

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CIÊNCIAS DA SAÚDE DE
PORTO ALEGRE – UFCSPA**

**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA
REABILITAÇÃO**

Anelise de Saldanha Simon

**Análise eletromiográfica de músculos
cervicais e de tronco superior mediante
posturas de facilitação do controle de
cabeça em crianças com Paralisia
Cerebral – abordagem segundo o
Conceito Neuroevolutivo Bobath**

Porto Alegre – RS

2014

Anelise de Saldanha Simon

Análise eletromiográfica de músculos cervicais e de tronco superior mediante posturas de facilitação do controle de cabeça em crianças com Paralisia Cerebral – abordagem segundo o Conceito Neuroevolutivo Bobath

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação da Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre como requisito para a obtenção do grau de mestre.

Orientadora: Dra. Aline de Souza Pagnussat.

Porto Alegre

2014

AGRADECIMENTOS

Muito Obrigada!

De coração agradeço a minha professora Aline Pagnussat, grande orientadora e amiga.

Seus conhecimentos e ensinamentos serviram de degrau para o meu crescimento!

Agradeço a oportunidade e o voto de confiança!

Obrigada aos professores da UFCSPA que complementaram meu crescimento durante este tempo e aos professores do IPA, que serviram de inspiração!

Meu agradecimento especial aos colegas do programa de pós-graduação em Ciências da Reabilitação pelas trocas de experiências. Valeu a companhia nas aulas, Fran!

Muito obrigada, Alexandre do Pinho, pelas tardes de raciocínio maluco, mas com conclusões sempre muito valiosas.

Gostaria de agradecer também a colega de profissão e amiga, Camila Grazziotin, pela força durante esta etapa!

Obrigada, Tânia Andrade, por me fazer perceber que este é um GRANDE momento... e por torná-lo mais leve!

Com certeza, meu obrigado especial é para meu marido Roberto Haas, meu super parceiro, sempre ao meu lado me dando estímulo para seguir!

Obrigada, pai e mãe... Obrigada, família e amigos! Sem vocês, nas horas boas e nos momentos de estresse, eu não chegaria até aqui!

À aluna Taís Cortezi pela ajuda com as coletas, à estatística Cristiane, à equipe do Educandário e do Cerepal, aos pais e pacientes queridos que contribuíram para que isto acontecesse: obrigada!

“ Um dia a gente acorda, os livros nos acordam, um anjo nos acorda: não adianta mais olhar para trás.

É ir em frente ou nada.”

Martha Medeiros

RESUMO

A Paralisia Cerebral (PC) é um distúrbio caracterizado por alterações no desenvolvimento do movimento e da postura, decorrentes de uma lesão cerebral não progressiva durante o desenvolvimento fetal ou infantil. Resulta em uma variedade de problemas sensório-motores, ocasionando atraso ou distúrbio no desenvolvimento neuropsicomotor. O desenvolvimento do controle de cabeça é a aquisição motora mais básica no processo neuroevolutivo e depende da capacidade de integrar aferências vestibulares e proprioceptivas ao comando motor eferente das vias ventro-mediais de controle postural. O Conceito Neuroevolutivo Bobath agrupa técnicas de inibição, estimulação e facilitação como estratégias para resolução de problemas funcionais, focando na recuperação sensório-motora dos segmentos corporais acometidos, em oposição às compensações de movimento. O objetivo deste trabalho foi verificar a atividade eletromiográfica de músculos envolvidos no controle de cabeça, mediante duas posturas amplamente utilizadas como estratégia de facilitação do controle de cabeça, em crianças com diagnóstico de PC. Tratou-se de um ensaio clínico do tipo sequencial (*crossover*), no qual 31 crianças com diagnóstico clínico de PC quadriplégica e classificação em nível de IV a V na escala de avaliação da função motora *Gross Motor Function Classification System* (GMFCS), foram submetidas a dois manuseios para facilitação do controle de cabeça. O manuseio facilitatório foi realizado utilizando a articulação do quadril, ponto-chave de controle amplamente utilizado pelo método Bobath, nas posturas em decúbitos lateral e ventral, averiguando seus efeitos no incremento da atividade eletromiográfica de músculos cervicais e de tronco superior nos planos sagital, frontal e transversal. A captura dos sinais foi realizada ao nível da quarta vértebra cervical (C4) na musculatura paraespinal, ao nível da décima vértebra torácica (T10) na musculatura paraespinal e no músculo esternocleidomastóide (ECM). Os resultados demonstraram aumento da ativação muscular no sinal eletromiográfico de superfície (EMG) nos três pontos testados [C4 ($P < 0.001$), T10 ($P < 0.001$) and ECM ($P = 0.02$)] quando o manuseio foi realizado em decúbito lateral. O sinal EMG apresentou maior aumento ao nível de C4 em decúbito lateral, quando comparado ao decúbito ventral. No decúbito ventral na cunha, com manuseio do mesmo ponto-chave, houve aumento significativo da atividade EMG nos níveis T10 e ECM ($P = 0.018$ e $P = 0.004$, respectivamente), mas o mesmo não foi evidenciado na região do extensor cervical (C4 $P = 0.38$). A principal conclusão desta pesquisa foi que as duas posturas e manuseios, utilizando o ponto-chave de quadril, podem facilitar a ativação muscular cervical e ao nível de tronco superior, sendo o decúbito lateral, a melhor alternativa. Portanto, este manuseio facilitatório, baseado no Conceito Bobath, pode proporcionar à criança com sequelas sensório-motoras da PC, oportunidades positivas de controle de cabeça.

Palavras-chave: Paralisia Cerebral; eletromiografia; postura; modalidades de fisioterapia; reabilitação.

ABSTRACT

Cerebral palsy (CP) is a disorder characterized by alterations in development of movement and posture due to a non progressive damage in a fetal or infant development brain. This results in a variety of sensorimotor problems, cause delay or disorders in neurodevelopment. The development of head control is the most basic motor skill acquisition in neurodevelopmental process and depends on ability to integrate vestibular and proprioceptive afferents to motor command efferent by ventral-medial pathways of postural control. The Bobath concept grouping inhibition, stimulation and facilitation techniques as strategies for solving functional problems, focusing on sensorimotor recovery of affected body segments, as opposed to motion compensation. The objective of this study was to investigate the electromyographic activity of cervical muscles and upper trunk through two postures widely used for strategy to facilitate control head in children diagnosed with CP. Was a clinical trial of sequential type (crossover), in which 31 children with a clinical diagnosis of spastic quadriplegic and classification in level IV to V in scale for assessing motor function, Gross Motor Function Classification System (GMFCS), underwent to two handlings facilitation of head control. The facilitatory handling was performed using hip joint, key point of control widely used by Bobath concept in lateral and ventral decubitus, by examining their effects on increase of electromyography surface (EMG) activity in neck muscles and upper trunk on sagittal, frontal and transverse planes. The captures of signals were performed at fourth cervical vertebra (C4) in paraspinal muscles, at tenth thoracic vertebra (T10) in paraspinal muscles and at sternocleidomastoid muscle (SCM). Results showed increased muscle activation in electromyographic surface signal (EMG) in the three points tested [C4 ($P < 0.001$), T10 ($P < 0.001$) and SCM ($P = 0.02$)] when the handling was performed in lateral decubitus. EMG signal showed greater increase in C4 level on lateral posture compared to prone posture. In ventral decubitus in a wedge by handling the same key point, there was a significant increase in EMG activation in SCM and T10 levels ($P = 0.018$ and $P = 0.004$, respectively), but the same was not observed in cervical extensor region (C4 $P = 0.38$). The main conclusion of this study was that the two postures and handling, using the key point of control in the hip, may facilitate activation of cervical and upper trunk muscles, being the lateral decubitus, the best alternative. So this facilitatory handling, based on Neurodevelopmental treatment (NDT), can provide to child with sensory- motor sequelae of CP, positive opportunities for head control.

Keywords: *Cerebral palsy, electromyography, posture, physical therapy modalities, rehabilitation.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Complexidade da síndrome e suas classificações (adaptado de Colver, Fairhurst, Pharoah, 2013).....	17
Figura 2 – GMFCS para faixa etária de 6 a 12 anos (adaptado de Palisano, 1997).....	22

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

PC	Paralisia Cerebral
GMFCS	<i>Gross Motor Function Classification Scale</i> (Escala de Classificação da Função Motora Grossa)
C4	Grupo muscular na região da quarta vértebra cervical
T10	Grupo muscular na região da décima vértebra torácica
ECM	Músculo esternocleidomastóide
EMG	Eletromiografia de superfície
CP	<i>Cerebral palsy</i>
SCM	<i>Sternocleidomastoid muscle</i>
NDT	<i>Neurodevelopmental treatment</i> (Tratamento baseado no neurodesenvolvimento)
SNC	Sistema Nervoso Central
SCPE	<i>Surveillance of Cerebral Palsy in Europe</i> (Equipe Europeia de Vigilância da Paralisia Cerebral)
MACS	<i>Manual Ability Classification System</i> (Sistema de Classificação das Habilidades Manuais)
ISEK	<i>International Society of Electrophysiology and Kinesiology</i> (Sociedade Internacional de Eletrofisiologia e Cinesilogia)
SENIAM	<i>Surface Electromyography for the Non-invasive Assessment of Muscles</i> (Eletromiografia de Superfície para Avaliação Não Invasiva de Músculos)
RMS	<i>Root Means Square</i> (sinal bruto na eletromiografia de superfície)
FNP	Facilitação Neuromuscular Proprioceptiva

Sumário

1 INTRODUÇÃO	11
2 REVISÃO DE LITERATURA – CONTEXTUALIZAÇÃO	15
2.1 DEFINIÇÃO E EPIDEMIOLOGIA DA PARALISIA CEREBRAL	15
2.2 ETIOLOGIA E FISIOPATOLOGIA DA PARALISIA CEREBRAL	16
2.3 TOPOGRAFIA E NÍVEIS MOTORES - CLASSIFICAÇÃO.....	19
2.4 CONTROLE MOTOR DO MOVIMENTO.....	23
2.5 DESENVOLVIMENTO NEUROPSICOMOTOR NORMAL E PATOLÓGICO	26
2.6 MÉTODOS DE TRATAMENTO	31
2.7 ELETROMIOGRAFIA DE SUPERFÍCIE	34
3 REFERÊNCIAS DA REVISÃO	38
4 ARTIGO	47
5 CONCLUSÃO GERAL	79
ANEXOS.....	81
ANEXO A - PARECER CEP/UFCSPA.....	82
ANEXO B- NORMAS DA REVISTA PARA FORMATAÇÃO DO ARTIGO.....	83

1 INTRODUÇÃO

A paralisia cerebral (PC) é a causa mais comum de incapacidade crônica em crianças, provocada por malformações ou lesões não progressivas no cérebro imaturo (FLEISS & GRESSENS, 2012; CHEN et al., 2013). É um termo genérico que descreve um grupo heterogêneo de distúrbios de postura e movimento, com diferentes etiologias e gravidades, atribuída a lesões cerebrais não progressivas. Estes distúrbios motores são muitas vezes acompanhados por prejuízos sensoriais, cognitivos, de percepção e de comportamento (CHEN et al., 2010; GOFER-LEVI et al., 2013). Ensaio multicêntricos têm revelado que apenas cerca de 10% dos casos de PC pode ser atribuído a lesões hipóxico-isquêmicas ocorridas no momento do nascimento. Fatores genéticos, baixo peso ao nascer e prematuridade estão entre os fatores de risco mais fortes para a PC. No entanto, na maioria dos casos, o mecanismo causal é desconhecido (CAMEROTA et al., 2011; FLEISS & GRESSENS, 2012).

No Brasil há carência de estudos que investiguem a prevalência e a incidência da PC no cenário nacional. Devido a isso, baseado em dados de outros países, projeta-se a ocorrência da PC em países em desenvolvimento (BRASIL, 2013). Sabe-se que nos países desenvolvidos, a PC manifesta-se com prevalência variando de 1,5 a 2,5 a cada 1.000 nascidos vivos (CHEN et al. 2014). Sugere-se uma maior prevalência nos países em desenvolvimento devido, principalmente, às más condições de cuidados pré-natais e ao inapropriado atendimento primário às gestantes. Já a incidência estimada nos países em desenvolvimento é de 7 a cada 1.000 nascidos vivos (BRASIL, 2013).

A PC pode ser classificada com base em quatro componentes principais: o tipo motor, a gravidade, a distribuição anatômica e o momento presumido da lesão. O exame físico completo, contemplando aspectos de avaliação sensório-motora e reflexa, pode ajudar a identificar o tipo predominante de alteração de tônus com acometimento motor. Com base nisso, esta classificação pode ser em: espástico, atáxico, discinético (distonia ou coreoatetose), ou misto (PAKULA, BRAUN & YEARGIN-ALLSOPP, 2009). As características e a severidade da deficiência motora também devem ser especificadas, a fim de determinar a característica da distribuição da alteração do tônus (MORENO-DE-

LUCA, LEDBETTER & MARTIN, 2012). Sendo assim, classifica-se a PC em monoplegia, hemiplegia, diplegia, triplegia e quadriplegia (JONES et al., 2007).

Tradicionalmente, o desenvolvimento motor é considerado como um processo baseado em um desenvolvimento gradual de padrões predeterminados no Sistema Nervoso Central (SNC). A ideia, de que os padrões de comportamento emergem em uma sequência genética ordenada, resultou na definição de que o desenvolvimento acontece na direção cefalo-caudal e da região proximal para distal. Além disso, considera-se que o desenvolvimento sensório-motor é decorrente da maturação das vias de controle de movimento, com aumento do controle cortical sobre os reflexos primitivos (HADDERS-ALGRA, 2002).

Crianças com desenvolvimento motor típico e crianças com PC apresentam diferentes padrões de ajuste postural. As atividades motoras são limitadas por sinergias musculares que ajudam a aumentar ou a diminuir o sucesso na realização de uma tarefa motora (BIGONGIARI, 2011). Os lactentes com desenvolvimento típico, apresentam um repertório limitado de ajustes posturais destinados a um único tipo de padrão de resposta. A partir dos seis meses em diante há uma expansão neste repertório de ativação muscular para executar determinada atividade motora. Aos nove meses, inicia-se uma especificidade no controle motor, sendo que o desenvolvimento de estratégias a cada situação é guiada pela aprendizagem, com base na experimentação e na tentativa e erro (TECKLIN, 2002; HADDERS-ALGRA, 2002).

É do conhecimento clínico comum que a marca do comprometimento motor de crianças com PC é a pouca mobilidade e variabilidade postural. Crianças com formas graves de PC sofrem não somente de um repertório motor limitado, mas também da deficiência no controle seletivo do movimento. Isto pode ser agravado por deficiências no processamento de informações proprioceptivas, táteis ou visuais, disfunções frequentemente encontradas neste tipo de lesão (HADDERS-ALGRA, 2002).

Um problema comum para a criança com PC moderada a grave é a incapacidade em sustentar e controlar adequadamente a posição da cabeça. A aquisição deste controle é considerado o ganho motor mais básico no processo neuroevolutivo, e o início deve surgir por volta do terceiro e quarto meses de vida, amadurecendo e tornando-

se completo aos 6 meses, de acordo com o desenvolvimento neuropsicomotor normal. Dependendo do grau de comprometimento motor que a criança apresenta, esta habilidade pode ser prejudicada (BLY, 1993; GALLAHUE & OZMUN, 2005; SAAVEDRA, WOOLLACOTT & DONKELAAR, 2010).

Como a PC caracteriza-se por lesão persistente e não progressiva, cujas as deficiências e as habilidades mudam com o tempo, quanto mais precoce o início da reabilitação, maior será o aproveitamento da plasticidade neuroglial e menor será o atraso no desenvolvimento (BROECK et al. 2010; BLAUW-HOSPERS et al., 2011; AKBARI et al., 2012; BRASIL, 2013). Devido a isso, uma série de técnicas e métodos terapêuticos tem sido desenvolvida, com o objetivo de promover a reabilitação das desordens sensório-motoras consequentes à PC, dentre elas: a abordagem neuroevolutiva Bobath, a Facilitação Neuromuscular Proprioceptiva, a abordagem para disfunção neuromuscular de Rood, entre outras (MONTGOMERY & CONNOLLY, 2003). O conceito Neuroevolutivo Bobath ou *Neurodevelopmental treatment* (NDT) foi desenvolvido na década de 50 e sua abordagem é fundamentada na reabilitação para a resolução de problemas funcionais, com foco na recuperação sensório-motora dos segmentos corporais acometidos em oposição às compensações de movimento (GRAHAM et al., 2009, KOLLEN et al., 2009).

O conceito Bobath caracteriza-se por uma maneira particular de observar, analisar e interpretar o desempenho motor em uma dada tarefa, sempre respeitando a sequência necessária de aquisição de habilidades dentro do desenvolvimento neuropsicomotor normal (GRAHAM et al., 2009; HUSEYINSINOGLU et al., 2012). Por meio dos pontos-chaves de controle, empregando técnicas de facilitação, inibição e estimulação, proporciona-se ao indivíduo experiências de movimento, as quais não são completamente passivas, mas que ainda não são possíveis de serem realizadas de forma independente. É o projeto para tornar a atividade possível, pois exige uma resposta e permite que essa aconteça (KOLLEN et al., 2009; BROOKS et al., 2011).

Os métodos fisioterapêuticos em uso para o tratamento das desordens neuromotoras decorrentes da PC, embora apresentem resultados clínicos positivos, possuem literatura técnica e científica restrita, ainda carecendo de comprovação (GRAHAM et al., 2009). A eletromiografia de superfície (EMG) é um recurso técnico desenvolvido para avaliação e registro da atividade elétrica produzida pela contração de

músculos estriados esqueléticos. Esta avaliação decorre da variação na polarização das membranas das fibras musculares, ocorridas entre os eletrodos de registro (CHRISTIE et al., 2009).

Resultados positivos do uso dos manuseios do Conceito Bobath são reconhecidos pelos fisioterapeutas na prática diária, porém, ainda há poucos ensaios clínicos abordando suas evidências científicas (BAKHTIARY & FATEMY, 2008; KOLLEN et al., 2009; CHOI, LEE & RO, 2011). Torna-se evidente a necessidade de mais pesquisas na área da Fisioterapia que permitam a mensuração dos efeitos desta modalidade de tratamento fundamentado no Conceito Bobath para crianças com sequelas da PC. A eletromiografia de superfície torna-se uma ferramenta importante para mensurar estes resultados. Portanto, com base no que foi exposto, o objetivo deste trabalho foi verificar a atividade eletromiográfica dos músculos extensores (paraespinhais), flexor e flexor lateral (esternocleidomastóide) envolvidos no controle cefálico e de tronco superior, mediante duas posturas amplamente utilizadas como estratégia de facilitação, baseadas no Conceito Bobath, para a aquisição motora do controle de cabeça, de crianças com distúrbios sensório-motores decorrentes da PC.

2 REVISÃO DE LITERATURA – CONTEXTUALIZAÇÃO

2.1 DEFINIÇÃO E EPIDEMIOLOGIA DA PARALISIA CEREBRAL

A PC é descrita como um grupo de desordens permanentes do desenvolvimento da postura e do movimento (BROECK et al., 2010; AGARWAL & VERNA, 2012). Estas alterações são atribuídas a distúrbios não progressivos do desenvolvimento cerebral fetal ou infantil (NICE CLINICAL GUIDELINE, 2012; CHEN et al., 2014). Também é acompanhada por distúrbios sensoriais, perceptivos, cognitivos, comunicativos, comportamentais, epiléticos e problemas musculoesqueléticos secundários (CHEN et al., 2010; CAMEROTA et al., 2010).

A primeira definição dessa doença como entidade clínica foi constituída pelo cirurgião ortopédico britânico William Jonh Little em 1861, o qual relacionava a paralisia com “ausência de movimentação” observada nos membros das crianças. Esse médico observou pela primeira vez, a associação entre a asfixia perinatal e os distúrbios de desenvolvimento associados, e assim, em meados do século XIX, a afecção ficou conhecida como “Doença de Little” (AISEN et al., 2011; MORENO-DE-LUCA, LEDBETTER & MARTIN, 2012; COLVER, FAIRHURST & PHAROAH, 2013).

No ano de 1940, foi fundada a *American Academy for Cerebral Palsy and Developmental Medicine* sendo a responsável pelas grandes mudanças no conceito e definições da PC. Em seguida, foi instituída a denominação de encefalopatia crônica não progressiva da infância. No ano de 1964, foi constatado o efeito da lesão no cérebro imaturo. Em 1992, a definição da doença foi expandida a um grupo de síndromes motoras não progressivas, oriundas de lesões ou anomalias nas fases iniciais de desenvolvimento cerebral (SANGER et al., 2003; PAKULA, BRAUN & YEARGIN-ALLSOPP, 2009). Em 2004, o *International Working Group on Definition and Classification of Cerebral* definiu a PC como “um grupo de desordens permanentes do desenvolvimento do movimento e da postura, causando limitação da atividade” (O’SHEA, 2008).

Mundialmente é considerada a desordem física mais comum em crianças, com uma prevalência de 1,5 a 2,5 a cada 1.000 nascidos vivos (NOVAK et al., 2012; COLVER, FAIRHURST & PHAROAH, 2013). Esta taxa manteve-se relativamente estável ao longo dos últimos 40 anos (REDDIHOUGH, 2011). Por outro lado, estima-se que a

incidência de PC nos países em desenvolvimento, como o Brasil, seja de 7 a cada 1.000 nascidos vivos (BRASIL, 2013). O Censo demográfico do ano de 2000 registrou 24,5 milhões de portadores de deficiência, dos quais 23% apresentaram deficiência motora, onde a PC está incluída (BRASIL, 2010; HIRATUKA, MATSUKURA & PFEILER, 2010).

Atualmente, os avanços de neonatologia permitiram reduzir significativamente as taxas de mortalidade de recém-nascidos, além de favorecer a sobrevivência de lactentes de alto risco. Por outro lado, no Brasil, a precária situação perinatal guarda relação com o acesso à assistência pré-natal e ao parto, e evidencia as dificuldades impostas à gestante, impossibilitando-a de frequentar o pré-natal em condições adequadas. As complicações imediatas no pós-parto são a perfuração do útero, a hemorragia e a infecção, que podem levar a graus distintos de morbidade e mortalidade, tanto materna quanto do recém-nascido. Os dados do Programa de Humanização no Pré-Natal e Nascimento, desenvolvido pelo Sistema Único de Saúde no Brasil, também evidenciam que a atenção no puerpério não está consolidada nos serviços de saúde. A grande maioria das mulheres retorna ao serviço de saúde apenas no primeiro mês após o parto. Isso pode indicar que as mulheres não recebem informações suficientes para compreenderem a importância da consulta puerperal (BRASIL, 2013). Dessa forma, os prejuízos causados no período pré, peri e pós-natal não são avaliados adequadamente, levando a comprometimentos variados para o lactente (MINAGAWA et al., 2005; BRASIL, 2011).

Diversas áreas de atenção à saúde das pessoas com PC têm buscado estudar e propor terapêuticas de modo a prevenir, minimizar sequelas consequentes destas lesões cerebrais e potencializar as capacidades. Embora a lesão cerebral na PC seja não progressiva, os prejuízos, as co-morbidades e as limitações funcionais mudam ao longo do tempo, reduzindo a função e a qualidade de vida (CHEN et al., 2010; NOVAK et al., 2012). Esta definição realça a complexidade da PC, determinando que não se trata de uma doença única, mas um grupo de desordens com causas diferentes (REDDIHOUGH, 2011).

2.2 ETIOLOGIA E FISIOPATOLOGIA DA PARALISIA CEREBRAL

A complexidade desta síndrome resulta de suas várias classificações. Pode ser definida de acordo com o momento presumido da lesão, a localização anatômica da lesão cerebral, os sintomas e sinais clínicos, a classificação do grau da alteração de tônus muscular, e a distribuição topográfica das alterações do tônus (**Figura 1**) (COLVER, FAIRHURST & PHAROAH, 2013).

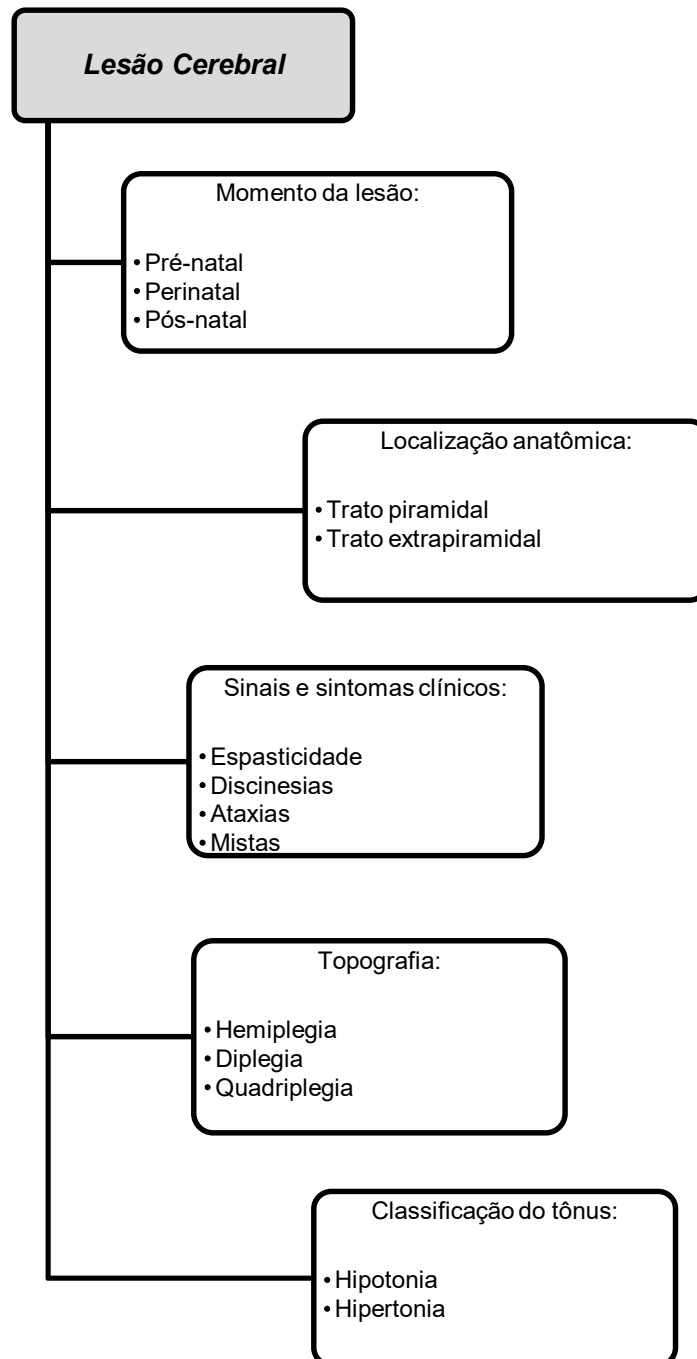


Figura 1 – Complexidade da síndrome e suas classificações (adaptado de COLVER, FAIRHURST & PHAROAH, 2013).

Em muitas crianças, a causa da PC é desconhecida. Aproximadamente 75% dos casos de PC ocorrem por eventos na gestação ou período pré-natal, entre eles: malformação cerebral, infecções maternas, eventos vasculares, condições metabólicas e toxinas, uso de drogas, desnutrição, anemia grave, alterações genéticas e hereditárias (REDDIHOUGH, 2011). Os comprometimentos no período perinatal ocorrem em 10% a 15% dos casos de PC, sendo as causas mais comuns: hemorragia pré-parto, prolapso de cordão, prematuridade, pós-maturidade, baixo peso, hemorragia peri ou intraventricular, distúrbios metabólicos, infecções, alterações circulatórias e eventos neurológicos. No pós-natal, período que vai do nascimento até os dois anos de idade, ocorrem cerca de 10% de todos os casos de PC, tendo como causas mais comuns: infecções, traumas, causas tóxicas, alterações metabólicas, síndromes epiléticas, processos tumorais do SNC, eventos anóxicos e hipóxicos (LIAO et al., 2012; TORABI et al., 2012).

A fisiopatologia da PC não é totalmente compreendida. Em geral, os insultos cerebrais no primeiro trimestre gestacional estão associados ao desenvolvimento cerebral anormal, como na esquizencefalia. No segundo trimestre, o feto está sujeito a danos na substância branca periventricular. Já no terceiro trimestre, o acometimento afeta a massa cinzenta profunda e cortical (COLVER, FAIRHURST & PHAROAH, 2013).

A afecção pode decorrer de hemorragia e hipóxia-isquemia profunda do SNC, danos mecânicos na medula espinhal e no tronco encefálico, além de hipóxia no córtex cerebral. Os danos hemorrágicos e hipóxico-isquêmicos ocasionam a depleção energética no tecido encefálico, formação de radicais livres de oxigênio, morte celular por necrose e apoptose. A substância branca periventricular passa por um período de vulnerabilidade seletiva entre a vigésima sexta e trigésima quarta semanas de gestação, sendo que as lesões neste período provocam leucomalácia periventricular e originam os casos de diplegia. A vulnerabilidade do suprimento metabólico dos gânglios da base causa, entre a trigésima oitava e quadragésima semanas, distúrbios distônicos de movimento. As causas da hemiplegia se associam ao comprometimento de um único hemisfério cerebral e nos casos de quadriplegia, o insulto ao SNC é difuso (KOMAN, SMITH & SHILT, 2004).

A correlação entre os tipos de danos cerebrais a classificação clínica não é completamente clara. Na diplegia espástica ou na quadriplegia espástica, lesões

periventriculares de substância branca foram encontrados em 63% dos casos, anormalidades cerebrais foram encontrados em 9% e lesões corticais ou profundas de massa cinzenta foram observadas em 13% dos pacientes (STRAUB & ORBZUT, 2009).

Os distúrbios de movimento representados pelo descontrole postural e déficits de coordenação que afetam todos os membros, como a coreia, a atetose e a distonia, podem coexistir com as topografias da PC. São lesões que acometem o sistema extrapiramidal, assim como a rigidez, que não acontece com muita frequência. As lesões piramidais estão fortemente associadas à espasticidade, ao aumento de tônus muscular (hipertonia), ao aumento da resposta dos reflexos tendinosos profundos e das reações associadas (STRAUB & OBRZUT, 2009; AISEN et al., 2011). Já a hipotonia normalmente é considerada um momento transitório na PC, cuja a persistência pode significar atraso cognitivo ou prognóstico reservado. Caracteriza-se pelo tônus postural baixo, hipermobilidade articular, co-contração insuficiente de músculos de tronco e pescoço (FORTI-BELLANI, CASTILHO-WEINERT, 2011).

2.3 TOPOGRAFIA E NÍVEIS MOTORES - CLASSIFICAÇÃO

Com base nas anormalidades neuromotoras predominantes, a PC é classificada em grupos diversos. A forma espástica é o acometimento motor mais comum, com uma prevalência de 70%. Com base na anatomia da lesão, esse tipo acomete o trato corticoespinhal (piramidal) também sendo chamada de lesão do neurônio motor superior. A PC espástica ocorre em cinco subtipos: monoplegia, hemiplegia, diplegia, triplegia e quadriplegia, sendo mais comum na literatura, a hemiplegia, a diplegia e a quadriplegia (JONES et al., 2007; CHEN et al., 2010). Já a PC extrapiramidal, ou seja, não espástica, afeta os gânglios da base, originando a PC discinética (10% - 15%), que é caracterizada por anormalidades do tônus e distúrbios de movimento, como a distonia, a atetose ou a coreia. Outra forma extrapiramidal é a atáxica (menos de 5%) que é a tipo menos comum, sendo decorrente de lesão cerebelar e acomete todos os membros e o tronco, caracterizando-se por incoordenação de movimento, déficit de equilíbrio e dismetria (REDDIHOUGH, 2011; FORTI-BELLANI & CASTILHO-WEINERT, 2011).

A quadriplegia espástica inclui a espasticidade que afeta os membros superiores e inferiores, bem como a musculatura bulbar e de tronco. É considerada a forma mais grave de PC. Com este perfil de acometimento, déficits intelectuais associados são comuns, além de outros problemas como crises de epilepsia, surdez e grave deficiência visual. Devido aos impedimentos, tornam-se parcial ou completamente dependentes para auto-cuidados, com limitações de comunicação. Apresentam complicações secundárias às incapacidades funcionais mais presentes do que em outros subtipos da PC (REDDIHOUGH, 2011).

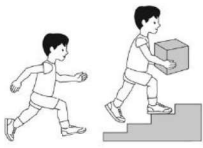
Já a diplegia espástica envolve a espasticidade principalmente nos membros inferiores e no tronco inferior. Também apresentam redução do controle muscular, déficit de equilíbrio, diminuição da força muscular e redução da mobilidade articular, sendo os membros superiores afetados em menor proporção. O terceiro subtipo, a hemiplegia espástica, afeta apenas um hemicorpo. As crianças com essa distribuição apresentam movimentação funcional assimétrica em decorrência de hipertonia da musculatura antigravitacional, e atrofia do membro superior e do membro inferior acometido. Também ocorre comprometimento no ortostatismo e na marcha em razão da sobrecarga funcional sobre o hemicorpo sadio, que suporta todo o peso corporal podendo levar ao aparecimento de pé equino no hemicorpo acometido (MURPHY & SUCHNEIBAR, 2003; DEPPE et al., 2013). Na forma mista, combinam-se características da PC espástica, atetóide e atáxica. O tônus muscular tem um padrão mutante e a criança pode ter diferentes tipos das classificações anteriores durante seu crescimento ou ao mesmo tempo (CANS et al., 2007).

Outra forma de definição é a classificação em distúrbios hipercinéticos ou hipocinéticos. Os primeiros são caracterizados pelo excesso de movimentação, característicos de lesão extrapiramidal (são casos de coreia, atetose, distonia, tremor, balismo, mioclonias). Já os últimos, apresentam pobreza e lentidão de movimentos, como no caso da espasticidade, que causa hipocinesia (RETHLEFSEN, RYAN & KAY, 2010).

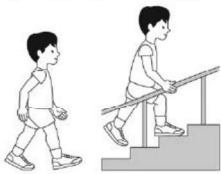
Como citado acima, essas formas mais clássicas de classificação dos tipos de PC incluíam apenas as extremidades afetadas (ou seja, topografia de distribuição do tônus) e exigiam uma comparação subjetiva da gravidade da doença para os membros superiores e inferiores (REID, CARLIN & REDDIHOUGH, 2011). Em 1998, a *Surveillance of Cerebral Palsy in Europe* (SCPE) recomendou uma classificação alternativa, tratando o

comprometimento motor em unilateral ou bilateral (CHEN et al., 2010; AGARWAL & VERNA, 2012). A PC unilateral engloba casos de hemiplegias e a PC bilateral, os casos de diplegias e quadriplegias. Por conseguinte, a SCPE aconselhou incrementar a classificação especificando a gravidade do acometimento, por meio da utilização da escala de avaliação *Gross Motor Function Classification System* (GMFCS) e do *Manual Ability Classification System* (MACS) (KRÄGELOH-MAAN & CANS, 2009). Recentemente, especialistas em PC propuseram uma complementação da classificação em simétrico ou assimétrico (NICE CLINICAL GUIDELINE, 2012).

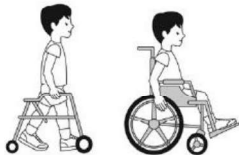
O padrão de desenvolvimento da criança com PC pode variar de acordo com o grau de comprometimento motor provocado pela lesão. Em 1997, pesquisadores do *Canchild Centre for Childhood Disability Research* desenvolveram o instrumento *Gross Motor Function Classification System*, que fornece informações sobre a gravidade dos problemas de movimento com base nas habilidades motoras da criança e sua necessidade de andadores, cadeiras de rodas e outros dispositivos de mobilidade. Este sistema de classificação para deficiência motora é dividido em 5 níveis: I. deambula sem limitações, II. deambula com limitações, III. anda utilizando um dispositivo com auxílio de membros superiores, como andadores ou muletas, IV. auto-mobilidade com limitações, pode usar a mobilidade motorizada e, V. transportado em uma cadeira de rodas manual (**Figura 2**) (BROOKS et al., 2011).

GMFCS- Nível 1

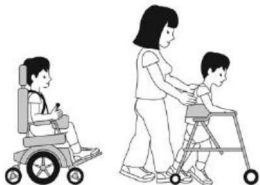
A criança caminha em casa, na escola, ao ar livre e na comunidade. Ela pode subir e descer escadas sem usar o corrimão. No desempenho das habilidades motoras conseguem correr, pular, mas a velocidade, o equilíbrio e a coordenação são limitados.

GMFCS- Nível 2

A criança caminha com maior fixação e sobe escadas utilizando o corrimão, mas pode ter dificuldade em percorrer longas distâncias. Tem limitações em superfícies irregulares ou inclinadas e em espaços com muitas pessoas ou quando necessita transportar objetos. Na comunidade pode necessitar de assistência física ou dispositivo auxiliar de marcha ou cadeira de rodas para longas distâncias. Pode ter uma aptidão mínima para atividades motoras globais tais como correr e saltar.

GMFCS- Nível 3

A criança pode andar com dispositivo auxiliar de marcha de controle manual dentro de casa na maioria dos casos. Para deslocamento em longas distâncias necessita de cadeira de rodas. Pode subir e descer escadas, apoiando-se no corrimão com supervisão ou assistência física. Devido às limitações na marcha pode necessitar de adaptações para participação nas atividades físicas e desportivas, incluindo cadeira de rodas manual ou elétrica.

GMFCS- Nível 4

Na maioria das situações a criança necessita de assistência física ou cadeira de rodas elétrica para a mobilidade. Pode utilizar andador com suporte de tronco na escola ou em casa, se colocada. Na escola, na rua e na comunidade é transportada numa cadeira de rodas manual ou pode usar cadeira de rodas elétrica.

GMFCS- Nível 5

A criança é transportada em cadeira de rodas. Possui dificuldade no controle da cabeça contra a gravidade e do tronco e no controle dos movimentos dos membros superiores e inferiores. Em casa, pode percorrer distâncias curtas no chão ou ser transportada por um adulto. Pode conseguir alguma autonomia na mobilidade usando cadeira de rodas elétrica, com múltiplas adaptações para sentar e no acesso ao controle.

Figura 2 - GMFCS para faixa etária de 6 a 12 anos (adaptado de PALISANO, 1997).

As curvas para cada um dos níveis do GMFCS orientam relativamente sobre o prognóstico do desenvolvimento motor (REDDIHOUGH, 2011). Este instrumento tem sido utilizado mundialmente em diversas pesquisas; foi validado para a língua inglesa com um ótimo índice de confiabilidade (validade discriminativa e interconfiabilidade de 0,79), ressaltando a adequação transcultural para a língua portuguesa (VARGUS-ADAMS et al., 2008; PALISANO et al., 2009; HIRATUKA, MATSUKURA & PFEILER, 2010). Os critérios específicos para cada nível são dependentes da idade e foram desenvolvidos com a intenção de que a criança mantenha o mesmo nível de GMFCS durante toda a infância e adolescência (BROOKS et al., 2011).

Tem sido demonstrado que crianças com piores níveis motores, pontuados no GMFCS, têm maior comprometimento sensório-motor secundário, como complicações musculoesqueléticas e problemas associados, incluindo o déficit cognitivo, distúrbios da fala e comunicação, além de problemas sociais. O comprometimento osteomuscular secundário e as mudanças nas funções motoras podem ocorrer devido ao comprometimento do controle motor, da força biomecânica anormal e, até mesmo, mudanças no ambiente físico e social. As crianças com melhores níveis de GMFCS frequentemente apresentam melhor controle motor seletivo, força muscular, amplitude de movimento e menos espasticidade do que aqueles com níveis piores GMFCS (CHEN et al., 2010).

2.4 CONTROLE MOTOR DO MOVIMENTO

Uma variedade de teorias existem na tentativa de explicar o processo de controle motor, o qual regula os mecanismos essenciais para o movimento. Dessa forma, há uma base conceitual a qual os terapeutas fundamentam as avaliações e tratamentos de seus pacientes com disfunção motora. As teorias tradicionais incluem a Teoria Hierárquica, que descreve a regulação do movimento como um processo de cima para baixo, em que o SNC funciona como o comando central de todas as tarefas relacionadas ao movimento (MONTGOMERY & CONNELLY, 2003). De acordo com este ponto de vista, as áreas corticais do cérebro exercem um maior nível de controle e organizam o movimento voluntário. Na outra extremidade, a medula espinal é o ponto de controle mais

inferior, em que as contribuições ao nível medular para controle motor ocorrem por meio da atividade reflexa, bem como por meio de regulação do comprimento muscular e da força. Assim, as disfunções do movimento em indivíduos com lesão no SNC decorrem da perda dessa inibição dos centros superiores. Sem essa inibição, os reflexos emergem e dominam os padrões resultando em movimentos anormais (EVERETT & KELL, 2010; KENYON & BLACKINTON, 2010).

Em contraste, a Teoria dos Sistemas Dinâmicos conceitualiza o controle motor como a regulação do movimento como um processo distribuído que resulta da interação de múltiplos fatores e sistemas, os quais trabalham em conjunto para gerar o controle do movimento. O papel do SNC é de controlar, organizar e coordenar os muitos graus de liberdade e os efeitos da gravidade nas sinergias de movimento. Também descreve o controle motor como um sistema auto organizado, o que significa que ao invés de estar controlado por centros superiores, o movimento surge de acordo com as exigências do sistema (KENYON & BLACKINTON, 2010). Já a Teoria Ecológica enfatiza a organização do movimento como resultado de interações do meio ambiente e ações dirigidas a objetivos. Também enfatiza que a percepção desempenha um papel maior na ação do que na sensação. A Teoria Integrada descreve o controle motor integrado, o qual reflete elementos-chave do sistema hierárquico, dinâmico e ecológico. Esta teoria baseia-se no movimento como um produto da interação entre o indivíduo, a tarefa e o meio ambiente (EVERETT & KELL, 2010).

As estruturas envolvidas no controle motor são: (1). as áreas de associação corticais, que desempenham um papel chave na concepção e planejamento do movimento voluntário. Os potenciais de ação da área de associação cortical projetam-se aos gânglios da base para ativação seletiva do movimento e/ou inibição de movimentos indesejados. (2). O tálamo, que envia impulsos para o córtex motor, é visto como o caminho final comum. (3). Impulsos do córtex motor são quase simultaneamente enviados para o cerebelo, para o tronco cerebral e para medula espinhal. O cerebelo possui participação no aprendizado motor e refinamento da tarefa. O tronco cerebral desempenha um papel de fundo na manutenção do controle postural, enquanto impulsos para a medula espinhal são destinados à ativação de músculos individuais ou grupos musculares específicos à tarefa a ser executada. (4). Os motoneurônios alfa constituem a junção neuromuscular e são responsáveis pela comunicação do sistema nervoso com os

efetores musculares (5). A sensação do movimento, em conjunto com outras informações de *feedback* relevantes, são enviados para o SNC. Esta informação sensorial é utilizada por vários centros. A medula espinhal vai usá-lo em sua integração de reflexos espinhais, controle e manutenção dos estados de contração e tônus muscular e no controle de padrões de locomoção. O tronco cerebral utiliza o *feedback* sensorial principalmente para o controle postural e o equilíbrio. *Feedback* sensorial também é enviado ao tálamo. O cerebelo compara o movimento executado com o movimento pretendido, por meio das aferências periféricas e corticais, respectivamente. O processo de recepção da informação sobre o movimento pretendido é transmitido por meio da via córtico-pontino-cerebelar. Por outro lado, a retransmissão das adequações de movimento ao córtex são viabilizadas por meio da via cerebelo-tálamo-cortical. (6). O tálamo distribui o *feedback* sensorial ao seu local apropriado no córtex sensorial. (7). As experiências sensoriais são interpretadas pelo áreas de associação corticais, as quais as memorizam e as armazenam para uso futuro na projeção e planejamento de movimentos (MONTGOMERY & CONNELLY, 2003; EVERETT & KELL, 2010).

Quando um movimento é realizado, uma descarga de neurônios motores na medula espinhal reflete a atividade de todas as aferências recebidas, seja dos circuitos locais da medula espinhal, seja das aferências descendentes das vias corticoespinhal, vestibuloespinhal e reticuloespinhal. Considerando que uma grande proporção do sistema corticoespinhal origina-se no córtex motor primário, as lesões nesse local podem ter efeitos muito pronunciados sobre os movimentos, podendo interromper também, as eferências indiretas da medula espinhal, via projeções corticais, para a formação reticular e para os tratos reticuloespinhais (STOKES, 2000).

A função do SNC é executar o movimento com refinamento e fluidez. Para tanto, o controle motor utiliza diferentes mecanismos de ajuste seletivo. Estes mecanismos são acionados para que se tenha mobilidade, estabilidade (equilíbrio estático), mobilidade controlada (transferência de peso e dissociações) e habilidade. Tais componentes são dependentes de um tônus postural normal, que são decorrentes da evolução maturacional do SNC para ocorrência dos atos motores (FORTI-BELLANI & CASTILHO-WEINERT, 2011). Com a inibição cortical e a maturação das vias piramidais há a incorporação dos reflexos primitivos, dando lugar ao movimento voluntário

(ZAFEIRIOU, 2004). Quando há uma situação de lesão, como na PC, há interrupção ou falha desta evolução, que está em pleno desenvolvimento. O resultado disso é a ocorrência de padrões motores atípicos, inadequados e compensatórios, em oposição aos padrões típicos de movimento (FORTI-BELLANI & CASTILHO-WEINERT, 2011).

2.5 DESENVOLVIMENTO NEUROPSICOMOTOR NORMAL E PATOLÓGICO

O desenvolvimento neuropsicomotor é o processo no qual a criança adquire habilidades de vida diária e continuamente se adapta a diferentes situações impostas pelo ambiente. Pode ser definido como a maturação do SNC e como a estruturação das funções cognitivas, psicológicas e comportamentais inter-relacionado com fatores físicos, biológicos e ambientais (KIM et al., 2012). Grande parte do primeiro ano de vida do lactente é caracterizada pelo surgimento de comportamentos motores típicos, tais como rolar, sentar, engatinhar e caminhar (CLARK, 2005).

O corpo humano tem uma grande variedade de combinações de movimento disponíveis. O processamento das aquisições motoras acontece emergindo da região cervical e da parte superior do tronco, progredindo em direção céfalo-caudal. Portanto, o controle postural do tronco superior desenvolve-se primeiro do que na região inferior. Com relação a atividade muscular, sabe-se que músculos mais proximais têm participação maior no alinhamento e estabilidade do segmento proximal envolvido (SAAVENDRA, DONKELAAR & WOOLLACOTT, 2012).

Para que o desenvolvimento neuropsicomotor normal aconteça é essencial a maturidade da atividade muscular, iniciando as aquisições no plano sagital, seguido do plano frontal e por último, no transversal. Além disso, é necessário um controle postural apropriado, primeiramente dos músculos extensores, seguido dos flexores (BLY, 1993). O tônus muscular postural normal também é importante para suavizar os movimentos por meio dos planos de movimentos. O tônus muscular normal é alto o suficiente para permitir movimentos contra a gravidade, e baixo o suficiente para dar completa liberdade de movimento pelos vários planos e em resposta a vários estímulos (TECKLIN, 2002; FORTI-BELLANI & CASTILHO-WEINERT, 2011).

O desenvolvimento motor inclui mudanças relacionadas à idade tanto na postura quanto no movimento. Por muitos anos, atribuíam-se muitas das alterações vistas no comportamento motor a mudanças que ocorrem no SNC. Pensava-se que as modificações nas habilidades motoras refletiam a maturação do SNC. Recentemente, entretanto, começamos a perceber que o sistema nervoso não é a única estrutura que determina essas mudanças. Modificações em outros sistemas do corpo, como as do sistema musculoesquelético e cardiorrespiratório, também influenciam o desenvolvimento motor. Além disso, o ambiente exerce uma influência muito forte e sistemática no desenvolvimento motor. Cada sistema interage de um modo complexo para realizar mudanças no comportamento motor conforme ocorre o desenvolvimento (TECKLIN, 2002).

O movimento de cabeça é a aquisição motora mais básica no processo neuroevolutivo e já inicia durante a gestação. É uma das principais ações realizadas pelo feto, vistas a partir da sétima ou oitava semanas sendo intensificado na décima primeira semana. É na vida pós-natal que a criança irá desenvolver o controle deste segmento corporal. Esta aquisição depende da capacidade de integrar aferências vestibulares e proprioceptivas ao comando motor eferente das vias de controle postural. Seu desenvolvimento é primordial para a modulação reflexa disparada pela ativação de receptores sensoriais localizados na cabeça, os quais podem resultar em modificações tônicas que interferem na manutenção da postura e geração de movimentos voluntários (SAAVEDRA, WOOLLACOTT & DONKELAAR, 2010).

Em um desenvolvimento típico, o controle vertical da cabeça surge aos 3-4 meses de idade, sendo um dos principais objetivos do controle postural a estabilização da cabeça no espaço (SAAVEDRA, WOOLLACOTT & DONKELAAR, 2010; WALLARD et al., 2012). O controle completo da cabeça só é alcançado aos seis meses de idade, após a criança ser capaz de controlar de forma coordenada a atividade de flexores, extensores e flexores laterais da região cervical (BLY, 1993; TECKLIN, 2002; GALLAHUE & ORZUM, 2005; FORTI-BELLANI & CASTILHO-WEINERT, 2011).

Para uma criança, a tarefa de controlar a cabeça sobre uma coluna multisegmentada e instável por meio de músculos sobrepostos, é uma tarefa complexa. A aquisição do controle vertical requer uma aprendizagem sobre a gravidade. A força gravitacional que age sobre a cabeça, provoca um deslocamento do centro de massa

para longe do seu ponto de equilíbrio. Para que a criança segure a cabeça com controle é necessário aprender a contrair os músculos (SAAVENDRA, DONKELAAR & WOOLLACOTT, 2012). Além da ativação muscular, os órgãos sensoriais para os sistemas visual e vestibular localizados na cabeça, fazem um refinado controle do movimento, de fundamental importância tanto para orientação quanto para o equilíbrio (SAAVEDRA, WOOLLACOTT & DONKELAAR, 2010; WALLARD et al., 2012).

Para o controle de cabeça, os músculos responsáveis pela manutenção da extensão são: elevador da escápula, semi-espinhal da cabeça, esplênio da cabeça e do pescoço, multífidos, suboccipitais e uma mínima participação do músculo trapézio. Os responsáveis pela manutenção da flexão são: esternocleidomastóide, infrahióide, longo da cabeça e do pescoço. Os músculos que mantêm a flexão lateral são: esternocleidomastóide, escalenos, elevador da escápula, semi-espinhal da cabeça e algumas fibras do trapézio (SOMMERICH et al, 2000). Em posição neutra, os músculos multífidos, semi-espinhais e inter-espinhais são os primários no controle vertical da cabeça, sendo o músculo semi-espinhal da cabeça o maior gerador de força extensora, sendo considerado vital para a estabilização dinâmica da cabeça. Para flexão e flexão lateral, o principal músculo considerado é o esternocleidomastóide (SCHÜLDT & HARMS-RINGDAHL, 1988; SOMMERICH et al, 2000; LAVALLE, CHING & NUCKLEY, 2013).

Posteriormente à aquisição do controle de cabeça, outras habilidades motoras são adquiridas: primeiro rolando, depois rastejando e engatinhando, e então andando com apoio, até finalmente alcançar a importante marca da locomoção independente (TECKLIN, 2002; CLARK, 2005). Dividindo os períodos das aquisições motoras em trimestres, é possível ver no primeiro trimestre o início da ativação dos músculos extensores de tronco e redução da postura flexora. A descarga de peso desce em direção ao abdômen e é possível o controle cefálico, a descarga de peso nos antebraços e estabilização da cintura escapular. No final desse trimestre aumenta o controle extensor em prono, o controle flexor em supino e a capacidade de transferência de peso ântero-posterior no plano sagital. O segundo trimestre é o período extremamente significativo para as aquisições coordenadas e sinérgicas do controle motor. Neste trimestre a criança experimenta as sensações de transferência de peso látero-lateral (plano frontal) e as rotações no plano transversal. Já no terceiro trimestre, a criança possui controle dos três planos de movimento, permitindo maior exploração com o meio

ambiente. Nessa fase consegue ter um refino das reações posturais e maior liberdade de movimento. No último trimestre, o quarto, há um aperfeiçoamento das reações e aumento da estabilidade em posturas altas (TECKLIN, 2002; GALLAHOU & OZMUN, 2003; FLEHMIG, 2004; FORTI-BELLANI & CASTILHO-WEINERT, 2011).

Também experimentadas pelas crianças em seu desenvolvimento normal, as posturas em decúbitos ventral e lateral são importantes para aquisição do controle de cabeça (FORSSBERG, 1999, DUDEK-SHRIBER & ZELAZNY, 2007). A postura flexora promove um alongamento da musculatura extensora, favorecendo, posteriormente, a sua contração e desenvolvimento da extensão ativa. A extensão ativa, por sua vez, favorece um alongamento dos flexores, facilitando o desenvolvimento posterior da flexão ativa, por isso a importância de oferecer diferentes posturas para o lactente, permitindo o desenvolvimento muscular para as habilidades motoras (BLY, 1994).

Na cultura ocidental, grande parte dos lactentes passa 60% do dia em decúbito dorsal. Mais de 30% das crianças de 4 meses nunca experimentou a posição em decúbito ventral e 75% experimenta o prono por no máximo 20 minutos no dia. Posicionar a criança em prono e em posturas verticais leva a maior ativação muscular e melhor desempenho dos músculos do pescoço, ombros e tronco superior. Também permite uma nova visão que a criança pode experimentar do mundo, além de servir como estimulação vestibular e favorecer o desenvolvimento motor (LEE & GALLOWAY, 2012).

Embora a sequência de desenvolvimento típico seja consenso entre a maioria dos autores sobre este tema, sabe-se que o desenvolvimento motor depende de questões neuromaturacionais, genéticas e ambientais. Qualquer fator que interfira nas questões orgânicas e ambientais da criança pode repercutir no comportamento motor (FORTI-BELLANI & CASTILHO-WEINERT, 2011). Portanto, o atraso de desenvolvimento é um termo usado para as crianças que não têm características de desenvolvimento e habilidades que seriam esperadas para a sua idade (AKBARI et al., 2012). Uma criança não é diagnosticada com PC até que esteja aparente uma desordem de desenvolvimento motor e/ou que não esteja alcançando as etapas motoras. No entanto, atrasos nas aquisições dos marcos motores também podem surgir, mesmo sem a ocorrência de uma doença de base, e sim, apenas pela falta de estimulação sensorio-motora adequada (FORTI-BELLANI & CASTILHO-WEINERT, 2011; NICE CLINICAL GUIDELINE, 2012).

As crianças com distúrbios cerebrais não progressivos diagnosticadas podem apresentar sinais e sintomas diferentes dependendo da gravidade da deficiência motora, idade de desenvolvimento e os efeitos da terapia. Pode haver um grave comprometimento da função motora, como espasticidade, distonia, contraturas, crescimento ósseo anormal, distúrbios de equilíbrio, perda de controle motor seletivo e fraqueza muscular, que limita e restringe sua participação na sociedade ou proporciona dificuldades com os cuidados diários, devido a complicações secundárias à espasticidade. No entanto a consequência provocada pela lesão pode ser leve, afetando apenas habilidades mais específicas, como atividades esportivas, por exemplo. Para algumas crianças, a dor de espasmos musculares, de encurtamentos e das deformidades ocasionados pela alteração do tônus, podem ser a dificuldade mais importante e limitante, enquanto que para outros, apenas o atraso no desenvolvimento motor pode ser a principal preocupação. Portanto, qualquer transtorno provocado pela PC levará a algum atraso ou déficit que irá repercutir no desenvolvimento da criança (NICE CLINICAL GUIDELINE, 2012; PARK & KIM, 2013).

Transtornos de desenvolvimento, que incluem tanto o atraso como os desvios no desenvolvimento, afetam de 5% a 10% das crianças (KIM et al., 2012). Estas alterações neurodesenvolvimentais foram definidas como "um grupo de condições heterogêneas que compartilham uma perturbação na aquisição de habilidades básicas de desenvolvimento em uma ordem cronologicamente adequada" (DONG, CHEN & YU, 2012).

O controle postural deficiente é, muitas vezes, um problema chave na PC, desenvolvendo a necessidade de apoio ou dispositivos de assistência para estabilizar o corpo contra a gravidade, a fim de manter uma posição. O controle postural é também afetado pelo ambiente e atenção necessária para a execução de tarefas (RODBY-BOUSQUET & HÄGGLUND, 2010). Crianças com desenvolvimento típico e crianças com PC apresentam variabilidade na latência de ativação dos músculos do pescoço e do tronco. Crianças mais acometidas pelas sequelas da PC apresentam déficits visíveis no controle postural (BIGONGIARI, 2011).

Estudos sobre aquisição do controle da cabeça em crianças com PC espástica têm mostrado maior movimento da cabeça durante as transições entre posturas, durante as buscas por alvos visuais. As mesmas aumentam a frequência de

ativação antagonista, refletindo a falta de controle seletivo de movimento, conseqüente do distúrbio. Dessa forma, as crianças com PC são incapazes de estabilizar adequadamente sua cabeça no espaço durante tarefas dinâmicas e isso pode estar relacionado com os padrões imaturos ou anormais de ativação dos músculos do tronco. Sugere-se que a estabilidade da cabeça seja uma habilidade que precisa ser reaprendida ou reorganizada cada vez que um problema sensório-motor se estabeleça. Além disso, o desenvolvimento da estabilidade da cabeça tem recebido relativamente pouca atenção dos pesquisadores. Pouco se sabe sobre o processo de desenvolvimento no que se refere à tarefa específica do movimento da cabeça até que as crianças comecem a deambular (SAAVEDRA, WOOLLACOTT & DONKELAAR, 2010).

2.6 MÉTODOS DE TRATAMENTO

Até o momento, há uma variedade de terapias destinadas a tratar ou reabilitar os insultos cerebrais que levam a problemas motores característicos da PC. Essencialmente, as intervenções representam técnicas, embora o tratamento de longo prazo deva ser frequentemente reiterado. Os objetivos destas intervenções são: (a) minimizar o desenvolvimento de problemas secundários (contraturas e deformidades) por reduzir ou normalizar o tônus, facilitando o alongamento adequado dos músculos e aumentar a amplitude de movimento ativo, (b) fortalecer os músculos fracos, (c) melhorar a mobilidade e adquirir habilidades motoras funcionais, (d) promover a independência funcional em casa, na escola e na comunidade (PAPAVASILIOU, 2009).

As terapias devem reduzir problemas de movimento e maximizar o progresso da criança. Nenhum tratamento cura o distúrbio cerebral subjacente, embora, com o tempo, crianças menos afetadas possam adaptar-se e aprender habilidades motoras suficientes para participarem plenamente de atividades da vida cotidiana. Para as crianças mais severamente afetadas, o tratamento é um processo contínuo, que deve ser projetado para atender às necessidades do indivíduo à medida que crescem e amadurecem (NICE CLINICAL GUIDELINE, 2012).

Por muitos anos, as intervenções terapêuticas se dirigiam para o tratamento da espasticidade, sob o pressuposto de que esta é a principal causa da disfunção após lesões do SNC, focando em intervenções baseadas em técnicas físicas inibitórias (medicamentos, cirurgias, bloqueios periféricos). Quando as pesquisas neurofisiológicas para reabilitação surgiram, estudava-se a atividade elétrica dos neurônios individuais e receptores sensoriais complexos, tais como o eixo muscular. Foi com os estudos do fuso muscular e do sistema motor que propiciou-se a geração de formas de reabilitação influenciadas pela fisiologia do fuso muscular, proporcionando base teórico-prática para as terapêuticas criadas por Rood, Knott e Voss, Bobath, entre outros, por exemplo. Estas abordagens foram menos influenciadas por elementos fisiológicos do controle motor, concentrando-se em elementos observáveis do comportamento motor (MONTGOMERY & CONNELLY, 2003).

Em 1940 e 1950, foram sendo criados métodos que enfatizavam a causa central do distúrbio de movimento, alterando a perspectiva quanto a pessoas com problemas neurológicos (GALEA, 2012). Berta e Karel Bobath foram os pioneiros que desenvolveram uma abordagem para reeducar as crianças com PC e adultos com Acidente Vascular Encefálico. Eles observavam que as técnicas específicas de movimentação manual podiam influenciar os padrões de tônus muscular e de movimento (MURPHY & SUCH-NEIBAR, 2003).

Outra abordagem foi a de Margaret Rood, a qual desenvolveu um sistema de exercícios terapêuticos avançados pela estimulação cutânea em pacientes com disfunção neuromuscular. Esta abordagem foi uma das primeiras a considerar as funções motoras interligadas a mecanismos sensoriais, assumindo um papel fundamental na análise da disfunção e na aplicação de tratamento (MONTGOMERY & CONNELLY, 2003). A facilitação neuromuscular proprioceptiva ou FNP foi criada por Herman Kabat e Maggie Knott, envolvendo o uso de padrões de diagonais de movimento. Foi desenvolvido inicialmente para ser utilizado com crianças com PC, mas depois foi aplicada a pacientes com outros tipos de distúrbios neurológicos e ortopédicos. Utiliza resistência e alongamento para facilitar padrões motores específicos, além de rotações, que são o elemento chave em muitos destes modelos (MONTGOMERY & CONNELLY, 2003; GALEA, 2012).

Portanto, observa-se uma considerável variedade de práticas para o tratamento da espasticidade, todas conforme estudos do comportamento animal e de desenvolvimento humano, de acordo com os princípios de progressão céfalo-caudal e proximal-distal. Com isso, a terapia física (Fisioterapia) é considerada a base do tratamento para crianças com distúrbios motores, desempenhando um papel importante na reabilitação de crianças com PC (BLAUW-HOSPERS et al., 2011; NICE CLINICAL GUIDELINE, 2012; FRANKI et al., 2012).

O Conceito Neuroevolutivo Bobath, ou *Neurodevelopmental Treatment* (NDT) desenvolvido durante a década de 50, por Karel e Bertha Bobath, tem se mantido atual ao longo dos anos em função de sua dinâmica capacidade de adaptação frente às novas bases neurocientíficas da reabilitação. Sua abordagem é fundamentada na terapia para a resolução de problemas funcionais, com foco na recuperação sensório-motora dos segmentos corporais acometidos em oposição ao ganho funcional obtido por compensações de movimento (BOBATH, BOBATH, 1989; PAPAVALIIOU, 2009; KOLLEN ET AL., 2009; FRANKI et al., 2012).

O Conceito Bobath caracteriza-se por uma maneira particular de observar, analisar e interpretar o desempenho motor em uma tarefa, sempre respeitando a sequência necessária de aquisição de habilidades, conforme o desenvolvimento neuropsicomotor normal. Sua aplicação clínica fundamenta-se em um raciocínio individualizado e não na aplicação de técnicas padronizadas (GRAHAM et al., 2009; HUSEYINSINOGLU et al., 2012). Seus preceitos podem ser agrupados em estratégias de inibição, estimulação e facilitação. Os manuseios em pontos-chave de controle visam a inibição de padrões anormais de movimento e a facilitação de movimentos funcionais (CHOI, LEE & RO, 2011; GALEA, 2012). O NDT preconiza a utilização do controle manual do terapeuta por meio de manuseio em pontos-chave como forma de induzir, limitar, modular ou restabelecer padrões de movimento típicos dentro do contexto de uma tarefa específica (Levin, Panturin, 2011).

Por meio das técnicas de facilitação o indivíduo tem a experiência de movimento facilitada pelo terapeuta. Esta experiência motora não é completamente passiva, mas acontece em um momento em que a criança ainda não consegue realizar de forma ativa e independente (KOLLEN et al., 2009). Pode ser utilizada para ativação de uma musculatura específica como forma de preparação para uma atividade volitiva.

Também serve para estabilizar uma parte do corpo a fim de reduzir atividades musculares não relevantes na execução de determinada tarefa (GRAHAM Et al., 2009).

A transferência e manutenção do peso em regiões corporais opostas àquelas em que se deseja incremento da atividade muscular parece ser a base do processo de facilitação das reações de retificação, possibilitando maior controle e atividade muscular, desenvolvimento de habilidades motoras, retificação e postura (PAGNUSSAT et al. 2013). Como exemplo, os pontos-chave de controle para transferência de peso no quadril facilitam o desenvolvimento do torque muscular necessário para elevação e retificação da cabeça nos decúbitos lateral e ventral. Isso proporciona à criança as primeiras experiências sensório-motoras satisfatórias de retificação nessas posturas, sendo o primeiro passo para a posterior aquisição da habilidade motora de controle cervical (GRAHAM et al., 2009).

Monitorar o efeito de uma intervenção ao longo de vários anos, é uma tarefa complexa, além disso, esta abordagem possui um quadro teórico limitado, o que pode dificultar, portanto, o planejamento de um programa de tratamento para uma criança (NICE CLINICAL GUIDELINE, 2012). Crianças com atraso no desenvolvimento decorrentes da PC têm inúmeros problemas; diagnosticar cedo e encaminhá-la a tempo é muito importante para proporcionar o máximo benefício para a criança (AKBARI et al., 2012).

O uso dos manuseios baseados no Conceito Bobath são reconhecidos pelos fisioterapeutas na prática diária, porém, ainda contamos com poucos estudos do tipo ensaio clínico, abordando as evidências científicas desta modalidade de tratamento (BAKHTIARY & FATEMY, 2008; GRAHAM et al., 2009; KOLLEN et al., 2009; CHOI, LEE & RO, 2011). Uma das grandes barreiras para a avaliação da eficácia terapêutica do conceito é a falta de unificação entre manuseios e posturas utilizadas durante a terapia (LEVIN & PANTURIN, 2011). Neste contexto, utilizar uma forma de registro da atividade muscular, torna-se uma ferramenta útil para a quantificação das técnicas de facilitação na aquisição das reações de retificação em diferentes posturas, além da comprovação das técnicas de reabilitação utilizadas em Fisioterapia (CROW et al., 2011).

2.7 ELETROMIOGRAFIA DE SUPERFÍCIE

Os métodos fisioterapêuticos em uso para o tratamento das desordens neuromotoras decorrentes da PC, embora resultem em evidências clínicas positivas, ainda carecem de quantificação acerca de seus resultados. A eletromiografia de superfície (EMG) é um recurso técnico desenvolvido para avaliação e registro da atividade elétrica produzida pela contração de músculos estriados esqueléticos. Por meio do registro eletromiográfico é possível inferir sobre as variações de polarização das membranas das fibras musculares, localizadas entre os eletrodos de registro e mensurar a atividade muscular em uma determinada tarefa ou postura (CHRISTIE et al., 2009). O sinal eletromiográfico é a representação gráfica da atividade elétrica das fibras musculares, simulando a medida dos potenciais de ação do sarcolema, na unidade de voltagem em função do tempo (DE LUCA, 1993). O teste eletromiográfico é um método não invasivo que permite a visualização da função muscular, podendo auxiliar os profissionais da saúde e pesquisadores a identificar relações entre alterações musculares e deficiências físicas (STEGEMAN et al., 2000; NAKAZAWA et al., 2004; KONRAD, 2005; DROST et al., 2006).

Existem dois tipos de eletrodos para captar a gravação da atividade muscular: eletrodos intramusculares e eletrodos de superfície. Eletrodos intramusculares são normalmente agulhas inseridas no músculo de tal modo que os sinais podem ser registrado diretamente. Embora este método seja invasivo, pode medir o potencial de um músculo profundo e é minimamente afetado por *crosstalk*, ou seja, atividade elétrica de músculos próximos ao que está sendo analisado. Em contraste, EMG com eletrodos de superfície são posicionados sobre a pele que cobre o músculo e assim medem o seu potencial de forma indireta. Eletrodos de superfície captam simultaneamente a partir de vários músculos potenciais (diafonia), e, portanto, não são considerados ideais para a gravar a atividade de músculos profundos (OKUBO et al., 2010).

A EMG com eletrodos de superfície, é de fácil aplicação e aceitação do participante, porém exige atenção quanto à metodologia da execução das coletas do sinal e ajustes dos parâmetros, como tipo de eletrodos, frequência de amostragem, filtragem e amplificação do sinal. Para tanto sugere-se a utilização das diretrizes da *International Society of Electrophysiology and Kinesiology - ISEK* (MERLETTI, 1999) e as recomendações do Projeto *Surface Electromyography for the Non-invasive Assessment of Muscles* (SENIAM) (SENIAM, 2013).

Como metodologia, preconiza-se a preparação da pele para reduzir a impedância, por meio de tricotomia do sítio de colocação do eletrodo, higienização com álcool etílico hidratado a 70%, além do posicionamento do eletrodo no tecido cutâneo 5 minutos antes do início da coleta (HERMENS et al., 2000). Os eletrodos devem ser posicionados no sentido longitudinal às fibras musculares, de preferência na linha média do ventre muscular entre o ponto motor e a junção miotendínea. Um eletrodo de referência deve ser utilizado em alguma proeminência óssea, conforme as localizações recomendadas, como as articulações do cotovelo, tuberosidade da tíbia, processo espinhoso da sétima vértebra cervical, ou conforme o músculo a ser avaliado (CRISWELL, 1998; MERLLETTI, 1999; STEGEMAN et al., 2000; SENIAM, 2013).

O sinal eletromiográfico bruto coletado possui grande variabilidade para análises de comparações entre diferentes situações. Para reduzir estas diferenças e padronizar as diferenças inter-situações, pode ser realizado o procedimento denominado “normalização”. Este método consiste na transformação do valor bruto, *Root Mean Square* (RMS), em percentual. Essa transformação ocorre com base em uma coleta de referência do próprio sujeito (MERLETTI, 1999). O processo de normalização pode decorrer do valor de uma contração voluntária máxima ou submáxima, e quando não há possibilidade da realização da contração voluntária efetiva, realiza-se a normalização pelo valor de pico do sinal, ou pelo valor obtido da média dos valores de picos do sinal (KONRAD, 2005).

Existem poucos estudos que abordem a relação da EMG com manuseios fundamentados pelo Conceito Bobath. Alguns estudos verificaram os efeitos da terapia baseada na abordagem neuroevolutiva, avaliando a facilitação do movimento, a redução da espasticidade e o desempenho na tarefa, por meio da EMG. Um estudo utilizou o registro eletromiográfico como forma de mensuração de um manuseio para redução de espasticidade durante a marcha. Foram aplicadas técnicas de inibição em tornozelo, joelho e quadril, resultando no aumento do valor do sinal eletromiográfico durante o manuseio do terapeuta, demonstrando a ação positiva da abordagem do Conceito Bobath na ativação da musculatura (BAKHTIARY & FATEMY, 2008). Outra pesquisa avaliou a variação no registro eletromiográfico em relação a ativação dos extensores de tronco na postura sentada realizada após um treino de uma tarefa funcional baseado no Conceito Bobath, em crianças com PC dipléica. Os resultados mostraram aumento da ativação extensora após a atividade funcional (CHOI, LEE & RO, 2011). Não foram encontrados

outros estudos que verificassem a relação de manuseios, baseados no Conceito Bobath para o controle de cabeça, com crianças que apresentam sequelas da PC.

De acordo com o exposto acima, torna-se evidente a necessidade de estudos na área da Fisioterapia que permitam a mensuração dos efeitos das propostas desta modalidade de tratamento. Visando ampliar a compreensão das técnicas para facilitação do controle de cabeça, o objetivo deste trabalho foi verificar a atividade eletromiográfica de músculos extensores (paraespinhais), flexor e flexor lateral (esternocleidomastóide), envolvidos no controle cervical e de tronco superior, nos planos frontal, sagital e transversal. Esta mensuração foi realizada mediante manuseios em pontos-chave de controle no quadril nas posturas em decúbito lateral e ventral, objetivando transferência de peso e estabilização corporal, de crianças com diagnóstico de PC espástica do tipo quadriplégica.

3 REFERÊNCIAS DA REVISÃO

AGARWAL, Anil; VERNA, Indreswar. Cerebral palsy in children: an overview. **J Clin Orthop Trauma**. v. 3, p. 77-81, Set. 2012.

AISEN, Mindy Lipson et al. Cerebral palsy: clinical care and neurological rehabilitation. **Lancet Neurol**. v.10, n. 9, p. 844-52, Sep., 2011.

AKBARI, Samir Ali et al. Correlation between anthropometric indices at birth and developmental delay in children aged 4–60 months in Isfahan, Iran. **Int J Gen Med**. v.5, p. 683-87, Ago., 2012.

BAKHTIARY, Amir; FATEMY, Elham. Does electrical stimulation reduce spasticity after stroke? A randomized controlled study. **Clin Rehabil**. v. 22, n. 5, p. 418-25, 2008.

BIGONGIARI, Aline et al. Anticipatory and compensatory postural adjustments in sitting in children with cerebral palsy. **Hum Mov Sci**. v.30, n. 3, p. 648-57, Mar., 2011.

BLAUW-HOSPERS Cornil et al. Paediatric Physical Therapy in Infancy: From Nightmare to Dream? A Two-Arm Randomized Trial. **Phys ther**. v. 91, p.1323-38, Jun., 2011.

BLY, Loes. **Motor skill acquisition in the first year: an illustrated guide to normal development**. San Antonio: Therapy Skill Builders; 1994.

BLY, Loes. **Components of normal movement during the first year of life and abnormal motor development**. Chicago: NDT; 1993.

BOBATH, Bertha; BOBATH, Karel [trad. Elaine Elizabetsky]. **Desenvolvimento motor nos diferentes tipos de paralisia cerebral**. 1 ed. São Paulo: Manole, 1989.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Diretrizes de atenção à pessoa com paralisia cerebral**/ Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Ações Programáticas Estratégicas. Brasília; Ministério da Saúde, 2013.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Política nacional de atenção integral a saúde da mulher: princípios e diretrizes**. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Ações Programáticas Estratégicas. 1 ed. Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2011.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Política nacional de saúde da pessoa portadora de deficiência. Ministério da Saúde**. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Ações Programáticas Estratégicas. Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2010.

BROECK, Chris et al. The effect of individually defined physiotherapy in children with cerebral palsy (CP). **Eur J Paediatr Neurol**. v. 14, p. 519-25, Mar., 2010.

BROOKS, Jordan et al. Low Weight, Morbidity, and Mortality in Children With Cerebral Palsy: New Clinical Growth Charts. **Pediatrics**. v. 128, n.2, p. e299-308, Fev., 2011.

CAMEROTA, Fillippo et al. Quantitative Effects of Repeated Muscle Vibrations on Gait Pattern in a 5-Year-Old Child with Cerebral Palsy. **Case Rep Med**. v. 2011, p. 359126, Fev., 2011.

CANS, Christine et al. Recommendations from the SCPE collaborative group for defining and classifying cerebral palsy. **Dev Med Child Neurol**. v. 49, p. 35-8, Fev., 2007.

CHEN, Chia-Ling et al. Relationships between Developmental Profiles and Ambulatory Ability in A Follow-up Study of Preschool Children with Spastic Quadriplegic Cerebral Palsy. **Chang Gung Med J**. v. 33: 524-31, Oct., 2010.

CHEN, Chien-Min et al. Predictors for changes in various developmental outcomes of children with cerebral palsy—A longitudinal study. **Res Dev Disabil**. v. 34, p. 3867–74, Sep., 2013.

CHEN, Kuan-Lin et al. Determinants of quality of life in children with cerebral palsy: A comprehensive biopsychosocial approach. **Res Dev Disabil**. v. 35, p. 520–28, Jan., 2014.

CHOI, Munhee; LEE, Daehee; RO, Hyolyun. Effect of Task-oriented Training and Neurodevelopmental Treatment on the Sitting Posture in Children with Cerebral Palsy. **J Phys Ther Sci**. v. 23, n. 2, p. 323-25, Oct., 2011.

CHRISTIE, Anita et al. Relationships Between Surface EMG Variables and Motor Unit Wring Rates. **Eur J Appl Physiol**. v. 107, p. 177–85, Jun., 2009.

CLARK, Jane. From the Beginning: A Developmental Perspective on Movement and Mobility. **QUEST**. 2005; 57: 3-45.

COLVER, Allan; FAIRHURST, Charles; PHAROAH, Peter. Cerebral palsy. **The lancet**. V. 13, n. 61, Nov., 2013.

CRISWELL, Eleanor. **Cram's introduction to surface electromyography**. 2 ed. Jones & Bartlett Publishers, USA, 2010.

CROW, J; PIZZARI, T; BUTTIFANT, D. Muscle onset can be improved by therapeutic exercise: a systematic review. **Phys Ther Sport**. v. 12, n. 4, p. 199-209, Feb., 2011.

DE LUCA, Carlos. The use of surface electromyography in biomechanics. **J Appl Biomech**. v. 13, p. 11-38, Jul., 1993.

DEPPE, Wolfgang et al. Modified constraint-induced movement therapy versus intensive bimanual training for children with hemiplegia – a randomized controlled trial. **Clin Rehabil**. v.27, n.10, p. 909-20, Jul., 2013.

DONG, Ying; CHEN, Shao-jie; YU, Jia-li. A Systematic Review and Meta-Analysis of Long-Term Development of Early Term Infants. **Neonatology**. v. 102, p. 212–21, Jul., 2012.

DROST, Gea et al. Clinical applications of high-density surface EMG: a systematic review. **J Electromyogr Kinesiol**. v. 16, n. 6, p. 586-602, Dec., 2006.

DUDEK-SHRIDER, Linda; ZELAZNY, Suzan. The effects of prone positioning on the quality and acquisition of developmental milestones in four-month-old infants. **Pediatr Phys Ther**. v. 19, n. 1, p. 48-55, 2007.

EVERETT, Tony; KEEL, Clare. [editores]. **Human Movement: an Introductory text**. Cap. 4: Motor Control. 6 ed, Curchill Livingstone - Elsevier, 2010.

FLEHMING, Inge. [trad. Samuel Arão Reis]. **Texto e atlas do desenvolvimento normal e seus desvios no lactente: diagnóstico e tratamento precoce do nascimento até o 18º mês**. São Paulo: Atheneu, 2004.

FLEISS, Bobbi; GRESSENS, Pierre. Tertiary mechanisms of brain damage: a new hope for treatment of cerebral palsy? **Lancet Neurol**. v. 11, p. 556–66, Jun., 2012.

FORSSBERG, Hans. Neural control of human motor development. **Curr Opin Neurobiol**. v. 9, n. 6, p. 676-82, Dec., 1999.

FORTI-BELLANI, Claudia Diehl, CASTILHO-WEINERT, Luciana Vieira [editoras]. **Fisioterapia em neuropediatria**. Paraná: Omnipax Editora, 2011.

FRANKI, Inge et al. The evidence-base for basic physical therapy techniques targeting lower limb function in children with cerebral palsy : a systematic review using the International Classification of Functioning, Disability and Health as a conceptual framework. **J Rehabil Med**. v. 44, p. 385–95, Mar., 2012.

GALEA, Mary. Physical modalities in the treatment of neurological dysfunction. **Clin Neurol Neurosurg**. v. 114, p. 483–88, Jan., 2012.

GALLAHUE, David; OZMUN, John. **Compreendendo o desenvolvimento motor: bebês, crianças, adolescentes e adultos**. São Paulo: Photo Ed, 2003.

GOFER-LEVI, Moran et al. Deficit in implicit motor sequence learning among children and adolescents with spastic Cerebral Palsy. **Res Dev Disabil**. v. 34, p. 3672–78, Sep., 2013.

GRAHAM, Julie Vaughan, et al. The Bobath Concept in Contemporary Clinical Practice. **Top Stroke Rehabil** v. 16, n. 1, p. 57–68, Feb., 2009.

HADDERS-ALGRA, Mijna. Variability in infant motor behavior: A hallmark of the healthy nervous system. **Infant Behav Dev**. v. 25, p. 433–51, May., 2002.

HERMENS, Hermie et al. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. **J Electromyogr Kinesiol**. v. 10, n. 5, p. 361-74, Oct., 2000.

HIRATUKA, Erika; MATSUKURA, Thelma; PFEIFER, Luzia. Adaptação Transcultural para o Brasil do Sistema de Classificação da Função Motora Grossa (GMFCS). **Rev Bras Fisioter.** v.14, n. 6, p. 537-44, Dez., 2010.

HUSEYINSINOGLU, Burco Erzus; OZDINCLER, Arzu Razac; KRESPI, Yakup. Bobath Concept versus constraint-induced movement therapy to improve arm functional recovery in stroke patients: a randomized controlled trial. **Clin Rehabil.** v. 26, n. 8, p. 705-15, Jan., 2012.

JONES, Martha Wilson et al. Cerebral Palsy: Introduction and Diagnosis (Part I). *Journal of Pediatric Health Care.* v. 21, n., 3, p. 146-52, 2007.

KENYON, Lllisa; BLACKINTON, Mary. Applying Motor-Control Theory to Physical Therapy Practice: A Case Report. **Physiother Can.** v. 63, n. 3, p. 345–54, 2011.

KIM, Seong Woo et al. Neurodevelopmental Disorders of Children Screened by The e Infantile Health Promotion System. **Ann Rehabil Med.** v. 35, p. 867-72, Sep., 2011.

KOLLEN, Boudewijn, et al. The Effectiveness of the Bobath Concept in Stroke Rehabilitation: What is the Evidence? **Stroke.** v. 40, p. 89-97, Jan., 2009.

KOMAN, Andrew; SMITH, Beth Paterson; SHILT, Jeffrey. Cerebral palsy. **Lancet Neurol.** v. 363, p. 1619–31, May., 2004.

KONRAD, Peter. **The ABC of EMG: A Practical Introduction to Kinesiological Electromyography.** Versão 1.4. USA: Noraxon INC., Apr., 2005.

KRÄGELOH-MANN, Ingeborg; CANS, Christine. Cerebral palsy update. **Brain Dev.** v. 31, p. 537–44, Mar., 2009.

LAVALLEE, Amy; CHING, Randal; NUCKLEY, David. Developmental biomechanics of neck musculature. **Journal of Biomechanics.** v. 46, p. 527–34, Sep., 2013.

LEE, Hui-Min; GALLOWAY, James Cole. Early Intensive Postural Movement Training Advances Head Control in Very Young Infants. **Phys Ther.** v., 92, p. 935-47, Mar., 2012.

LEVIN, Mindy; PANTURIN, Elia. Sensorimotor integration for functional recovery and the Bobath approach. **Motor Control.** v. 15, n. 2, p. 285-301, 2011.

LIAO, Wei et al. Predicting neurodevelopmental outcomes for at-risk infants: reliability and predictive validity using a Chinese version of the INFANIB at 3, 7 and 10 months. **BMC Pediatrics.** v. 12, p. 72-87, Jun., 2012.

MERLETTI, Roberto. Standards for reporting EMG data. *J Electromyogr Kinesiol.* v. 9, n. 1, p. 3-4, Feb., 1999.

MINAGAWA, Áurea Tamani et al. Baixo peso ao nascer e condições maternas no pré-natal. **Rev Esc Enferm USP.** v. 40, n. 4, p. 548-54, 2006.

MONTGOMERY, Patricia; CONNOLLY, Barbara [editoras]. **Clinical applications for motor control.** Slack Incorporated: USA, 2003.

MORENO-DE-LUCA, Andress; LEDBETTER, David; MARTIN, Christa. Genetic insights into the causes and classification of cerebral palsies. **Lancet neurology.** v. 11, p. 283-92, Feb., 2012.

MURPHY, Nancy; SUCH_NEIBAR, Teresa. Cerebral Palsy Diagnosis and Management: The State of the Art. **Curr Probl Pediatr Adolesc Health Care.** v. 33, p. 146-69, Jun., 2003.

NAKAZAWA, Kimitaka et al. Induction of locomotor-like EMG activity in paraplegic persons by orthotic gait training. **Exp Brain Res.** v. 157, n. 1, p. 117-23, Feb., 2004.

NICE CLINICAL GUIDELINES. National Institute for Health and Clinical Excellence. **Spasticity in children and young people with non-progressive brain disorders: management of spasticity and co-existing motor disorders and their early musculoskeletal complications.** Royal College of Obstetricians and Gynecologists. Jul., 2012.

NOVAK, Iona et al. Clinical Prognostic Messages From a Systematic Review on Cerebral Palsy. **Pediatrics**. v. 130, p. 1285-312, Oct. 2012.

OKUBO, Yo et al. Comparison of the activities of the deep trunk muscles measured using intramuscular and surface electromyography. **J Mech Med Biol**. v. 10, n. 4, p. 611-20, Mar., 2010.

O'SHEA, Michael. Cerebral Palsy. *Seminars in Perinatology*. **Elsevier**. p. 35-41, 2008.

PAGNUSSAT, Aline de Souza et al. Atividade eletromiográfica dos extensores de tronco durante manuseio pelo Método Neuroevolutivo Bobath. **Fisioter Mov**. v. 26, n. 4, p. 855-62, Dez., 2013.

PAKULA, Amy Thornhill; BRAUN, Kim Van Naarden; YEARGIN-ALLSOPP, Maeshalyn. Cerebral Palsy: Classification and Epidemiology. **Phys Med Rehabil Clin N Am**. v. 20, p. 425–52, 2009.

PALISANO, Robert et al. Development and reliability of a system to classify gross motor function in children with cerebral palsy. **Dev Med Child Neurol**. v.39, p. 214-23, 1997.

PALISANO, Robert et al. Social and Community Participation of Children and Youth With Cerebral Palsy Is Associated With Age and Gross Motor Function Classification. **J Phys Ther**. v. 89, p. 1304-14, Oct., 2009.

PAPAVASILIOU, Antigone. Management of motor problems in cerebral palsy: A critical update for the clinician. **Eur J Paediatr Neurol**. v. 13, p. 387-96, 2009.

PARK, Eun-Yong; KIM, Won-Ho. Structural equation modeling of motor impairment, gross motor function, and the functional outcome in children with cerebral palsy. **Res Dev Disabil**. v. 34, p. 1731–39, Mar., 2013.

REDDIHOUGH, Dinah. Cerebral palsy in Childhood. **Aust Fam Physician**. v. 40, n. 4, p. 192-96, Apr., 2011.

REID, Susan; CARLIN, John; REDDIHOUGH, Dinah. Classification of topographical pattern of spasticity in cerebral palsy: A registry perspective. **Res Dev Disabil**. v. 32, p. 2909–15, May., 2011.

RETHLEFSEN, Susan; RYAN, Deirdre; KAY, Robert. Classification Systems in Cerebral Palsy. **Orthop Clin N Am.** v. 41, p. 457–67, 2010.

RODBY-BBOUSQUET, Elizabeth, HÄGGLUND, Gunnar. Sitting and standing performance in a total population of children with cerebral palsy: a cross-sectional study. **BMC Musculoskelet Disord.** v. 11, p. 131-39, 2010.

SAAVEDRA, Sandra; van DONKELAAR, Paul; WOOLLACOTT, Marjorie. Learning about gravity: segmental assessment of upright control as infants develop independent sitting. **J Neurophysiol.** v. 108, p. 2215–29, Jul., 2012.

SAAVEDRA, Sandra; WOOLLACOTT, Marjorie; van DONKELAAR, Paul. Head stability during quiet sitting in children with cerebral palsy: effect of vision and trunk support. **Exp Brain Res.** v. 201, n.1, p. 13-23, Feb., 2010.

SANGER, Terence et al. Classification and definition of disorders causing hypertonia in childhood. **Pediatrics.** v. 111, n. 1, p. e89-e97, Jan., 2003.

STEGEMAN, Dick et al. Surface EMG models: properties and applications. **J Electromyogr Kinesiol.** v.10, n. 5, p. 313-26, 2000.

STOKES, Marrie. **Neurologia para Fisioterapeutas.** Colômbia: Premier, 2000.

STRAUB, Katryn; OBRZUT, John. Effects of Cerebral Palsy on Neuropsychological Function. **J Dev Phys Disabil.** v. 21, p. 153–67, Jan., 2009.

SENIAM. Surface Electromyography for the Non-invasive Assessment of Muscles. Europa: Biomedical Health and Research Program (BIOMED II). **Recommendations for EMG data**, [acessada em 8 de dezembro de 2013]. Disponível em: <http://www.seniam.org/>

SOMMERICH, Carolyn et al. Use of surface electromyography to estimate neck muscle activity. **Journal of Electromyography and Kinesiology.** v. 10, p. 377–98, Ago., 2000.

SCHILDT, K.; HARMS-RINGDAHL, K. Cervical spine position versus e.m.g. activity in neck muscles during maximum isometric neck extension. **Clinical Biomechanics**. v. 3, p. 129-36, Mar., 1988.

TECKLIN, Jan Sephen. **Fisioterapia Pediátrica**. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2002.

TOREBI, Fatemy et al. Correlation between high-risk pregnancy and developmental delay in children aged 4-60 months. **J Med**. v. 7, p. 18811, Sep., 2012.

VARGUS-ADAMS, Jilda. Inconsistencies with physical functioning and the child health questionnaire in children with cerebral palsy. **J Pediatr**. v. 153, n. 2, p. 199-202, Apr., 2008.

WALLARD, Laura et al. The role of head stabilization in locomotion in children with cerebral palsy. **Ann Phys Rehabil Med**. v. 55, p. 590–600, Oct., 2012.

ZAFEIRIOU, Dimitrios. Primitive reflexes and postural reactions in the neurodevelopmental examination. **Pediatr Neurol**. v. 31, p. 1-8, Jan., 2004.

4 ARTIGO

Formatação do artigo de acordo com as normas da revista que será submetido para publicação (ANEXO B).

Facilitation handlings induce increase in electromyographic activity of muscles involved in head control of Cerebral Palsy children

(Paper to be submitted to Research in Developmental Disabilities - Impact Factor: 2.6)

Anelise de Saldanha Simon¹, Alexandre Severo do Pinho², Camila Grazziotin dos Santos³, Aline de Souza Pagnussat^{1,2,4}

¹ Programa de Pós-graduação em Ciências da Reabilitação, Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre (UFCSPA), Brazil

² Departamento de Fisioterapia, Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre (UFCSPA), Brazil

³ Programa de Pós Graduação em Saúde da Criança e do Adolescente, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Brazil

⁴ Programa de Pós Graduação em Ciências da Saúde, Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre (UFCSPA), Brazil

Correspondence:

Aline de Souza Pagnussat, PhD

Departamento de Fisioterapia

Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre – UFCSPA

Rua Sarmiento Leite, 245, 90050-170 - Porto Alegre, RS, Brazil

Phone: + 55-51-3303 8876

Email: alinespagnussat@gmail.com

Abstract

This study aimed to investigate the electromyographic (EMG) activation of the main cervical muscles involved in the head control during two postures widely used for the facilitation of head control in children with Cerebral Palsy (CP). A crossover trial involving 31 children with clinical diagnosis of CP and spastic quadriplegia was conducted. Electromyography was used to measure muscular activity in randomized postures. Three positions were at rest: (a) lateral decubitus, (b) ventral decubitus on the floor and (c) ventral decubitus on the wedge. Handlings for facilitating the head control were performed using the hip joint as key point of control in two postures: (a) lateral decubitus and (b) ventral decubitus on wedge. All children underwent standardized handlings, performed by the same researcher with experience in the neurodevelopmental treatment. EMG signal was recorded from muscles involved in the head control (paraspinal and sternocleidomastoid muscles) in sagittal, frontal and transverse planes, at the fourth cervical vertebra (C4), tenth thoracic vertebra (T10) and sternocleidomastoid muscle (SCM) levels. The results showed a significant increase in muscle activation when handling was performed in the lateral decubitus at C4 ($P < 0.001$), T10 ($P < 0.001$) and SCM ($P = 0.02$) levels. A significant higher muscle activation was observed when handling was performed in lateral decubitus when compared to ventral decubitus at C4 level ($P < 0.001$). Handling in ventral decubitus also induced an increase in EMG activation at T10 ($P = 0.018$) and SCM ($P = 0.004$) levels but not at C4 level ($P = 0.38$). In conclusion, handlings performed in both positions may induce the facilitation of head control, as evaluated by the activity

of cervical and upper trunk muscles. Handling performed in lateral decubitus may induce a slight better facilitation of head control. These findings contribute to evidence-based physiotherapy practice for the rehabilitation of severe spastic quadriplegic CP children.

Keywords: electromyography, motor control, posture, rehabilitation, neurodevelopmental treatment

Highlights

We examined the EMG signal of the main cervical and upper trunk muscles in CP children. Two postures were used for the facilitation of head control. Both postures induced increase of muscle activation. Lateral decubitus induced a significant increase in the EMG signal.

1. Introduction

Cerebral palsy (CP) is a term which encompasses a large group of childhood movement and posture disorders and is a syndrome of motor impairment that results from a lesion occurring in developing brain (Chen, Tseng, Shieh, Lu, & Huang, 2014; Colver, Fairhurst, & Pharoah, 2013). The disorder varies in clinical presentation, site and severity of impairments (Moreno-De-Luca, Ledbetter, & Martin, 2012). The overall prevalence has remained stable in the past 40 years at 1.5 – 2.5 cases per 1000 live births, despite changes in antenatal and perinatal care (Chen, et al., 2014; Moreno-De-Luca, et al., 2012; Stevens, Holbrook, Fuller, & Morgan, 2010). Further, it is estimated that the incidence of CP in developing countries is from 7 to 1000 live births, and this higher incidence is attributed to poor conditions of antenatal care and primary-natal care for pregnant women (Brazil, 2013).

Spastic quadriplegia is the most severe form of CP impairments that includes spasticity and stiffness affecting both arms and legs, and is often associated with moderate-to-severe intellectual disability (Reid, Carlin, & Reddihough, 2011). Children will often have abnormal movements and demonstrate clinical deficits on assessments of gross and fine motor function affecting functional activity and participation (Chen, et al., 2010; Straub & Obrzut, 2009).

One of the key features of children with spastic quadriplegia is the deficient postural control and the floppy neck in spite of limb spasticity. Development of postural control is a complex, long-term process and accordingly vulnerable to adverse conditions during early life (Brogren, Hadders-

Algra, & Forssberg, 1998; Heyrman, et al., 2013; Liu, Zaino, & McCoy, 2007; van der Heide, et al., 2004). Head stabilization in space is one of the primary goals for postural control. The motor skill for head control takes quite a while to master, and it is necessary for attain the complex sensorimotor coordination involving eye, hand and trunk control for achieve upright sitting or reaching to grasp an object, for instance (Rachwani, et al., 2013; Saavedra, Joshi, Woollacott, & van Donkelaar, 2009). The sensory organs for visual and vestibular systems located in the head, makes the refined head control of a critical importance for both orientation and balance (Saavedra, Woollacott, & van Donkelaar, 2010; Wallard, Bril, Dietrich, Kerlirzin, & Bredin, 2012).

Noninvasive rehabilitation strategies for children with spastic quadriplegia are routinely used to improve motor function, activity, and participation. Most physical therapies are based on the principles of neuroplasticity, postural control and balance, muscle strengthening or stretching (Galea, 2012; Koman, Smith, & Shilt, 2004; Papavasiliou, 2009). Therapeutic intervention aims to maximize the children's potential to acquire functional skills that will enable them to perform activities of daily living and effectively participate in the society. In most severely affected children, this may include working towards improving their postural control to acquire basic activities, such as the ability to hold their head up (Himmelman, Beckung, Hagberg, & Uvebrant, 2007).

Approaches used for rehabilitation of CP children are varied. Currently evidences that support the efficacy of one method of treatment over others are scarce, and may reflect the innate difficulties of research into such a heterogeneous population as CP (Barber, 2008). The most

traditional method used for the purpose of reducing abnormal patterns of movement and promoting the maximal functional independence in spastic quadriplegic CP children is the Bobath Concept, also called Neurodevelopmental treatment (NDT) (Veličković, 2005). NDT aims to normalize muscle tone, inhibit primitive and abnormal reflexes and facilitate normal movements. Handlings can influence, and at the same time, be used to facilitate normal movement patterns or specific stimulation. Therapists are able to control and guide movement of the whole body through the key control points, i.e. using specific handling, they apply pressure at certain points on the body, which will facilitate reactions for the active control of head and trunk (Bower, 1999; Veličković, 2005).

In clinical practice, physiotherapists recognize positive results of the use of handlings based on NDT, however, there are a few clinical trials approaching scientific evidences (Bakhtiary & Fatemy, 2008; Kollen et al., 2009; Choi, Lee & Ro, 2011). Clinical researches evaluating muscle activation after facilitation handlings in severe CP children are scarce. Therefore, becomes necessary quantify the effects offered by this modality of therapy.

According this background, the first aim of this study was to examine the electromyographic activity of the main cervical and upper trunk muscles involved in the head control during two facilitation postures in spastic quadriplegic CP children. The second aim was to assess whether these muscle activity would vary according to different severity levels based on the Gross Motor Function Classification System (GMFCS).

2. Material and Methods

2.1 Participants

For this research, 35 children were recruited according to the following inclusion criteria: (a) diagnosis of CP with topography distribution of tone in spastic quadriplegic CP (Straub & Obrzut, 2009), (b) aged between three and twelve years, (c) unstable or absent head control, in accordance with motor level classified as IV or V in the GMFCS (Palisano, et al., 2009). The exclusion criteria were: (a) children with other CP types, (b) motor level I to level III, according to the GMFCS and (c) botulinum toxin injection within 6 months prior to study entry. During the study period, children were evaluated at Federal University of Health Sciences of Porto Alegre - affiliated Rehabilitation Centers.

2.2 Design

A crossover trial was conducted between August 2012 and September 2013 at Rehabilitation Centers of Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brazil. This study was approved by the Institutional ethics in research committee, under protocol nº 12-985 and registered and allocated by Brazilian clinical trials registry (Universal Trial Number U1111-1152-1673). Written informed consent was obtained from the parents of children prior to their enrolment in this study, which was conducted in compliance with the current revision of the Declaration of Helsinki and the Good clinical practice guidelines.

2.3 Intervention

For the experimental trial, participants were positioned above a mat on the floor, in the following postures: Lateral Decubitus at Rest (LD), Ventral Decubitus on the Floor at Rest (VD) and Ventral Decubitus on a Wedge at Rest (VDW) (Figure 1 A, B and C). At rest, electromyographic signal was recorded when was not observed muscle activation. The situations of Handling at Lateral Decubitus (HLD) and Handling at Ventral Decubitus on Wedge (HVDW) were also captured (Figure 1 D and E).

Figure 1 near here

Muscle activity was recorded after a warning signal along 10 seconds for each experimental situation. Evaluations were performed by two trained experimenters, one responsible for collecting EMG signal and other for children handlings. All children underwent to standardized handlings, always performed by the same researcher with experience in the neurodevelopmental treatment.

At enrollment, handling sequence was prospectively randomized. The sequence of executing the interventions was randomly assigned for each participant in order to avoid the influence of order of acquisition. A block design of 4 different handling sequences was used. In this procedure, a block size of 7-8 children was specified. Subjects were randomly allocated in a ratio of 1:1 within each block. Randomization was performed by an independent person who was not involved in the selection procedure and did not have access to clinical information about any children. All EMG comparisons were made between each position from the same child and not between children.

Handlings in lateral and ventral decubitus were performed using the hands of therapist in hip joint as key point of control, in order to transfer the corporal weight to the hip and facilitating the cervical muscle activity for head control and postural alignment (Graham, Eustace, Brock, Swain, & Irwin-Carruthers, 2009; Veličković, 2005). Similar visual and verbal stimulation were provided during handlings for all children. EMG recording was performed during Rest and Handling interventions along 10 seconds. A 1-min interval for washout was provided between each EMG recording (Bakhtiary, Fatemy, 2008).

2.4 Data Acquisition

Electromyographic signal was recorded as recommended by guidelines of International Society of Electrophysiology and Kinesiology (ISEK) and Surface Electromyography for Non-Invasive Assessment of Muscles (SENIAM) project (Merletti, 1999; SENIAM, 2012). Circular neonatal surface electrodes of Ag/AgCl, with 20 mm diameter (MAXICOR Medical Products, Brazil), under bipolar configuration using inter electrode distance of 20 mm were used. Body hair were shaved away from the site of electrode placement; light abrasion and a skin cleaning with alcohol 70% were performed to keep inter electrode resistance low (De Luca, 1993). The cables of electrodes were fixed with adhesive tape (Transpore, Nexcare – 3M) in order to prevent movement of cables and the interference with electromyographic signals.

Electrodes were placed on the right side of body at the fourth cervical vertebra (C4) level, tenth thoracic vertebra (T10) level, approximately 2 cm from spine over the mass of paraspinal muscle,

and at the muscle belly of sternocleidomastoid (SCM) (Sommerich et al., 2000; Konrad, 2005; Shewman & Konrad, 2011). Electrodes were longitudinally positioned in the same muscle fiber direction for all muscles (De Luca, 1993; Criswell, 2010). A reference electrode was placed on right tibial tuberosity.

Acquisition of electromyographic signal was performed using an electromyographic device with four channels from Miotec® manufacturer (Brazil), model Miotool 400, 14-bit resolution, electrical isolation of 5000 volts and frequency of 2000 Hz per channel, common mode rejection ratio of 110db, and with a USB port connection. Data were collected and analyzed using the software Miograph 2.0 (Miotec, Brazil). A notebook was used to collect and process data, without electrical connections. Data were filtered by a fourth-order Butterworth filter and band-pass with cut-off frequencies between 10Hz and 400Hz (SENIAN, 2012). Signal was clipping for exclude 'delay' in handling execution. Therefore, the first and the last two seconds (of a total of 10 seconds) were excluded, and the average root mean square (RMS) for the three muscles regions of interest (C4, T10 and SCM) was calculated in total of 6 seconds. To allow comparison of activity between different muscles regions and handlings, electromyographic signal were normalized, and expressed in relation to a reference value.

For data analysis, RMS values were normalized by dynamic mean method because children had abnormal movement patterns and muscle action, due to CP (Burden & Bartlett, 1999). Thus, the average of three maximum values of RMS for data was calculated. Normalization using the Maximal Voluntary Contraction (MVC), which is the usual to analyze the EMG signal, were

considered inappropriate because children's cognition level was quite varied, impeding a request for an effective MVC.

2.5 Statistical Analyses

To detect a Cohen's effect size (E/S) > 0.5 with a statistical power of 85% and a 2-sided significance level (α) of 0.05, a sample size of 35 patients would be required in a crossover trial. Data normality was tested using the Shapiro-Wilk test, and the homogeneity of variance was tested by Levene's statistic. Results were presented as median (min-max) and mean \pm standard deviation (SD). Baseline and outcome measures were analyzed to check for differences between handlings using Wilcoxon rank tests, for each two paired samples. The Delta-variance analysis between rest and handling was analyzed using Wilcoxon rank tests and compared between each GMFCS level using the Mann-Whitney test. Spearman correlation tests were used to assess the relationship between age and EMG signal. Significance level adopted for P was < 0.05 . The analysis was performed using SPSS ® version 18.0.

3. Results

Thirty-five children were recruited. Four children were withdrawn due to complications during the procedures, by presenting incomplete information for analysis. The main reason was difficulty finishing data collection due crying or restlessness. Therefore, this was a convenience sample of 31 children (Figure 2). Baseline characteristics of the studied patients are shown in Table 1.

Figure 2 near here

Table 1 near here

3.1 Muscle Activity at C4 level

EMG signals collected from cervical extensors at C4 level are presented in Figure 3. There was an increase of muscle activation when handling was performed in lateral decubitus as compared with rest in the same posture (HLD x LD; $P < 0.001$). No difference was observed when handling was performed in ventral decubitus, as compared with both rest on the floor and rest on the wedge [(HVDW x VD; $P = 0.38$) and (HVDW x VDW; $P = 0.18$)]. When both handlings were compared, a significant increase in muscle activation was observed when the handling was performed in lateral decubitus compared with ventral decubitus (HLD x HVDW; $P = 0.02$).

Figure 3 near here

3.2 Muscle Activity at T10 level

Data from EMG recordings obtained from extensors muscles at T10 level are depicted in Figure 4. An increase of muscle activation when handling was performed in lateral decubitus as compared with rest in the same position (HLD x LD; $P < 0.001$) was visualized. Similarly, when EMG data from handling in ventral decubitus was compared with its rests, an increase in muscle activity could be observed [(HVDW x VD; $P = 0.02$) and (HVDW x VDW; $P = 0.01$)]. No significant difference was observed between two handlings (HLD x HVDW; $P = 0.83$).

Figure 4 near here

3.3 Muscle Activity at SCM level

EMG signals collected from cervical extensors at SCM level are presented in Figure 5. At SCM muscle level an increment of muscle activity was observed when handling was performed in lateral decubitus when compared with rest (HLD x LD; $P = 0.02$). Significant high muscle activation was also observed when handling was performed in ventral decubitus as compared with its rests [(HVDW x VD; $P = 0.01$) and (HVDW x VDW; $P = 0.01$)]. No difference was visualized between handlings (HLD x HVDW; $P = 0.58$) at SCM level.

Figure 5 near here

The Delta-variance analysis for comparing EMG signal between handlings is depicted in Table 2. Analysis of the differences between rest and handlings (score delta) demonstrate that handling performed in lateral decubitus induced higher muscle activation when compared to its rest in all the evaluated points. Muscle activation was higher when handling was performed in lateral decubitus when compared to ventral decubitus at C4 level ($P=0.020$). Handling in ventral decubitus was also able to increase the EMG signal at T10 and SCM levels.

For comparing EMG signal between each GMFCS level the Delta-variance analysis was conducted for all postures. A high extensor muscle activity in C4 and T10 was evidenced for level IV when compared with level V when handling was performed in ventral decubitus [C4 level (HVDW x VDW; median of 0.25 for level IV and -0.04 for level V; $U=45.0$, $P=0.002$); T10 level (HVDW x VD; median of 0.33 for level IV and 0.11 for level V; $U=72.50$, $P=0.04$)]. No difference was observed for other comparisons. No significant correlation was observed between age and handlings for any EMG measurements.

Table 2 near here

4. Discussion

The main purpose of the current study was to investigate if the facilitation technique by handling using the hip joint as key point of control on lateral and ventral decubitus positions would modify the EMG signal obtained from cervical and upper trunk muscles involved in the head control of spastic quadriplegic CP children. Additionally, the effect of GMFCS motor classification in muscle activation was also investigated. The main finding was that both handlings induced muscle activity facilitation, as evaluated at cervical and upper trunk EMG levels. Handling performed in lateral decubitus could induce a slight better facilitation of head control, as evidenced by high EMG signal at C4 level. Different muscle activity according to the severity levels based on the GMFCS was visualized at C4 and T10 levels when handling was performed in ventral decubitus; a superior muscle activity was reached by the less affected children (level IV in the GMFCS).

It is well known that the trunk is the center of body and plays an important and crucial role in postural control and in the organization of balance reactions (van der Heide, et al., 2004). A good head control is the first step for achieving the trunk stability, for incorporating primitive and pathologic reflexes which may interfere with functional activities (Assaiante, 2005; Rachwani, et al., 2013). Head control impairment is often cited as an early risk factor for future developmental delays, and this control is influenced by the degree to which different opportunities regarding postures and movements are offered to the child (Lee & Galloway, 2012). Despite the clinical

importance, research into modalities for facilitation of head control in severe CP quadriplegic children is currently lacking.

Our results showed that electromyographic activity from extensors muscles at cervical level was increased when handling was performed in lateral decubitus. The lateral decubitus allows muscle activity by placing muscles in a more favorable position to motor coordination, and ensuring harmony for antero-posterior balance of the body (Sweeney & Gutierrez, 2002). Thus, for facilitating the head control at a superior level (C4), handling in lateral decubitus induced a high facilitation when compared with handling in ventral decubitus.

On the other hand, the EMG activity of selected extensor muscles at a lower level (T10) was augmented in both handlings. No difference was observed in EMG signal change when both handlings were compared. In a similar way, the EMG recording from SCM muscle also demonstrated that both handlings were able to increase muscle activation in a comparable pattern. During normal motor development, ventral decubitus and lateral decubitus postures are adopted by child (Dudek-Shriber & Zelazny, 2007; Forssberg, 1999; Bly, 1993). Furthermore, head control at 3 months seems to be the key to the progress of psychomotor baby (Saavedra, et al., 2010). At the birth, the weight of the head represents one third of total body weight, so that it becomes difficult to elevate from prone position. With the development of nervous system, and normal postural control mechanism, babies reactions will facilitate straightening to keep their head in space (Perez-Machado & Rodriguez-Fuentes, 2013). Its development is essential for reflex modulation triggered

by activation of sensory receptors located in head, which may result in tonic changes that interfere with maintenance of posture and generation of voluntary movements (Saavedra, et al., 2010). The motor control of flexor muscles in sagittal and frontal planes must be coordinated at the end of the sixth month, as a sign of maturity of head control (Danna-Dos-Santos, Degani, & Latash, 2007; Dudek-Shriber & Zelazny, 2007; Forssberg, 1999; Bly, 1993). The ventral decubitus position is proposed to facilitate infant's achievement of head, neck, and postural control, as well as for development of shoulder girdle stability and upper extremity weight bearing, shifting, and reaching skills (Dudek-Shriber & Zelazny, 2007).

Facilitation techniques by means of key point of control allow to conduct movements, influence muscle tone, improve postural alignment and postural self-organization (Knox & Evans, 2002). The body weight transference seems to be the basis for the facilitation process of posture reactions, enabling greater control and muscle activity and development of motor skills (Zafeiriou, 2004). In this way, using the hip joint as a key point of control may facilitate the muscle torque required for lifting and straightening of head in both decubitus. This would give to child the first satisfactory sensory-motor experiences, the first step for subsequent acquisition of motor skill neck control (Graham, et al., 2009).

In the evaluation of EMG signal according to different CP severity levels based on the GMFCS, a significant high muscle activation was just visualized at C4 and T10 levels in the less affected children (level IV) when handlings were performed in ventral decubitus. The GMFCS grades the

severity of child's functional limitations into five levels on the basis of their self-initiated movement in a crescent pattern of impairment (Palisano, et al., 1997). Children with worse GMFCS motor levels normally have more secondary aggravations, as musculoskeletal complications and cognitive problems that can negatively interfere with rehabilitation. Children with better levels of GMFCS often have an improved selective motor control, muscle strength, range of motion and less spasticity than those with worse GMFCS levels (Chen, et al., 2010). Thus, facilitation handlings would be a little more effectively used for increasing cervical and superior trunk extensor muscle activity when children have slight motor problems. No significant correlation was found between age and handlings which allows inferring that GMFCS classification is the main determinant of motor behavior during for the rehabilitation of severe CP children.

The NDT concept seeks to utilize appropriate sensory inputs to influence postural control and internal representation of a postural body schema. It takes a particular emphasis on interdependent aspects: integration of postural control, task performance and production of coordinated sequences of selective movements. In addition, the contribution of sensory inputs to motor control and motor learning has always been and remains an important focus of the Bobath concept (Graham, et al., 2009; Veličković, 2005).

Despite facilitation handlings may induce increased activity of muscles involved in head control, spastic quadriplegic CP children have secondary associated disorders (Park & Kim, 2013). Integration of sensory information (visual, vestibular, and somatosensorial) with motor output

occurs at all levels of central nervous system, shaping muscle activation patterns for task performance (Dalvand, 2009; Raine, 2007). In CP severe affected children some related systems for the head control can be affected, and may compromise the adequate muscle activation necessary for head control (Veličković, 2005).

Furthermore, even with crossover design, the results presented here have direct implication in the process of neurological rehabilitation of severe quadriplegic CP children. Children with severe quadriplegic CP have profound deficits in postural adjustments (Heyrman, et al., 2013) and not only the type of exercise but also its frequency, intensity, and duration, and the intended goal of intervention must be specified and evaluated in order to infer about different approaches in neurorehabilitation. The heterogeneity of the population evaluated in this study also can be considered a limitation. Children may have different degrees of motor affections and secondary complications of disease, determining the performance of motor response.

This investigation aimed to contribute to evidence-based physiotherapy practice in Cerebral Palsy rehabilitation. Clearly, more experimental work is needed to clarify this issue and establish the most appropriate rehabilitation treatment for spastic quadriplegic Cerebral Palsy children.

5. Conclusion

EMG becomes an important tool to assess the effects of therapies based on the concept of the neurodevelopment, since allows the quantification of the stimulus-response facilitation techniques on motor acquisition in different postures. Although both handlings can be used for the facilitation of head control, lateral decubitus may induce higher muscle activation at cervical and upper trunk levels. According to different CP severity levels, a significant higher muscle activation was visualized at C4 and T10 levels in the less affected children (level IV) when handlings were performed in ventral decubitus, therefore, this facilitation handlings would be a little more effectively when children have mild motor problems.

Conflict of Interest: Authors declared no potential conflicts of interest with respect to the research, authorship, and/or publication of this article.

Acknowledgments: We thank all participants. The authors would like to thank the children and their parents for their cooperation, and the staff of Rehabilitation Centers involved: Educandário São João Batista and Cerepal.

Tables

Table 1. Demographics characteristics of participants.

	(n=31)
Age – mean (SD)	7 (3.5)
Sex (male), n (%)	23 (74.2)
GMFCS - n (%)	
IV	12 (38.8)
V	19 (61.2)

Note: SD - standard deviation; GMFCS - Gross Motor Function Classification Scale.

Table 2. Comparisons of EMG signal in different postures

	C4			T10			SCM		
	Z	P-value*	Δ	Z	P-value*	Δ	Z	P-value*	Δ
LD x HLD	-4.1	0.000*	23%	-4.33	0.000*	43%	-2.27	0.020*	25%
VD x HVDW	-0.87	0.380	11%	-2.36	0.018*	16%	-2.87	0.004*	27%
VDW x HVDW	-1.32	0.180	16%	-2.63	0.008*	13%	-3.11	0.002*	19%
HLD x HVDW	-2.18	0.020*	85%	-0.2	0.830	64%	-0.54	0.580	55%
VD x VDW	-0.30	0.760	-6%	-0.03	0.960	1%	-0.57	0.560	9%

Wilcoxon Tests was used for intra-group comparisons. Values of change scores (Δ) are expressed as median. Abbreviation: C4: motor level in region of fourth cervical vertebra; T10: motor level in region of the tenth thoracic vertebra and SCM: motor level in region of sternocleidomastoid muscle; LD: Rest at Lateral Decubitus; VD: Rest at Ventral Decubitus on Floor; VDW: Rest at Ventral Decubitus on Wedge; HLD: Handling at Lateral Decubitus; HVDW: Handling at Ventral Decubitus on Wedge; P-value*: $p < 0.05$.

Legends of Figures

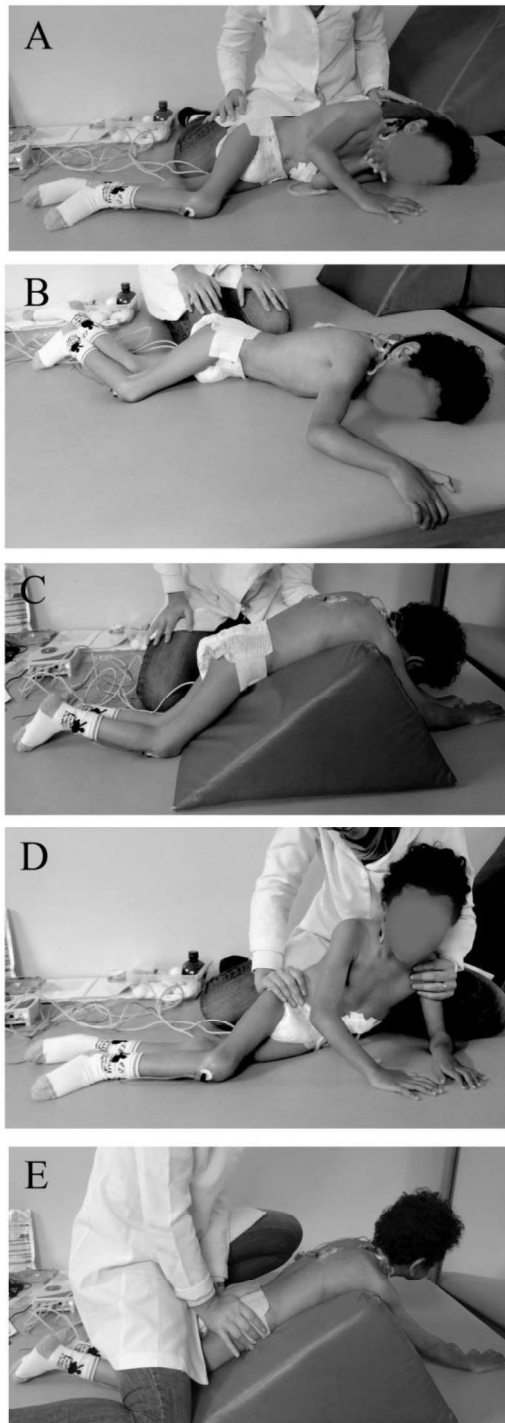
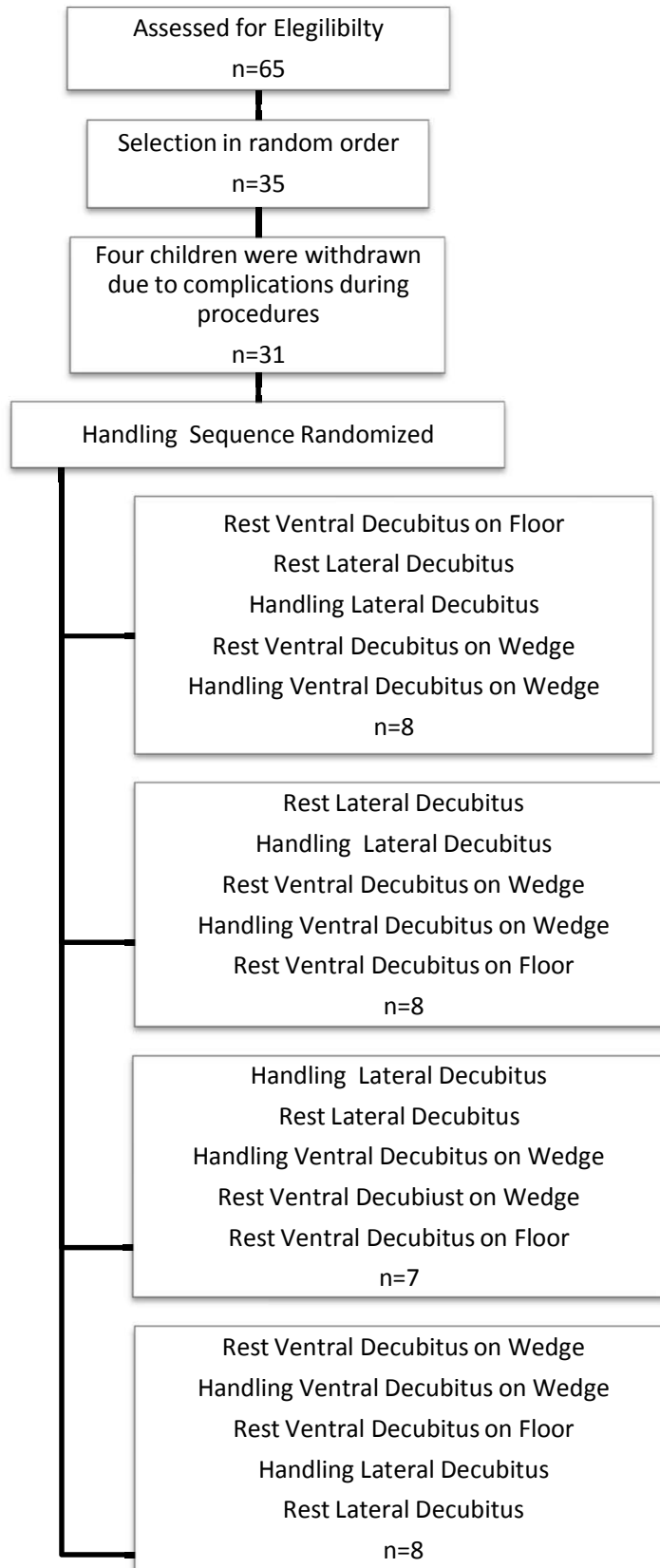


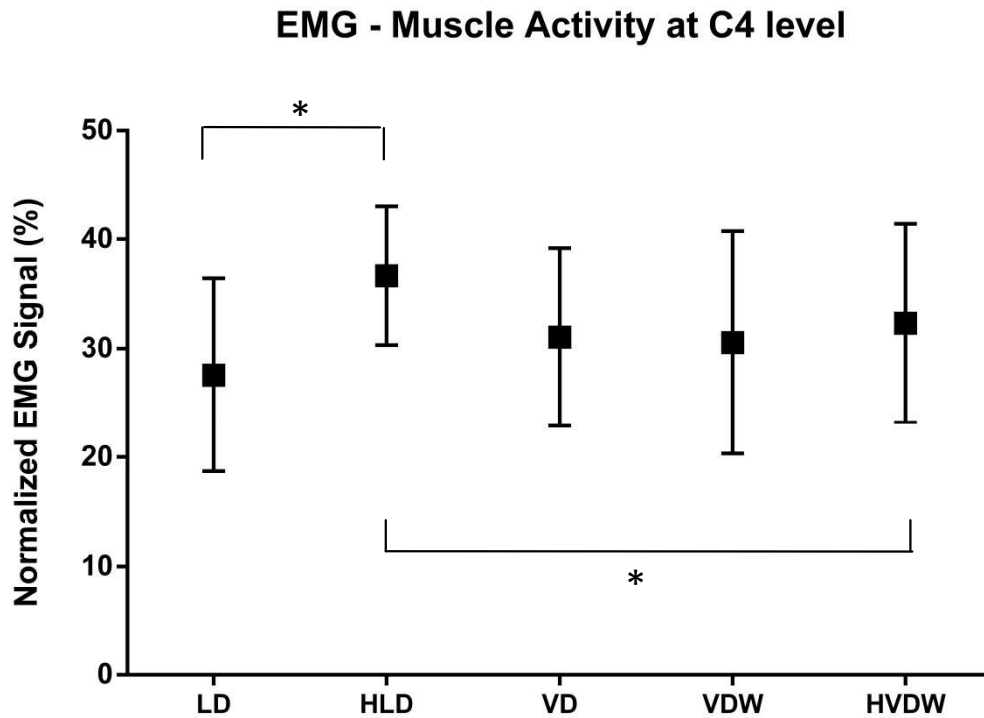
Figure 1. Rests and handling. A) LD - Rest at Lateral Decubitus; B) VD - Rest at Ventral Decubitus on the floor; C) VDW: Rest at Ventral Decubitus on the Wedge; D) HLD: Handling at Lateral Decubitus and E) HVDW: Handling at Ventral Decubitus on the Wedge.

Figure 2. Fluxogram of the Research



n: absolute frequency

Figure 3. Electromyographic signal at fourth cervical vertebra level.

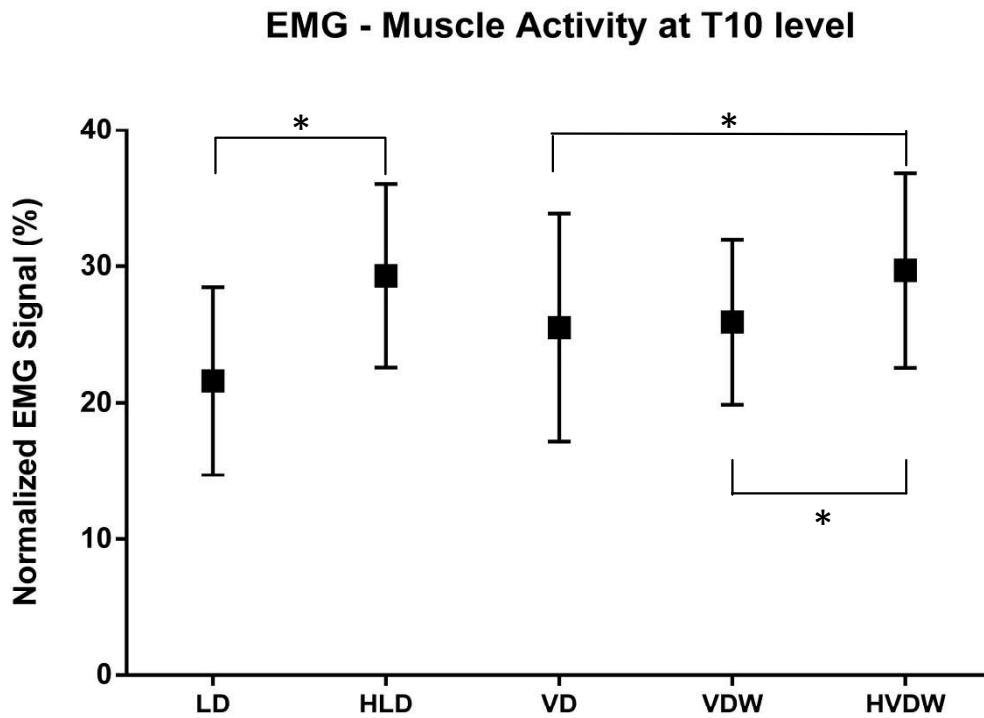


EMG - Muscle Activity at C4 level

n=31	Min	Mean	Max	Median	S.D.	S.E.M.
Rest - Lateral Decubitus (LD)	11.50	27.56	41.90	29.00	8.86	1.59
Handling - Lateral Decubitus (HLD)	19.60	36.65	44.20	38.60	6.33	1.14
Rest - Ventral Decubitus on the Floor (VD)	12.50	31.02	47.00	31.30	8.14	1.46
Rest - Ventral Decubitus on the Wedge (VDW)	12.60	30.53	51.00	30.50	10.21	1.83
Handling - Ventral Decubitus on the Wedge (HVDW)	11.70	32.30	58.00	33.20	9.08	1.63

Abbreviation: EMG: electromyography; Min: minimum value; Max: maximum value; S.D.: standard deviation; S.E.M.: standard error of the mean; n: absolute frequency.

Figure 4. Electromyographic signal at tenth thoracic vertebra level.

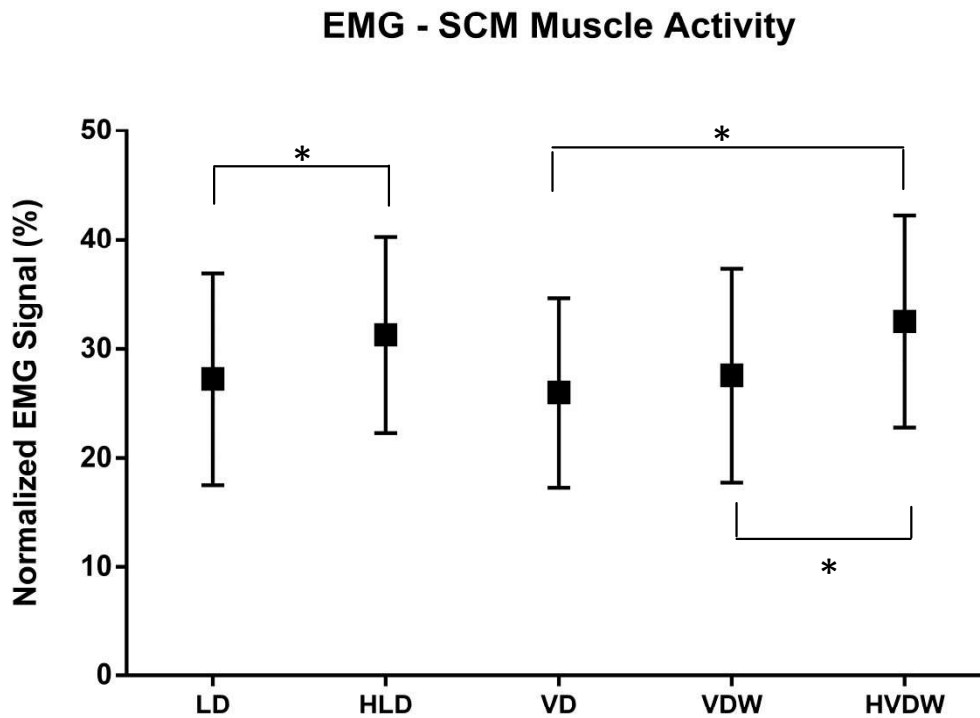


EMG - Muscle Activity at T10 level

n=31	Min	Mean	Max	Median	S.D.	S.E.M.
Rest - Lateral Decubitus (LD)	10.30	21.60	44.50	20.30	6.90	1.24
Handling - Lateral Decubitus (HLD)	14.00	29.32	43.50	27.60	6.74	1.21
Rest - Ventral Decubitus on the Floor (VD)	9.20	25.50	39.70	25.70	8.36	1.50
Rest - Ventral Decubitus on the Wedge (VDW)	15.30	25.92	39.10	23.70	6.05	1.09
Handling - Ventral Decubitus on the Wedge (HVDW)	18.00	29.70	43.30	29.50	7.15	1.28

Abbreviation: EMG: electromyography; Min: minimum value; Max: maximum value; S.D.: standard deviation; S.E.M.: standard error of the mean; n: absolute frequency.

Figure 5. Electromyographic signal at sternocleidomastoid level.



EMG - Muscle Activity of the SCM

n=31	Min	Mean	Max	Median	S.D.	S.E.M.
Rest - Lateral Decubitus (LD)	10.50	27.18	45.20	25.80	9.72	1.75
Handling - Lateral Decubitus (HLD)	10.50	31.25	48.40	30.90	9.00	1.62
Rest - Ventral Decubitus on the Floor (VD)	12.50	25.96	43.60	25.20	8.72	1.57
Rest - Ventral Decubitus on the Wedge (VDW)	8.70	27.50	41.20	27.70	9.81	1.76
Handling - Ventral Decubitus on the Wedge (HVDW)	15.00	32.49	50.90	31.60	9.75	1.75

Abbreviation: EMG: electromyography; Min: minimum value; Max: maximum value; S.D.: standard deviation; S.E.M.: standard error of the mean; n: absolute frequency.

Reference list

- Assaiante, C. M., S., Viel, S., Marianne, J., Schmitz, C. (2005). Development of posture control in healthy children: a functional approach. *Neural Plast.*, 12, 109-118.
- Barber, C. E. (2008). A guide to physiotherapy in cerebral palsy. *Paediatrics and Child Health.*, 18, 410-413.
- Bakhtiary, A. C., Fatemy, E. (2008). Does electrical stimulation reduce spasticity after stroke? A randomized controlled study. *Clinical Rehabilitation*, 22, 418–425.
- Bly, L. (1993). *Components of normal movement during the first year of life and abnormal motor development*. NDT, Chicago.
- Bower, E. (1999). A guide to physiotherapy techniques in cerebral palsy. *Current Paediatric.*, 9, 79- 83.
- Brazil. (2013). *Diretrizes de atenção à pessoa com paralisia cerebral*. (1th ed). Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Ações Programáticas Estratégicas. – Brasília: Editora do Ministério da Saúde.
- Brogren, E., Hadders-Algra, M., & Forssberg, H. (1998). Postural control in sitting children with cerebral palsy. *Neurosci Biobehav Rev*, 22, 591-596.
- Burden, A., & Bartlett, R. (1999). Normalisation of EMG amplitude: an evaluation and comparison of old and new methods. *Med Eng Phys*, 21, 247-257.
- Chen, C. L., Chen, C. Y., Lin, K. C., Chen, K. H., Wu, C. Y., Lin, C. H., Liu, W. Y., & Hsu, H. C. (2010). Relationships between developmental profiles and ambulatory ability in A follow-up study of preschool children with spastic quadriplegic cerebral palsy. *Chang Gung Med J*, 33, 524-531.
- Chen, K. L., Tseng, M. H., Shieh, J. Y., Lu, L., & Huang, C. Y. (2014). Determinants of quality of life in children with cerebral palsy: A comprehensive biopsychosocial approach. *Res Dev Disabil*, 35, 520-528.
- Choi, M., Lee, D., Ro, H. (2011). Effect of task-oriented training and neurodevelopmental treatment on the sitting posture in children with cerebral palsy. *J Phys Ther Sci*, 23, 2, 323-325.
- Colver, A., Fairhurst, C., & Pharoah, P. O. (2013). Cerebral palsy. *Lancet*.
- Criswell, E. (2010). *Cram's introduction to surface electromyography*. (2th ed). USA: Jones & Bartlett Publishers.
- Dalvand, H., Dehghan, L., Feizy, A., Amiralai, S., Bagheri, H. . (2009). Effect of the bobath technique, conductive education and education to parents in activities of daily living in children with cerebral palsy in iran. . *HKJOT*, 19 14-19.
- Danna-Dos-Santos, A., Degani, A. M., & Latash, M. L. (2007). Anticipatory control of head posture. *Clin Neurophysiol*, 118, 1802-1814.
- De Luca, C. J. (1993). The use of surface electromyography in biomechanics. *Journal of Applied Biomechanics*, 13, 1-38.

- Dudek-Shriber, L., & Zelazny, S. (2007). The effects of prone positioning on the quality and acquisition of developmental milestones in four-month-old infants. *Pediatr Phys Ther*, *19*, 48-55.
- Forssberg, H. (1999). Neural control of human motor development. *Curr Opin Neurobiol*, *9*, 676-682.
- Galea, M. P. (2012). Physical modalities in the treatment of neurological dysfunction. *Clin Neurol Neurosurg*, *114*, 483-488.
- Graham, J. V., Eustace, C., Brock, K., Swain, E., & Irwin-Carruthers, S. (2009). The Bobath concept in contemporary clinical practice. *Topics in stroke rehabilitation*, *16*, 57-68.
- Heyrman, L., Desloovere, K., Molenaers, G., Verheyden, G., Klingels, K., Monbaliu, E., & Feys, H. (2013). Clinical characteristics of impaired trunk control in children with spastic cerebral palsy. *Res Dev Disabil*, *34*, 327-334.
- Himmelman, K., Beckung, E., Hagberg, G., & Uvebrant, P. (2007). Bilateral spastic cerebral palsy--prevalence through four decades, motor function and growth. *Eur J Paediatr Neurol*, *11*, 215-222.
- Knox, V., & Evans, A. L. (2002). Evaluation of the functional effects of a course of Bobath therapy in children with cerebral palsy: a preliminary study. *Developmental Medicine & Child Neurology*, *44*, 447-460.
- Konrad, P. *The ABC of EMG: A Practical Introduction to Kinesiological Electromyography*. version 1.0. Noraxon USA Inc., Arizona.
- Koman, L. A., Smith, B. P., & Shilt, J. S. (2004). Cerebral palsy. *Lancet*, *363*, 1619-1631.
- Kollen, B.J. (2009). The Effectiveness of the Bobath Concept in stroke rehabilitation: what is the evidence? *Stroke*, *40*, 89-97.
- Lee, H. M., & Galloway, J. C. (2012). Early intensive postural and movement training advances head control in very young infants. *Phys Ther*, *92*, 935-947.
- Liu, W. Y., Zaino, C. A., & McCoy, S. W. (2007). Anticipatory postural adjustments in children with cerebral palsy and children with typical development. *Pediatr Phys Ther*, *19*, 188-195.
- Merletti R. (1999). Standards for reporting EMG data. *J Electromyogr Kinesiol*, *9*, 3-4.
- Moreno-De-Luca, A., Ledbetter, D., & Martin, C. (2012). Genetic [corrected] insights into the causes and classification of [corrected] cerebral palsies. *Lancet neurology*, *11*, 283-292.
- Palisano, R., Rosenbaum, P., Walter, S., Russell, D., Wood, E., & Galuppi, B. (1997). Development and reliability of a system to classify gross motor function in children with cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*, *39*, 214-223.
- Palisano, R. J., Kang, L. J., Chiarello, L. A., Orlin, M., Oeffinger, D., & Maggs, J. (2009). Social and community participation of children and youth with cerebral palsy is associated with age and gross motor function classification. *Phys Ther*, *89*, 1304-1314.
- Papavasiliou, A. S. (2009). Management of motor problems in cerebral palsy: a critical update for the clinician. *Eur J Paediatr Neurol*, *13*, 387-396.

- Park, E. Y., & Kim, W. H. (2013). Structural equation modeling of motor impairment, gross motor function, and the functional outcome in children with cerebral palsy. *Res Dev Disabil*, *34*, 1731-1739.
- Perez-Machado, J. L., & Rodriguez-Fuentes, G. (2013). [Relationship between the prone position and achieving head control at 3 months]. *An Pediatr (Barc)*, *79*, 241-247.
- Rachwani, J., Santamaria, V., Saavedra, S. L., Wood, S., Porter, F., & Woollacott, M. H. (2013). Segmental trunk control acquisition and reaching in typically developing infants. *Exp Brain Res*, *228*, 131-139.
- Raine, S. (2007). The current theoretical assumptions of the Bobath concept as determined by the members of BBTA. *Physiother Theory Pract*, *23*, 137-152.
- Reid, S. M., Carlin, J. B., & Reddihough, D. S. (2011). Classification of topographical pattern of spasticity in cerebral palsy: a registry perspective. *Res Dev Disabil*, *32*, 2909-2915.
- Saavedra, S., Joshi, A., Woollacott, M., & van Donkelaar, P. (2009). Eye hand coordination in children with cerebral palsy. *Exp Brain Res*, *192*, 155-165.
- Saavedra, S., Woollacott, M., & van Donkelaar, P. (2010). Head stability during quiet sitting in children with cerebral palsy: effect of vision and trunk support. *Exp Brain Res*, *201*, 13-23.
- Shewman, T., Konrad, P. (2011). *Clinical sequence assessments and SEMG feedback: a beginners guide*. Noraxon USA Inc, Arizona.
- Sommerich, C. et al. (2000). Use of surface electromyography to estimate neck muscle activity. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, *10*, 377-98.
- Stevens, S. L., Holbrook, E. A., Fuller, D. K., & Morgan, D. W. (2010). Influence of age on step activity patterns in children with cerebral palsy and typically developing children. *Arch Phys Med Rehabil*, *91*, 1891-1896.
- Straub, K., & Obrzut, J. E. (2009). Effects of cerebral palsy on neuropsychological function. *Journal of Developmental and Physical Disabilities*, *21*, 153-167.
- Surface Electromyography for the Non-invasive Assessment of Muscles (SENIAM). (2012). *Recommendations for EMG data*. Available in: <<<http://www.seniam.org/>>>. Last Access: march 19, 2012.
- Sweeney, J.K., Gutierrez, T. (2002) Musculoskeletal implications of preterm infant positioning in the NICU. *J Perinat Neonatal I Nurs*, *15*, 58-70.
- van der Heide, J. C., Begeer, C., Fock, J. M., Otten, B., Stremmelaar, E., van Eykern, L. A., & Hadders-Algra, M. (2004). Postural control during reaching in preterm children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*, *46*, 253-266.
- Veličković, T. D. P., M. V. . (2005). Basic Principles of the Neurodevelopmental Treatment. . *Medicina*, *42*, 112-120
- Wallard, L., Bril, B., Dietrich, G., Kerlirzin, Y., & Bredin, J. (2012). The role of head stabilization in locomotion in children with cerebral palsy. *Ann Phys Rehabil Med*, *55*, 590-600.
- Zafeiriou, D. I. (2004). Primitive reflexes and postural reactions in the neurodevelopmental examination. *Pediatr Neurol*, *31*, 1-8.

5 CONCLUSÃO GERAL

No contexto desta pesquisa, verificou-se que a EMG é uma importante forma avaliativa, que serve de aliada ao trabalho do fisioterapeuta e, que permite especificar os efeitos de manuseios baseados no Conceito Bobath. Desta forma, a hipótese deste estudo era de que o uso do decúbito lateral sobre o solo, desde que mediante correto manuseio, alinhamento e transferência de peso, seria capaz de facilitar a atividade muscular na região cervical e de tronco superior de forma mais pronunciada do que o manuseio em decúbito ventral sobre a cunha, em pacientes com diagnóstico de PC espástica quadriplégica. Nossos resultados comprovaram parcialmente esta hipótese. Foi observada maior atividade muscular em ambas as posturas facilitatórias, e maior ativação muscular de extensores cervicais na postura em decúbito lateral na região cervical.

O perfil de características heterogêneas desta população avaliada pode ser considerado uma limitação neste estudo, visto que mesmo classificadas de acordo com os níveis mais graves do GMFCS, as crianças podem apresentar graus variados de acometimentos motores e complicações secundárias à doença, determinando seu melhor ou pior desempenho. Além disso, esta pesquisa limitou-se a uma única avaliação e intervenção, comparando o indivíduo com ele mesmo, no repouso e após o manuseio (delineamento do estudo: *crossover*). Com esta metodologia, conseguimos comprovar o aumento do sinal eletromiográfico durante os dois manuseios, com melhores resultados na postura em decúbito lateral, sendo ambos certamente aproveitados durante sessões de reabilitação deste perfil de pacientes.

A realização de mais pesquisas é necessária, avaliando, por exemplo, os efeitos de uma sessão completa de terapia, baseada no neurodesenvolvimento com manuseios de facilitação, inibição e estimulação, preconizados pelo NDT. Assim, o resultado apresentado na EMG, em relação a uma maior ativação muscular, poderia se transformar em benefícios clínicos duradouros e permanentes para o paciente. É válido ressaltar que os estudos que avaliam efeitos da terapia e que fornecem detalhes do que foi feito nas sessões, tem uso prático e científico. Não só o tipo de exercício, mas também a sua frequência, intensidade e duração, e a qual objetivo que se destina a intervenção, deve ser especificado para avaliar seu sucesso. Como a fisioterapia carece de estudos

baseados em evidências, principalmente no âmbito da prática da reabilitação neurológica, estes resultados apresentados aqui, beneficiarão o fisioterapeuta e o seu paciente, para traçar seus objetivos e conduzir sua terapia.

ANEXOS

ANEXO A
PARECER CEP/UFCSPA



COMISSÃO CIENTÍFICA E COMISSÃO DE PESQUISA E ÉTICA EM SAÚDE

COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA - CEP
UFCSPA

O Comitê de Ética em Pesquisa da UFCSPA, registrado na Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP) sob o nº 075/05 em 23/07/04, analisou o Projeto:

Projeto: 12-985

Versão do Projeto:

Versão do TCLE:

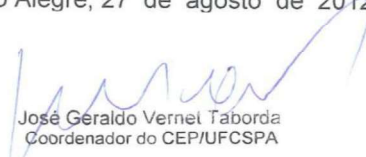
Pesquisadores:

ALINE DE SOUZA PAGNUSSAT
ANELISE DE SALDANHA SIMON
CAMILA GRAZZIOTIN DOS SANTOS

Título: ANÁLISE ELETROMIOGRÁFICA DOS MÚSCULOS ENVOLVIDOS
NO CONTROLE CERVICAL MEDIANTE POSTURAS DE FACILITAÇÃO EM CRIANÇAS
COM PARALISIA CEREBRAL - ABORDAGEM SEGUNDO O CONCEITO
NEUROEVOLUTIVO BOBATH

Esse projeto foi aprovado em seus aspectos éticos e metodológicos conforme as Resoluções 196/09 e demais Resoluções complementares. Toda e qualquer alteração do projeto, assim como eventos adversos graves, deverão ser comunicados a este CEP. Os TCLE, quando necessários, somente poderão ser utilizados após prévia e explícita aprovação (carimbo) de sua redação por este CEP".

Porto Alegre, 27 de agosto de 2012.


José Geraldo Vernet Taborda
Coordenador do CEP/UFCSPA

ANEXO B

NORMAS DA REVISTA PARA FORMATAÇÃO DO ARTIGO



RESEARCH IN DEVELOPMENTAL DISABILITIES

Author information pack of Research in Developmental Disabilities

DESCRIPTION

Research In Developmental Disabilities is aimed at publishing original research of an interdisciplinary nature that has a direct bearing on the remediation of problems associated with developmental disabilities. Manuscripts will be solicited throughout the world. Articles will be primarily empirical studies, although an occasional position paper or review will be accepted. The aim of the journal will be to publish articles on all aspects of research with the developmentally disabled, with any methodologically sound approach being acceptable. A list of topics areas that is illustrative but not inclusive is applied behavior analysis, pharmacotherapy, traditional assessment, behavioral assessment, speech training and occupational therapy. Our aim is to publish the best available and most current research possible.

Benefits to authors: We also provide many author benefits, such as free PDFs, a liberal copyright policy, special discounts on Elsevier publications and much more. Please click here for more information on our author services. Please see our Guide for Authors for information on article submission. If you require any further information or help, please visit our support pages: <http://support.elsevier.com>

AUDIENCE: Psychologists, Social Workers, Rehabilitation Specialists and Sociologists

IMPACT FACTOR: 2012: 2.483 © Thomson Reuters Journal Citation Reports 2013

ABSTRACTING AND INDEXING

BIOSIS	ERIC
Behavioral Medicine Abstracts	Elsevier BIOBASE
Current Contents	Except Child Educ Abstr
Current Contents/Social & Behavioral Sciences	Family Resources
Current Index to Journals in Education	Intl Jnl of Rehab Res
EMBASE	MEDLINE®
ERA (Educational Research Abstracts Online)	PASCAL/CNRS

PsycINFO Psychological Abstracts
PsycSCAN/MR

Scopus
EDITORIAL BOARD

GUIDE FOR AUTHORS - BEFORE YOU BEGIN

Ethics in publishing: For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journalauthors/ethics>.

Conflict of interest: All authors are requested to disclose any actual or potential conflict of interest including any financial, personal or other relationships with other people or organizations within three years of beginning the submitted work that could inappropriately influence, or be perceived to influence, their work. See also <http://www.elsevier.com/conflictsofinterest>. Further information and an example of a Conflict of Interest form can be found at: http://help.elsevier.com/app/answers/detail/a_id/286/p/7923.

Submission declaration: Submission of an article implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere including electronically in the same form, in English or in any other language, without the written consent of the copyright-holder.

Changes to authorship: This policy concerns the addition, deletion, or rearrangement of author names in the authorship of accepted manuscripts: Before the accepted manuscript is published in an online issue: Requests to add or remove an author, or to rearrange the author names, must be sent to the Journal Manager from the corresponding author of the accepted manuscript and must include: (a) the reason the name should be added or removed, or the author names rearranged and (b) written confirmation (e-mail, fax, letter) from all authors that they agree with the addition, removal or rearrangement. In the case of addition or removal of authors, this includes confirmation from the author being added or removed. Requests that are not sent by the corresponding author will be forwarded by the Journal Manager to the corresponding author, who must follow the procedure as described above. Note that: (1) Journal Managers will inform the Journal Editors of any such requests and (2) publication of the accepted manuscript in an online issue is suspended until authorship has been agreed. After the accepted manuscript is published in an online issue: Any requests to add, delete, or rearrange author names in an article published in an online issue will follow the same policies as noted above and result in a corrigendum.

Copyright: This journal offers authors a choice in publishing their research: Open Access and Subscription. For Subscription articles Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete a 'Journal Publishing Agreement' (for more information on this and copyright, see <http://www.elsevier.com/copyright>). An e-mail will be sent to the corresponding author confirming receipt of the manuscript together with a 'Journal Publishing Agreement' form or a link to the online version of this agreement. Subscribers may reproduce tables of contents or prepare lists of articles including abstracts for internal

circulation within their institutions. Permission of the Publisher is required for resale or distribution outside the institution and for all other derivative works, including compilations and translations (please consult <http://www.elsevier.com/permissions>). If excerpts from other copyrighted works are included, the author(s) must obtain written permission from the copyright owners and credit the source(s) in the article. Elsevier has preprinted forms for use by authors in these cases: please consult <http://www.elsevier.com/permissions>.

For Open Access articles: Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete an 'Exclusive License Agreement' (for more information see <http://www.elsevier.com/OAauthoragreement>). Permitted reuse of open access articles is determined by the author's choice of user license (see <http://www.elsevier.com/openaccesslicenses>).

Retained author rights: As an author you (or your employer or institution) retain certain rights. For more information on author rights for: Subscription articles please see <http://www.elsevier.com/journal-authors/author-rights-and-responsibilities>. Open access articles please see <http://www.elsevier.com/OAauthoragreement>.

Role of the funding source: You are requested to identify who provided financial support for the conduct of the research and/or preparation of the article and to briefly describe the role of the sponsor(s), if any, in study design; in the collection, analysis and interpretation of data; in the writing of the report; and in the decision to submit the article for publication. If the funding source(s) had no such involvement then this should be stated. Please see <http://www.elsevier.com/funding>.

Funding body agreements and policies: Elsevier has established agreements and developed policies to allow authors whose articles appear in journals published by Elsevier, to comply with potential manuscript archiving requirements as specified as conditions of their grant awards. To learn more about existing agreements and policies please visit <http://www.elsevier.com/fundingbodies>.

Open access: This journal offers authors a choice in publishing their research: Open Access

- Articles are freely available to both subscribers and the wider public with permitted reuse
- An Open Access publication fee is payable by authors or their research funder

Subscription:

- Articles are made available to subscribers as well as developing countries and patient groups through our access programs (<http://www.elsevier.com/access>)
- No Open Access publication fee

All articles published Open Access will be immediately and permanently free for everyone to read and download. Permitted reuse is defined by your choice of one of the following Creative Commons user licenses: Creative Commons Attribution (CC BY): lets others distribute and copy the article, to create extracts, abstracts, and other revised versions, adaptations or derivative works of or from an article (such as a translation), to include in a collective work (such as an anthology), to text or data mine the article, even for commercial purposes, as long as they credit the author(s), do not represent the author as endorsing their adaptation of the article, and do not modify the article in such a way as to damage the author's honor or reputation. Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike (CC BY-NC-SA): for noncommercial purposes, lets others distribute and copy the article, to create extracts, abstracts and other revised versions, adaptations or derivative works of or from an article (such as a translation), to include in a collective work (such as an anthology), to text and data mine the article, as long as they credit the author(s), do not represent the author as endorsing their adaptation of the article, do not modify the article in such a way as to damage the author's honor or reputation, and license their new adaptations or creations under identical terms (CC BY-NC-SA). Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs (CC BY-NC-ND): for noncommercial purposes, lets others distribute and copy the article, and to include in a collective work (such as an anthology), as long as they credit the author(s) and provided they do not alter or modify the article. To provide Open Access, this journal has a publication fee which needs to be met by the authors or their research funders for each article published Open Access. Your publication choice will have no effect on the peer review process or acceptance of submitted articles. The publication fee for this journal is \$1800, excluding taxes. Learn more about Elsevier's pricing policy: <http://www.elsevier.com/openaccesspricing>.

Language (usage and editing services): Please write your text in good English (American or British usage is accepted, but not a mixture of these). Authors who feel their English language manuscript may require editing to eliminate possible grammatical or spelling errors and to conform to correct scientific English may wish to use the English Language Editing service available from Elsevier's WebShop (<http://webshop.elsevier.com/languageediting/>) or visit our customer support site (<http://support.elsevier.com>) for more information.

Submission: Submission to this journal proceeds totally online and you will be guided stepwise through the creation and uploading of your files. The system automatically converts source files to a single PDF file of the article, which is used in the peer-review process. Please note that even

though manuscript source files are converted to PDF files at submission for the review process, these source files are needed for further processing after acceptance. All correspondence, including notification of the Editor's decision and requests for revision, takes place by e-mail removing the need for a paper trail. Peer review policy In order to maintain a rapid rate of review all submitted manuscripts are initially reviewed by the Editor

in Chief for completeness and appropriateness to the journal's stated Aims and Scope. Manuscripts that pass the initial review will be handled by the Editor, sent out to reviewers in the field, sent to an associate editor for handling, or some combination thereof, solely at the discretion of the Editor. If for any reason you have questions about the peer review policy in general or with regards to your paper specifically, please address them directly to the Editor in Chief, Johnny Matson: johnmatson@aol.com.

PREPARATION: Use of word processing software It is important that the file be saved in the native format of the word processor used. The text should be in single-column format. Keep the layout of the text as simple as possible. Most formatting codes will be removed and replaced on processing the article. In particular, do not use the word processor's options to justify text or to hyphenate words. However, do use bold face, italics, subscripts, superscripts etc. When preparing tables, if you are using a table grid, use only one grid for each individual table and not a grid for each row. If no grid is used, use tabs, not spaces, to align columns. The electronic text should be prepared in a way very similar to that of conventional manuscripts (see also the Guide to Publishing with Elsevier: <http://www.elsevier.com/guidepublication>). Note that source files of figures, tables and text graphics will be required whether or not you embed your figures in the text. See also the section on Electronic artwork. To avoid unnecessary errors you are strongly advised to use the 'spell-check' and 'grammar-check' functions of your word processor.

Article structure:

Subdivision - numbered sections: Divide your article into clearly defined and numbered sections. Subsections should be numbered 1.1 (then 1.1.1, 1.1.2, ...), 1.2, etc. (the abstract is not included in section numbering). Use this numbering also for internal cross-referencing: do not just refer to 'the text'. Any subsection may be given a brief heading. Each heading should appear on its own separate line.

Introduction: State the objectives of the work and provide an adequate background, avoiding a detailed literature survey or a summary of the results.

Material and methods: Provide sufficient detail to allow the work to be reproduced. Methods already published should be indicated by a reference: only relevant modifications should be described.

Theory/calculation: A Theory section should extend, not repeat, the background to the article already dealt with in the Introduction and lay the foundation for further work. In contrast, a Calculation section represents a practical development from a theoretical basis.

Results: Results should be clear and concise.

Discussion: This should explore the significance of the results of the work, not repeat them. A combined Results and Discussion section is often appropriate. Avoid extensive citations and discussion of published literature.

Conclusions: The main conclusions of the study may be presented in a short Conclusions section, which may stand alone or form a subsection of a Discussion or Results and Discussion section.

Appendices: If there is more than one appendix, they should be identified as A, B, etc. Formulae and equations in appendices should be given separate numbering: Eq. (A.1), Eq. (A.2), etc.; in a subsequent appendix, Eq. (B.1) and so on. Similarly for tables and figures: Table A.1; Fig. A.1, etc.

Essential title page information:

- Title. Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.
- Author names and affiliations. Where the family name may be ambiguous (e.g., a double name), please indicate this clearly. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lower-case superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate address. Provide the full postal address of each affiliation, including the country name and, if available, the e-mail address of each author.
- Corresponding author. Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. Ensure that phone numbers (with country and area code) are provided in addition to the e-mail address and the complete postal address. Contact details must be kept up to date by the corresponding author.
- Present/permanent address. If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a 'Present address' (or 'Permanent address') may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

Abstract: A concise and factual abstract is required. The abstract should state briefly the purpose of the research, the principal results and major conclusions. An abstract is often presented separately from the article, so it must be able to stand alone. For this reason, References should be avoided, but if essential, then cite the author(s) and year(s). Also, non-standard or uncommon abbreviations should be avoided, but if essential they must be defined at their first mention in the abstract itself.

Graphical abstract: A Graphical abstract is optional and should summarize the contents of the article in a concise, pictorial form designed to capture the attention of a wide readership online. Authors must provide images that clearly represent the work described in the article. Graphical abstracts should be submitted as a separate file in the online submission system. Image size: Please provide an image with a minimum of 531 × 1328 pixels (h × w) or proportionally more. The image should be readable at a size of 5 × 13 cm using a regular screen resolution of 96 dpi. Preferred file types: TIFF, EPS, PDF or MS Office files. See <http://www.elsevier.com/graphicalabstracts> for examples. Authors can make use of Elsevier's Illustration and Enhancement service to ensure the best presentation of their images also in accordance with all technical requirements: Illustration Service.

Highlights: Highlights are mandatory for this journal. They consist of a short collection of bullet points that convey the core findings of the article and should be submitted in a separate file in the online submission system. Please use 'Highlights' in the file name and include 3 to 5 bullet points (maximum 85 characters, including spaces, per bullet point). See <http://www.elsevier.com/highlights> for examples.

Keywords: Abbreviations should be held to a minimum and should appear only after the full length term has been spelled out once in the text.

Acknowledgements: Collate acknowledgements in a separate section at the end of the article before the references and do not, therefore, include them on the title page, as a footnote to the title or otherwise. List here those individuals who provided help during the research (e.g., providing language help, writing assistance or proof reading the article, etc.).

Math formulae: Present simple formulae in the line of normal text where possible and use the solidus (/) instead of a horizontal line for small fractional terms, e.g., X/Y. In principle, variables are to be presented in italics. Powers of e are often more conveniently denoted by exp. Number consecutively any equations that have to be displayed separately from the text (if referred to explicitly in the text).

Footnotes: Footnotes should be used sparingly. Number them consecutively throughout the article, using superscript Arabic numbers. Many word processors build footnotes into the text, and this feature may be used. Should this not be the case, indicate the position of footnotes in the text and present the footnotes themselves separately at the end of the article. Do not include footnotes in the Reference list.

Table footnotes: Indicate each footnote in a table with a superscript lowercase letter.

Artwork - Electronic artwork

General points:

- Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork.

- Embed the used fonts if the application provides that option.
- Aim to use the following fonts in your illustrations: Arial, Courier, Times New Roman, Symbol, or use fonts that look similar.
- Number the illustrations according to their sequence in the text.
- Use a logical naming convention for your artwork files.
- Provide captions to illustrations separately.
- Size the illustrations close to the desired dimensions of the printed version.
- Submit each illustration as a separate file.

A detailed guide on electronic artwork is available on our website: <http://www.elsevier.com/artworkinstructions> You are urged to visit this site; some excerpts from the detailed information are given here.

Formats: If your electronic artwork is created in a Microsoft Office application (Word, PowerPoint, Excel) then please supply 'as is' in the native document format. Regardless of the application used other than Microsoft Office, when your electronic artwork is finalized, please 'Save as' or convert the images to one of the following formats (note the resolution requirements for line drawings, halftones, and line/halftone combinations given below): EPS (or PDF): Vector drawings, embed all used fonts. TIFF (or JPEG): Color or grayscale photographs (halftones), keep to a minimum of 300 dpi. TIFF (or JPEG): Bitmapped (pure black & white pixels) line drawings, keep to a minimum of 1000 dpi. TIFF (or JPEG): Combinations bitmapped line/halftone (color or grayscale), keep to a minimum of 500 dpi.

Please do not:

- Supply files that are optimized for screen use (e.g., GIF, BMP, PICT, WPG); these typically have a low number of pixels and limited set of colors;
- Supply files that are too low in resolution;
- Submit graphics that are disproportionately large for the content.

Color artwork: Please make sure that artwork files are in an acceptable format (TIFF (or JPEG), EPS (or PDF), or MS Office files) and with the correct resolution. If, together with your accepted article, you submit usable color figures then Elsevier will ensure, at no additional charge, that these figures will appear in color on the Web (e.g., ScienceDirect and other sites) regardless of whether or not these illustrations are reproduced in color in the printed version. For color reproduction in print, you will receive information regarding the costs from Elsevier after receipt of your accepted article. Please indicate your preference for color: in print or on the Web only. For further information on the preparation of electronic artwork, please see <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

Please note: Because of technical complications which can arise by converting color figures to 'gray scale' (for the printed version should you not opt for color in print) please submit in addition usable black and white versions of all the color illustrations.

Figure captions: Ensure that each illustration has a caption. Supply captions separately, not attached to the figure. A caption should comprise a brief title (not on the figure itself) and a description of the illustration. Keep text in the illustrations themselves to a minimum but explain all symbols and abbreviations used.

Tables: Number tables consecutively in accordance with their appearance in the text. Place footnotes to tables below the table body and indicate them with superscript lowercase letters. Avoid vertical rules. Be sparing in the use of tables and ensure that the data presented in tables do not duplicate results described elsewhere in the article.

References:

Citation in text: Please ensure that every reference cited in the text is also present in the reference list (and vice versa). Any references cited in the abstract must be given in full. Unpublished results and personal communications are not recommended in the reference list, but may be mentioned in the text. If these references are included in the reference list they should follow the standard reference style of the journal and should include a substitution of the publication date with either 'Unpublished results' or 'Personal communication'. Citation of a reference as 'in press' implies that the item has been accepted for publication.

Web references: As a minimum, the full URL should be given and the date when the reference was last accessed. Any further information, if known (DOI, author names, dates, reference to a source publication, etc.), should also be given. Web references can be listed separately (e.g., after the reference list) under a different heading if desired, or can be included in the reference list.

References in a special issue: Please ensure that the words 'this issue' are added to any references in the list (and any citations in the text) to other articles in the same Special Issue.

Reference management software: This journal has standard templates available in key reference management packages EndNote (<http://www.endnote.com/support/enstyles.asp>) and Reference Manager (<http://refman.com/support/rmstyles.asp>). Using plug-ins to word processing packages, authors only need to select the appropriate journal template when preparing their article and the list of references and citations to these will be formatted according to the journal style which is described below.

Reference style:

Text: Citations in the text should follow the referencing style used by the American Psychological Association. You are referred to the Publication Manual of the American Psychological Association, Sixth Edition, ISBN 978-1-4338-0561-5, copies of which may be ordered from

<http://books.apa.org/books.cfm?id=4200067> or APA Order Dept., P.O.B. 2710, Hyattsville, MD 20784, USA or APA, 3 Henrietta Street, London, WC3E 8LU, UK.

List: references should be arranged first alphabetically and then further sorted chronologically if necessary. More than one reference from the same author(s) in the same year must be identified by the letters 'a', 'b', 'c', etc., placed after the year of publication.

Examples:

Reference to a journal publication:

Van der Geer, J., Hanraads, J. A. J., & Lupton, R. A. (2010). The art of writing a scientific article. *Journal of Scientific Communications*, 163, 51–59.

Reference to a book:

Strunk, W., Jr., & White, E. B. (2000). *The elements of style*. (4th ed.). New York: Longman, (Chapter 4).

Reference to a chapter in an edited book:

Mettam, G. R., & Adams, L. B. (2009). How to prepare an electronic version of your article. In B. S. Jones, & R. Z. Smith (Eds.), *Introduction to the electronic age* (pp. 281–304). New York: E-Publishing Inc.

Video data: Elsevier accepts video material and animation sequences to support and enhance your scientific research. Authors who have video or animation files that they wish to submit with their article are strongly encouraged to include links to these within the body of the article. This can be done in the same way as a figure or table by referring to the video or animation content and noting in the body text where it should be placed. All submitted files should be properly labeled so that they directly relate to the video file's content. In order to ensure that your video or animation material is directly usable, please provide the files in one of our recommended file formats with a preferred maximum size of 50 MB. Video and animation files supplied will be published online in the electronic version of your article in Elsevier Web products, including ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>. Please supply 'stills' with your files: you can choose any frame from the video or animation or make a separate image. These will be used instead of standard icons and will personalize the link to your video data. For more detailed instructions please visit our video instruction pages at <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>. Note: since video and animation cannot be embedded in the print version of the journal, please provide text for both the electronic and the print version for the portions of the article that refer to this content.

AudioSlides: The journal encourages authors to create an AudioSlides presentation with their published article. AudioSlides are brief, webinar-style presentations that are shown next to the online article on ScienceDirect. This gives authors the opportunity to summarize their research in their own words and to help readers understand what the paper is about. More information and

examples are available at <http://www.elsevier.com/audioslides>. Authors of this journal will automatically receive an invitation e-mail to create an AudioSlides presentation after acceptance of their paper.

Supplementary data: Elsevier accepts electronic supplementary material to support and enhance your scientific research. Supplementary files offer the author additional possibilities to publish supporting applications, high resolution images, background datasets, sound clips and more. Supplementary files supplied will be published online alongside the electronic version of your article in Elsevier Web products, including ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>. In order to ensure that your submitted material is directly usable, please provide the data in one of our recommended file formats. Authors should submit the material in electronic format together with the article and supply a concise and descriptive caption for each file. For more detailed instructions please visit our artwork instruction pages at <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

3D neuroimaging: You can enrich your online articles by providing 3D neuroimaging data in NIfTI format. This will be visualized for readers using the interactive viewer embedded within your article, and will enable them to: browse through available neuroimaging datasets; zoom, rotate and pan the 3D brain reconstruction; cut through the volume; change opacity and color mapping; switch between 3D and 2D projected views; and download the data. The viewer supports both single (.nii) and dual (.hdr and .img) NIfTI file formats. Recommended size of a single uncompressed dataset is 100 MB or less. Multiple datasets can be submitted. Each dataset will have to be zipped and uploaded to the online submission system via the '3D neuroimaging data' submission category. Please provide a short informative description for each dataset by filling in the 'Description' field when uploading a dataset. Note: all datasets will be available for downloading from the online article on ScienceDirect. If you have concerns about your data being downloadable, please provide a video instead. For more information see: <http://www.elsevier.com/3DNeuroimaging>.

Submission checklist: The following list will be useful during the final checking of an article prior to sending it to the journal for review. Please consult this Guide for Authors for further details of any item. Ensure that the following items are present: One author has been designated as the corresponding author with contact details:

- E-mail address
- Full postal address
- Phone numbers

All necessary files have been uploaded, and contain:

- Keywords
- All figure captions
- All tables (including title, description, footnotes)

Further considerations:

- Manuscript has been 'spell-checked' and 'grammar-checked'
- References are in the correct format for this journal
- All references mentioned in the Reference list are cited in the text, and vice versa
- Permission has been obtained for use of copyrighted material from other sources (including the Web)
- Color figures are clearly marked as being intended for color reproduction on the Web (free of charge) and in print, or to be reproduced in color on the Web (free of charge) and in black-and-white in print
- If only color on the Web is required, black-and-white versions of the figures are also supplied for printing purposes. For any further information please visit our customer support site at <http://support.elsevier.com>.

Additional information: The word retarded should be used as an adjective rather than a noun; retardate should be avoided. Terms that are scientifically precise should be adhered to. Therefore, mentally retarded will be preferred to retarded because it specifies the type of retardation, and intellectually average or normal intelligence will be preferred over normal. A similar format should be followed if other disabilities are involved. It is understood that all investigations have been approved by the human subjects review committee of the author's institution.

AFTER ACCEPTANCE

Use of the Digital Object Identifier: The Digital Object Identifier (DOI) may be used to cite and link to electronic documents. The DOI consists of a unique alpha-numeric character string which is assigned to a document by the publisher upon the initial electronic publication. The assigned DOI never changes. Therefore, it is an ideal medium for citing a document, particularly 'Articles in press' because they have not yet received their full bibliographic information. Example of a correctly given DOI (in URL format; here an article in the journal Physics Letters B): <http://dx.doi.org/10.1016/j.physletb.2010.09.059> When you use a DOI to create links to documents on the web, the DOIs are guaranteed never to change.

Online proof correction: Corresponding authors will receive an e-mail with a link to our ProofCentral system, allowing annotation and correction of proofs online. The environment is similar to MS Word: in addition to editing text, you can also comment on figures/tables and answer questions from the Copy Editor. Web-based proofing provides a faster and less error-prone process by allowing you to directly type your corrections, eliminating the potential introduction of errors. If preferred, you can still choose to annotate and upload your edits on the PDF version. All instructions for proofing will be given in the e-mail we send to authors, including alternative methods to the online version and PDF. We will do everything possible to get your article published

quickly and accurately - please upload all of your corrections within 48 hours. It is important to ensure that all corrections are sent back to us in one communication. Please check carefully before replying, as inclusion of any subsequent corrections cannot be guaranteed. Proofreading is solely your responsibility. Note that Elsevier may proceed with the publication of your article if no response is received.

AUTHOR INQUIRIES: For inquiries relating to the submission of articles (including electronic submission) please visit this journal's homepage. For detailed instructions on the preparation of electronic artwork, please visit <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>. Contact details for questions arising after acceptance of an article, especially those relating to proofs, will be provided by the publisher. You can track accepted articles at <http://www.elsevier.com/trackarticle>. You can also check our Author FAQs at <http://www.elsevier.com/author> FAQ and/or contact Customer Support via <http://support.elsevier.com>.

© Copyright 2012 Elsevier | <http://www.elsevier.com>