

Revisão

Interferência da órtese tipo AFO tornozelo-pé no crescimento e maturação óssea da criança com hemiplegia espástica

The interference of the ankle-foot orthosis AFO type in the bone growth and maturation of children with spastic hemiplegia

Simone Ribeiro de Carvalho*, Márcia Freitas de Almeida Ribeiro**, Victor Hugo do Vale Bastos, M.Sc.***

.....
 *Fisioterapeuta (SUAM), Especialista em Fisioterapia Neurofuncional (UGF) e Método Neuroevolutivo Bobath pediatria,
 Fisioterapeuta (UCB), Especializada em Fisioterapia Neurofuncional (UGF), *Fisioterapeuta (IBMR), Professor,
 Pós-graduado em Neurofisiologia (IBMR)

Resumo

Este artigo pretende associar os resultados encontrados nos estudos pertinentes ao uso das órteses AFO tornozelo-pé, em crianças com hemiplegia espástica, com as alterações de crescimento ósseo comumente encontradas neste tipo de paralisia cerebral. O motivo pelo qual objetivamos relacionar o uso da órtese com o crescimento ósseo é o de questionar a sua possível influência na discrepância de comprimento dos membros inferiores em crianças hemiplégicas. Buscamos como material para nossa pesquisa, estudos que analisassem as alterações neuromusculoesqueléticas das crianças com hemiplegia espástica, a maturação esquelética e crescimento ósseo na criança com paralisia cerebral, as alterações de pressões plantares na marcha e degraus, a tarefa da passagem de sentado para de pé e as órteses tipo AFO tornozelo-pé. Foi encontrado que a assimetria funcional na criança hemiplégica leva a uma alteração nos padrões de marcha e, conseqüentemente, a uma redução significativa na descarga de peso sobre o membro inferior afetado. Além disso, podemos observar que apesar de não ser evidente o mecanismo pelo qual as alterações de crescimento ósseo ocorrem, é possível afirmar que a inatividade relativa e o desequilíbrio de forças musculares exercem um efeito negativo sobre o crescimento e maturação óssea. Supomos, então, que se o uso da órtese diminui estas alterações de forças musculares e da atividade funcional, aproximando o padrão funcional do membro inferior afetado ao normal, estariam conseqüentemente minimizadas as alterações de crescimento ósseo.

Palavras-chave: criança hemiplégica, crescimento ósseo, órtese tipo AFO tornozelo-pé.

Abstract

This article intends to associate the results found in studies related to the use of ankle-foot orthosis (AFO) in children suffering from spastic hemiplegia with bone growth alterations which are commonly found in this type of cerebral palsy. The reason why we aim to relate the use of the orthosis to the bone growth is to question whether this could influence on the length discrepancy of the lower limbs of hemiplegic children. We have researched studies which analyse the neuromusculoskeletal alterations in children suffering from spastic hemiplegia, the skeletal maturation and bone growth in children suffering from cerebral palsy, the alterations of plantar pressures in the march and steps, the task of moving from sitting to standing positions and ankle-foot orthosis type. It was found that a functional asymmetry in a hemiplegic child leads to an alteration in the standards of gait and, consequently, to a significant reduction in weighting placed on the affected lower limb. Furthermore, we were able to observe that although the mechanism by which the alterations of the bone growth occur are not evident, it is possible to affirm that the relative inactivity and the disequilibrium of muscle strengths exert a negative effect on the bone growth and maturation. Thus, we assume that the use of the orthosis diminishes these alterations of the muscle strengths and of the functional activity drawing near to normal the functional standard of lower limb affected which, consequently, minimizes the alterations of bone growth.

Key-words: Hemiplegic children, bone growth, ankle-foot orthosis (AFO).

Introdução

Hemiplegia espástica é o tipo mais comum de paralisia cerebral causada por uma lesão pré ou peri-natal. Pode ocorrer na substância branca ou córtex de um hemisfério cerebral entre crianças nascidas a termo e pré-termo, levando a uma deficiência motora no lado contralateral do corpo. Apresenta alterações motoras na maioria das vezes após o período neonatal, evidenciando-se no período infantil, tais como: atraso nas etapas de desenvolvimento motor, persistência de reflexos primitivos, perda da destreza e força motora fina distal, com ou sem atrofia do membro, aumento da excitabilidade reflexa, incluindo o clônus, diminuição da força e geração de força do lado afetado, distúrbios da marcha, tônus muscular e postura, mudanças vasomotoras e tróficas e deformidades nos membros, superior e inferior [1-7].

De acordo com a gravidade da lesão, os distúrbios motores podem aparecer já na lactância como, por exemplo, a criança respondendo de forma assimétrica para a reação de Moro ou posteriormente utilizando apenas um dos membros superiores para alcançar um brinquedo [2]. Estudos com 25 crianças que apresentavam hemiplegia espástica pura mostravam espasticidade em um dos lados das extremidades, superior e inferior, sem nenhum sinal anormal do outro lado. Apresentavam diminuição do uso do membro superior e fechamento da mão do lado afetado. Na suspensão axilar, todas as crianças demonstravam extensão do tornozelo do lado afetado. Muitas crianças não podiam elevar a perna afetada na posição supina e a extensão de joelho era observada durante os movimentos espontâneos dos membros inferiores. Isso acarretará em reações assimétricas de equilíbrio do tronco e dos membros, que levará a uma diminuição funcional do lado afetado e conseqüentemente um desenvolvimento desigual de forças musculares e descargas de peso [1,2,8].

As dificuldades mais comuns estão relacionadas à espasticidade e suas conseqüências, levando a alterações no alinhamento postural, no equilíbrio e na marcha. Apresentam desvios posturais característicos tais como a adução e rotação medial do ombro, flexão do cotovelo e do punho com ou sem desvio lateral ou medial podendo apresentar fechamento da mão principalmente ao esforço e adução do polegar. O membro inferior tende a rotação medial do quadril, hiperextensão ou flexão do joelho com flexão plantar do tornozelo [1,2,3]. A marcha também pode estar caracterizada pela assimetria, apresentando menor comprimento do passo e da passada do lado afetado; má rotação pélvica e da cintura escapular com retração do lado comprometido e ausência do toque de calcâneo [1-7,9-13].

Metodologia

Foi realizada uma revisão de literatura tendo como fonte Bireme, na qual a base de dados consultada foi Lilacs e Medline;

além de outras fontes como Free Medical Journals; Pubmed; Scirus e Science Direct. Foram utilizados 42 artigos publicados entre 1992 e 2004. Foram utilizados livros pesquisando-se como tema principal a hemiplegia na paralisia cerebral. As palavras-chave utilizadas foram hemiplegic child, bone development, bone mineral density, bone discrepancy, AFO.

Desenvolvimento

Crescimento ósseo

Uma atividade neuromuscular normal é necessária para o crescimento dos membros. As alterações de crescimento são observadas tanto na paralisia flácida como na espástica. O mecanismo preciso pelo qual isso ocorre não é bem conhecido. A imobilidade relativa é o fator mais comum, porém outros mecanismos ósseos específicos tais como: mudanças circulatórias, mudanças nas forças piezoelétricas e mudanças na estimulação neural direta, e associados defeitos do lobo parietal, com déficit sensorial, também contribuiriam para isso. Alguns autores relacionaram o déficit sensorial ao baixo crescimento ósseo, porém a relação entre as discrepâncias do crescimento na hemiplegia e déficit sensorial não é absoluta porque são observadas alterações de crescimento mesmo na ausência deste déficit [14-16].

Achados indicaram que a criança hemiplégica desenvolve uma verdadeira discrepância de comprimento de membros, que se torna mais significativo com o crescimento, tornando a perna afetada verdadeiramente mais curta que a não afetada [1,3,16-19].

Dezenove crianças hemiplégicas foram selecionadas para uma pesquisa da maturação esquelética e do crescimento ósseo. Nesta avaliação 12 apresentaram assimetria superior a seis meses na idade óssea do lado são em relação ao lado afetado. Enquanto isto, exames radiológicos bilaterais de mão e punho realizados em 450 crianças normais, somente seis apresentavam diferenças radiográficas de mais de seis meses entre lado direito e esquerdo [1].

Em outro estudo utilizando 50 crianças hemiplégicas foi observada, no lado afetado, uma média de 11° a mais no ângulo de anterversão femoral do que no lado não afetado. Apresentaram também aumento do ângulo entre a diáfise e a cabeça femoral no lado afetado ocorrendo, com a idade, o aumento da atrofia muscular e o encurtamento ósseo deste lado [1,3,4,17,18,19].

Testes radiológicos em 112 pacientes adultos com hemiplegia mostraram que o efeito do desuso e imobilização do lado parético diminuiu significativamente a densidade mineral óssea (DMO) do lado parético comparado ao não parético. Observou-se também que pacientes com impedimentos de atividades da vida diária apresentavam maior diminuição da DMO. Devido à imobilidade, o equilíbrio entre as atividades de osteoblastos e osteoclastos

estão perdidas. Distúrbios da função dos tendões e o desaparecimento da tensão diária e força, afetam a integridade do metabolismo ósseo e modificam o equilíbrio entre formação e reabsorção óssea. Baixos graus de força sobre os ossos resultam em perda e inibição de formação óssea levando a uma osteopenia e osteoporose [19-22].

Quanto maior o impedimento da transferência de peso causada pela severidade da paralisia, maior a perda óssea local. O exercício é considerado como sendo um fator de prevenção da perda mineral [19,20].

A marcha do paciente hemiplégico

Existem muitas influências e mudanças no padrão de marcha na criança com PC. Elas são causadas por lesão no neurônio motor superior, que resulta em impedimentos neuromusculares como: aumento da co-contracção, hiperatividade dos reflexos de estiramento, mudanças morfológicas no tendão, músculo e tecido conectivo, seqüenciamento anormal e "timing" dos padrões musculares, fraqueza muscular e diminuição do número de unidades motoras [1,3,7,12,23-27]. Outro item observado mostra que os músculos espásticos tendem a se encurtar gerando uma resistência ao alongamento passivo. Com isso, há uma desigualdade no crescimento entre os ossos e os músculos contribuindo para uma deformidade esquelética. A desigualdade nos comprimentos dos membros que se tornam mais curtos e mais finos em relação ao membro sadio é proporcional ao grau de espasticidade observado, assim como as alterações de marcha [1,3,4,5,6,7,9,18,24,25,26]. Essas mudanças neuromusculoesqueléticas e morfológicas, resultarão em mudanças das propriedades dinâmicas do movimento [3,5,9,24-28]. Estudos da análise de marcha no paciente hemiplégico citaram o reflexo de estiramento como causa principal da diminuição da velocidade da marcha e do comprimento do passo. A marcha do paciente hemiplégico espástico não ocorre comumente com o toque do calcanhar. Normalmente é feita com contato no solo primeiramente com os dedos seguidos do antepé [3,4,6,7,9,11,13,23,25,29,30]. Esta transferência de peso para o antepé e a posição da fase terminal de balanço levaria a uma posição de alongamento máximo do membro inferior o que resultaria em um reflexo de estiramento do tendão de Aquiles, levando a elevação do calcanhar pela ação espástica reflexa do tríceps sural, seguido de co-contracção aumentando a rigidez e contendo a mobilidade articular da perna afetada [11,29,30]. Quanto maior o grau de espasticidade menor o comprimento de passo, fazendo com que a espasticidade pareça ser a causa dessa alteração [5,6,9,22]. Este movimento ocorre mais comumente no início da fase de apoio, empurrando o joelho e o quadril para trás enquanto o centro de gravidade avança [11,22,23,29,31,32].

A marcha equina é consequência de uma lesão cerebral e não causada pela diminuição da flexibilidade e amplitude

da articulação do tornozelo ou por um membro parético estar mais curto. Essas mudanças periféricas são consequências e vão afetar a marcha e o correr, levando a uma assimetria postural, reduzindo a velocidade e aumentando o gasto de energia durante as atividades [3,6,7,9,11,30,33].

Dados de análise cinemática e eletromiográficos demonstram uma deficiência na aceleração do quadril e uma fraqueza de contração dos flexores de joelho durante a fase de oscilação, apresentando menos dorsiflexão do tornozelo do que o normal e necessitando de movimentos compensatórios para liberação do pé [6,7,27,29], o que leva também a redução da largura do passo e consequentemente a diminuição da velocidade da marcha [1,5,6,9,27,29,33].

Alterações cinéticas e cinemáticas têm sido descritas por muitos autores. Estas incluem, além da diminuição da velocidade de marcha e da diminuição do tamanho do comprimento do passo na redução da cadência, aumento da frequência, posição do pé em flexão plantar, aumento do deslocamento vertical do centro da massa do corpo, pobre cinética e mudança no potencial energético. Apresentam também fase de balanço e de apoio mais longa e a média máxima de velocidade do pé reduzida no lado da hemiplegia. [6,9,11,23,24,25,26]. Essa assimetria é um reflexo do uso alternativo dos recursos dinâmicos em cada perna da criança hemiplégica, ou seja, quanto maior a rigidez no membro afetado ocorre um aumento proporcional da capacidade de força utilizada pela perna sadia [6,9,17,24,25,26].

A presença desse mecanismo compensatório de geração de força pode explicar porque as crianças hemiplégicas são capazes de andar independentemente. Ela adota uma estratégia motora própria criando um padrão de marcha adaptativo permitindo a ela otimizar seus parâmetros espaço-temporais, diminuir seu custo de energia, buscar seu controle muscular, articular e de equilíbrio [5,6,8,9,17,24,25,26]. Podemos citar como exemplo de compensação uma tendência à maior dorsiflexão de tornozelo e flexão de joelho com maior descarga de peso sobre o membro sadio [5,6,9,17]. O padrão funcional individual será de acordo com os impedimentos neuromusculares de cada criança [5,6,9,25,26,34].

Medidas de distribuição na pressão plantar da criança hemiplégica

Pesquisas mostraram que o tempo de contato, tempo de duplo apoio e tempo do passo são mais longos no lado sadio em relação ao lado afetado. Isso confirmaria a tendência das crianças hemiplégicas a manter o peso do seu corpo preferencialmente sobre a perna sadia. O aumento da espasticidade é acompanhado do aumento significativo do tempo de passo do lado sadio, a fim de otimizar sua estabilidade. A espasticidade modifica a estrutura funcional do pé,

provocando picos de pressão sobre o calcanhar do pé afetado muito inferiores àqueles do calcanhar do pé não afetado, sendo talvez explicado pela falta de amplitude do tornozelo. Foi encontrado um pico de pressão mais levado do lado afetado somente sobre a cabeça do primeiro metatarso. A espasticidade ao nível de tríceps sural e um ângulo de anteroversão femoral do lado afetado superior aos valores normais produz uma colocação de carga ligada à posição de equinovaro do pé e a uma rotação interna do quadril [3,4,5,6,9,11,23,33].

Estabilidade postural e equilíbrio

Tem-se estudado que os pacientes hemiplégicos apresentam deficiência na estabilidade postural estática, incluindo uma postura com distribuição desigual de peso sendo este menor no lado afetado e uma diminuição no balanço na postura de pé, além disso, apresentam deficiência também na estabilidade postural dinâmica. Apresentam pobre transferência de peso no plano frontal durante a transição na fase da postura bípede para apoio em uma única perna [3,8,35].

As respostas posturais automáticas também estão alteradas na criança com lesão cerebral, gerando dificuldade de marcha e equilíbrio além de aumentar o risco de queda. As respostas de ativação dos músculos ocorrem tardiamente e muitas vezes com co-contracção dos músculos agonistas e antagonistas. A transferência de peso corporal ocorre com respostas posturais anormais ou insuficientes nos músculos hemiparéticos e atividades compensatórias dos músculos contra-laterais [8,36].

Uso das órteses AFO Tornozelo-pé nas crianças com hemiplegia espástica

A intervenção ortótica na criança hemiplégica tem como principal objetivo prevenir o pé equino durante o ciclo da marcha, através da correção biomecânica da articulação do tornozelo, promovendo a estabilidade médio-lateral do mesmo, mantendo os ganhos de amplitude articulares, evitando e corrigindo deformidades, além de promover a diminuição da espasticidade e facilitar o equilíbrio muscular, permite ao paciente uma marcha mais efetiva e segura [2,3,7,10,11,23,27,30,31,33,35,37,38,39].

É de extrema importância o cuidado com alinhamento da articulação do tornozelo e subtalar no momento da confecção do molde da órtese. Elas devem estar em posição neutra estabilizando o calcanhar evitando-se uma deformidade em valgo ou varo [11,37,40].

Existe variação da configuração da AFO. A escolha do tipo de órtese é feita em função do objetivo a ser alcançado com cada paciente. Por exemplo, o maior controle do pé é dado pela órtese rígida, enquanto que uma maior dinâmica no padrão de marcha é dada pelas órteses articuladas [10,11,23,30,37,39,41].



órtese articulada



órtese rígida

O uso da AFO proporciona a correção dos distúrbios causados pela lesão central na postura hemiplégica, do engrama anormal de marcha e neutraliza o “kick” produzido pela excitabilidade reflexa fásica, aumentando a velocidade da marcha, o comprimento do passo e a duração da fase de toque de calcanhar o que pode reduzir o custo de energia [4,7,23,27,31,37].

A AFO previne a posição em equino do pé, reduzindo o ângulo plantar do tornozelo, mantendo os flexores plantares numa posição de alongamento durante a descarga de peso e promovendo a liberação do dedo durante a fase de balanço, melhorando a posição do pé, e o contato do calcanhar durante todo o ciclo da marcha produzindo assim uma marcha fisiológica e mais segura para todos os pacientes. O seu uso contínuo, diminuiria as chances de uma contratura muscular [3,10,11,23,27,29,30,31,32,35,37].

Poucos estudos têm mostrado o efeito da AFO na estabilidade postural e balanço no paciente hemiplégico. Após estudo em 8 pacientes hemiplégicos, foi concluído que, quando os pacientes não estavam usando a AFO, o centro de pressão do pé movia em direção do lado não afetado e a inclinação do corpo era aumentada, enquanto que utilizando a AFO o centro de pressão do pé movia-se para a posição média e a inclinação do corpo começava a diminuir [35]. A transferência de peso causada pelo uso da AFO aumenta a descarga de peso sobre a perna afetada e conseqüentemente melhora a distribuição das pressões plantares e a funcionalidade do membro afetado, pois ela provém estabilidade do tornozelo pela manutenção da articulação em bom alinhamento promovida pelo suporte externo. Esta transferência de peso e aumento do tempo de suporte sobre a perna hemiplégica é essencial no padrão da marcha porque permite o movimento da perna oposta e conseqüentemente o passo. Ocorre a melhora da estabilidade dinâmica, contribuindo para a melhora da velocidade da marcha [11,23,27,32,35,37,42].

Outros autores têm descrito os benefícios do uso da órtese na correção do geno recurvato, melhora no padrão de marcha, interferência na força de reação de solo das articulações proximais e influência na ação de grupos musculares [3,23,40].

Além disso, mostraram que o uso da AFO pode produzir um efeito duradouro na correção do geno recurvato, possivelmente com base na aprendizagem motora [10].

Estudos mostraram existir diferenças nos parâmetros temporal e espacial quando as crianças andavam utilizando as AFOS. Estas corresponderiam ao aumento do comprimento de passo e velocidade de marcha através da melhora da amplitude do movimento da pelve, tornando a obliquidade mais simétrica e diminuindo a adução. Além disso, ocorria uma significativa melhora na cinemática do joelho que apresentava uma ligeira flexão durante a fase de carga similar a da marcha normal, o que era perdido quando andava descalço [3,11,31,30]. Os participantes que demonstraram joelho em hiperextensão ou em hiperflexão na fase de apoio quando andando descalço, desenvolveram respectivamente a melhora da flexão de joelho ou extensão durante a utilização da AFO. Ocorria uma diminuição na mobilidade do tornozelo observada, entretanto, na flexão plantar, o que era excessivo quando descalço não representando uma perda no alcance funcional. Apresentavam, porém, uma importante melhora da dorsiflexão e do contato inicial do apoio do calcanhar. O uso da AFO facilita a coordenação, simetria, dissociação e possibilita uma transferência mais regular de peso em todos os planos, melhorando o padrão de marcha e proporcionando uma maior estabilidade durante as habilidades motoras funcionais dinâmicas e estáticas [10,11,23,27,29,31,32,35,37]. Em termos de comprimento máximo muscular ocorreu relevante aumento nos ísquios-tibiais e reto femural [10].

As crianças com hemiplegia espástica consumiam mais oxigênio e então, tinha um alto custo de energia [6,11,29,42]. O uso da AFO aumentou a velocidade sem aumentar significativamente o consumo de oxigênio durante a marcha, reduzindo então o custo de energia [23,37].

Durante a tarefa de subir e descer degraus, observou-se a melhora da posição de contato do pé durante a subida, não inibindo a habilidade no descer. Foi notada maior dorsiflexão durante a fase de apoio e de balanço, menor flexão plantar, aumento da estabilidade na fase de apoio e aumento da fase de balanço, não havendo diferença no tempo de execução da tarefa quando comparando com o pé descalço [34].

Recomendações

As crianças hemiplégicas apresentam um padrão de marcha alterado principalmente em função do grau de espasticidade, que leva a um aumento do tônus nos membros afetados e uma marcha eqüina. Os problemas de locomoção estão relacionados também aos distúrbios biomecânicos, anatômicos e fisiológicos secundários à lesão. Normalmente ocorre uma diminuição na velocidade, no comprimento do passo, na cadência, mas principalmente, apresentam uma fase de balanço e um

tempo de apoio mais longo no membro sadio, a fim de otimizar sua estabilidade e diminuir o gasto energético. As deformidades ocorrem principalmente durante o período de crescimento devido a uma diferença entre o crescimento ósseo e o muscular, levando a uma contratura muscular fixada e deformidades articulares. Além disso, a criança hemiplégica comumente apresenta alterações de crescimento ósseo no membro afetado. O mecanismo pelo qual esta discrepância de comprimento de membros ocorre não foi suficientemente pesquisado ficando clara, porém, a importância que uma atividade neuromuscular normal exerce sobre ossos. Então a imobilidade funcional relativa, a diferença de equilíbrio de forças musculares e a diminuição das pressões plantares em função da preferência em manter a transferência do peso corporal para o membro sadio em todas as posturas poderiam ser os fatores que mais contribuiriam para as alterações de crescimento ósseo. O uso da órtese devolve à criança hemiplégica a estabilidade médio-lateral do tornozelo e o toque do calcanhar durante a postura de pé e durante a marcha, favorecendo a correção ao movimento anormal das articulações do quadril, joelho e principalmente tornozelo e subtalar, diminuindo a imobilidade funcional relativa, a diferença de equilíbrio de forças musculares, permitindo uma distribuição de peso mais equilibrada entre os membros, levando, conseqüentemente, a uma maior estabilidade postural estática e dinâmica e permitindo um padrão de marcha mais próximo ao normal.

Conclusão

Baseando-se na literatura consultada, observamos que o uso da órtese tipo AFO tornozelo-pé traz importantes benefícios na funcionalidade da marcha da criança hemiplégica, favorecendo a funcionalidade e a descarga de peso sobre o membro inferior afetado. Se associarmos este fato aos estudos que demonstraram a influência da atividade física e das forças musculares para que ocorra um crescimento ósseo adequado e na DMO, supomos que o uso desta órtese poderia minimizar as alterações de crescimento ósseo características da lesão. Entretanto, em função do pouco material encontrado, temos o interesse em realizar pesquisas futuras direcionadas a esse tema visando uma confirmação científica.

Referências

1. Yokochi K, Yokochi M, Kodama K. Motor function of infants with spastic hemiplegia. *Brain & Development* 1995;17:42-8.
2. Ratliffé KT. *Fisioterapia clínica pediátrica*. São Paulo: Ed. Santos; 2000. p.151-157.
3. Tecklin JS. *Fisioterapia Pediátrica*. 3ª ed. Porto Alegre: Artmed; 2002. p. 98-100; 106-108;110;129-131.
4. Brown JK, Rodda J, Walsh EG et al. Neurophysiology of lower-limb function in hemiplegic children. *Developmental Medicine and Child Neurology* 1991;33:1037-47.

5. Femey V, Moretto P, Renaut H, et al. Measurement of plantar pressure distribution in hemiplegic children: changes to adaptative gait patterns in accordance with deficiency. *Clin Biomech* 2002;17:406-13.
6. Femery V, Moretto P, Renaut H et al. Spasticité et distribution des pressions plantaires chez des enfants atteints d'hémiplégie cérébrale infantile. *Ann réadaptation Méd Phys* 2001;44:26-34.
7. Lin JP, Brown JK. Peripheral and central mechanisms of hindfoot equines in childhood hemiplegia. *Developmental Medicine and Child Neurology* 1992;34:945-9.
8. Park ES, Park C, Lee HJ et al. The characteristics of sit-to-stand transfer in young children with spastic cerebral palsy based on kinematic and kinetic data. *Gait and Posture* 2003;17:43-9.
9. Femery V, Moretto P, Renaut H et al. Analyse des assymétries barapodométriques lors de la marche chez le sujet valide: application à l'étude des assymétries chez l'enfant infirme moteur cérébral. *Ann Réadaptation Méd Phys* 2002; 45: 114-22.
10. Thompson NS, Taylor TC, McCarthy KR et al. Effect of a rigid ankle-foot orthosis on hamstring length in children with hemiplegia. *Developmental Medicine & Child Neurology* 2002;44:51-7.
11. Brunner R, Meier G, Ruepp T. Comparison of a stiff and spring-type ankle-foot orthosis to improve gait in spastic hemiplegic children. *J Pediatr Orthop* 1998;18(6):719-26.
12. Yokochi K, Hosoe A, Kodama M et al. Assessment of upper and lower extremity movements in hemiplegic children. *Brain & Development* 1992;14(1):18-22.
13. Eames NWA, Baker RJ, Cosgrove AP. Defining gastrocnemius length in ambulant children. *Gait & Posture* 1997;6:9-17.
14. Cusick B. Lower Extremity Musculoskeletal Development. *Orthopedic Interventions for Pediatric Patients*. APTA; 2000.
15. Stevenson RD, Roberts CD. Skeletal maturation in children with hemiplegia. *J Pediatr* 1995;127(1):161-2.
16. Roberts CD, Vogtle L, Stevenson RD. Effect of hemiplegia on skeletal maturation. *J Pediatr* 1994;125(5):824-8.
17. Allen P, Jenkinson AM, O'Brien TM. Abnormalities in the uninvolved lower limb in children with spastic hemiplegia: The effect of actual and functional leg-length discrepancy. *J Pediatr Orthop* 2000;20(1):88.
18. Staheli LT, Duncan WR, Schaefer E. Growth alterations in the hemiplegic child. A study of 50 hemiplegic children. *Journal of bone and joint surgery-american volume*. 1968;50(6):1271-7.
19. Takamoto S, Masuyama T, Nakajima M et al. Alterations of bone mineral density of the femurs in hemiplegia. *Calcif Tissue Int* 1995;56:259-62.
20. Popovtzer MM. Gravitational Forces and Bone Metabolism. *Am J Kidney Dis* 1997;30(6):34-6.
21. Sahin L, Özoran K, Gündüz HO et al. M. Bone mineral density in patients with stroke. *Am J Phys Med Rehabil* 2001;80(8):592-6.
22. Sato Y, Kuno H, Kaji M et al. Increased bone resorption during the first year after stroke. *Am Heart* 1998;29(7):1373-7.
23. Lazar RB. *Principles of Neurologic Rehabilitation*. United States of America: McGraw-Hill; 1997. p. 449-54.
24. Holt KG, Fonseca ST, LaFiandra ME. The dynamics of gait in children with spastic hemiplegic cerebral palsy: Theoretical and clinical implications. *Human Movement Science* 2000;19:375-405.
25. Wheelwright EF, Minns RA, Elton RA et al. Temporal and spatial parameters of gait in children. II: Pathological gait. *Developmental Medicine and Child Neurology* 1993;35:114-25.
26. Fonseca ST, Holt KG, Saltzman E et al. A dynamical model of locomotion in spastic hemiplegic cerebral palsy: Influence of walking speed. *Clinical Biomechanics* 2001;16:793-805.
27. Teasell RW, McRae MP, Foley N et al. Physical and functional correlations of ankle-foot orthosis use in the rehabilitation of stroke patients. *Arch Phys Med Rehabil* 2001; 82:1047-9.
28. Hullin MG, Robb JE, Loudon IR. Gait patterns in children with hemiplegic spastic cerebral palsy. *J Pediatr Orthop* 1996;5(4):247-51.
29. Brunner R, Meier G, Ruepp Th. Correction of typical gait pattern in spastic hemiplegic and diplegic patients using a functional spring-type orthosis. *Gait and Posture* 1995;3(4).
30. Romkes J, Brunner R. Comparison of a dynamic and a hinged ankle-foot orthosis by gait analysis in patients with hemiplegic cerebral palsy. *Gait & Posture* 2002;15:18-24.
31. Burns YR, MacDonald J. *Fisioterapia e a Criança em Crescimento*. 1ª ed. São Paulo: Editora Santos; 1999. p. 173-176, 196.
32. Wendt VL, Jäntti S, Tornikoski P et al. Assessment of dynamic orthoses with spastic diplegia and hemiplegia. *Gait & Posture* 1995;3(4):279-80.
33. Mauritz K-H. Gait training in hemiplegia. *European Journal of Neurology* 2002;9 (Suppl1):23-9.
34. Thomas SS, Buckon CE, Huston SJ et al. Stair locomotion in children with spastic hemiplegia: the impact of three different ankle foot orthosis (AFOs) configurations. *Gait & Posture* 2002;16:180-7.
35. Chen CL, Yeung KT, Wang CH et al. Anterior ankle-foot orthosis effects on postural stability in hemiplegic patients. *Arch Phys Med Rehabil* 1999;80:1587-92.
36. Kirker SGB, Simpson DS, Jenner JR et al. Stepping before standing: hip muscle function in stepping and standing balance after stroke. *F Neurosurg Psychiatry* 2000; 68:458-64.
37. Buckon CE, Thomas SS, Huston SJ et al. Comparison of three ankle-foot orthosis configurations for children with spastic hemiplegia. *Developmental Medicine & Child Neurology* 2001;43:371-8.
38. Wong AMK, Tang F-T, Wu S-H et al. Clinical trial of a low-temperature plastic anterior ankle foot orthosis. *Am J Phys Med Rehabil* 1992;71:41-3.
39. Nagaya M. Shoehorn-type ankle-foot orthoses: prediction of flexibility. *Arch Phys Med Rehabil* 1997;78:82-4.
40. Michaud TC. *Foot orthoses and other forms of conservative foot care*. Baltimore, USA: Williams & Wilkins; 1993.
41. Stout JL, Bruce B, Gage JR et al. Joint kinetic patterns in children with spastic hemiplegia cerebral palsy. *Gait & Posture* 1995;3(4):274.
42. Waters RL, Mulroy S. The energy expenditure of normal and pathologic gait. *Gait & Posture* 1999;9:207-31. ■