

Influence of Neuromuscular Factors in Motor Performance in Cerebral Palsy: Systematic Review

Influência de Fatores Neuromusculares no Desempenho Motor na Paralisia Cerebral: Revisão Sistemática

Carlota Cunha^{1,2}

¹Federação Portuguesa de Desporto para pessoas com Deficiência; ² Ginásio Clube Português

Abstract

Cerebral palsy results from a non-progressive brain injury with consequences on the individual motor development, resulting in limitations on motor performance level mainly due to muscle weakness resulting from neuromuscular detriments.

The aim of this study was to review the literature on neuromuscular factors which cause poor motor performance in individuals with cerebral palsy.

The literature review was performed using the Scielo, b-on and PubMed, for the article research we use the key-words: cerebral palsy, neuromuscular factors, motor performance.

The results suggest that the factors that most influence the motor performance in cerebral palsy are the co-activation of antagonistic muscle different levels of agonist muscles activation and changes in the patterns of muscle activation.

Although there is evidence that neuromuscular factors influence the motor performance it is necessary realize studies with more precision in individuals with cerebral palsy.

Keywords: Cerebral palsy, neuromuscular factors, motor performance

Resumo

A paralisia cerebral (PC) resulta de uma lesão não progressiva no cérebro com consequências no desenvolvimento motor do indivíduo, provocando limitações ao nível do desempenho motor devido sobretudo à fraqueza muscular resultante de detriments neuromusculares.

O objetivo do presente estudo foi realizar uma revisão da literatura sobre os fatores neuromusculares que estão na origem do pobre desempenho motor em indivíduos com PC.

A revisão da literatura foi realizada através da utilização das bases de dados Scielo, b-on e Pubmed, para a procura de artigos foram utilizadas as palavras chave: paralisia cerebral, fatores neuromusculares, desempenho motor.

Os resultados sugerem que os fatores que mais influenciam o desempenho motor na PC são a co-ativação do músculo antagonista diferentes níveis de ativação dos músculos agonistas e as alterações dos padrões de ativação muscular.

Apesar de haver evidências de que fatores neuromusculares influenciam o desempenho motor é necessário realizar-se estudos mais precisos com indivíduos com PC.

Palavras-Chave: Paralisia cerebral, fatores neuromusculares, desempenho motor

*Autor para correspondência.

Correio electrónico: Carlotalc.fpdd@gmail.com (Carlota Cunha)

Código: DAFPT_16_02_01

Introdução

A paralisia cerebral (PC) é definida como distúrbio de movimento e postura em consequência de uma lesão não progressiva do cérebro em desenvolvimento (1).

Segundo o *Centers for Disease Control and Prevention* (CDCP), através de um conjunto de estudos, estima que a prevalência da PC no mundo seja entre 1.5 a mais de 4 casos por 1000 nascimentos vivos (2).

Segundo os resultados do “Programa de vigilância da paralisia cerebral aos 5 anos em Portugal” (crianças nascidas em 2001) entre 1 de junho de 2016 a 31 de dezembro de 2009 foram recebidos e confirmadas 219 casos de nascimento de criança com PC (3). No Brasil não existem dados oficiais à cerca da prevalência, contudo a incidência da PC no Brasil será mais elevada, pelo fato de apenas uma pequena parcela da população receber assistência pré e perinatal (4).

Os distúrbios motores associados à PC variam entre um grau moderado a severo, podendo causar graves limitações ao nível das habilidades funcionais (5).

As alterações na funcionalidade grossa e fina, que provocam dificuldades na marcha, na coordenação óculo-manual e na função músculo esquelética, refletem a falta de controlo motor e postura, que tem como consequência um pobre desempenho motor (6).

Uma das causas que tem sido apontada para perda da funcionalidade é a fraqueza muscular (7). Contudo, a fraqueza muscular nestes indivíduos pode resultar de várias alterações nos mecanismos neurais (8).

É importante conhecer os fatores que estão na base das alterações ao nível da postura e controlo motor de modo a que não só as intervenções ao nível terapêutico como ao nível do desempenho desportivo sejam mais eficazes tendo como fim último melhorarem a qualidade de vida de indivíduos com PC.

Assim com este trabalho pretende-se em primeiro lugar identificar os fatores neuromusculares que mais influenciam a postura e o controlo motor em indivíduos com PC, em segundo lugar identificar como os fatores neuromusculares interferem no movimento e em terceiro lugar como se identifica a presença destes fatores.

Metodologia

Este trabalho parte de uma revisão bibliográfica. Foram incluídos nesta pesquisa artigos científicos e teses referentes à PC encontrados nas bases de dados do Scielo, b-on, Pubmed através das seguintes palavras: paralisia cerebral, controlo motor, fatores neuromusculares, eletromiografia e funcionalidade. As pesquisas foram efetuadas em língua portuguesa e inglesa. Os critérios de inclusão foram: relevância do estudo e correlação com o tema, disponíveis na íntegra com informações que contemplavam o tema paralisia

cerebral e fatores neuromusculares entre os anos 2000 a 2011.

Resultados

De um total de 59 artigos encontrados nas bases de dados foram excluídos 43 após a aplicação dos critérios de inclusão citados na metodologia.

Assim foram incluídos nesta revisão 16 artigos, dos quais podem destacar-se vários fatores neuromusculares como causadores da fraqueza muscular e consequentemente um pobre desempenho motor, nomeadamente a diminuição da ativação do músculo agonista, aumento da ativação muscular antagonista em simultâneo com a o músculo agonista (co-ativação), a alteração de padrões de ativação muscular e a hiperreflexia.

Dos dezasseis estudos apresentados podemos verificar que as amostras dos estudos variam entre os 8 e os 26 indivíduos com PC. Quanto a classificação neuromotor treze dos estudos analisados foram realizados em indivíduos com PC do tipo espástica, um estudo com PC do tipo diatônico e dois não fizeram referência ao tipo de PC.

Em todos os estudos de comparação entre grupos teve-se em atenção a escolha de indivíduos com idades semelhantes.

Treze dos estudos centraram-se na análise dos músculos dos membros inferiores dos quais dois deles incluíram os músculos do tronco. Apenas dois estudos analisaram o membro superior. Somente um estudo analisou unicamente os músculos do tronco.

Em relação a metodologia utilizada os dezasseis estudos recorreram à eletromiografia (EMG) para a análise da atividade elétrica dos músculos, seis desses estudos complementaram os seus resultados com análise cinemática do movimento através de vídeo gravação do movimento dos quais três utilizaram análise de imagem em 3 dimensões. Quatro estudos fizeram referência ao dinamómetro como método de aferição de força máxima e submáxima e apenas um mencionou a utilização de uma passadeira de análise de velocidade de marcha e pressão plantar. De todos os estudos apresentados apenas um apresentou dados provenientes da análise de imagem de ressonância magnética.

Tanto para comparação de amostras como para estudos de correlações entre a funcionalidade motora e outras variáveis, oito estudos utilizaram *Gross Motor Function Classification System* (GMFCS), um estudo utilizou o *Pediatric Evaluation of Disability Inventory* (PEDI) versão brasileira, um outro utilizou *Manual Ability Classification System* (MACS) e por fim num outro estudo foi utilizado *Assisting Hand Assessment* (AHA).

No que diz respeito aos resultados e conclusões dos estudos, os fatores neuromusculares mencionados como promotores das alterações no desempenho motor foram a co-ativação, em que oito estudos afirmam que o aumento da co-ativação do músculo antagonista explica

o pobre desempenho motor, 2 estudos sugerem que não é o aumento da co-ativação do músculo antagonista mas sim dos músculos adjacentes, e três estudos apesar de verificarem um aumento da co-ativação do músculo

Tabela.1 Artigos selecionados para análise de revisão

Estudo	Amostra	Objetivos	Conclusões
Damiano et al. 2000 (9)	10 crianças com PC do tipo espástica (média de idade 9.4 anos).	Entender o papel do co-contracção muscular na produção de força e desempenho motor funcional em crianças com PC espástica. Explorar a inter-relação entre a co-contracção e fraqueza, sua relação com o espaço-temporal parâmetros cinemáticos da marcha, e função motora grossa.	Um dos possíveis efeitos negativos da co-contracção excessiva poderá ser uma maior ativação do músculo agonista e consequentemente uma maior atividade muscular total durante a produção total de força, alterando a qualidade de movimento (devido ao aumento da rigidez das articulações).
Perry et al. 2001 (10)	8 crianças com PC do tipo espástica (média de idade 8.5 anos). 8 crianças com desenvolvimento típico (média de idade 8.5 anos).	Desenvolver um método de medição objetivo da atividade muscular voluntária durante a execução de uma tarefa motora em crianças não-ambulatoriais com PC espástica.	Crianças com PC apresentam maior atividade muscular quando realizam uma contração isométrica e quando permanecem em inatividade. O aumento da atividade muscular na contração isométrica não resulta de uma verdadeira contração muscular isométrica mas sim da uma co-contracção.
Elder et al. 2003 (11)	14 crianças com PC, hemiplégicas. 14 crianças com PC, diplopégicas ambas do tipo espástica.	Determinar a fraqueza muscular durante a extensão do tornozelo em crianças com PC e se co-contracção dos antagonistas e ativação muscular reduzida pode ter contribuído para alguma fraqueza encontrado.	Verificou-se que tanto na flexão plantar como na dorsiflexão existe fraqueza muscular, isto tanto pode acontecer pela incapacidade ou pela falta de ativação muscular, ou ainda pela necessidade de altos níveis de co-ativação nos flexores plantares durante a dorsiflexão.
Rose, J., e McGill, 2005 (12)	10 participantes com PC do tipo espástica (idades compreendidas entre 6 e 37 anos). 10 participantes sem comprometimentos ortopédicos ou neuromusculares (idades compreendidas entre 7 e 35 anos).	Avaliar a ativação neuromuscular e características de disparo unidades do motor durante as contrações isométricas voluntárias do músculo gastrocnémio e tibial anterior em pessoas com PC espástica com marcha equina.	Fraqueza muscular na PC parecer resultar em parte da incapacidade das vias motoras em fornecer um estímulo excitatório suficiente através do conjunto de motoneurônios para ativar todas as unidades motoras disponíveis.
Stackhouse et al. 2005 (13)	12 crianças com PC (média de idade 10.46 anos). 10 crianças com desenvolvimento típico (média de idade 9.84 anos).	Quantificar a ativação muscular voluntária, propriedades contrateis, e a fadiga do quadríceps femoral e tríceps sural em crianças com e sem PC.	CP é, em parte, atribuível a <i>deficit</i> na ativação muscular voluntária e ao aumento da co-ativação antagonista.
Tedroff et al. 2006 (14)	18 crianças com PC do tipo espástica (média de idades de 7 anos). 13 crianças com desenvolvimento típico (média de idade 7 anos).	Comparar os padrões de ativação muscular numa contração voluntária máxima isolada em quatro músculos dos membros inferiores em crianças com diplegia espástica, hemiplegia espástica e com desenvolvimento típico.	Crianças com PC ativam os músculos adjacentes e mais distantes do membro inferior mais cedo que as crianças normais. Além disso apresentam uma sequência atípica de ativação sobretudo no momento que antecede contração muscular no primeiro movimento.
Wakeling et al. 2007 (15)	17 crianças e jovens adultos com PC do tipo espástica (média de idade 11.3 anos). 36 crianças e jovens adultos sem sintomas de patologia neuromusculares (média de idade 10.8 anos).	Determinar se as informações sobre a forma espectral, intensidade e co-ativação entre músculos poderiam ser incorporados na análise dos sinais EMG tempo-frequência, a fim de desenvolver um método para a quantificação do grau de disfunção muscular em crianças com PC.	Tanto a intensidade como a média da frequência eletromiográfica são medidas que permitem verificar a ocorrência de uma maior ativação dos músculos antagonistas das crianças com PC do que as assintomáticas. Ficou reforçado o fato de que a co-contracção é uma característica da atividade muscular em CP.

Continuação da Tabela.1 Artigos selecionados para análise de revisão

Estudo	Amostra	Objetivos	Conclusões
Tedroff et al. 2008 (16)	22 crianças PC do tipo espástica (idades compreendidas entre 4 e 11 anos) 14 crianças com desenvolvimento típico (idades compreendidas entre 4 e 11 anos).	Determinar se as crianças com PC apresentam mais co-ativação nos músculos antagonistas e adjacentes dos membros inferiores.	Crianças CP com maiores níveis de co-ativação no músculos adjacentes aos agonistas que crianças normais. Não só a co-ativação dos músculos antagonistas mas também os músculos adjacentes contribuem para a fraqueza muscular padrões não normais de movimento.
Leunkeu et al. 2010 (17)	12 crianças com PC do tipo espástica (média de idade de 13 anos). 12 crianças com desenvolvimento típico (média de idades 14 anos).	Determinar se as mudanças eletromiográficas (EMG) durante um protocolo contração isométrica, em combinação com a força isométrica voluntária máxima, fornecer informações sobre a ocorrência de fadiga e limitação ao exercício em crianças com PC.	Os resultados obtidos sugerem que a pobre funcionalidade músculo esquelética pode ser explicada pela espasticidade, fraqueza muscular, co-contracção muscular excessiva de antagonista, e o aumento da rigidez em torno das articulações. Verificou-se também que crianças com PC não foram capazes de recrutar unidades motoras de limiar superior ou dirigir unidades motoras de limite inferior para as taxas de mais elevadas excitação.
Lauer et al. 2010 (18)	26 crianças com PC. 14 crianças do grupo com menos idade (média de idades 4.9 anos) 12 crianças grupo com mais idade (média de idade 10.8 anos). 24 crianças com desenvolvimento típico. 16 crianças do grupo com menos idade (média de idades 3.4 anos) 8 crianças grupo com mais idade (média de idade 11.2 anos).	Examinar as diferenças em relação à idade na atividade muscular (componentes tempo-frequência), utilizando técnicas de análise "wavelet" em crianças com PC e crianças com desenvolvimento típico.	Verificou-se que nas crianças com PC, sobretudo no grupo com menos idade, apresentam uma ativação muscular continua o que resulta num aumento da ativação muscular possivelmente pela necessidade de ultrapassa ineficiência mecânica, ou pelo aumento da co-contracção dos músculos antagonistas. Verificou-se ainda que as crianças com PC são incapazes de recrutar unidades motoras de limiar elevado e conduzir unidades motoras de limiar inferior a taxas de disparo mais elevadas. Por fim verificou-se que a ativação continua pode-se refletir em padrões de movimentos pouco sincronizados.
Prosser et al. 2010 (19)	15 crianças com PC do tipo espástica (média de idade 5.27 anos e com uma média de 28.5 meses tempo de experiência de marcha). 16 crianças com desenvolvimento típico (média de idade de 3.31 anos e com uma média de 28.6 tempo de experiência de marcha).	Investigar diferenças nas características de tempo de atividade dos músculos do tronco e do quadril durante a marcha entre crianças com PC e em crianças com desenvolvimento típico.	Crianças com PC tem um aumento da atividade muscular, que foi observada pela duração prolongada da atividade brusca dos músculos que foram continuamente ativados durante a o ciclo da marcha Foi também observado um aumento da co-ativação dos músculos antagonista nas crianças com PC, assim como um aumento da atividade dos músculos posturais.
Prosser et al. 2010 (20)	15 crianças com PC do tipo espástica (média de idade 5.27 anos e com uma média de 28.5 meses tempo de experiência de marcha). 16 crianças com desenvolvimento típico (média de idade de 3.31 anos e com uma média de 28.6 tempo de experiência de marcha).	Investigar a diferença da frequência de ativação no tronco e quadril entre crianças com PC e criança com desenvolvimento típico com o mesmo tempo de experiência de marcha.	Crianças com PC apresentam uma maior média de frequência de ativação muscular durante a marcha e uma maior variabilidade no movimento de passada ao longo do ciclo de marcha. A média de frequência mais elevada sugere alterações no padrão de ativação muscular e no recrutamento de unidade motoras elevada.

Continuação da Tabela.1 Artigos selecionados para análise de revisão

Estudo	Amostra	Objetivos	Conclusões
Kukke e Sanger, (2011). (21)	11 crianças e jovens adultos com PC do tipo diatônica (idades compreendidas entre 8 e 24 anos) 11 crianças e jovens adultos com desenvolvimento típico (idades compreendidas entre 9 a 25 anos).	Explorar as contribuições independentes dos mecanismos posturais (reflexo de estiramento; aumento de ativação muscular e co-ativação de músculo antagonista) no bíceps braquial durante a extensão do cotovelo.	Os movimentos lentos em indivíduos com PC podem ser uma estratégia compensatória para melhorar a precisão de movimento ou devido à fraqueza muscular. Os movimentos lentos podem ser atribuídos ao excesso de co-ativação do músculo antagonista que resulta da combinação de: ocorrência de reflexo após um estiramento inesperado; excesso de ativação do músculo agonista e pela co-ativação de pares de músculos antagonistas devido à direta ativação do músculo antagonista.
Assumpção et al. 2011 (22)	23 crianças com PC do tipo espástica (média de idade 10.63 anos) 16 crianças com desenvolvimento típico (média de idade de 9.99 anos).	Verificar a associação entre a co-ativação muscular durante a marcha, a espasticidade, as habilidades funcionais e a função motora ampla em crianças com PC, e comparar estes parâmetros com os de crianças com desenvolvimento típico.	Crianças com PC pouco comprometidas, apresentam maior espasticidade e menor capacidade nas habilidades funcionais e motricidade grossa em relação a crianças com DT. A co-ativação muscular não parece ser um bom parâmetro para indicar alterações na função motora em crianças com PC de severidade mínima.
Brændvik, e Roeleveld 2011 (23)	21 crianças e adolescentes com PC unilateral (idade mediana de 13 anos).	Investigar o papel da co-ativação na produção e modelação da força no membro superior afetado de crianças e jovens com PC unilateral e compará-lo com o membro contralateral.	Apesar do membro afetado apresentar maior fraqueza muscular e maior co-ativação os resultados deste estudo não suportam que co-ativação antagonista é um contributo significativo para a fraqueza muscular nem limita a capacidade de modelação da força observada em crianças com PC. Os resultados indicam que a co-contração antagonista reflete diferentes aspectos que prejudicam o controlo motor, como a componente espástica, durante a co-ativação do bicipite braquial, ou como uma estratégia de controlo motor durante a co-ativação do tricipite.
Brændvik et al. 2012 (24)	15 crianças e adolescentes com PC unilateral do tipo espástica (idade mediana de 13 anos).	Estudar se a ativação involuntária do músculo bicipite braquial juntamente com a redução de força, contribuem para as limitações do membro superior em crianças com PC.	Foi observado que a espasticidade não contribui substancialmente para as limitações na atividade do membro inferior, contudo a espasticidade contribui para a fraqueza muscular membro superior e pode-se dizer as duas juntas contribuem para as limitações da atividade do membro superior refletindo a relação entre a diminuição da ativação do músculo agonista e a diminuição do desempenho motor.

antagonista esse aumento não foi considerado estatisticamente significativo.

Quatro estudos fazem referência ao aumento ativação do músculo agonista como fator a considerar nas alterações do desempenho enquanto quatro estudos defendem que há uma diminuição da ativação do músculo agonista e esta prejudica o desempenho motor. Quatro estudos afirmam que um dos fatores a provocar um pobre desempenho motor é a incapacidade de recrutamento de unidades motoras de limiar elevado de excitação.

A alteração no padrão de recrutamento muscular ou na ordem pela qual os músculos são ativados é apontado em três estudos como fator responsável por um baixo desempenho motor.

A hiperreflexia é um dos sintomas que caracteriza a espasticidade na PC, foi encontrada em quatro estudos como um fator prejudicial do movimento

Discussão

A PC é caracterizada pelo comprometimento motor podendo apresentar uma disfunção física global (25), sendo a causa mais comum da PC o síndrome do neurónio motor superior (26), o que nos induz a ponderar a possibilidade que o estudo da ativação neuromuscular possa ajudar a clarificar os mecanismos que contribuem para um pobre desempenho motor. Uma vez que o moto neurónio superior (ou primeiro neurónio motor) é o responsável não só pela manutenção do tônus como também pela ativação muscular voluntária que se iniciam no córtex motor pelo estimulação deste moto neurónio e que por sua vez estimula o segundo moto neurónio que através da junção neuromuscular propaga potencial de ação para o sarcolema formando pontes entre a miosina e actina ocorrendo assim a contração do músculo esquelético (27).

Tendo em conta que a lesão que dá origem à PC é responsável pelo mecanismo de atividade muscular que é expressa pelo desempenho e controle motor torna-se previsível que os fatores neuromusculares apresentados nos resultados dos estudos aqui expostos possam explicar as alterações no desempenho motor de indivíduos com PC.

Assim temos a co-ativação do músculo antagonista como um dos fatores mais mencionado nos estudos como responsável pelo desempenho motor. Segundo Brændvik, e Roeleveld (23) a co-ativação é definida com a atividade simultânea dos músculos antagonista e agonista. A co-ativação é um fenómeno elétrico e por isso é detectado através da análise do EMG pela sobreposição temporal de sinais elétricos, existindo deste modo uma correlação entre a co-ativação e o aumento dos valores da intensidade EMG (15).

Por sua vez a co-ativação leva ao fenómeno mecânico denominado co-contração quantificado pela força (16) e

que de acordo com Norkin e Levangie, citado por Fonseca (2001) (28) se caracteriza pela contração simultânea de dois ou mais músculos em torno da mesma articulação.

Em indivíduos com PC a co-ativação não se dá apenas nos músculos antagonistas como também nos músculos adjacentes (14, 16, 21). Estudos (14, 23) sugerem que este fenómeno acontece devido à perda de inibição recíproca, que é consequência de um deficiente controlo cortical dos inter-neurones espinhais que estão envolvidos no controlo dos reflexos (14, 9).

Kukke e Sanger (21) em consonância com os estudos citados anteriormente defendem que o aumento da co-ativação pode ser explicado não só pelo aumento da atividade reflexa mas também pelo aumento da ativação do músculo agonista, contudo esta última justificação é contraposta por outros três estudos (9, 11,13) que defendem que o aumento da co-ativação é o reflexo da fraqueza do músculo agonista e que os valores de co-ativação são sobrestimados pelo fato dos músculos agonistas não atingirem uma contração máxima.

Embora vários autores (11, 12, 17, 21, 23) defendam que o excesso de co-ativação tem um efeito nefasto para o indivíduo pela diminuição da produção de força e aumento da rigidez articular, por outro lado também se defende que co-ativação é um processo necessário como estratégia de aumento do controlo motor melhorando a precisão de movimento (11, 16, 23).

Se por um lado é consensual que indivíduos com PC apresentam valores de co-ativação mais elevada quando comparados com indivíduos sem distúrbios neuromusculares, o mesmo não acontece quando analisamos os valores de ativação do músculo agonista. Esta falta de consenso sobre se os valores de ativação agonista são mais ou menos elevados em indivíduos com PC, deve-se possivelmente às origens dadas como explicativas para os resultados de valores da ativação do músculo agonista.

Assim temos autores que defendem o aumento da ativação do músculo agonista dá-se fundamentalmente pela redução da inibição da ativação do músculo antagonista, ou seja, pelo aumento da co-ativação (9, 18, 21), a ativação contínua do músculo devido à ineficiência mecânica é também apontado como uma das causas do aumento dos valores de ativação do músculo agonista (18). Por último são referidas variáveis relacionadas com o recrutamento de unidades motoras (UM) como o aumento da frequência de recrutamento de UM e aumento do número de UM recrutadas (20).

A explicação para o aumento da atividade devido ao aumento da frequência e número de recrutamento de UM é refutado por dois estudos (12, 13) que mostram que indivíduos com PC apresentam valores baixos de ativação do músculo agonista pela incapacidade de ativação do músculo por não conseguirem ativar todas as UM sendo a frequência de ativação menor. Num outro estudo (14) a diminuição da ativação é justificada pela

interrupção da comunicação entre o neurónio motor e a membrana celular.

Embora haja uma falta de consenso no comportamento da atividade muscular, tanto o aumento como a diminuição da ativação o efeito em ambos os casos do excesso ou da diminuição de ativação é considerado nefasto para o desempenho motor do indivíduo, refletindo uma diminuição na habilidade de ajustamento da postura durante o movimento devido ao aumento da rigidez provocada pelo excesso da atividade muscular (18), ou no caso da diminuição da atividade muscular gerar uma perda na capacidade de coordenação e controlo muscular (23).

Um outro fator que pode estar na origem da perda do controlo motor mencionado nos estudos aqui apresentados são as alterações no padrão de recrutamento de UM (10, 13, 19).

Das alterações do padrão de recrutamento de UM fazem parte tanto a frequência da ativação como o número de UM recrutadas bem como a diminuição da sincronização das UM (19,10) que além de estar relacionada tanto com o excesso como diminuição da ativação dos músculos agonistas (10,19) podendo levar à produção de anomalias na estrutura do músculo (10).

Outra componente que faz parte das alterações do padrão de recrutamento de UM é o tempo e na ordem de ativação dos músculos, prejudicando a sequência de ativação dos músculos, ocorrendo não só devido a lesões no córtex motor e no trato corticoespinal como também a alterações no circuito neural (13).

A hiperreflexia é uma das características da espasticidade (29), este sintoma é naturalmente mencionado em alguns dos estudos apresentados (13, 22, 23, 24) pois segundo Sankar e Mundkur (30), a espasticidade é o *deficit* neuromuscular que mais ocorre na PC representando 75% dos indivíduos afetados. De fato, estes dados vão de encontro com os estudos aqui apresentados pois treze dos estudos foram realizados com indivíduos com PC do tipo espástica.

A hiperreflexia além de ser uma característica se relaciona com a espasticidade na PC também pode contribuir para a diminuição da produção da força é aumento da co-ativação (23, 24) e pode ser derivada de uma falha nas vias descendentes (13).

Conclusão

Concluindo ainda não se sabe com clareza quais são os fatores que levam da fraqueza muscular e à diminuição do controlo motor que por sua vez leva a um pobre desempenho motor nos indivíduos com PC. É importante fazer-se mais estudos sobretudo em indivíduos com PC em idades mais avançadas diminuindo possíveis variáveis de confundimento relacionados com o processo de maturação.

A definição de metodologias claras e métodos de medição precisos que foquem o objetivo do estudo sem deixar de ter em conta as limitações e as características funcionais da população em estudo, é algo que merece

ser considerado não só para que os resultados sejam válidos como também para que seja possível comparar diferentes resultados.

Por fim é preciso perceber de que forma o controlo e o desempenho motor são afetados e despertar consciências dos profissionais que trabalham com PC que apesar de ser uma lesão no córtex motor ser crónica e não progressiva, dependendo da forma como se trabalha com esta população, poder-se-á obter uma evolução positiva no desempenho motor.

Referências

Murphy, N. & Such-Neibar, T. (2003) Cerebral Palsy Diagnosis and Management: The State of the Art. *Curr Probl Pediatr Adolesc Health Care*.2003 May-Jun;33(5):146-69.

<http://www.cdc.gov/ncbddd/cp/data.html#references>
web site consultado em 20/09/3013

Associação Portuguesa de Paralisia Cerebral. (2009) - Paralisia Cerebral aos 5 Anos de Idade em Portugal – Crianças com Paralisia Cerebral nascidas em 2001. Lisboa.

Campeão, M. (2002) Proposta de ensino de bocha para pessoas com paralisia cerebral. Tese de mestrado da faculdade de educação física da universidade estadual de campinas

Gordon, L. M., Keller, J. L., Stashinko, E. E., Hoon, A. H., & Bastian, A. J. (2006). Can spasticity and dystonia be independently measured in cerebral palsy? *Pediatr Neurol*, 35(6), 375-381.

Rosenbaum, P., Paneth, N., Leviton, A., Goldstein, M., Bax, M., Damiano, D., & Jacobsson, B. (2007). A report: the definition and classification of cerebral palsy April 2006. *Dev Med Child Neurol Suppl*, 109(suppl 109), 8-14.

Damiano, D. L., & Abel, M. F. (1998). Functional outcomes of strength training in spastic cerebral palsy. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 79(2), 119-125.

Mockford, M. Caulton, J.M. (2010) The Pathophysiological Basis of Weakness in Children With Cerebral Palsy. *Pediatr. Phys. Ter.*. 2010;22:222-233

Damiano, D. L., Martellotta, T. L., Sullivan, D. J., Granata, K. P., & Abel, M. F. (2000). Muscle force production and functional performance in spastic cerebral palsy: relationship of cocontraction. *Archives of*

physical medicine and rehabilitation, 81(7), 895-900.

Perry, J. E., Davis, B. L., & Luciano, M. G. (2001). Quantifying muscle activity in non-ambulatory children with spastic cerebral palsy before and after selective dorsal rhizotomy. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 11(1), 31-37.

Elder, Geoffrey CB, Arthur Marshall, & Lorne Leahey. "Contributing factors to muscle weakness in children with cerebral palsy." *Developmental Medicine & Child Neurology* 45.8 (2003): 542-550.

Rose, J., & McGill, K. C. (2005). Neuromuscular activation and motor-unit firing characteristics in cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 47(05), 329-336.

Stackhouse, S. K., Binder- Macleod, S. A., & Lee, S. C. (2005). Voluntary muscle activation, contractile properties, and fatigability in children with and without cerebral palsy. *Muscle & nerve*, 31(5), 594-601.

Tedroff, K., Knutson, L. M., & Soderberg, G. L. (2006). Synergistic muscle activation during maximum voluntary contractions in children with and without spastic cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 48(10), 789-796.

Wakeling, J., Delaney, R., & Dudkiewicz, I. (2007). A method for quantifying dynamic muscle dysfunction in children and young adults with cerebral palsy. *Gait & posture*, 25(4), 580-589.

Tedroff, K., Knutson, L. M., & Soderberg, G. L. (2008). Co- activity during maximum voluntary contraction: a study of four lower- extremity muscles in children with and without cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 50(5), 377-381.

Leunkeu, A. N., Keefer, D. J., Imed, M., & Ahmaid, S. (2010). Electromyographic (EMG) analysis of quadriceps muscle fatigue in children with cerebral palsy during a sustained isometric contraction. *Journal of Child Neurology*, 25(3), 287-293.

Lauer, R. T., Pierce, S. R., Tucker, C. A., Barbe, M. F., & Prosser, L. A. (2010). Age and electromyographic frequency alterations during walking in children with cerebral palsy. *Gait & posture*, 31(1), 136-139.

Prosser, L. A., Lee, S. C., VanSant, A. F., Barbe, M. F., & Lauer, R. T. (2010). Trunk and hip muscle activation patterns are different during walking in young children with and without cerebral palsy. *Physical Therapy*, 90(7), 986-997.

Prosser, L. A., Lee, S. C., Barbe, M. F., VanSant, A. F., & Lauer, R. T. (2010). Trunk and hip muscle activity in

early walkers with and without cerebral palsy—A frequency analysis. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 20(5), 851-859.

Kukke, S. N., & Sanger, T. D. (2011). Contributors to excess antagonist activity during movement in children with secondary dystonia due to cerebral palsy. *Journal of Neurophysiology*, 105(5), 2100-2107.

Assumpção, M. S. D., Piucco, E. C., Corrêa, E. C. R., & Ries, L. G. K. (2011). Coactivation, spasticity, motor and functional performance in cerebral palsy. *Motriz: Revista de Educação Física*, 17(4), 650-659.

Brændvik, S. M., & Roeleveld, K. (2011). The role of co-activation in strength and force modulation in the elbow of children with unilateral cerebral palsy. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 22(1), 137-144.

Brændvik, S. M., Elvrum, A. K. G., Vereijken, B., & Roeleveld, K. (2012). Involuntary and voluntary muscle activation in children with unilateral cerebral palsy—Relationship to upper limb activity. *European journal of paediatric neurology*, 17(3), 274-279.

Krigger, K. W., & MD, M. (2006). Cerebral palsy: an overview. *American family physician*, 73(1), 91-100.

Graham, H. K., & Selber, P. (2003). Musculoskeletal aspects of cerebral palsy. *Journal of bone and joint surgery – British v*, 85 (2)- 157-166.

Seeley, R., Stephens, T., & Tate, P. - Anatomia & Fisiologia. 6ª Ed. Lisboa: Editora Lusodidacta, 2005. ISBN: 972-8390-07-0

da Fonseca, S. T. (2001). Análise de um método eletromiográfico para quantificação de co-contração muscular. *Rev. Bras. Ciên. e Mov. Brasília v*, 9(3), 23-30.

Dietz, V., & Sinkjaer, T. (2007). Spastic movement disorder: impaired reflex function and altered muscle mechanics. *The Lancet Neurology*, 6(8), 725-733.

Sankar, C., & Mundkur, N. (2005). Cerebral palsy-definition, classification, etiology and early diagnosis. *The Indian Journal of Pediatrics*, 72(10), 865-868.