

Sara da Silva Brito Pacheco Ferreira

**Ajustes posturais antecipatórios dos
músculos da cintura escapular e
tronco associados ao gesto de alcance
em crianças com desenvolvimento
motor típico**

Orientador: Cláudia Silva

Co-orientador: Andreia Sousa

Mestrado em Fisioterapia

Opção Neurologia

Março de 2016

Escola Superior de Tecnologia da Saúde do Porto
Instituto Politécnico do Porto

Sara da Silva Brito Pacheco
Ferreira

**Ajustes posturais antecipatórios dos músculos
da cintura escapular e tronco associados ao gesto
de alcance em crianças com desenvolvimento
motor típico**

Dissertação submetida à Escola Superior de Tecnologia da Saúde do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Fisioterapia – Opção Neurologia, realizada sob a orientação científica da Professora Doutora Cláudia Silva, PhD, e co-orientação científica da Professora Doutora Andreia Sousa, PhD, da Área Técnico-Científica da Fisioterapia.

Março de 2016

Ajustes posturais antecipatórios dos músculos da cintura escapular e tronco associados ao gesto de alcance em crianças com desenvolvimento motor típico

Sara Pacheco Ferreira¹, Cláudia Silva², Andreia Sousa²

¹ESTSP – Escola Superior de Tecnologia da Saúde do Porto

²ATCFT – Área Técnico-Científica da Fisioterapia

Resumo

Introdução: Os mecanismos de controlo postural emergem durante a infância, sofrendo complexos processos de reorganização no período de idades compreendido entre os 5 e os 6 anos. A incompleta maturação do sistema nervoso central (SNC), associada a um período de transição no próprio processo de crescimento corporal, contribui para a variabilidade nos padrões de modificação muscular antecipatória ao gesto de alcance, nestas idades. A geração de ajustes posturais antecipatórios (APAs), em muito dependente da construção de modelos internos para o movimento, tem por base mecanismos de *feedforward*, cuja maturação se completa por volta dos 8-10 anos de idade. **Objectivo(s):** Analisar o *timing* de modificação da atividade dos músculos da cintura escapular e do tronco, nomeadamente os trapézios superior (TS) e inferior (TI), o grande dorsal (GD), o grande dentado (GDent), o reto abdominal (RA) e o longuíssimo do dorso (LG), bem como o deslocamento antero-posterior do centro de pressão (COP_{AP}), associado ao gesto funcional de alcance na posição de pé, em crianças com desenvolvimento sensoriomotor típico. **Métodos:** Estudo observacional analítico, com uma amostra de 8 crianças de 5 e 6 anos de idade e desenvolvimento típico. Utilizou-se a electromiografia de superfície para registo dos *timings* de modificação da atividade muscular do TS, TI, GD, GDent, RA e LG e a plataforma de forças para avaliar o deslocamento do COP_{AP} , no gesto de alcance unilateral, na posição de pé. Determinou-se o início do movimento (T_0) com recurso a um acelerómetro triaxial. Os dados foram tratados através do *software* Acqknowledge. Utilizou-se a estatística descritiva para caracterizar a amostra e o teste não paramétrico de *Wilcoxon* para comparar *timings* de modificação da atividade muscular entre 1) lado ipsi e contralateral ao movimento, 2) alvo próximo e alvo distante e 3) entre membro superior dominante e não dominante, bem como para comparar o deslocamento do COP_{AP} entre o movimento com membro superior dominante e não dominante e entre distâncias ao alvo. **Resultados:** No movimento de alcance, quer com membro superior dominante, quer com não dominante, verificou-se que pelo menos metade da musculatura contralateral em análise modificou a sua atividade mais precocemente do que a musculatura ipsilateral, com exceção da situação do gesto de alcance ao alvo distante com o membro superior não dominante. Verificou-se, também, a tendência para a modificação da atividade muscular mais precoce da maioria dos músculos em análise para o gesto de alcance com o alvo próximo, com ambos os membros

superiores. Na comparação entre membros, verificou-se uma tendência da maioria da musculatura modificar mais precocemente a sua atividade aquando do movimento com o membro superior dominante. Relativamente ao deslocamento do COP_{AP}, verificou-se que este foi maior no movimento com o membro superior dominante, para ambas as distâncias. Entre distâncias, verificou-se que, no gesto de alcance realizado com o membro superior dominante, o deslocamento do COP_{AP} foi maior na situação do alvo próximo, enquanto que, com o membro superior não dominante, foi maior na situação do alvo distante.

Conclusão: Verificou-se a geração de APAs em todos os músculos analisados e em todas as situações de teste, nomeadamente na realização do gesto de alcance com o membro superior dominante e com o não dominante e a duas distâncias ao alvo diferentes. No entanto, foi evidente a grande variabilidade nos padrões de ativação, no que respeita ao *timing* de modificação da atividade muscular e ao deslocamento do COP_{AP}, contrariamente ao que se verifica em crianças mais velhas e em adultos. Esta variabilidade é compatível com um SNC ainda em maturação e com a noção de uma *desorganização* dos mecanismos de controlo postural característica deste período de idades.

Palavras-chave: Controlo Postural; Ajustes Posturais Antecipatórios; Centro de Pressão; Desenvolvimento Típico; Gesto de Alcance.

Abstract

Background: Postural control mechanisms emerge during infancy, undergoing complex reorganization processes between 5 and 6 years old. The uncompleted maturation of the Central Nervous System (CNS), associated with a transition period in own body growth process, contributes to the variability in muscle changing patterns that anticipate reach movement in these ages. Generation of anticipatory postural adjustments (APAs) is strongly dependent on the construction of internal models for movement, which is based on feedforward mechanisms, fully matured around 8-10 years of age. **Aim(s):** To analyze APAs behavior of the shoulder girdle and trunk muscles, specifically the muscles activity's variation timing of Upper Trapezius (UT), Lower Trapezius (LT), Latissimus Dorsi (LD), Serratus Anterior (SA), Rectus Abdominus (RA) and Erector Spinae (ES), and antero-posterior centre of pressure (COP_{AP}) displacement, associated with unilateral reaching in standing typically developed children. **Methods:** Cross-sectional study, with a sample of 8 children, aged between 5 and 6 years old, with typical development. Surface electromyography was used to register timing of changes in the background activity of UT, LT, LD, SA, RA and ES during standing unilateral reaching. For COP_{AP} displacement evaluation was used the force platform and a triaxial accelerometer for movement onset assessment (T0). The data analysis was made through the software Acqknowledge. It was used descriptive statistics to characterize the sample and the Wilcoxon non parametric test to compare activity variation timings between 1) ipsilateral and contralateral muscles, 2) two different target distances and 3) dominant and non-dominant arm, as well as to compare COP_{AP} displacement between both dominant and non-dominant arm and two different target distances. **Results:** In reaching, with both dominant and non-dominant arms, at least half of the contralateral muscles to the movement changed its activity earlier than ipsilateral muscles, except in the reach movement to the distant target with non-dominant arm. It was also found a preference for earlier muscle activity variation of most of the muscles for reaching towards the nearest target, with both dominant and non-dominant arms. Comparing both upper limbs, it was found a preference of most of the muscles to modify earlier its activity in reaching with dominant arm. Concerning COP_{AP} displacement, it was found a larger anticipatory displacement associated with dominant arm movement, for both target distances. Between both target distances, it was perceived that COP_{AP} displacement was larger for reaching with dominant arm towards the nearest target, and larger for reaching with non-dominant arm towards the distant target. **Conclusion:** It was found APAs generation in all analyzed muscles and in all the studied situations, specifically in reaching with both dominant and non-dominant arms and two different target distances. However, it was evident the great variability of activation patterns, in what concerns the muscle activity's variation timing and COP_{AP} displacement, contrary to what occurs in older children and adults. This variability is compatible with a still maturing CNS and the idea of a disorganization of postural control mechanisms, inherent to this age group.

Key words: Postural Control; Anticipatory Postural Adjustments; Centre of Pressure; Typical Development; Reaching.

1 Introdução

Um dos maiores desafios no processo de desenvolvimento da criança consiste em garantir na posição de pé uma base de suporte estável para a realização de tarefas funcionais, quer as que implicam um predomínio do uso dos membros superiores – como o alcance e a manipulação, quer dos membros inferiores – como a marcha independente (Austad & Van der Meer, 2007; Kane & Barden, 2012; Shumway-Cook & Woollacott, 2010). Desde os primeiros meses de vida que a criança experiencia um enorme repertório de habilidades motoras com base em complexos processos de organização neural. De facto, a criação de modelos internos para o movimento só é possível através da diversidade de experiências que vai adquirindo: a forte interação entre ela própria, a tarefa e o meio permite à criança aprender a *usar* a ação motora juntamente com a informação sensorial proveniente, essencialmente, dos sistemas visual, somatossensorial e vestibular, e assim construir um contexto postural adaptado a toda e qualquer atividade da vida diária (Austad & Van der Meer, 2007; Hadders-Algra, 2005; Kane & Barden, 2012; Schneiberg, Sveistrup, McFadyen, McKinley, & Levin, 2002; Shumway-Cook & Woollacott, 2010; Westcott, Lowes, & Richardson, 1997).

À medida que a criança alcança a independência na posição de pé, a relação entre postura e movimento torna-se mais exigente. Durante toda a infância, a criança desenvolve e *fortalece* estratégias de controlo postural, sendo este um pré-requisito fundamental para o apropriado desenvolvimento do movimento voluntário, da comunicação e da interação social (Assaiante, Mallau, Viel, Jover, & Schmitz, 2005; Godoi & Barela, 2008; Van der Fits, Otten, Klip, Van Eykern, & Hadders-Algra, 1999). A forma como o sistema nervoso central (SNC) usa e integra a informação sensorial está fortemente relacionada com a eficiência do controlo postural na sua função de manter a posição do centro de massa corporal (COM) dentro dos limites da base de suporte (BS), evitando assim as quedas e garantindo a orientação dos segmentos no espaço para o sucesso em tarefas funcionais específicas (Godoi & Barela, 2008; Hadders-Algra, 2005; Shumway-Cook & Woollacott, 2010; Smith, Ulmer, & Wong, 2012; Westcott, Lowes, & Richardson, 1997). Este complexo processo é assegurado pela interação de duas estratégias centrais que se destinam a minimizar os efeitos de perturbações da estabilidade: os ajustes posturais antecipatórios (APAs), associados a mecanismos de *feedforward* que minimizam os efeitos desestabilizadores de uma perturbação esperada, e os ajustes posturais compensatórios (CPAs), ativados por sinais de *feedback* sensorial recebidos depois da perturbação ocorrer (Girolami, Shiratori, &

Aruin, 2010; Kane & Barden, 2012; Witherington, Robinette, Woollacott, & Bertenthal, 2002; Shumway-Cook & Woollacott, 2010; Santos & Aruin, 2008). Apesar de ambos os mecanismos estarem presentes desde os primeiros meses de vida, é francamente reconhecida a particular importância dos APAs, face aos CPAs, uma vez que eles possibilitam um estado de prontidão postural, de forma prospetiva, contornando, por isso, longos atrasos associados aos mecanismos de *feedback* (Aimola, Santello, La Grua, & Casabona, 2011; Kane & Barden, 2012). No entanto, a sua maturação e consistência é alcançada mais tardiamente, uma vez que o esquema corporal é construído de forma lenta durante a infância e é ele quem contribui para o desenvolvimento da representação interna da ação que constitui a base do controlo por *feedforward*, que possibilita uma resposta antecipatória aos potenciais efeitos desestabilizadores do movimento (Aimola, Santello, La Grua, & Casabona, 2011; Assaiante, Mallau, Viel, Jover, & Schmitz, 2005; Witherington, Robinette, Woollacott, & Bertenthal, 2002).

Relacionado com o atrás exposto, importa ressaltar a importância do movimento de alcance, que emerge progressivamente durante toda a primeira infância, estando o seu refinamento fortemente relacionado com o desenvolvimento da competência postural (Hopkins & Ronnqvist, 2002; van der Heide, Fock, Stremmelaar, & Hadders-Algra, 2005). Embora já alguns estudos tenham demonstrado a presença de atividade antecipatória de direção-específica durante o gesto de alcance nos primeiros 18 meses de vida, nomeadamente na musculatura do pescoço, tronco e membros inferiores (Girolami, Shiratori, & Aruin, 2010; Hadders-Algra, 2005; Van der Fits, Otten, Klip, Van Eykern, & Hadders-Algra, 1999; Witherington, Robinette, Woollacott, & Bertenthal, 2002; Graaf-Peters, Blauw-Hospers, Bakker, Bos, & Hadders-Algra, 2007), a organização dos mecanismos de controlo postural vai sofrendo variações ao longo do desenvolvimento, repercutindo-se na qualidade do gesto que evolui continuamente pelo menos até ao final da primeira década de vida (Assaiante, Mallau, Viel, Jover, & Schmitz, 2005; Girolami, Shiratori, & Aruin, 2010; Schneiberg, Sveistrup, McFadyen, McKinley, & Levin, 2002). Girolami e colaboradores sugerem, então, que a completa maturação dos APAs ocorre entre os 7 e os 10 anos de idade, podendo mesmo estender-se para além desse período (Girolami, Shiratori, & Aruin, 2010). De facto, vários autores referem que os mecanismos de controlo postural evoluem de acordo com o processo de maturação inerente ao desenvolvimento sensoriomotor da criança, sendo tipicamente semelhante ao comportamento de um adulto pelos 7 ou 8 anos de idade, uma vez que é por volta dessa idade que a resolução do conflito sensorial proveniente da

informação dos sistemas vestibular, somatossensorial e visual se torna mais eficaz (Girolami, Shiratori, & Aruin, 2010; Graaf-Peters, Blauw-Hospers, Bakker, Bos, & Hadders-Algra, 2007; Westcott, Lowes, & Richardson, 1997; Steindl, Kunz, Schrott-Fischer, & Scholtz, 2006). Contudo, recentes investigações apontam para um período de transição na capacidade de regular a atividade postural, situado entre os 4 e os 6 anos (Assaiante, Mallau, Viel, Jover, & Schmitz, 2005; Schneiberg, Sveistrup, McFadyen, McKinley, & Levin, 2002; van der Heide, Otten, van Eykern, & Hadders-Algra, 2003; Shumway-Cook & Woollacott, 2010), caracterizado pela desorganização dos padrões motores, manifestando-se alterações ao nível do *timing* de ativação dos músculos posturais, que se apresenta muito variável, e da seleção de estratégias de movimento (Girolami, Shiratori, & Aruin, 2010; Westcott, Lowes, & Richardson, 1997).

Assim, após uma pesquisa bibliográfica sobre esta temática, verificou-se uma escassez de estudos realizados em crianças saudáveis, neste período de idades, que combinem a avaliação do comportamento do centro de pressão corporal (COP) com a atividade eletromiográfica da musculatura do tronco e da cintura escapular, na posição bipodal (Girolami, Shiratori, & Aruin, 2010). Desta forma, torna-se pertinente a realização de estudos que procurem esclarecer o comportamento dos APAs, através nomeadamente do *timing* de ativação dos músculos posturais e do deslocamento antero-posterior do COP (COP_{AP}) em crianças com desenvolvimento típico, contribuindo para uma melhor compreensão dos mecanismos inerentes ao seu processamento. Este conhecimento é necessário para facilitar a interpretação dos comportamentos atípicos, frequentemente evidenciados nas crianças com alterações neuromotoras, decorrentes de lesões e/ou disfunções neurológicas e músculo-esqueléticas, e assim possibilitar o desenvolvimento de intervenções terapêuticas de sucesso e a avaliação da eficácia dessas mesmas intervenções (Girolami, Shiratori, & Aruin, 2010; Graaf-Peters, Blauw-Hospers, Bakker, Bos, & Hadders-Algra, 2007).

As questões relevantes que se colocam são: de que forma a atividade muscular antecipatória contribui para a realização eficaz do gesto funcional de alcance, neste período dos 4 aos 6 anos? Qual o seu comportamento quando comparamos a musculatura do lado ipsilateral ao gesto com a do contralateral, quando variamos a distância ao objeto e quando esse gesto é realizado com o membro superior dominante e com o não dominante? Como se comporta o deslocamento do COP, em termos de sentido e de amplitude, e que relação se pode estabelecer com toda a atividade postural antecipatória em análise?

Face ao exposto, foi objetivo geral deste estudo analisar o comportamento dos ajustes posturais antecipatórios dos músculos da cintura escapular e do tronco, nomeadamente os trapézios superior (TS) e inferior (TI), o grande dorsal (GD), o grande dentado (GDent), o reto abdominal (RA) e o longuíssimo do dorso (LG), durante o gesto funcional de alcance na posição de pé, em crianças com desenvolvimento sensoriomotor típico, com idades compreendidas entre os 5 e os 6 anos. Constituíram objetivos específicos comparar o *timing* de modificação muscular antecipatória 1) entre a musculatura ipsi e contralateral ao membro do alcance, 2) entre alvo próximo e alvo distante e 3) entre membro superior dominante e membro superior não dominante, bem como comparar a amplitude do deslocamento antero-posterior do COP 1) entre membro superior dominante e membro superior não dominante e 2) entre distâncias ao alvo do alcance.

2 Métodos

2.1 Desenho de Estudo

Este estudo é do tipo observacional analítico (“*cross-seccional*”).

2.2 Amostra

Selecionaram-se 9 crianças voluntárias, de ambos os sexos, com idades compreendidas entre os 5 e os 6 anos e desenvolvimento sensoriomotor típico, pertencentes a familiares, amigos e/ou colegas. Como critérios de exclusão definiram-se as disfunções neurológicas, as disfunções musculoesqueléticas e as disfunções de visão não corrigidas, bem como a presença de dor e a realização de cirurgias nos 6 meses prévios à realização do estudo. Para a caracterização da amostra recorreu-se à aplicação de um questionário *online* (Anexo I). Após verificação dos critérios, 8 crianças foram selecionadas e uma não apresentou disponibilidade para participar no estudo. Assim, a amostra final ficou reduzida a 8 crianças, que aceitaram participar no estudo, e os encarregados de educação consentiram a sua participação através da assinatura do documento de consentimento informado, de acordo com os procedimentos aprovados pela Convenção de Helsínquia (Anexo II).

2.3 Instrumentos e Materiais

De forma a recolher os dados sociodemográficos e informações relevantes para caracterizar a amostra, foi elaborado um questionário *online* através do *software* Qualtrics[®], que foi devidamente preenchido pelos encarregados de educação das crianças participantes. Através do questionário foi também possível perceber se os participantes apresentavam algum dos critérios de exclusão.

Para o registo da atividade dos músculos em análise, durante o gesto de alcance unilateral, recorreu-se à electromiografia de superfície (EMGs), utilizando-se dois eletromiógrafos portáteis bioPLUX research[®] (Plux, Portugal), cada um com 8 canais analógicos de 12 bit e frequência de amostragem de 1000 Hz. Foram utilizados elétrodos pediátricos autocolantes, de gel de cloreto de prata (AgCl), descartáveis, de formato circular, com uma configuração bipolar, da Noraxon Dual Electrodes[®]. A impedância da pele foi medida previamente à colocação dos elétrodos com o sistema Noraxon[®] (Noraxon, USA), com o objetivo de minimizar ruídos na recolha dos dados. Recorreu-se ao acelerómetro triaxial (Plux, Portugal) afim de determinar o início do movimento (T0), através da análise da curva obtida. Para avaliar o deslocamento do COP_{AP} utilizou-se a plataforma de forças (PF), embutida no solo, da Bertec Corporation[®] FP4060-10 (Bertec, USA), conectada a um amplificador Bertec AM 6300, com ganhos predefinidos e uma frequência de amostragem de 1000 Hz. O amplificador encontrava-se ligado a um conversor analógico-digital de 16 bits, da marca Biopac[®] MP 150 Workstation (coeficiente de correlação intraclasse (ICC[2,1]) de 0,96, com um intervalo de confiança de 95%).

Recorreu-se a uma rotina automática em MatLab[®] para a sincronização dos dados da EMGs, da acelerometria e da PF, bem como para o tratamento dos mesmos, tendo sido, posteriormente, utilizado o *software* de análise AcqKnowledge[®], versão 3.9 (Biopac, USA).

Para determinar o peso e a altura de cada participante, utilizou-se uma balança simples (*Seca*[®]) e um estadiómetro (*Seca*[®]), respetivamente. Foi ainda utilizada uma fita métrica simples com a finalidade de medir o comprimento dos membros superiores (CMS) e a altura desde o centro do esterno até ao chão. O objeto alvo do alcance utilizado em todas as recolhas foi uma garrafa de iogurte. Com o intuito de manter a mesma BS ao longo dos ensaios da recolha de cada criança, foi utilizada uma cartolina simples sobre a PF, na qual se delinearão os pés desta, depois de se posicionar, descalça, com os pés à largura dos ombros.

Todos os momentos de recolha foram registados em vídeo, com recurso a uma câmara *FUJIFILM*[®] AX300.

2.4 Procedimentos

2.4.1 Estudo Piloto

Com o objetivo de detetar eventuais lacunas nos procedimentos e aferir a necessidade de realizar ajustes nos mesmos, realizou-se um estudo piloto com uma criança com características semelhantes às da amostra. A avaliação, bem como toda a recolha de dados deste estudo, foi realizada no Centro de Estudos do Movimento e Atividade Humana (CEMAH) da ESTSP – IPP, garantindo-se as mesmas condições para cada uma das recolhas.

2.4.2 Preparação

Previamente ao início de cada recolha, procedeu-se à determinação dos dados antropométricos da criança, nomeadamente o peso e a altura. Foi assegurado um valor de impedância pele/eléctrodo inferior a 5 K Ω através da limpeza da pele com algodão e álcool etílico (Saito, Yamanaka, Kasahara, & Fukushima, 2014; Stackhouse, Binder-Macleod, & Lee, 2005). Os eléctrodos foram colocados bilateralmente, o mais próximo possível do centro do ventre muscular, com uma orientação longitudinal às fibras musculares e com uma distância intereléctrodos de 2cm (SENIAM, 2009). Os eléctrodos foram colocados segundo as recomendações de diversos autores, nomeadamente no TS – a 50% da distância da linha entre C7 e o acrómio, TI – a dois terços da linha que une o acrómio a T8 (Hermens, Freriks, Disselhorst-Klug, & Rau, 2000), GD – a um centímetro lateral ao bordo inferior da omoplata (Lehman, Buchan, Landy, Myers, & Nalborczyk, 2004), GDent – sobre a 6^a e a 7^a costelas (Hardwick, Beebe, McDonnell, & Lang, 2006), RA – a dois dedos lateralmente ao umbigo, e LG – a dois dedos lateralmente ao processo espinhoso de L1 (Hermens, Freriks, Disselhorst-Klug, & Rau, 2000; SENIAM, 2009). Os eléctrodos terra foram colocados ao nível das rótulas e o acelerómetro triaxial (Plux, Portugal) foi colocado no dorso da mão que alcançava o objeto alvo. Foi ainda colada uma cartolina sobre a PF, de forma a garantir o mesmo posicionamento dos pés da criança em todos os ensaios da recolha.

2.4.3 Tarefa/Recolha

A tarefa consistiu na realização do gesto de alcance funcional, na posição de pé, em direção a um objeto alvo (garrafa de iogurte), com cada um dos membros superiores.

Cada uma das crianças foi posicionada sobre a PF, com os pés à largura dos ombros e os membros superiores ao longo do corpo (posição inicial para o gesto de alcance). Depois de delineada a BS na cartolina, a criança foi instruída no sentido de se manter imóvel durante pelo menos 10 segundos, com o objetivo de estabilizar o sinal eletromiográfico. O objeto alvo, colocado sobre um tripé, foi alinhado à altura do ponto médio do esterno de cada criança. Foi, então, solicitado, através de comando verbal, que a criança alcançasse o objeto posicionado a duas distâncias diferentes: a 90% e a 120% do comprimento funcional do membro superior (distância desde o acrómio até ao dedo médio, com cotovelo e punho em extensão e ombro a 90° de flexão). Para cada situação, foram solicitadas repetições até se obterem três ensaios válidos, num total máximo de sete repetições. A ordem de execução relativamente ao membro do alcance e à distância do objeto foi definida previamente, de forma aleatória, entre as diferentes crianças da amostra. Não foi fornecida qualquer orientação à criança acerca da velocidade de realização da tarefa, tendo-se considerado válidos os ensaios em que o gesto de alcance foi realizado de forma fluída e sem hesitações, com o membro superior previamente definido e após o comando verbal, partindo da posição inicial e retornando, por fim, à mesma. Após a recolha dos dados, retiraram-se os elétrodos, verificando-se e garantindo a integridade da pele com a aplicação de um creme hidratante nas zonas de contacto com os elétrodos.

2.4.4 *Tratamento de Dados*

Para a sincronização dos sinais de eletromiografia, acelerometria e PF recorreu-se a uma rotina automática em MatLab[®]. Para a análise do sinal eletromiográfico (EMG) foi aplicado um filtro *passa banda* de 20 a 500 Hz, retificação e suavização a 10 amostras. Foi, também, aplicado um filtro *high pass* de 50 Hz de modo a remover o sinal cardíaco presente no sinal eletromiográfico recolhido. Posteriormente foi calculado o valor de *root-mean-square* (RMW) para 100 amostras. O início do movimento (T0) foi definido como o valor correspondente a 5% do máximo da curva de aceleração, sendo considerada apenas a variável vertical da acelerometria (Buneo, Soechting, & Flanders, 1994). Para determinar o momento em que se considera ter ocorrido modificação da atividade muscular (T1), procurou-se o momento em que a média da atividade EMG excedeu ou foi menor que a média da atividade de base (entre os -500 e -450 ms relativo a T0) em 3 desvios padrão, durante pelo menos 50ms consecutivos. O *timing* de ativação foi então determinado relativamente a T0, através da diferença entre T1 e T0, utilizando-se a média dos ensaios válidos de cada criança. O deslocamento do COP_{AP}

foi calculado através da diferença entre o mínimo e o máximo da curva, num intervalo de -450 a 50 ms, relativo a T0 (Krishnan, Latash, & Aruin, 2012).

2.5 Ética

Este estudo está integrado numa linha de investigação em Fisioterapia da Escola Superior de Tecnologia da Saúde do Porto, pelo que a sua realização foi autorizada pela respetiva Comissão de Ética (Anexo III). Aos participantes, enquanto crianças, foi pedido um consentimento verbal. Aos seus pais foi solicitado um consentimento informado de acordo com a Declaração de Helsínquia (1964), tendo sido esclarecidos acerca dos objetivos do estudo, procedimentos a realizar e materiais a utilizar. Foi ainda solicitada a autorização ao responsável do CEMAH para a sua utilização.

2.6 Estatística

Recorreu-se ao programa *Statistical Package for the Social Sciences* (IBM), versão 20.0. Procedeu-se à estatística descritiva para caracterizar a amostra e ao teste não paramétrico de *Wilcoxon* para a comparação dos *timings* de ativação muscular entre 1) musculatura ipsilateral e musculatura contralateral ao membro do alcance, 2) as duas distâncias ao alvo e 3) membro dominante e membro não dominante. O mesmo teste foi utilizado para comparar o deslocamento do COP_{AP} entre 1) membro dominante e membro não dominante e 2) as duas distâncias ao alvo. Em toda a análise, considerou-se um nível de significância de 0,05 ($p < 0,05$) (Marôco, 2011).

3 Resultados

A amostra final do estudo foi constituída por oito crianças (6 do sexo feminino, 2 do sexo masculino), com idades compreendidas entre os 5 e os 6 anos (média de idades: $5,25 \pm 0,46$) e uma média de peso (kg) e altura (cm) de $22,06 \pm 2,57$ e $113,50 \pm 5,32$ respetivamente (Tabela 1). Duas das crianças foram consideradas pré-termo (tempo de gestação de 29 e 35 semanas) e as restantes seis foram bebés de termo. Das oito, sete apresentaram dominância de membro superior à direita e uma à esquerda.

Tabela 1 Caracterização da amostra relativamente à idade, peso e altura.

	Média	Desvio-padrão	Máximo	Mínimo
Idade (anos)	5,25	2,57	6	5
Peso (kg)	22,06	2,57	26	18,5
Altura (cm)	113,5	5,32	122	107

kg = quilograma; cm = centímetros.

Timings de modificação da atividade da musculatura ipsilateral ao movimento e musculatura contralateral ao movimento. Verificou-se que, aquando do movimento de alcance ao alvo a 90% do CMS com o membro superior dominante, o TS, TI e RA ipsilaterais modificaram a sua atividade mais precocemente do que os contralaterais; já o GD, GDent e LG contralaterais modificaram a sua atividade mais precocemente do que os ipsilaterais ao movimento, não havendo diferenças estatisticamente significativas, com exceção do LG ($p=0,039$). Quando o movimento foi realizado com o membro superior não dominante, verificou-se que o TS, TI e GD contralaterais modificaram a sua atividade mais precocemente, comparativamente aos ipsilaterais; o GDent e LG ipsilaterais modificaram a sua atividade mais cedo que os contralaterais e os RA modificaram ao mesmo tempo, não havendo diferenças estatisticamente significativas para estes resultados (Tabela 2).

Tabela 2 Comparação dos *timings* de ativação muscular (mseg – milissegundos) entre musculatura ipsilateral ao movimento e musculatura contralateral ao movimento, no gesto de alcance com alvo a 90% do CMS.

Gesto de alcance 90% CMS							
		MSD			MSND		
		Mediana	Intervalo Interquartil	Valor p	Mediana	Intervalo Interquartil	Valor p
TS	Ipsilat.	-318	(-462; -244)	0,742	-260	(-379; -232)	0,742
	Contralat.	-255	(-332; -118)		-312	(-402; -159)	
TI	Ipsilat.	-336	(-433; -187)	0,250	-312	(-377; -197)	0,641
	Contralat.	-230	(-308; -174)		-359	(-419; -185)	
GD	Ipsilat.	-256	(-316; -182)	0,844	-279	(-355; -239)	0,25
	Contralat.	-307	(-350; -188)		-282	(-326; -111)	
GDent	Ipsilat.	-263	(-281; -135)	0,742	-256	(-307; -187)	0,945
	Contralat.	-271	(-330; -162)		-242	(-301; -206)	
RA	Ipsilat.	-221	(-349; -165)	0,844	-236	(-32; -164)	0,641
	Contralat.	-192	(-290; -115)		-236	(-313 ; -179)	
LG	Ipsilat.	-197	(-269; -147)	0,039	-252	(-396; -120)	0,844
	Contralat.	-276	(-328; -241)		-250	(-344; -172)	

TS trapézio superior, **TI** trapézio inferior, **GD** grande dorsal, **GDent** grande dentado, **RA** reto abdominal, **LG** longuíssimo do dorso, **MSD** membro superior dominante, **MSND** membro superior não dominante.

Na situação do alcance com o alvo a 120% do CMS (Tabela 3), quando o movimento foi realizado com o membro superior dominante, verificou-se que todos os músculos contralaterais em análise, com exceção do GDent e RA, modificaram a sua atividade mais precocemente que os ipsilaterais, não havendo diferenças estatisticamente significativas. Quando o movimento foi realizado com o membro superior não dominante, todos os músculos ipsilaterais modificaram a sua atividade mais cedo que os contralaterais, com exceção do GDent, não havendo, igualmente, diferenças estatisticamente significativas para estes resultados.

Tabela 3 Comparação dos *timings* de ativação muscular (mseg – milissegundos) entre musculatura ipsilateral ao movimento e musculatura contralateral ao movimento, no gesto de alcance com alvo a 120% do CMS.

Gesto de alcance 120% CMS							
MSD				MSND			
		Mediana	Intervalo Interquartil	Valor p	Mediana	Intervalo Interquartil	Valor p
TS	Ipsilat.	-222	(-332; -111)	0,547	-289	(-398; -184)	0,461
	Contralat.	-264	(-360; -192)		-264	(-318; -086)	
TI	Ipsilat.	-236	(-348; -068)	0,148	-288	(-322; -270)	0,742
	Contralat.	-307	(-349; -265)		-247	(-381; -162)	
GD	Ipsilat.	-194	(-305; -073)	0,25	-341	(-383; -231)	0,641
	Contralat.	-274	(-360; -177)		-234	(-389; -141)	
GDent	Ipsilat.	-200	(-259; -082)	0,641	-207	(-392; -128)	0,547
	Contralat.	-192	(-383; -104)		-276	(-368; -216)	
RA	Ipsilat.	-198	(-420; -108)	0,641	-269	(-379; -174)	0,844
	Contralat.	-196	(-255; -159)		-227	(-328; -203)	
LG	Ipsilat.	-169	(-296; -084)	0,313	-247	(-343; -110)	0,641
	Contralat.	-276	(-407; -136)		-229	(-281; -134)	

TS trapézio superior, **TI** trapézio inferior, **GD** grande dorsal, **GDent** grande dentado, **RA** reto abdominal, **LG** longuíssimo do dorso, **MSD** membro superior dominante, **MSND** membro superior não dominante.

Timings de modificação da atividade muscular do alcance com alvo à distância de 90% do CMS e do alcance com alvo à distância de 120% do CMS. Na comparação dos *timings* de modificação da atividade muscular entre distâncias ao alvo, verificou-se que, aquando do movimento realizado com o membro superior dominante (Tabela 4), todos os músculos ipsilaterais em análise, bem como o GD e GDent contralaterais modificaram a sua atividade mais precocemente para o alcance com o alvo a 90% do CMS. Os músculos TS, TI e RA contralaterais modificaram a sua atividade mais cedo para o gesto de alcance com o alvo a 120%, sendo que o LG contralateral modificou a sua atividade em *timing* igual para ambas as distâncias. Não se

verificaram diferenças estatisticamente significativas para estes resultados, com exceção do TI contralateral ($p=0,039$).

Tabela 4 Comparação dos *timings* de ativação muscular (mseg – milissegundos) entre alvo à distância de 90% do CMS e alvo à distância de 120% do CMS, no gesto de alcance com o membro superior dominante.

Gesto de alcance com MSD							
Musculatura ipsilateral				Musculatura contralateral			
		Mediana	Intervalo Interquartil	Valor p	Mediana	Intervalo Interquartil	Valor p
TS	90% CMS	-318	(-462; -244)	0,109	-255	(-332; -118)	0,844
	120% CMS	-222	(-331; -111)		-264	(-360; -192)	
TI	90% CMS	-336	(-433; -187)	0,148	-230	(-308; -174)	0,039
	120% CMS	-236	(-348; -068)		-307	(-349; -265)	
GD	90% CMS	-256	(-316; -182)	0,641	-307	(-350; -188)	0,945
	120% CMS	-194	(-305; -073)		-274	(-360; -177)	
GDent	90% CMS	-263	(-281; -135)	0,547	-271	(-330; -162)	0,641
	120% CMS	-200	(-259; -082)		-192	(-383; -104)	
RA	90% CMS	-221	(-349; -165)	0,641	-192	(-290; -115)	1,000
	120% CMS	-198	(-420; -108)		-196	(-255; -159)	
LG	90% CMS	-197	(-269; -147)	0,641	-276	(-328; -241)	0,742
	120% CMS	-169	(-296; -084)		-276	(-407; -136)	

TS trapézio superior, **TI** trapézio inferior, **GD** grande dorsal, **GDent** grande dentado, **RA** reto abdominal, **LG** longuíssimo do dorso, **MSD** membro superior dominante, **MSND** membro superior não dominante.

Quando o movimento foi realizado com o membro superior não dominante (Tabela 5), verificou-se que toda a musculatura contralateral, com exceção do GDent, modificou a sua atividade mais cedo para o gesto de alcance com o alvo a 90% do CMS, bem como o TI, GDent e LG ipsilaterais, não havendo diferenças estatisticamente significativas para estes resultados. Apenas o TS, GD e RA ipsilaterais ao movimento, bem como o GDent contralateral, modificaram a sua atividade mais precocemente para o gesto de alcance com o alvo a 120% do CMS. Também para estes resultados não se verificaram diferenças estatisticamente significativas.

Tabela 5 Comparação dos *timings* de ativação muscular (mseg – milissegundos) entre alvo à distância de 90% do CMS e alvo à distância de 120% do CMS, no gesto de alcance com o membro superior não dominante.

Gesto de alcance com MSND							
Musculatura ipsilateral				Musculatura contralateral			
		Mediana	Intervalo Interquartil	Valor p	Mediana	Intervalo Interquartil	Valor p
TS	90% CMS	-260	(-379; -232)	0,945	-312	(-402; -159)	0,148
	120% CMS	-289	(-398; -184)		-264	(-318; -086)	
TI	90% CMS	-312	(-377; -197)	0,945	-359	(-419; -185)	0,148
	120% CMS	-288	(-322; -270)		-247	(-381; -162)	
GD	90% CMS	-272	(-355; -239)	0,641	-282	(-326; -111)	0,945
	120% CMS	-341	(-383; -231)		-234	(-389; -141)	
GDent	90% CMS	-256	(-307; -187)	0,844	-242	(-301; -206)	0,742
	120% CMS	-207	(-392; -128)		-276	(-368; -216)	
RA	90% CMS	-236	(-302; -164)	0,25	-236	(-313; -179)	0,641
	120% CMS	-269	(-379; -174)		-227	(-328; -203)	
LG	90% CMS	-252	(-396; -120)	0,547	-250	(-345; -172)	0,945
	120% CMS	-247	(-343; -110)		-229	(-282; -134)	

TS trapézio superior, **TI** trapézio inferior, **GD** grande dorsal, **GDent** grande dentado, **RA** reto abdominal, **LG** longuíssimo do dorso, **MSD** membro superior dominante, **MSND** membro superior não dominante.

Timings de modificação da atividade muscular do membro superior dominante e não dominante. Na comparação dos *timings* de modificação da atividade muscular entre membro superior dominante e membro superior não dominante, verificou-se que, na situação do alcance com alvo a 90% do CMS (Tabela 6), o TS e TI ipsilaterais, o GD e LG contralaterais e ambos os GDent modificaram a sua atividade mais precocemente quando o gesto foi realizado com o membro superior dominante, havendo diferenças estatisticamente significativas para o TS ipsilateral ($p=0,023$). Já os músculos GD e LG ipsilaterais, o TS e TI contralaterais e ambos os RA modificaram mais precocemente a sua atividade quando o movimento foi realizado com o membro superior não dominante, não havendo diferenças estatisticamente significativas para estes resultados.

Tabela 6 Comparação dos *timings* de ativação muscular (mseg – milissegundos) entre membro superior dominante e membro superior não dominante, no gesto de alcance com alvo à distância de 90% do CMS.

Gesto de alcance 90% CMS							
Musculatura ipsilateral				Musculatura contralateral			
		Mediana	Intervalo Interquartil	Valor p	Mediana	Intervalo Interquartil	Valor p
TS	MSD	-318	(-462; -244)	0,023	-255	(-332; -118)	0,383
	MSND	-260	(-379; -232)		-312	(-402; -159)	
TI	MSD	-336	(-433; -187)	0,844	-230	(-308; -174)	0,109
	MSND	-312	(-377; -197)		-359	(-419; -185)	
GD	MSD	-256	(-316; -182)	0,195	-307	(-350; -188)	0,641
	MSND	-272	(-355; -239)		-282	(-326; -111)	
Gdent	MSD	-263	(-281; -135)	1,00	-271	(-330; -162)	1,00
	MSND	-256	(-307; -187)		-242	(-301; -206)	
RA	MSD	-221	(-349; -165)	0,742	-192	(-290; -114)	0,844
	MSND	-236	(-302; -164)		-236	(-313; -179)	
LG	MSD	-197	(-269; -147)	0,313	-276	(-328; -241)	0,547
	MSND	-252	(-396; -120)		-250	(-345; -172)	

TS trapézio superior, **TI** trapézio inferior, **GD** grande dorsal, **Gdent** grande dentado, **RA** reto abdominal, **LG** longuíssimo do dorso, **MSD** membro superior dominante, **MSND** membro superior não dominante.

Na situação do alcance com alvo a 120% do CMS (Tabela 7), toda a musculatura analisada modificou a sua atividade mais precocemente aquando do gesto com o membro superior não dominante, com exceção do TI, GD e LG contralaterais ao movimento, que modificaram a sua atividade mais cedo no gesto realizado com o membro superior dominante. Não se encontraram diferenças estatisticamente significativas, com exceção do GD ipsilateral ($p=0,008$).

Tabela 7 Comparação dos *timings* de ativação muscular (mseg – milissegundos) entre membro superior dominante e membro superior não dominante, no gesto de alcance com alvo à distância de 120% do CMS.

Gesto de alcance 120% CMS							
Musculatura ipsilateral				Musculatura contralateral			
		Mediana	Intervalo Interquartil	Valor p	Mediana	Intervalo Interquartil	Valor p
TS	MSD	-222	(-332; -111)	0,461	-264	(-360; -192)	0,547
	MSND	-289	(-398; -184)		-264	(-318; -086)	
TI	MSD	-236	(-348; -268)	0,250	-307	(-349; -265)	0,25
	MSND	-288	(-322; -270)		-247	(381; -162)	
GD	MSD	-194	(-305; -073)	0,008	-274	(-360; -177)	0,547
	MSND	-341	(-383; -231)		-234	(-389; -141)	
Gdent	MSD	-200	(-259; -082)	0,109	-192	(-383; -104)	0,547
	MSND	-207	(-392; -128)		-276	(-368; -216)	
RA	MSD	-198	(-420; -108)	0,945	-196	(-255; -159)	0,109
	MSND	-269	(-379; -174)		-227	(-328; -203)	
LG	MSD	-169	(-296; -084)	0,25	-276	(-407; -136)	0,547
	MSND	-252	(-343; -110)		-229	(-282; -134)	

TS trapézio superior, **TI** trapézio inferior, **GD** grande dorsal, **Gdent** grande dentado, **RA** reto abdominal, **LG** longuíssimo do dorso, **MSD** membro superior dominante, **MSND** membro superior não dominante.

Deslocamento antecipatório do COP_{AP} do membro superior dominante e membro superior não dominante. Para ambos os membros superiores, verificou-se que o deslocamento antecipatório do COP_{AP} ocorreu, tendencialmente, no sentido posterior no alcance com alvo à distância de 90% do CMS e no sentido anterior no alcance com alvo à distância de 120% do CMS. Pela análise da Tabela 8, verificou-se que em média a amplitude do deslocamento (em cm) foi maior quando o gesto de alcance foi realizado com o membro superior dominante, em comparação com o não dominante, quer na situação com alvo a 90% do CMS, quer com alvo a 120% do CMS, não havendo, no entanto, diferenças estatisticamente significativas para estes resultados.

Tabela 8 Comparação do deslocamento antecipatório do COP_{AP} (cm – centímetros) entre membro superior dominante e membro superior não dominante, no gesto de alcance com alvo à distância de 90% do CMS e com alvo à distância de 120% do CMS.

Alvo a 90% CMS				Alvo a 120% CMS		
	Mediana	Intervalo Interquartil	Valor p	Mediana	Intervalo Interquartil	Valor p
MSD	2,206	(1,334; 2,938)	0,383	1,746	(1,397; 3,491)	0,195
MSND	1,452	(1,452; 1,698)		1,624	(1,305; 2,206)	

Deslocamento antecipatório do COP_{AP} no gesto de alcance com alvo à distância de 90% do CMS e gesto de alcance com alvo à distância de 120% do CMS.

Pela análise da Tabela 9, verificou-se que, aquando da realização do gesto com o membro superior dominante, o deslocamento do COP_{AP} foi maior na situação de alvo a 90% do CMS, em comparação com alvo a 120% do CMS; quando o gesto foi realizado com o membro superior não dominante, o deslocamento do COP_{AP} foi maior para alvo a 120% do CMS do que para alvo a 90% do CMS. Não se verificaram, no entanto, diferenças estatisticamente significativas para estes resultados.

Tabela 9 Comparação do deslocamento antecipatório do COP_{AP} (cm – centímetros) entre distâncias ao alvo.

	MSD			MSND		
	Mediana	Intervalo Interquartil	Valor p	Mediana	Intervalo Interquartil	Valor p
Alvo a 90% CMS	2,206	(1,334; 2,938)	0,945	1,452	(1,452; 1,698)	0,945
Alvo a 120% CMS	1,746	(1,397; 3,491)		1,624	(1,305; 2,206)	

4 Discussão

A qualidade do gesto de alcance, em muito dependente da eficácia do controlo postural (van der Heide, Fock, Stremmelaar, & Hadders-Algra, 2005), desenvolve-se durante a primeira infância até aproximadamente aos 10 anos de idade, à medida que a criança aumenta a sua capacidade de integrar os *inputs* sensoriais de múltiplas fontes e de organizar os vários componentes e parâmetros contextuais envolvidos no comportamento motor (Hay & Redon, 2001; Girolami, Shiratori, & Aruin, 2010). Assim, vários estudos registaram a atividade dos músculos do pescoço e do tronco associada ao gesto de alcance, em crianças com 4-5 meses de vida, designando-se esta atividade de APAs (Hadders-Algra, van der Fits, Stremmelaar, & Touwen, 1999; Graaf-Peters, Bakker, Eykern, Otten, & Hadders-Algra, 2007). No entanto, importa referir que a especificidade dos APAs emerge apenas por volta dos 2-3 anos de idade, quando o SNC tem já a capacidade de construir representações específicas do mundo exterior e da sua interação com as propriedades biomecânicas dos segmentos corporais. (Massion J. , 1998; Graaf-Peters, Blauw-Hospers, Bakker, Bos, & Hadders-Algra, 2007). Neste estudo, e tal como esperado, todos os músculos analisados nas crianças mostraram atividade antecipatória em relação ao início da perturbação (T0) – o movimento de alcance com o membro superior – uma vez que modificaram a sua atividade dentro da

janela temporal [-450;+50]ms. Face aos objetivos previamente definidos, importa discutir os seguintes aspetos:

Timings de modificação da atividade muscular da musculatura ipsilateral ao movimento e musculatura contralateral ao movimento. Estudos recentes têm demonstrado que os comandos neurais associados à produção de ajustes posturais relacionados com mecanismos de *feedforward* podem ser identificados na formação reticular localizada no tronco cerebral (Schepens & Drew, 2004; Schepens & Drew, 2006; Leonard, Brown, & Stapley, 2009), onde são integrados sinais provenientes das estruturas corticais e subcorticais (áreas motoras do córtex cerebral, núcleos da base e cerebelo) que asseguram que as respostas posturais sejam *programadas* em tempo e magnitude de forma apropriada e específica ao movimento planeado (Yakovenko & Drew, 2009). Com base nisto e no conhecimento de que os neurónios corticoreticulares com ligação ao núcleo pontino da formação reticular se originam, entre outros, no córtex motor primário e na área motora suplementar (área motora 6), e pela disposição anatómica maioritariamente ipsilateral dos neurónios reticuloespinais pontinos, é esperado que a modificação da atividade dos músculos posturais ocorra, primeiramente, na musculatura contralateral ao movimento (Schepens & Drew, 2004; Schepens & Drew, 2006). Os resultados do presente estudo mostram que nem sempre ocorreu uma atividade antecipatória mais precoce da musculatura contralateral ao movimento, nas 4 tarefas analisadas. Os resultados foram mais consistentes no movimento de alcance ao alvo distante, com o membro superior dominante, onde se observou que 4 dos 6 músculos contralaterais ao movimento, nomeadamente o TS, TI, GD e LG, modificaram a sua atividade mais precocemente. Já no gesto de alcance com o objeto a 90% do CMS, registou-se atividade antecipatória mais precoce em 3 dos 6 músculos contralaterais em análise, nomeadamente o GD, GDent e LG no movimento com o membro superior dominante, e o TS, TI e GD no movimento com o membro superior não dominante, sendo que para o LG as diferenças foram mesmo estatisticamente significativas. Face ao exposto, importa considerar a ocorrência de uma grande variabilidade inter- e intra-criança nos padrões de modificação da atividade muscular antecipatória, que poderá justificar os resultados obtidos em termos globais. De facto, através de uma análise mais detalhada e individual, foi possível verificar que na maioria das crianças da amostra, houve uma tendência para modificar mais precocemente a atividade dos músculos contralaterais ao movimento, principalmente nas situações de alcance ao alvo próximo, dos quais se destaca, no movimento com o membro superior dominante, o *timing* de

modificação do LG contralateral (com diferenças estatisticamente significativas já referidas). De facto, nesta situação de teste, verificou-se que, em 7 das 8 crianças da amostra, o LG contralateral modificou a sua atividade mais precocemente que o LG ipsilateral. Este músculo, em sinergia com a musculatura posterior do tronco e membros inferiores, desempenha um importante papel na estabilização da posição bipodal, aumentando a sua atividade de forma a produzir um deslocamento do COM no sentido oposto às forças inerentes à elevação anterior do membro superior (Aruin & Latash, 1995; Girolami, Shiratori, & Aruin, 2010). Ainda no gesto de alcance com o membro superior dominante, verificou-se que apenas em 3 crianças ocorreu a modificação da atividade do RA contralateral de forma mais precoce, para ambas as distâncias ao alvo, o que poderá reforçar a ideia da importância de uma preparação mais atempada da musculatura posterior para o gesto de alcance, em comparação com a musculatura anterior. Destaca-se, também, o facto de que em 5 das 8 crianças se verificou uma modificação mais precoce da atividade muscular do GD contralateral ao movimento, em todas as tarefas estudadas, o que poderá sugerir a ocorrência da estabilização da cintura escapular contralateral ao movimento, muito importante na minimização das forças de rotação inerentes a uma elevação unilateral do membro superior.

Apesar de ser esperada a modificação mais precoce da atividade da musculatura contralateral ao membro superior que realiza o gesto de alcance, a musculatura ipsilateral deve igualmente *antecipar* o movimento, de forma a garantir uma estabilização do corpo mais eficaz, o que se verificou em todas as tarefas analisadas neste estudo. Esta atividade antecipatória da musculatura ipsilateral ao movimento do membro superior está relacionada com as projeções medulares ou bulbares da formação reticular, que são bilaterais e essencialmente contralaterais (Schepens & Drew, 2006). Analisando os resultados, verifica-se que, em média, no gesto de alcance ao alvo distante, com o membro superior não dominante, toda a musculatura ipsilateral modificou a sua atividade mais precocemente, com exceção do GDent. No entanto, e de novo numa análise mais detalhada e individual dos resultados obtidos, verificou-se que, em 5 das 8 crianças, a modificação da atividade muscular foi mais precoce na maioria da musculatura ipsilateral ao movimento de alcance com alvo distante – em 2 crianças no movimento com o membro superior dominante e em 3 crianças com o membro superior não dominante. Estes dados poderão, mais uma vez traduzir, a grande variabilidade encontrada neste período de idades, revelando quer a imaturidade do SNC, quer a desorganização dos mecanismos de controlo postural.

Timings de modificação da atividade muscular do alcance com alvo à distância de 90% do CMS e do alcance com alvo à distância de 120% do CMS. Os resultados deste estudo evidenciam uma tendência de modificação da atividade muscular mais precoce da maioria dos músculos em análise para o gesto de alcance com alvo próximo, para ambos os membros superiores. Diferentes resultados foram encontrados por Tyler & Karst (2004) que verificaram que a modificação da atividade dos músculos posturais ocorreu progressivamente mais cedo, relativamente ao início do movimento de alcance, à medida que a distância ao alvo aumentava, sendo que para menores distâncias ao alvo, o *timing* de modificação da atividade dos mesmos músculos foi detetado muito próximo do início do movimento do membro superior. No entanto, estes resultados foram encontrados em adultos saudáveis, o que pressupõe uma maturação completa do SNC, contrariamente à amostra do presente estudo. Importa referir que a análise mais detalhada e individual dos resultados evidenciou, mais uma vez, a grande variabilidade já anteriormente referida. Ainda assim, o GD e o GDent contralaterais seguiram os padrões de modificação da atividade antecipatória encontrados por Tyler & Karst (2004), tendo sido mais precoces na situação de alvo distante, em 5 e 6 crianças da amostra, respetivamente, no gesto de alcance com o membro superior dominante. Ainda nas tarefas com o membro superior dominante, o TS ipsilateral modificou a sua atividade dentro do mesmo padrão em 5 das 8 crianças da amostra, tendo sido registado um *timing* de modificação da sua atividade mais precoce no gesto de alcance ao alvo distante. Todos estes dados parecem reforçar a noção de estarmos perante um controlo postural ainda em desenvolvimento, numa fase em que os comandos neurais para a atividade antecipatória sofrem complexos processos de reorganização (Girolami, Shiratori, & Aruin, 2010; Godoi & Barela, 2008), o que poderá justificar a ausência de um padrão específico de ativação, face a diferentes distâncias ao alvo.

Timings de modificação da atividade muscular do membro superior dominante e não dominante. Os resultados encontrados sugerem que não existem diferenças relativamente à modificação muscular antecipatória entre membro dominante e não dominante, sendo mais uma vez evidente a grande variabilidade inter- e intra-criança. No entanto, verificou-se uma tendência para a modificação mais precoce da maioria da musculatura posterior, nomeadamente o TI e GDent ipsi e contralaterais e o GD e LG contralaterais no gesto de alcance com o membro superior dominante, o que pode sugerir uma melhor preparação antecipatória associada à função deste membro na tarefa proposta. De facto, estudos recentes propõem a vantagem do membro superior

dominante para o alcance, uma vez que os comandos neurais do hemisfério dominante parecem ser especializados nas dinâmicas de coordenação intersegmental do gesto, fortemente dependentes dos processos de *feedforward* (Sainburg & Kalakanis, 2000; Wang & Sainburg, 2007). Atualmente, sabe-se que a ativação dos hemisférios direito e esquerdo durante movimentos unilaterais do membro superior não é simétrica para movimentos do membro superior dominante e não dominante. Para além disso, a dominância tem sido associada a assimetrias morfológicas no córtex motor, núcleos da base e cerebelo, o que é consistente com a ideia de que o movimento voluntário dos dois membros superiores é alcançado através de comandos neurais independentes (Sainburg & Kalakanis, 2000). Wang & Sainburg (2007) sugerem, ainda, que, durante o desenvolvimento, cada hemisfério se vai tornando cada vez mais adaptado para estabilizar diferentes aspetos da performance do alcance unilateral, sendo que, no adulto saudável, o hemisfério dominante será mais forte no recrutamento de previsões dinâmicas para características específicas da trajetória inicial (processos de planeamento motor) e o não dominante será mais forte nos mecanismos de controlo da posição final do membro.

De uma forma global, e através de uma análise mais específica, verificou-se que a modificação da atividade muscular ocorreu antes dos -100ms relativamente a T0, o que, de acordo com estudos mais recentes, levanta a hipótese de serem considerados ajustes posturais antecipatórios iniciais (APAi) ou EPAs (*early postural adjustments*) (Krishnan, Aruin, & Latash, 2011; Bertucco, Cesari, & Latash, 2013). Apesar de globalmente serem referidos de APAs, a distinção entre este componente postural antecipatório mais precoce – os EPAs – e os “clássicos” APAs tem vindo a ganhar cada vez mais força e evidência, uma vez que se ativam em tempos diferentes e com funções diferenciadas. Os EPAs representam uma sinergia muscular que estabiliza o centro de massa a mais de 100ms antes do início de uma tarefa voluntária, preferencialmente na posição de pé, com vista a gerar condições mecânicas adequadas para a ação planeada. Por sua vez, os APAs são tipicamente observados a partir dos 80-100ms antes da perturbação ocorrer e são responsáveis pela produção de forças e momentos de força antagonistas aos esperados pela perturbação (Bertucco, Cesari, & Latash, 2013; Krishnan, Aruin, & Latash, 2011; Krishnan, Latash, & Aruin, 2012). No seu estudo mais recente, Krishnan e colaboradores (2012) propõem que, perante um SNC saudável e maturado, ambos os componentes posturais mediados por processos de *feedforward* estão presentes na preparação de ações voluntárias, principalmente quando se trata de

uma tarefa pouco conhecida ou experienciada, ou mesmo realizada a partir de uma configuração corporal pouco confortável, sugerindo que em posturas e/ou tarefas mais confortáveis ou mais experienciadas, os EPAs podem ser reduzidos ou estarem mesmo ausentes. No presente estudo, apenas se procedeu ao registo do *timing* em que foi detetada a primeira modificação da atividade EMG nos músculos analisados, dentro da janela temporal [-450;+50]ms, não havendo, por isso, dados concretos acerca da possível existência de ajustes posturais mais próximos de T0. No entanto, e com base na noção de que os EPAs e os APAs ocorrem de forma sequencial na preparação para o movimento, podemos inferir acerca da existência de ambos em todas as tarefas analisadas neste estudo, uma vez que a idade das crianças da amostra é indicativa de um SNC ainda em desenvolvimento e, portanto, menos eficaz no controlo antecipatório da ação. Neste seguimento, seria pertinente o estudo futuro da interação entre ambos os mecanismos com vista a uma melhor compreensão do seu papel no desenvolvimento do controlo postural.

Modificações do COP. Vários estudos têm verificado uma forte associação entre padrões de atividade muscular antecipatória e mudanças no deslocamento do COP, quer em população adulta, quer em crianças (Girolami, Shiratori, & Aruin, 2010; Tyler & Karst, 2004; Krishnan, Aruin, & Latash, 2011; Zaino & McCoy, 2008). Embora neste estudo tenha sido evidente, à semelhança do que se verificou nos padrões de ativação muscular, a variabilidade inter- e intra-criança relativamente ao sentido do deslocamento antecipatório do COP_{AP}, de uma forma geral na situação de alcance ao alvo próximo este foi tendencialmente no sentido posterior, enquanto que na situação de alcance ao alvo distante foi tendencialmente no sentido anterior. Alguns estudos demonstraram que para contrariar a resultante de forças emergente da execução do movimento de elevação do membro superior, ocorre um ajuste do COP para posterior, milissegundos antes do início desse movimento (Stapley, Pozzo, & Grishin, 1998; Zaino & McCoy, 2008). No entanto, Tyler & Karst (2004) sugeriram que para distâncias ao alvo maiores que o comprimento funcional do membro superior, os músculos posturais do tronco contribuem com um grau adicional de liberdade para o movimento de alcance, sendo menor o seu papel na minimização dos efeitos da perturbação. Tal foi verificado no presente estudo, uma vez que na situação de alcance ao alvo distante, ocorreu tendencialmente um deslocamento do COP no sentido anterior. Hay & Redon (2001) encontraram um deslocamento antecipatório no sentido anterior no movimento de elevação do membro superior, no grupo de crianças dos 3 aos 5 anos, sugerindo que a

atividade postural antecipatória nestas crianças desempenhou um papel de suporte do membro superior para o início do movimento, podendo o mesmo ter ocorrido no nosso estudo.

Outros estudos realizados em crianças com desenvolvimento típico e com alterações do desenvolvimento neuromotor e em adultos (Stapley, Pozzo, & Grishin, 1998; Donker, Ledebt, Roerdink, Savelsbergh, & Beek, 2008) encontraram resultados semelhantes, com uma predominância da oscilação antecipatória do COP no sentido posterior, havendo no entanto evidência de um aumento na latência do tempo de reação e de uma menor consistência do sentido do deslocamento antecipatório do COP_{AP} em crianças com idades entre os 4 e os 6 anos (Girolami, Shiratori, & Aruin, 2010; Shumway-Cook & Woollacott, 1985). O sentido posterior do deslocamento traduz o ajuste mecânico para compensar a destabilização provocada pela elevação do membro superior, espelhando, portanto, a geração de APAs. Vários autores referem, mesmo, a maior consistência e fiabilidade no uso das medidas do COP para a avaliação dos parâmetros do controlo postural, relativamente às medidas de EMG, principalmente quando se trata de um sistema neuromuscular imaturo e pouco organizado (Hay & Redon, 2001; Zaino & McCoy, 2008).

Relativamente à amplitude do deslocamento do COP_{AP}, é sabido que esta varia quer com a idade, quer com a distância ao alvo. De acordo com os resultados de vários estudos (Hay & Redon, 2001; Ledebt & Savelsbergh, 2014), é de esperar que a oscilação antecipatória do COP_{AP} na elevação do membro superior em crianças pequenas ultrapasse os 1.5cm (valor máximo de referência para o adulto calculado por (Vernazza-Martin, Martin, Cincera, Pedotti, & Massion, 1999)), o que se verificou neste estudo. De facto, no seu estudo de 2001, Hay & Redon verificaram um deslocamento antecipatório do COP_{AP} na ordem dos 2.26cm para as crianças mais novas (3-5 anos), aquando do gesto de elevação bilateral do membro superior, diminuindo para cerca de 1cm e menos nas crianças mais velhas (6-10 anos). Isto sugere que o controlo das respostas posturais se torna mais eficiente com a idade, pelo aperfeiçoamento da organização dos componentes de *feedforward* e de *feedback* do controlo postural e pela maturação dos sistemas por eles responsáveis, pelo que estes autores sugerem mesmo a possibilidade de ausência de deslocamento antecipatório do COP_{AP} na elevação bilateral do membro superior em crianças com 9-10 anos e em adultos. Considerando a vantagem do membro dominante para o movimento, intrinsecamente associada à maturação das estruturas neurais responsáveis pelo planeamento motor, seria de esperar um ajuste antecipatório do COP_{AP} de menor amplitude no gesto com o membro superior

dominante. No presente estudo, os valores médios do deslocamento não traduzem esse facto, no entanto, a análise descritiva dos resultados permitiu-nos verificar que em 5 das 8 crianças da amostra o deslocamento foi, efetivamente, de menor amplitude no movimento de alcance com o membro superior dominante, com o alvo colocado a 90% do CMS. Já para o alcance com o alvo mais distante, apenas 3 crianças demonstraram um deslocamento do COP_{AP} de menor amplitude com o membro superior dominante. Estes resultados, apesar de não estatisticamente significativos, reforçam a ideia de que o período dos 4 aos 6 anos de idade é marcado por uma variabilidade evidente nos padrões de comportamento motor, influenciada quer pelo processo de maturação neuronal, quer pelo desenvolvimento da componente cognitiva (atenção, motivação), fundamental para o desenvolvimento do sistema postural (Shumway-Cook & Woollacott, 2010). Esta variabilidade é, sem dúvida, resultante da inconsistência das respostas posturais típica deste período do desenvolvimento (Girolami, Shiratori, & Aruin, 2010; Hay & Redon, 2001), podendo também justificar que apenas no gesto de alcance com membro superior não dominante se tenha verificado o aumento da amplitude do COP_{AP} com o aumento da distância ao alvo (embora não de forma significativa). Resultados semelhantes consistentes foram encontrados por Tyler & Karst (2004) em jovens adultos, que concluíram que para distâncias ao alvo maiores, maior o deslocamento do COP_{AP}. O mesmo já tinha sido verificado por Kaminsky & Simpkins, em 2001, no seu estudo realizado também em adultos. No entanto, Chen e colaboradores (2015), encontraram uma diminuição da amplitude do COP_{AP} no gesto de alcance com o aumento da distância ao alvo para 120% do CMS, em crianças com Trissomia 21 (idade média de 8 anos), sugerindo a presença de uma estratégia de fixação ao nível do tronco para compensar o pobre controlo postural. À semelhança deste estudo, também as crianças do presente estudo poderão ter evidenciado a estratégia de fixação do tronco, de forma antecipatória ao gesto do alcance, para fazer face à maior exigência imposta pelo aumento da distância ao alvo, que requer, muitas vezes, o próprio deslocamento anterior do tronco na fase final do movimento de alcance, reforçando uma vez mais a variabilidade de estratégias de controlo postural característica deste período de idades.

Limitações

O reduzido tamanho amostral ($n=8$) deste estudo constituiu o seu principal fator limitante, pelo que não foi possível extrapolar os resultados encontrados para a população geral, nem agrupar as crianças por idades, género e/ou idade gestacional.

Apesar de ser expectável encontrar uma grande variabilidade no período de idades dos 4 aos 6 anos, seria importante verificar a existência de uma evolução progressiva das estratégias antecipatórias e estudar possíveis diferenças entre subgrupos, de acordo com o desenvolvimento do SNC. A dificuldade em isolar a atividade de alguns músculos, do sinal cardíaco, através da EMG de superfície, revelou-se outra das limitações deste estudo, pelas implicações que representa no tratamento de dados.

Este desenho de estudo teria ainda mais potencial de contribuição para o conhecimento dos mecanismos antecipatórios neste período específico de idades se, à análise do *timing*, fosse associada a análise da magnitude dos ajustes, assim como a deteção do *timing* do deslocamento do COP_{AP}, de forma a uma melhor compreensão da qualidade dos APAs, ficando a sugestão para estudos futuros.

5 Conclusão

Na realização do gesto de alcance unilateral na posição de pé, em crianças de 5 e 6 anos de idade com desenvolvimento típico, verificou-se a modificação da atividade, quer dos músculos da cintura escapular, quer dos músculos do tronco, de forma antecipatória ao movimento. A geração de APAs ocorreu nas diferentes situações de teste, nomeadamente na realização do gesto de alcance com o membro superior dominante e com o não dominante e a duas distâncias ao alvo diferentes. Em concordância com outros estudos, constatou-se a grande variabilidade nos padrões de ativação, no que respeita ao *timing* de modificação da atividade muscular e ao deslocamento do COP_{AP}, contrariamente ao que se verifica em crianças mais velhas e em adultos. Foi possível constatar uma tendência para a maioria da musculatura contralateral variar mais precocemente a sua atividade, com especial destaque para o GD e LG. Verificou-se, também, que a maioria dos músculos modifica a sua atividade mais precocemente quando o alvo está colocado à menor distância, no gesto de alcance realizado com o membro superior dominante, não havendo diferenças significativas nos *timings* de modificação muscular antecipatória entre membro superior dominante e membro superior não dominante. Relativamente ao deslocamento do COP_{AP}, verificou-se um deslocamento antecipatório tendencialmente no sentido posterior no gesto de alcance para o alvo próximo e no sentido anterior para o alvo distante, não tendo sido possível identificar um padrão claro para a sua amplitude, reforçando a grande variabilidade das estratégias de controlo postural característica deste período do desenvolvimento sensoriomotor.

6 Agradecimentos

A todas as crianças que participaram, de forma tão empenhada, neste estudo, e aos seus pais e cuidadores, pela disponibilidade. Ao Professor Nuno Oliveira, pela disponibilização da rotina automática do *software* MatLab[®] e à Professora Carla Oliveira pela orientação na análise estatística. À Professora Doutora Andreia Sousa, na qualidade de minha co-orientadora, pela disponibilidade e apoio na análise dos dados. Por fim, à minha orientadora, a Professora Doutora Cláudia Silva, pelo total apoio, disponibilidade e dedicação ao longo de todo este processo.

7 Referências bibliográfica

- Aimola, E., Santello, M., La Grua, G., & Casabona, A. (2011). Anticipatory postural adjustments in reach-to-grasp: Effect of object mass predictability. *Neuroscience Letters*, *502*(2), 84-88.
- Anderson, D., Jackson, M., Kropf, D., & Soderberg, G. (1984). Electromyographic analysis of selected muscles during sitting push-ups. Effects of position and sex. *Physical Therapy*, *64*(1), 24-28.
- Aruin, A., & Latash, M. (1995). Directional specificity of postural muscles in feed-forward postural reactions during fast voluntary arm movements. *Exp Brain Res*, *103*, 323-332.
- Aruin, A., Forrest, W., & Latash, M. (1998). Anticipatory postural adjustments in conditions of postural instability. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, *109*, 350-359.
- Aruin, A., Kanekar, N., & Lee, Y. (2015). Anticipatory and compensatory postural adjustments in individuals with multiple sclerosis in response to external perturbations. *Neuroscience Letters*, *591*, 182-186.
- Assaiante, C. (1998). Development of locomotor balance control in healthy children. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, *22*(4), 527-532.
- Assaiante, C., Mallau, S., Viel, S., Jover, M., & Schmitz, C. (2005). Development of postural control in healthy children: a functional approach. *Neural Plasticity*, *12*(2-3), 109-118.
- Austad, H., & Van der Meer, L. (2007). Prospective dynamic balance control in healthy children and adults. *Experimental Brain Research*, *181*, 289-295.

- Barela, J. A., Jeka, J., & Clark, J. (2003). Postural control in children. *Experimental Brain Research*, *150*, 434-442.
- Bertucco, M., Cesari, P., & Latash, M. (2013). Fitts' Law in early postural adjustments. *Neuroscience*, *231*, 61-69.
- Buneo, C., Soechting, J., & Flanders, M. (1994). Muscle activation patterns for reaching: The representation of distance and time. *Journal of Neurophysiology*, *71*(4), 1546-1558.
- C., A., S., M., Viel, S., Jover, M., & Schmitz, C. (2005). Development of postural control in healthy children: a functional approach. *Neural Plasticity*, *12*(2-3), 109-118.
- Chen, H.-L., Yeh, C.-F., & Howe, T.-H. (2015). Postural control during standing reach in children with Down syndrome. *Research in Developmental Disabilities*, *38*, 345-351.
- Donker, S., Ledebt, A., Roerdink, M., Savelsbergh, G., & Beek, P. (2008). Children with cerebral palsy exhibit greater and more regular postural sway than typically developing children. *Exp Brain Res*, *184*, 363-370.
- Girolami, G. L., Shiratori, T., & Aruin, A. S. (2010). Anticipatory postural adjustments in children with typical motor development. *Experimental Brain Research*, *205*, 153-165.
- Godoi, D., & Barela, J. A. (2008). Body sway and sensory motor coupling adaptation in children: effects of distance manipulation. *Developmental Psychobiology*, *50*(1), 77-87.
- Graaf-Peters, V., Bakker, H., Eykern, L., Otten, B., & Hadders-Algra, M. (2007). Postural adjustments and reaching in 4- and 6-month-old infants: an EMG and kinematical study. *Exp Brain Res*, *181*, 647-656.
- Graaf-Peters, V., Blauw-Hospers, C., Bakker, H., Bos, A., & Hadders-Algra, M. (2007). Development of postural control in typically developing children and children with cerebral palsy: possibilities for intervention? *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *31*(8), 1191-1200.
- Gramsbergen, A., & Hadders-Algra, M. (2005). Discussion on neurobiological and clinical aspects of postural control in motor behavior. *Neural Plasticity*, *12*(2-3), 263-272.
- Hadders-Algra, M. (2005). Development of postural control during the first 18 months of life. *Neural Plasticity*, *12*(2-3), 99-108.

- Hadders-Algra, M., van der Fits, I., Stremmelaar, E., & Touwen, B. (1999). Development of postural adjustments during reaching in infants with CP. *Developmental Medicine & Child Neurology*, *41*, 766-776.
- Hardwick, D., Beebe, J., McDonnell, M., & Lang, C. (2006). A comparison of serratus anterior muscle activation during a wall slide exercise and other traditional exercises. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, *36*(12), 903-910.
- Hay, L., & Redon, C. (2001). Development of postural adaptation to arm raising. *Exp Brain Res*, *139*(2), 224-232.
- Hermens, H., Freriks, B., Disselhorst-Klug, C., & Rau, G. (2000). Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement producers. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, *10*(5), 361-374.
- Hopkins, B., & Ronnqvist, L. (2002). Facilitating postural control: Effects on the reaching behaviour of 6-month-old infants. *Developmental Psychobiology*, *40*(2), 168-182.
- Kaminsky, T., & Simpkins, S. (2001). The effects of stance configuration and target distance on reaching. I. Movement preparation. *Exp Brain Res*, *136*, 439-446.
- Kane, K., & Barden, J. (2012). Contributions of trunk muscles to anticipatory postural control in children with or without developmental coordination disorder. *Human Movement Science*, *31*, 707-720.
- Kanekar, N., & Aruin, A. (2014). Aging and balance control in response to external perturbations: role of anticipatory and compensatory postural mechanisms. *AGE*, *36*, 9621.
- Klous, M., Mikulic, P., & Latash, M. L. (2012). Early postural adjustments in preparation to whole-body voluntary sway. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, *22*, 110-116.
- Krishnan, V., Aruin, A. S., & Latash, M. L. (2011). Two stages and three components of the postural preparation to action. *Exp Brain Res*, *212*, 47-63.
- Krishnan, V., Latash, M. L., & Aruin, A. S. (2012). Early and late components of feed-forward postural adjustments to predictable perturbations. *Clinical Neurophysiology*, *123*, 1016-1026.
- Ledebt, A., & Savelsbergh, G. (2014). Postural adaptation during arm raising in children with and without unilateral cerebral palsy. *Research in Developmental Disabilities*, *35*, 1782-1788.

- Lehman, G., Buchan, D., Landy, A., Myers, N., & Nalborczyk, A. (2004). Variations in muscle activation levels during traditional latissimus dorsi weight training exercises: an experimental study. *Dynamic Medicine*, 3, 4.
- Leonard, J., Brown, R., & Stapley, P. (2009). Reaching to multiple targets when standing: the spatial organization of feedforward postural adjustments. *J Neurophysiol*, 101, 2120-2133.
- Li, X., & Aruin, A. (2008). Anticipatory postural adjustments in conditions of simulated reduced gravity. *Gait and Posture*, 28, 538-544.
- Liu, W., Zaino, C., & McCoy, S. (2007). Anticipatory postural adjustments in children with cerebral palsy and children with typical development. *Pediatric Physical Therapy*, 19, 188-195.
- Marôco, J. (2011). *Análise Estatística com o SPSS Statistics*. (5^a ed. ed.). Lisboa: ReportNumber.
- Massion, J. (1998). Postural control systems in developmental perspective. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 22(4), 465-472.
- Massion, J., Alexandrov, A., & Frolov, A. (2004). Why and how are posture and movement coordinated? . *Progress in Brain Research*, 143(2), 13-27.
- Sainburg, R., & Kalakanis, D. (2000). Differences in control of limb dynamics during dominant and nondominant arm reaching. *The American Physiological Society*, 2661-2675.
- Saito, H., Yamanaka, M., Kasahara, S., & Fukushima, J. (2014). Relationship between improvements in motor performance and changes in anticipatory postural adjustments during whole-body reaching training. *Human Movement Science*, 37, 69-86.
- Santos, M., & Aruin, A. (2008). Role of lateral muscles and body orientation in feedforward postural control. *Exp Brain Res*, 184, 547-559.
- Santos, M., Kanekar, N., & Aruin, A. (2010a). The role of anticipatory postural adjustments in compensatory control of posture: 1. Electromyographic analysis. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 20, 388-397.
- Santos, M., Kanekar, N., & Aruin, A. (2010b). The role of anticipatory postural adjustments in compensatory control of posture: 2. Biomechanical analysis. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 20, 398-405.
- Scariot, V., Rios, J., Claudino, R., Santos, E., Angulski, H., & Santos, M. (2015). Both anticipatory and compensatory postural adjustments are adapted while

- catching a ball in unstable standing posture. *Journal of Bodywork & Movement Therapies*, xx, 1-8.
- Schepens, B., & Drew, T. (2004). Independent and convergent signals from the pontomedullary reticular formation contribute to the control of posture and movement during reaching in the cat. *J Neurophysiol*, 92, 2217-2238.
- Schepens, B., & Drew, T. (2006). Descending signals from the pontomedullary reticular formation are bilateral, asymmetric, and gated during reaching movements in the cat. *J Neurophysiol*, 96, 2229-2252.
- Schneiberg, S., Sveistrup, H., McFadyen, B., McKinley, P., & Levin, M. (2002). The development of coordination for reach-to-grasp movements in children. *Experimental Brain Research*, 146, 142-154.
- SENIAM. (2009). *Recommendations for sensor locations on individual muscles - Surface Electromyography for the non-invasive assessment of muscles*. Producer.
- Shiratori, T., & Aruin, A. (2004). Anticipatory postural adjustments associated with rotational perturbations while standing on fixed and free-rotating supports. *Clinical Neurophysiology*, 115, 797-806.
- Shiratori, T., & Latash, M. L. (2001). Anticipatory postural adjustments during load catching by standing subjects. *112*, 1250-1265.
- Shumway-Cook, A., & Woollacott, M. (1985). The growth of stability: postural control from a developmental perspective. *Journal of Motor Behavior*, 17(2), 131-147.
- Shumway-Cook, A., & Woollacott, M. (2010). *Motor Control: Translating Research into Clinical Practice*. EUA: Lippincott Williams & Wilkins.
- Smith, A., Ulmer, F., & Wong, D. (2012). Gender differences in postural stability among children. *Journal of Human Kinetics*, 33, 25-32.
- Stackhouse, S., Binder-Macleod, S., & Lee, S. (2005). Voluntary muscle activation, contractile properties and fatigability in children with and without cerebral palsy. *Muscle & Nerve*, 31(5), 594-601.
- Stapley, P., Pozzo, T., & Grishin, A. (1998). The role of anticipatory postural adjustments during whole body forward reaching movements. *NeuroReport*, 9, 395-401.

- Steindl, R., Kunz, K., Schrott-Fischer, A., & Scholtz, A. (2006). Effect of age and sex on maturation of sensory systems and balance control. *Developmental Medicine & Child Neurology*, *48*, 477-482.
- Tyler, A., & Karst, G. (2004). Timing of muscle activity during reaching while standing: systematic change with target distance. *Gait and Posture*, *20*, 126-133.
- Van der Fits, I., Otten, E., Klip, A., Van Eykern, L., & Hadders-Algra, M. (1999). The development of postural adjustments during reaching in 6- to 18-month-old infants. *Experimental Brain Research*, *126*, 517-528.
- van der Heide, J., Begeer, C., Fock, J., Otten, B., Stremmelaar, E., van Eykern, L., et al. (2004). Postural control during reaching in preterm children with cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*, *46*, 253-266.
- Van der Heide, J., Fock, J., Otten, B., Stremmelaar, E., & Hadders-Algra, M. (2005). Kinematic characteristics of postural control during reaching in preterm children with cerebral palsy. *Pediatric Research*, *58*(3), 586-593.
- van der Heide, J., Fock, J., Stremmelaar, E., & Hadders-Algra, M. (2005). Kinematic characteristics of postural control during reaching in preterm children with cerebral palsy. *Pediatric Research*, *58*(3), 586-593.
- van der Heide, J., Otten, B., van Eykern, L., & Hadders-Algra, M. (2003). Development of postural adjustments during reaching in sitting children. *Experimental Brain Research*, *151*, 32-45.
- Vernazza-Martin, S., Martin, N., Cincera, M., Pedotti, A., & Massion, J. (1999). Arm raising in humans under loaded vs unloaded and bipedal vs unipedal conditions. *Brain Research*, *846*, 12-22.
- Wang, J., & Sainburg, R. (2007). The dominant and nondominant arms are specialized for stabilizing different features of task performance. *Exp Brain Res*, *178*, 565-570.
- Westcott, S., Lowes, L., & Richardson, P. (1997). Evaluation of postural stability in children: Current theories and assessment tools. *Physical Therapy*, *77*, 629-645.
- Winter, D., Patla, A., Prince, F., Ishac, M., & Gielo-Periczak, K. (1998). Stiffness control of balance in quiet standing. *Journal of Neurophysiology*, *80*, 1211-1221.

- Witherington, D., Robinette, A., Woollacott, M., & Bertenthal, B. (2002). The development of anticipatory postural adjustments in infancy. *Infancy, 3*(4), 495-517.
- Yakovenko, S., & Drew, T. (2009). A motor cortical contribution to the anticipatory postural adjustments that precede reaching in the cat. *J Neurophysiol, 102*, 853-874.
- Zaino, C., & McCoy, S. (2008). Reliability and comparison of electromyographic and kinetic measurements during a standing reach task in children with and without cerebral palsy. *Gait & Posture, 27*(1), 128-137.

Anexo I – Questionário de Caracterização da Amostra

Questionário

“Ajustes posturais antecipatórios dos músculos da cintura escapular e tronco associados ao gesto de alcance em crianças com desenvolvimento motor típico”

O seguinte questionário tem como objetivo caracterizar a amostra para o presente estudo de investigação, que se intitula *“Ajustes posturais antecipatórios dos músculos da cintura escapular e tronco associados ao gesto de alcance em crianças com desenvolvimento motor típico”*, realizado no âmbito do Mestrado em Fisioterapia, opção Neurologia, da Escola Superior de Tecnologia da Saúde do Porto.

Este questionário é dirigido ao encarregado de educação da criança participante no estudo. O seu preenchimento demorará cerca de 3 minutos. As seguintes questões dizem respeito única e exclusivamente à criança. Os dados recolhidos são totalmente confidenciais e serão usados unicamente para o presente estudo.

1. Iniciais do nome completo da criança _____
2. Data de nascimento (dd/mm/aaaa) _____
3. Género:
Masculino
Feminino
4. Braço dominante (braço que preferencialmente usa para comer, pintar, etc.):
Direito
Esquerdo
5. Pratica exercício como atividade extracurricular?
Sim
Não
6. Com quantas semanas de gestação nasceu? _____
7. Teve complicações antes, durante ou após o parto?
Sim Qual (ais)?

Não

8. Tem algum problema de saúde conhecido (incluindo alterações visuais, músculo-esqueléticas ou neurológicas)?

Sim Qual (ais)?

Não

9. Atualmente refere ter dor?

Sim

Não

10. Foi submetido a alguma intervenção cirúrgica nos últimos 6 meses?

Sim Qual (ais)?

Não

Muito obrigado pela sua colaboração!

Anexo II – Termo de Consentimento Informado

Declaração de consentimento informado

Conforme a lei 67/98 de 26 de Outubro e a “Declaração de Helsínquia” da Associação Médica Mundial (Helsínquia 1964; Tóquio 1975; Veneza 1983; Hong Kong 1989; Somerset West 1996, Edimburgo 2000; Washington 2002, Tóquio 2004, Seul 2008, Fortaleza 2013) – quando se aplicar

Designação do Estudo: Ajustes Posturais Antecipatórios dos músculos da cintura escapular e tronco associados ao gesto de alcance em crianças com desenvolvimento motor típico

Eu, abaixo-assinado _____,
na qualidade de representante legal de _____:

Fui informado de que o Estudo de Investigação acima mencionado se destina a estudar os padrões de modificação da atividade muscular e o deslocamento do centro de pressão das crianças, na manutenção do controlo postural durante o movimento. Sei que neste estudo está prevista a recolha de dados através da electromiografia de superfície e da plataforma de forças, tendo-me sido explicado em que consistem. Foi-me garantido que todos os dados relativos à identificação dos participantes neste estudo são confidenciais e que será mantido o anonimato. Sei que posso recusar-me a autorizar a participação ou interromper a qualquer momento a participação no estudo, sem nenhum tipo de penalização por este facto. Compreendi a informação que me foi dada, tive oportunidade de fazer perguntas e as minhas dúvidas foram esclarecidas.

Autorizo de livre vontade a participação daquele que legalmente represento no estudo acima mencionado. Concordo que seja efetuada a recolha de dados e de imagem para realizar as análises que fazem parte deste estudo. Também autorizo a divulgação dos resultados obtidos no meio científico, garantindo o anonimato.

Data

___/___/___

Assinatura

Anexo III – Parecer da Comissão de Ética

ESTSP | POLITÉCNICO
DO PORTO

PARECER DA COMISSÃO DE ÉTICA

Número de Registo da Comissão de Ética: 1167/2014
Data recepção do Documento: 7/5/2014
Existência de entradas anteriores: sim

Título do Trabalho: **Ajustes posturais antecipatórios em crianças com desenvolvimento motor típico.**

Investigador Principal: **Claudia Silva**
Investigador Responsável: **Claudia Silva**

Data prevista para a realização do trabalho: **Início Junho de 2014 Fim junho de 2014**

RESUMO DO ESTUDO

Tipo de estudo: **Estudo observacional analítico.**

Objectivos: **Presentes.**

Amostra: **Amostra selecionada recrutada de crianças "amigas" de 4 a 6 anos . Codificação e protecção de dados através do SPSS .**

Formulário de dados a recolher: **Sem referencia a formulários de dados.**

Material: **descrição presente.**

Métodos: **descrição presente.**

Riscos: **sem referência a riscos.**

Consentimento informado: **presente, com menção expressa a autorização por parte do encarregado de educação.**

Autorização pelos responsáveis locais: **Com autorização da Coordenação da ATC.**

Apreciação da Comissão de Ética:

Reune as condições para parecer favorável, após a assinatura do Presidente da ESTSP e da Comissão de Ética.

Parecer final da Comissão de Ética:

De acordo com os dados analisados, o parecer é favorável desde que cumpridas todas as directrizes submetidas a esta Comissão, com prejuízo de a decisão ser suspensa caso haja algum incumprimento grave.

Data: **12/maio/2014**

Assinaturas:



