com os pés dos sujeitos apoiados na plataforma de força. Os autores concluíram que a estabilidade postural na posição sentada sofre alterações de acordo com a inclinação do assento e de forma comparável em crianças com PC e com DT. O assento em inclinação anterior proporcionou melhor equilíbrio postural e funcionalidade na tarefa de alcançar para ambos os grupos. Contudo, quando posicionado o assento com inclinação posterior, o deslocamento do centro de pressão (COP) médio-lateral apresentou-se maior no grupo com PC.

Liao et al.<sup>9</sup> utilizaram a plataforma como base de apoio para sentar. Foi observado que os deslocamentos

Tabela 1. Descrição dos estudos que utilizaram plataforma de força para avaliar equilíbrio postural em crianças com paralisia cerebral

Estudo	Publicação (IF)	Participantes	Tipo de estudo	Tarefas	Posição
Nobre et al. <sup>7</sup>	Eletromyogr Clin Neurophysiol (NF)	10 PC (7,9±2,07 anos) 9 DT (7,5±1,58 anos)	Comparativo	Apoio bipodal OA e OF	Em pé
Cherng et al. <sup>8</sup>	Rev Dev Disabil (4,04)	10 PC (7,8±1,48 anos) 16 DT (8,8±1,89 anos)	Comparativo	Equilibrar e alcançar	Sentado
Liao et al. <sup>9</sup>	Am J Phys Med Rehabil (1,58)	20 PC (3 a 8 anos) 20 DT (3 a 8 anos)	Comparativo	Apoio bipodal Base estável Recuperar o equilíbrio: Base oscilatória	Sentado
Shumway-Cook et al. <sup>10</sup>	Dev Med Child Neurol (2,92)	6 PC (9,1±2 anos)	Quasi-experimental	Apoio bipodal Equilibrar e recuperar o equilíbrio: perturbação anterior e posterior	Em pé
Woolacott et al. <sup>11</sup>	Dev Med Child Neurol (2,92)	6 PC (9,3 anos)	Quasi-experimental	Apoio bipodal Equilibrar e recuperar o equilíbrio: perturbação anterior e posterior	Em pé
Burtner et al. <sup>12</sup>	Dev Neurorehabil (1,58)	8 PC (5,37±2,06 anos) 36 DT (2 a 10 anos)	Comparativo	Apoio bipodal Recuperar o equilíbrio: perturbação posterior	Em pé
Chen e Woolacott <sup>13</sup>	J Mot Behav (3,10)	7 PC (11,1±1,7 anos) 8 DT (8,64±3,32 anos)	Comparativo	Apoio bipodal Recuperar o equilíbrio: perturbação posterior	Em pé
Ferdjallah et al. <sup>14</sup>	Clin Biomech (2,07)	11 PC (9,9±3,5 anos) 8 DT (2,7±2,7 anos)	Comparativo	Apoio bipodal OA e OF	Em pé
Rose et al. <sup>15</sup>	Dev Med Child Neurol (2,92)	23 PC (11,2±4,7 anos) 92 DT (10,9±3,7 anos)	Comparativo	Apoio bipodal OA e OF	Em pé
Correa et al. <sup>16</sup>	Eletromyogr Clin Neurophysiol (NF)	10 PC (7,3±1,8 anos) 10 DT (7,6±2,1 anos)	Comparativo	Apoio bipodal Base estável Grupo controle: Base instável (espuma)	Em pé
Druzbecki et al. <sup>17</sup>	Acta Bioenge Biomech (0,45)	18 PC 6 a 14 anos	Experimental	Apoio bipodal OA e OF	Em pé
Liao e Hwang <sup>18</sup>	Percept Mot Skills (0,49)	15 PC (8,5±1,91 anos)	Correlacional	Apoio bipodal Equilibrar e recuperar o equilíbrio: <i>Feedback</i> visual, OA e OF, informação visual oscilatória, OA com base oscilatória, OF com base oscilatória, informação visual oscilatória com base oscilatória, ritmo lateral, apoio unipodal e apoio em tandem	Em pé
Donker et al. <sup>19</sup>	Exp Brain Res (2,39)	10 PC (7 anos) 9 DT (8 anos)	Comparativo	Apoio bipodal OA, OF e <i>feedback</i> visual	Em pé
Ledebt et al. <sup>20</sup>	Motor Control (1,53)	10 PC 5 a 11 anos	Quasi-experimental	Apoio bipodal Equilibrar com <i>feedback</i> visual Estático (manter ponto no alvo) Dinâmico (mover ponto para o alvo, em círculo, lateral ou randomizado)	Em pé
Rha, Kim e Park <sup>21</sup>	Yonsei Med J (0,22)	21 PC (6,1±1,09 anos) 22 DT (5,64±0,49 anos)	Comparativo	Apoio bipodal Sem e com órteses	Em pé
Reilly et al. <sup>22</sup>	Arch Phys Med Rehabil (2,282)	8 PC (4 a 14 anos) 11 DT (4 a 14 anos)	Comparativo	Apoio bipodal Base aberta e base fechada + Testes cognitivos de atenção e memória	Em pé

IF: fator de impacto; PC: paralisia cerebral; DT: desenvolvimento típico; OA: olhos abertos; OF: olhos fechados; NF: não fornecido

do COP nas direções médio-laterais e anteroposterior são maiores no grupo com PC, mas foi encontrada diferença estatística somente no deslocamento lateral no equilíbrio dinâmico. Tais resultados sugerem que as crianças com PC adquiriram uma estabilidade corporal de tronco e mecanismos de equilíbrio estático semelhante às crianças com DT e demonstram que a tarefa

de equilíbrio estático pode não ser suficiente para detectar as dificuldades de equilíbrio dessa população.

Os demais estudos avaliaram o equilíbrio em crianças com PC na posição em pé (Tabela 3). A plataforma móvel foi utilizada na avaliação e intervenção em um estudo (dividido em duas publicações)<sup>10,11</sup> e, somente como instrumento de avaliação, em mais dois estudos<sup>12,13</sup>.

Tabela 2. Procedimentos dos estudos que avaliaram o equilíbrio postural na posição sentada

Estudo	Tentativas	Tempo de avaliação (segundos)	Posição das mãos	Posição dos pés	Parâmetros de avaliação
Cherng et al. <sup>8</sup>	3	7	Sob as coxas	Pés apoiados na plataforma de força	1. Deslocamentos AP e ML do COP 2. <i>Sway ratio</i> 3. Força de reação ao solo
Liao et al. <sup>9</sup>	1	10	Ao lado do corpo	Pés apoiados e joelhos em 90°	1. Deslocamentos AP e ML do COP 2. <i>Sway index</i> 3. <i>Sway ratio</i>

AP: anteroposterior; ML: médio-lateral; COP: centro de pressão

Tabela 3. Procedimentos dos estudos que avaliaram o equilíbrio postural na posição ortostática

Estudo	Tentativas	Tempo de avaliação (segundos)	Posição das mãos	Posição dos pés	Parâmetros de avaliação
Woollacott et al. <sup>5</sup>	5 para cada condição	NA	NI	Um pé por plataforma	EMG
Nobre et al. <sup>7</sup>	1	30	Ao lado do corpo	Autosseleccionado	Deslocamento AP e ML
Shumway-Cook et al. <sup>10</sup>	5 para cada condição	10	NI	Um pé por plataforma	1. Deslocamentos AP e ML 2. Tempo de estabilização
Burtner et al. <sup>12</sup>	NI	NA	NI	Largura dos ombros	Deslocamento AP e ML
Chen e Woollacott <sup>13</sup>	NA	NA	Braços cruzados no peito	Autosseleccionado	1. Torque 2. Diferença entre COP e COG
Ferdjallah et al. <sup>14</sup>	2	20	Ao lado do corpo	Autosseleccionado	1. Deslocamentos AP e ML 2. NRMS
Rose et al. <sup>15</sup>	5 em crianças com PC ou até 6 anos; 10 nas demais	30	Ao lado do corpo	Autosseleccionado	1. Velocidade de deslocamento 2. Deslocamento radial médio 3. Frequência média
Côrrea et al. <sup>16</sup>	1	60	NI	Largura dos ombros	Deslocamento AP e ML
Druzicki et al. <sup>17</sup>	NI	NI	NI	NI	1. Comprimento do deslocamento do COP 2. Área de elipse 3. Deslocamento vertical e horizontal do COG
Liao e Hwang <sup>18</sup>	3	7 a 10	NI	NI	1. Deslocamentos AP e ML 2. Razão AP/ML
Donker et al. <sup>19</sup>	1	60	Ao lado do corpo	Largura da pelve Calçado e uso de órtese	1. Amplitude média de deslocamento 2. Deslocamento normalizado 3. Entropia
Ledebt et al. <sup>20</sup>	NI	NI	Ao lado do corpo	Largura da pelve Calçado e uso de órtese	1. Deslocamento AP e ML 2. Tempo do COP no alvo
Rha, Kim e Park <sup>21</sup>	3	20	Ao lado do corpo	Um pé por plataforma	1. Deslocamento AP e ML 2. Força de reação ao solo
Reilly et al. <sup>22</sup>	NA	NA	NI	Base aberta (um pé por plataforma) Base fechada (pés unidos)	1. Velocidade de deslocamento 2. RMS

AP: anteroposterior; ML: médio-lateral; NRMS: *Normalized root mean square*; EMG: eletromiografia; COP: centro de pressão; COG: centro de gravidade; NI: não informado; PC: paralisia cerebral; RMS: *root mean square*; NA: não se aplica

O uso terapêutico da plataforma móvel parece provocar efeitos positivos a partir da prática, pois os resultados demonstraram que o controle postural em crianças com PC pode ser modificado após treino intenso (5 dias com 50 perturbações anteriores e 50 perturbações posteriores/dia), sugerindo ainda que crianças com PC do tipo diplegia espástica necessitam de treinos mais prolongados que os hemiplégicos em virtude das diferenças de comprometimento motor ou sensorio-motoras encontradas entre esses dois grupos<sup>10</sup>.

Burtner et al.<sup>12</sup> e Chen e Woollacott<sup>13</sup> utilizaram a plataforma de força móvel somente para avaliação do equilíbrio e verificaram menor controle postural nas crianças com PC em comparação com crianças da mesma idade e nível de desenvolvimento motor, mas sem PC. Dessa forma, foram corroboradas as hipóteses levantadas pelos autores de que as variáveis do equilíbrio podem ser aspectos considerados na diferenciação entre crianças com ou sem PC.

Dos demais estudos encontrados, cinco deles utilizaram a plataforma de força com a finalidade específica de comparar as variáveis do equilíbrio entre grupos de crianças com PC e com DT<sup>7,14-17</sup>. Esses artigos também apontam um menor controle postural nos grupos com PC.

Nobre encontrou menor oscilação média do COP na direção anteroposterior em crianças com PC nas condições de olhos abertos e fechados. Seus resultados sugerem que crianças com DT utilizam-se de estratégias do tornozelo para promover o equilíbrio, provocando maior oscilação que as crianças que não tem capacidade de utilização dessa estratégia, além de citar que o grupo com PC realizava intervenção constante com foco no treino de equilíbrio<sup>7</sup>.

O posicionamento do corpo, dos braços e a própria base de apoio, assim como o tempo na plataforma de força e a quantidade de tentativas de avaliação podem influenciar na avaliação do equilíbrio, seja por questões biomecânicas, seja por fadiga do indivíduo — daí a importância de estabelecer critérios de padronização desses elementos. Observamos, nos estudos encontrados, que existem protocolos de avaliação diversos (Tabela 3).

Com relação ao posicionamento da base de apoio, a maioria dos estudos utiliza o afastamento dos pés de forma autosselecionada pelos sujeitos de pesquisa<sup>7,13-15</sup>. Quanto ao posicionamento dos braços, também observamos uma convergência entre a maioria dos protocolos, que preconizam a avaliação com os braços relaxados ao lado do corpo<sup>7,14,15,18-22</sup>. Essa preferência por um posicionamento de pés e braços mais confortável pode ser explicada pelas características específicas da população

infantil e com alterações de movimento e compreensão, facilitando a aplicação do protocolo.

O tempo de avaliação na plataforma de força não excede os 20 segundos em 50% dos estudos<sup>9,11,14,21</sup>. Nos demais estudos, as análises são realizadas com limite máximo de 60 segundos<sup>16,19</sup> e mínimo de 7 segundos<sup>18</sup>. Não encontramos nos artigos a fundamentação teórica para a realização de avaliações curtas, mas acreditamos que o tempo reduzido de medição do equilíbrio possibilite a participação desses sujeitos, que, em razão das características da PC, demonstram menor tolerância a avaliações demoradas de equilíbrio.

De igual modo, acreditamos que as especificidades da PC, aliadas às características da infância, no sentido de dificultar a aplicação de protocolos e métodos extensos e pormenorizados, justificam uma reduzida quantidade de tentativas da tarefa. Apesar das diferenças entre os protocolos, observamos que são utilizadas entre duas a cinco tentativas na maioria dos estudos<sup>8,14,15,18,21</sup>, mas alguns chegam a utilizar somente uma única tentativa<sup>7,9,16,19</sup>.

Os parâmetros do equilíbrio mais utilizados nos estudos são os deslocamentos máximos médio-laterais e anteroposteriores do COP. Outras medidas são utilizadas ainda como a razão dos deslocamentos (*sway ratio*), velocidade dos deslocamentos do COP e o RMS (*root mean square*).

Foi encontrado um único estudo que traz um delineamento experimental, com aleatorização dos grupos e avaliação do equilíbrio em plataforma de força utilizando a estratégia de condição-cega durante a avaliação<sup>17</sup>. Os autores encontraram que o grupo experimental de crianças com PC em uso de determinada órtese tornozelo-pé e praticando exercícios de fisioterapia apresentou melhora em relação ao grupo controle, que somente realizou os exercícios. No entanto, como podemos observar na Tabela 3, esse estudo não relatou diversos aspectos do protocolo de avaliação, como o tempo de avaliação, a quantidade de tentativas, posicionamento de braços e pernas no momento da avaliação, dificultando a replicação e melhor compreensão do estudo.

## CONCLUSÃO

De acordo com o levantamento realizado, ainda são poucos os estudos que utilizam a plataforma de força para entender o comportamento do equilíbrio em crianças com PC, principalmente a avaliação do equilíbrio na

posição sentada. A maioria dos artigos realiza estudos comparativos entre crianças com PC e DT. Foi encontrado somente um estudo com delineamento experimental, que utilizou a plataforma de força para avaliar uma intervenção específica.

O tamanho da amostra parece ser uma limitação dos estudos, em razão do número reduzido de participantes nos artigos encontrados.

As dificuldades de movimento e controle postural da PC parecem ser aspectos relevantes na elaboração dos protocolos de avaliação dessas crianças na plataforma de força, tornando-os menos rigorosos quanto ao posicionamento corporal, à quantidade de tentativas e ao tempo de avaliação.

Os artigos encontrados mostraram que os parâmetros lineares de deslocamento médio-lateral e antero-posterior do centro de pressão e a razão desses deslocamentos têm sido utilizados com maior frequência como parâmetros de avaliação do equilíbrio a partir da plataforma de força.

As avaliações do equilíbrio na plataforma de força demonstraram diferenças entre os grupos de crianças com DT e crianças com PC, bem como foram capazes de detectar as melhoras ocorridas a partir de intervenções na própria plataforma de força ou práticas terapêuticas específicas.

Dessa forma, acreditamos que novos estudos utilizando esse instrumento de avaliação e com amostras maiores podem colaborar na melhor compreensão dos aspectos do equilíbrio postural em crianças com PC, proporcionando intervenções e tratamentos mais eficazes.

## REFERÊNCIAS

- Bleck EE. Locomotor prognosis in cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol.* 1975;17(1):18-25.
- Rosenbaum P, Paneth N, Leviton A, Goldstein M, Bax M, Damiano D, et al. A report: the definition and classification of cerebral palsy April 2006. *Dev Med Child Neurol Suppl.* 2007;109:8-14.
- Bax M, Goldstein M, Rosenbaum P, Leviton A, Paneth N, Dan B, et al. Proposed definition and classification of cerebral palsy, April 2005. *Dev Med Child Neurol.* 2005;47(8):571-6.
- van der Heide JC, Hadders-Algra M. Postural muscle dyscoordination in children with cerebral palsy. *Neural Plast.* 2005;12(2-3):197-203; discussion 263-72.
- Woollacott MH, Burtner P, Jensen J, Jasiewicz J, Roncesvalles N, Sveistrup H. Development of postural responses during standing in healthy children and children with spastic diplegia. *Neurosci Biobehav Rev.* 1998;22(4):583-9.
- Duarte M, Freitas SM. Revision of posturography based on force plate for balance evaluation. *Rev Bras Fisioter.* 2010;14(3):183-92.
- Nobre A, Monteiro FF, Golin MO, Biasotto-Gonzalez D, Corrêa JC, Oliveira CS. Analysis of postural oscillation in children with cerebral palsy. *Electromyogr Clin Neurophysiol.* 2010;50(5):239-44.
- Cherng RJ, Lin HC, Ju YH, Ho CS. Effect of seat surface inclination on postural stability and forward reaching efficiency in children with spastic cerebral palsy. *Res Dev Disabil.* 2009;30(6):1420-7.
- Liao SF, Yang TF, Hsu TC, Chan RC, Wei TS. Differences in seated postural control in children with spastic cerebral palsy and children who are typically developing. *Am J Phys Med Rehabil.* 2003;82(8):622-6.
- 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.* 2003;45(9):591-602.
- Woollacott M, Shumway-Cook A, Hutchinson S, Ciol M, Price R, Kartin D. Effect of balance training on muscle activity used in recovery of stability in children with cerebral palsy: a pilot study. *Dev Med Child Neurol.* 2005;47(7):455-61.
- Burtner PA, Woollacott MH, Craft GL, Roncesvalles MN. The capacity to adapt to changing balance threats: a comparison of children with cerebral palsy and typically developing children. *Dev Neurorehabil.* 2007;10(3):249-60.
- Chen J, Woollacott MH. Lower extremity kinetics for balance control in children with cerebral palsy. *J Mot Behav.* 2007;39(4):306-16.
- Ferdjallah M, Harris GF, Smith P, Wertsch JJ. Analysis of postural control synergies during quiet standing in healthy children and children with cerebral palsy. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2002;17(3):203-10.
- Rose J, Wolff DR, Jones VK, Bloch DA, Oehlert JW, Gamble JG. Postural balance in children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol.* 2002;44(1):58-63.
- Corrêa JC, Corrêa FI, Franco RC, Bigongiari A. Corporal oscillation during static biped posture in children with cerebral palsy. *Electromyogr Clin Neurophysiol.* 2007;47(3):131-6.
- Druzbecki M, Rusek W, Szczepanik M, Dudek J, Snela S. Assessment of the impact of orthotic gait training on balance in children with cerebral palsy. *Acta Bioeng Biomech.* 2010;12(3):53-8.
- Liao HF, Hwang AW. Relations of balance function and gross motor ability for children with cerebral palsy. *Percept Mot Skills.* 2003;96(3 Pt 2):173-84.
- Donker SF, Ledebt A, Roerdink M, Savelsbergh GJ, Beek PJ. Children with cerebral palsy exhibit greater and more regular postural sway than typically developing children. *Exp Brain Res.* 2008;184(3):363-70.
- Ledeht A, Becher J, Kapper J, Rozendaal RM, Bakker R, Leenders IC, et al. Balance training with visual feedback in children with hemiplegic cerebral palsy: effect on stance and gait. *Motor Control.* 2005;9(4):459-68.
- Rha DW, Kim DJ, Park ES. Effect of hinged ankle-foot orthoses on standing balance control in children with bilateral spastic cerebral palsy. *Yonsei Med J.* 2010;51(5):746-52.
- Reilly DS, Woollacott MH, van Donkelaar P, Saavedra S. The interaction between executive attention and postural control in dual-task conditions: children with cerebral palsy. *Arch Phys Med Rehabil.* 2008;89(5):834-42.