

Karen Przybysz da Silva Rosa

AJUSTES POSTURAI ANTECIPATÓRIOS DURANTE EXERCÍCIOS  
UNILATERAIS E BILATERAIS DE ABDUÇÃO DE OMBRO

Trabalho de Conclusão do Curso a ser submetido à  
avaliação para obtenção do grau em Licenciatura em  
Educação Física na Escola de Educação Física da  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Orientadora: Prof. Dra. Flávia Gomes Martinez

Porto Alegre

2012

Karen Przybysz da Silva Rosa

AJUSTES POSTURAIIS ANTECIPATÓRIOS DURANTE EXERCÍCIOS  
UNILATERAIS E BILATERAIS DE ABDUÇÃO DE OMBRO

Conceito final: A

Aprovado em ..15.. de .....julho..de...2012.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Claudia Candotti – UFRGS

---

Orientador – Profa. Dra. Flávia Gomes Martinez – UFRGS

## RESUMO

Os Ajustes Posturais Antecipatórios (do inglês Anticipatory Postural Adjustments – APA) caracterizam-se pela ativação ou inibição da musculatura postural que ocorre poucos milissegundos (entre 500 e 0ms) antes de uma perturbação na estabilidade do tronco. Esta perturbação pode ser decorrente de um desequilíbrio corporal extrínseco ou intrínseco como um simples movimento segmentar com ou sem carga. Exercícios apendiculares podem ser usados como estratégias para o fortalecimento da musculatura estabilizadora da coluna vertebral. Neste sentido, este estudo buscou investigar os APAs durante exercícios de Membros superiores. Participaram deste estudo 3 sujeitos aparentemente saudáveis e sem histórico de lesões musculoesqueléticas recentes participaram deste estudo. Os músculos analisados foram: deltóide clavicular, deltóide acromial, reto abdominal, oblíquo interno, longuíssimo do tórax, ileocostal e multífidos, todos analisados bilateralmente. Os parâmetros de normalização dos valores eletromiográficos seguiram as orientações de SENIAM. Para análise dos padrões de deslocamento do centro de pressão dos sujeitos as mudanças no eixo latero-lateral foram analisadas. Os resultados permitem concluir que há especificidade de resposta dos APAs em relação às características do exercício executado, de forma que quanto maior a velocidade e carga associada ao movimento, maiores são as repostas APA. Além disso o músculo mais ativado durante o período APA no movimento de abdução de ombro é o músculo Oblíquo Interno. Mais estudos sobre o assunto tornam-se necessários, para o completo entendimento das estratégias adotadas para a retomada do equilíbrio corporal e adequada prescrição e periodização de exercícios segmentares para ganho de força de tronco.

Palavras-chave: Ajuste Postural Antecipatório, Eletromiografia, Estabilidade de tronco.

## **ABSTRACT**

Anticipatory Postural Adjustments (APA) are characterized by inhibition or activation of postural muscles that occurs shortly before (between 500 and 0 milliseconds) the onset on trunk perturbations. Those perturbations on trunk stability happens due intrinsic or extrinsic imbalances like a simple segmental movement with or without load. Segmental exercises can be used as strengthening strategy for postural muscles of the spine. Thereby, this study aim to investigate APA during arm exercises. Three healthy individuals with no recent history of musculoskeletal injuries participated on this study. We monitored in both sides the following muscles: Deltoid (clavicular and acromial part), Internal Oblique, Rectus Abdominis, longissimus, iliocostalis, and multifidus. Normalization parameters of electromyographic data followed SENIAM guidelines. Changes in frontal axis were analyzed for patterns of Center of Pressure displacement. The results suggests that there is specificity on APA responses related to the characteristics of the execute exercise, as higher the velocity and load on the movement, higher the APA responses. Furthermore Internal Oblique was the most activated muscle during APA in arm abduction movement. More studies are necessary for the complete understanding of the balance strategies of the body and the appropriated prescription and periodization of segmental exercises aiming strengthening of trunk muscles.

Key words: Anticipatory postural Adjustments, Electromyography, Trunk Stability.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APA – Ajuste Postural Antecipatório  
CM – Centro de Massa  
CP – Centro de Pressão  
CVM – Contração Voluntária Máxima  
DCD – Deltóide Clavicular Direito  
DCE – Deltóide Clavicular Esquerdo  
DAD – Deltóide Acromial Direito  
DAE – Deltóide Acromial Esquerdo  
DP – Desvio Padrão  
EMG - Eletromiografia  
g - Gramas  
Hz – Hertz  
ILIO E – Iliocostal Esquerdo  
ILIO D – Iliocostal Direito  
Kg – quilograma  
LONG D – Longuíssimo Direito  
LONG E – Longuíssimo Esquerdo  
Min – minutos  
Mm – milímetros  
MULT D – Multifídeo Direito  
MULT E – Multifídeo Esquerdo  
ms – milissegundos  
OIE – Oblíquo Interno Esquerdo  
OID – Oblíquo Interno Direito  
RM – Repetição Máxima  
RMS – Root Mean Square – Valor Quadrático Médio  
s - segundos  
SAD – Sistema de Aquisição de Dados  
SENIAN – Surface-EMG for the Non Invasive Assessment of Muscle  
TCLE – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>6</b>
1.1	OBJETIVOS .....	9
1.1.1	<b>Objetivos Gerais</b> .....	9
1.1.2	<b>Objetivos Específicos</b> .....	9
<b>2</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>10</b>
2.1	ELETROMIOGRAFIA .....	11
2.1.1	<b>Preparação eletromiográfica</b> .....	11
2.2.2	<b>Contração Voluntária Máxima</b> .....	12
2.2	PLATAFORMA DE FORÇA .....	12
2.3	CINEMETRIA .....	12
2.4	PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO .....	13
2.5	ANÁLISE DOS DADOS .....	13
<b>3</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>15</b>
<b>4</b>	<b>DISCUSSÃO</b> .....	<b>18</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>21</b>
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>22</b>
<b>7</b>	<b>APÊNDICE</b> .....	<b>25</b>
7.1	TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE ESCLARECIDO .....	25

## 1. INTRODUÇÃO

Ajustes Posturais Antecipatórios (APA) consistem na atividade postural que se inicia imediatamente antes do início de uma perturbação no equilíbrio do tronco, e servem para prevenir ou minimizar o deslocamento do centro de pressão do corpo associado com este movimento (MOORE et al., 1992). Para Aruin (2002) o processo de geração do APA é afetado por três grandes fatores: magnitude e direção esperadas da perturbação, ação voluntária associada com a perturbação e tarefa postural. O padrão de atividade deste ajuste postural é específico à tarefa a ser executada mas adaptável conforme as variáveis da tarefa, como velocidade, deslocamento, carga, simetria e suporte postural (MOORE et al, 1992). Para Fujiwara et al. (2009) os fatores que podem influenciar no nível de ativação para os ajustes posturais antecipatórios em movimentos do braço incluem: a dinâmica do movimento, as condições da superfície de apoio e a postura inicial antes do movimento do braço. Além disso indivíduos são mais capazes de preparar-se mecanicamente para uma perturbação quando sabem que esta ocorrerá, e a ativação de músculos posturais reduz quando o tempo da perturbação não é conhecido, tanto no que diz respeito ao Centro de Pressão (CP) quanto à Eletromiografia (EMG) (BROWN et al 2003).

Em um recente estudo Krishnan, Latash e Aruin (2012) confirmaram a existência de dois momentos distintos destes ajustes posturais para o movimento. O grupo avaliou o padrão de ativação postural antecipatória em 9 sujeitos durante inclinações anteriores e posteriores de tronco fazendo uso de plataforma de força, EMG de superfície e de um osciloscópio afim de determinar o início da perturbação. O primeiro padrão inicia-se entre 500 e 400 milissegundos (ms) antes do impacto (EPA) seguido de um segundo que ocorre entre 150 e 50ms antes da perturbação (APA). Os autores ainda afirmam que cada um dos ajustes consiste de dois fenômenos: os Ajustes Posturais Prévios seriam adaptações que criam momentos e forças resultantes adequadas para um ajuste do corpo afim de evitar alterações mecânicas de uma perturbação no equilíbrio; APA produzem forças resultantes adequadas para neutralizar os efeitos esperados da perturbação (KRISHNAN, LATASH e ARUIN, 2012; KLOUS, MIKULIC e LATASH, 2011).

Em 1987 Boisset e Zattara propuseram que o movimento voluntário e o APA associado à ele são partes do mesmo programa motor, e portanto são pré-

programados. Tal hipótese vem sendo comprovada e reafirmada em diferentes estudos (BOISSET e ZATTARA 1988; SANTOS, KANEKAR e ARUIN, 2010a; BIGONGIARI et al., 2010). No entanto atualmente acredita-se em uma hipótese mais abrangente sobre os APAs. Krishnan, Aruin e Latash (2012) afirmam que os Padrões de Ativação Prévios (Early Postural Adjustments - EPA) são baseados primariamente nas mudanças de comando de co-ativação, enquanto o APA se envolveria em mudanças no comando recíproco. Da mesma forma os Ajustes Posturais Compensatórios (APC), que lidam com as perturbações reais do equilíbrio compensando por alguma eficiência sub-ótima dos APAs, e ocorrem após o início do movimento iniciados pelos sinais sensórios de *feedback*, também apresentam relação com a resposta APA (SANTOS e ARUIN, 2008; SANTOS, KANEKAR e ARUIN, 2010a; BIGONGIARI et al., 2010). Quando recebe uma sobrecarga inesperada, o Sistema Nervoso Central (SNC) tem uma tendência de reflexamente aumentar a carga de disparos elétricos, na tentativa de compensar desvios entre a cinemática desejada e a real, aumentando assim a probabilidade de excesso de carga na coluna vertebral, que ocorreria devido a um ajuste antecipatório não efetivo (BAZRGARI, SHIRAZI-ADL e LARIVIÈRE, 2009).

Sabendo-se que o padrão dos Ajustes Posturais Antecipatórios dependem de muitos fatores, é esperado que diferentes populações apresentem diferentes respostas no padrão APA. A resposta de ativação muscular voluntária e reflexa varia em sujeitos saudáveis ou que apresentem alterações de coluna, e pode ser alterada de acordo com treinamento ou reabilitação (BAZRGARI, SHIRAZI-ADL e LARIVIÈRE, 2009). Kai e colaboradores (2008) não encontraram diferenças na atividade muscular entre idosos e jovens na comparação do sinal eletromiográfico destas populações para os músculos Oblíquo Interno, Multífido, Íliopsoas e Glúteo Médio (do lado dominante) entre 500ms antes até o início da elevação de quadril. Neste caso os autores observaram uma janela de tempo de avaliação que abrangia tanto os ajustes EPA, quanto APA, o que poderia influenciar nos resultados.

Já em indivíduos hemiparéticos a resposta do APA está comprometida, observando-se uma redução da resposta de ativação antecipatória da porção lateral do Latíssimo do Dorso, Oblíquo Externo, e Reto Abdominal do lado parético em comparação ao lado não afetado. O Longuíssimo parece ser o músculo menos afetado. Diante disso faz-se necessária uma adequada reabilitação destes músculos,

visto sua importância no controle motor de habilidades funcionais (DICKSTEIN et al., 2004).

Em indivíduos com dor lombar recorrente e inespecífica há uma redução da variabilidade no sistema de controle postural, que causa a persistência e cronicidade da dor lombar, através da redução da adaptabilidade às demandas ambientais (HEDAYATI et al., 2010). Indivíduos com dor lombar não específica apresentam maior instabilidade postural em comparação à sujeitos saudáveis (RUHE, FEJER e WALKER, 2011). Hodges e Richardson (1999) encontraram indícios que sujeitos com dor lombar não apresentavam padrão de APA quando executam um movimento de braço em velocidades altas, mas em indivíduos saudáveis os músculos Transverso do Abdome e Oblíquo Interno apresentam padrões de APA em velocidade rápida ou intermediária, mas não em velocidade lenta, indicando que o mecanismo de controle espinal preparatório pode estar alterado em pessoas com dor lombar. Hedayati e colaboradores (2010) não encontraram diferenças na ativação dos músculos Oblíquo Externo e Espinal entre pacientes saudáveis e pacientes com dor lombar, o que poderia ser atribuído aos diferentes papéis de músculos globais que produzem torque e previnem alterações de coluna, para músculos locais que realizam ajustes finos dos movimentos intersegmentares.

Estudos mostraram que durante a flexão do ombro, o corpo todo inclina para o lado oposto do braço movimentado, e a ativação muscular prévia é observada nos músculos posturais envolvidos neste movimento de inclinação. Ainda, o movimento postural que ocorre durante a flexão do braço bilateral no plano sagital ocorre primariamente como movimentos das pernas e tronco, e a direção de tais movimentos apresentam características individuais (FUJIWARA et al., 2009). Bradl et al. (2005) compararam atividade eletromiográfica dos músculos Multifido e Longuíssimo em diferentes exercícios de extensão de coluna. O grupo encontrou uma ativação da EMG de superfície sempre maior do Longuíssimo e sugeriu duas hipóteses para tal: A estrutura muscular, uma vez que o Multifido possui uma estrutura com fibras musculares mais curtas, e o Longuíssimo apresenta fibras muito mais longas, o que geraria um sinal maior de Multifido por uma transição tendão-músculo, visto que este tipo de sinal sofreria uma menor atenuação do àqueles provenientes de músculos. Outra hipótese seria atribuída às diferenças na ativação dos dois músculos, uma vez que os Multifidos são primariamente responsáveis pela

estabilização da coluna e o Longuíssimo por forças de extensão e movimentação da coluna.

Entendendo que diferentes populações apresentam diferentes padrões de ativação de músculos reponsáveis pelos Ajustes Posturais Antecipatórios, e que estes são dependentes de diversas variáveis como direção do movimento, carga, velocidade, superfície de apoio, conhecimento da tarefa, etc, torna-se necessário o entendimento de tais padrões. Em especial o comportamento destes padrões em movimentos apendiculares com e sem uso de implementos, uma vez que na prática diária muitos destes exercícios são utilizados com objetivo de ganho de força segmentar tanto nos segmentos propriamente ditos quanto na musculatura estabilizadora do tronco.

## 1.1 OBJETIVOS

Baseado nos dados citados na introdução os seguintes objetivos foram especificados.

### 1.1.1 Objetivo Geral

Investigar o comportamento do Centro de Pressão e o padrão de ativação Eletromiográfica de músculos posturais durante a realização de exercícios de abdução de ombro unilaterais e bilaterais.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- Comparar os valores eletromiográficos do período APA em relação à CVM dos músculos Oblíquo Interno, Multifido, Reto Abdominal, Ileocostal, e Longuíssimo durante a execução de exercícios de abdução de ombro unilaterais e bilaterais, em 3 diferentes situações: velocidade auto-selecionada, rápido e com carga (halter).
- Descrever o comportamento de deslocamento do Centro de Pressão (CP) do Corpo durante o APA na execução de exercício de abdução de ombro unilaterais e bilaterais.

## 2. METODOLOGIA

O projeto, número 19791, foi aprovado no dia 24 de março de 2011 pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), de acordo com a resolução 196/196 do Conselho Nacional de Saúde.

Foram incluídos no estudo sujeitos aparentemente saudáveis e fisicamente ativos sem lesões musculoesqueléticas ocorridas nos últimos seis meses. Como critérios de exclusão foram considerados os seguintes aspectos:

- uso de medicação (exceto contraceptivos);
- ser atleta;
- apresentar histórico de quedas, perda de equilíbrio, doenças neuromusculares, reumatológicas ou traumáticas.

A amostra foi coletada por conveniência, onde sujeitos conhecidos que preenchessem os critérios de inclusão foram convidados à participarem da pesquisa. Os voluntários participantes desta pesquisa compareceram em dia e horário marcados no Laboratório de Pesquisa do Exercício (LAPEX) da UFRGS localizado na Rua Felizardo, 750, no bairro Jardim Botânico em Porto Alegre. Conforme o primeiro contato do pesquisador com o participante da amostra, este foi orientado a trajar, nos dias de coleta roupas leves e a não realizar nenhuma atividade física antes do experimento, além de não consumir bebida alcóolica ou qualquer droga (lícita ou ilícita) no dia anterior ao experimento.

Ao chegar ao LAPEX da UFRGS, o participante teve acesso ao Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE, APÊNDICE 1) e a oportunidade de esclarecer toda e qualquer dúvida a respeito do estudo. Em seguida foi realizada a mensuração da massa corporal e da estatura, por meio da balança de alavanca da marca Filizola (São Paulo, Brasil), com resolução de 100g e do estadiômetro da mesma marca Filizola (São Paulo, Brasil), com resolução de 1mm. As medidas de peso e altura foram utilizadas para o cálculo do IMC e para normalização dos dados da plataforma de força.

Em seguida foram realizados os procedimentos de estimativa de 10RM, para definição da carga de abdução bilateral de ombro. Neste momento, cada sujeito pode realizar no máximo 3 tentativas, e o intervalo entre tentativas foi de 5 minutos. Os sujeitos receberam então orientações quanto ao protocolo experimental e os procedimentos de coleta dos dados de cinemetria, eletromiografia e baropodometria

eram iniciados. Após a estipulação dos dados de carga, foram realizados os procedimentos de preparação para a Eletromiografia (descritos posteriormente), seguidos dos procedimentos de Contração Voluntária Máxima (CVM), e posterior coleta dos dados. O sincronismo entre os dados de EMG, baropodometria e cinemetria foi realizado por meio de um dispositivo eletrônico (SINC) que gera simultaneamente um sinal de luz visualizado pelas câmeras e um pulso elétrico captado pelo sistemas eletrônicos.

## 2.1 ELETROMIOGRAFIA

Para a aquisição dos dados de EMG, foram utilizados quatro eletromiógrafos Miotool 400, da marca Miotec Equipamentos Biomédicos (Porto Alegre, Brasil). Cada aparelho é composto por um sistema de quatro canais, com frequência de amostragem de 2000 Hz por canal. Foram utilizados eletrodos adesivos de superfície de configuração bipolar da marca 3M, modelo 2223, aplicados a uma distância de 15mm entre si. A eletromiografia de superfície foi realizada bilateralmente nos seguintes músculos:

- Deltóide Clavicular
- Deltóide Acromial
- Reto Abdominal
- Oblíquo Interno
- Longuíssimo
- Ileocostal
- Multífido

### 2.1.1 Preparação Eletromiográfica:

Primeiramente realizou-se a tricotomia e assepsia da pele no local de colocação dos eletrodos por meio de abrasão com algodão embebido em álcool a fim de reduzir a impedância tecidual. O procedimento de colocação dos eletrodos seguiu as recomendações da SENIAM (*Surface-EMG for the Non Invasive Assessment of Muscle*) e o correto posicionamento dos eletrodos foi confirmado via visualização do sinal eletromiográfico durante movimento contra resistência manual. Os dois eletrodos de referência foram posicionados na clavícula e maléolo lateral dos sujeitos.

### 2.1.2 Contração Voluntária Máxima:

Foram realizados os testes de contração voluntária máxima (CVM) para todos os músculos testados. Para cada tentativa de CVM, o indivíduo foi instruído a progredir gradualmente até sua força máxima. Uma medida de CVM foi realizada para cada músculo, com aproximadamente 1min de repouso entre elas. A CVM para os músculos agonistas (deltoides) foi realizada na posição de sedestração e teve como objetivo o controle do andamento dos exercícios. Para os músculos posteriores: Ileo-costal, Multifido e Longuíssimos adotou-se a posição de decúbito ventral. Para os músculos Reto Abdominal, Oblíquos Interno e Externo adotou-se a posição de Decúbito Dorsal. Em todas as CVMs e solicitou-se a realização com força máxima contra a resistência imposta, de forma isométrica, respeitando o principal movimento de função agonista dos músculos de interesse.

## 2.2 PLATAFORMA DE FORÇA

Após os procedimentos de CVM o indivíduo era orientado a posicionar-se em cima da plataforma de força (*PreSSureScan*, Miotec Equipamentos Biomédicos, Porto Alegre, Brasil) de forma confortável e com pés paralelos. Neste ponto foi coletada a imagem de centro de pressão e uma foto do indivíduo. Fitas adesivas eram posicionadas no tapete da plataforma de força a fim de limitar a posição dos pés dos sujeitos, e estes foram orientados a não se moverem até o final das coletas. Os dados de nome, peso e idade dos indivíduos era colocada no software para normalização dos dados e cálculos do próprio programa.

## 2.3 CINEMETRIA

Para a aquisição das imagens do exercício de abdução de ombro utilizou-se a cinematria em sincronia com a eletromiografia. A câmera JVC America modelo GR DVL9800 (Long Beach, Estados Unidos), foi posicionada sobre um tripé e mantida a três metros dos participantes de forma a obter imagens no plano frontal dos sujeitos. Allison (2003) lembra da dificuldade em selecionar o momento de início da ativação muscular eletromiográfica de forma precisa, e como isso pode influenciar nos resultados. Por este motivo é de extrema importância a que a cinematria seja sincronizada com as demais variáveis, desta forma o tempo exato de início do movimento pode ser fixado e avaliações do APA tornam-se possíveis (ALLISON, 2003; HUG, 2011).

## 2.4 PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO

Após os sujeitos declararem-se estáveis e confortáveis na plataforma de força, foi sorteado se o primeiro movimento ocorreria de forma bilateral ou unilateral. Em cada uma das situações os indivíduos foram solicitados a realizar inicialmente 3 repetições em velocidade auto-selecionada e sem carga. Após um período de descanso de pelo menos 30 segundos, os avaliadores solicitavam que o sujeito realizasse novas 3 repetições, agora de forma mais rápida que as anteriores e ainda sem carga. Sem que os indivíduos saíssem da plataforma, lhes eram alcançados halteres com a carga compatível com 10RM, e era solicitado que realizassem nova série de 3 repetições. Entre cada série o estímulo verbal “por favor relaxe seu corpo e procure se manter relaxado até o início da próxima série” era repetido. No momento da repetição com halter, um avaliador entregava o halter na mão dominante do sujeito (no caso de repetição unilateral) ou nas duas mãos, afim de que este não se deslocasse. Sem sair da posição na plataforma de força, os indivíduos eram então orientados a descansar por 2 minutos e então procediam da mesma forma a realização do movimento unilateral ou bilateral (conforme sorteio), de forma que ao todo cada sujeito realizou 18 movimentos.

## 2.5 ANÁLISE DOS DADOS:

Foi analisado o primeiro movimento executado de cada série de cada sujeito, por acreditar-se ser o mais significativo para estudo de automatismos posturais. Os sinais captados pelo eletromiógrafo foram gravados em um microcomputador por meio do software de aquisição dos dados Miograph. Posteriormente, os arquivos foram exportados para o *software* SAD 32, desenvolvido pelo Laboratório de Medições Mecânicas da Escola de Engenharia da UFRGS [<http://www.pgje.ufrgs.br>]. Neste programa foram analisadas as atividades elétricas de cada músculo.

A fim de estipular o momento de início e fim do movimento, foi realizada a análise da cinemetria através do *software Virtual Dub* versão 1.9, que permitiu a visualização da execução do exercício *frame a frame*, e cada *frame* possuía 0,04 segundos ou 40 milissegundos. Neste ponto, foi considerado início do movimento o primeiro *frame* em que o úmero movimentava-se no eixo látero-lateral, e fim do movimento foi considerado o primeiro *frame* onde o úmero não se movimentava mais dentro do eixo látero-lateral.

Os dados da plataforma de força foram visualizados em um microcomputador através de programa específico do aparelho e posteriormente transferidos para análise no programa *Excel 2007* – Microsoft. Foram avaliados os padrões de comportamento e deslocamento do CP no eixo x e y, sabendo-se que variações no eixo y representam o plano frontal e variações no eixo x representam o plano sagital. Foi utilizado um teste de Análise de Variância (ANOVA) para medidas repetidas onde considerou-se o índice de significância  $p > 0,05$ .

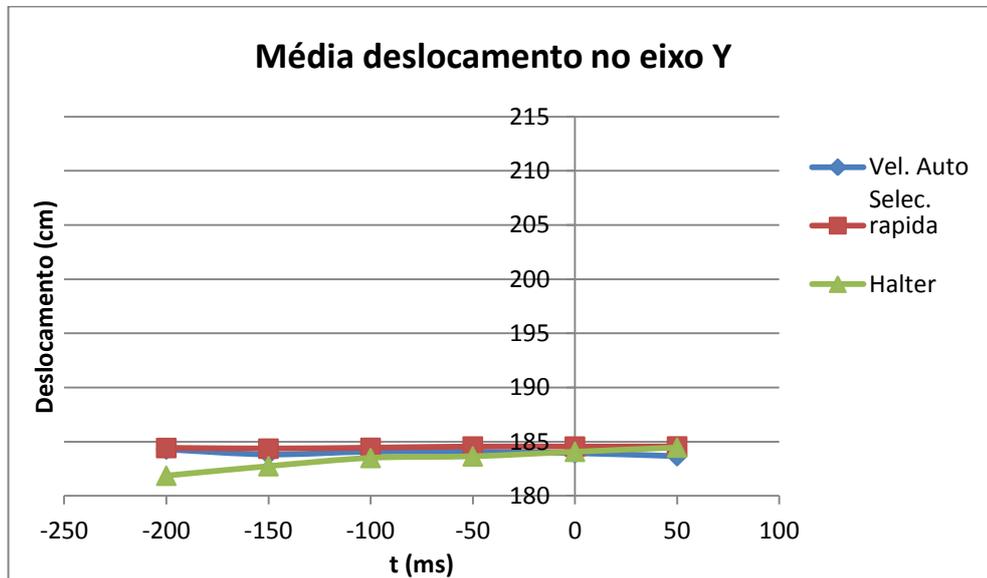
Um aspecto de análise amplamente discutido na literatura atual é a normalização do sinal eletromiográfico, e embora amplamente discutido, há consenso da importância do uso de medidas para normatização dos valores eletromiográficos em pesquisas. Além disso existem diferenças na janela de tempo escolhida para a avaliação do APA (ALLISON, 2003). Para o processamento do sinal bruto da eletromiografia empregou-se a unidade de tensão elétrica em volts (eixo y) e a unidade de tempo em segundos (eixo x), e alinhamento do sinais via SINC. Foi utilizado um filtro para o alinhamento da base do sinal através da ferramenta remove DC, com intuito de suprimir as oscilações de frequência contínuas e reduzir o erro dos dados. Em seguida foi realizado o processamento deste sinal por filtro via FFT (*Fast Fourier Transform* – Transformada rápida de Fourier), filtra espectro ideal com frequência mínima de 10hz e máxima de 500hz. Ainda realizou-se um novo processamento por filtro FFT via *butterworth* de segunda ordem com frequência mínima de 50Hz e máxima de 500Hz (Krishnan V, Latash ML, Aruin AS, 2012). Para retificação do sinal foram então calculados os valores de RMS via processamento de envelope RMS com janelamento *hamming* em unidades de eixo X. Para os valores de CVM foram usadas janelas de 3 segundos, enquanto para a análise do movimento se usou uma janela de 0,2 s. Foi estabelecido o tempo zero ( $T_0$ ) o ponto onde o exercício se iniciava. Foi calculada a média dos valores do RMS médio em Y para cada músculo no período de -200ms a 0 e comparados com os valores máximos obtidos durante a CVM de forma percentual.

### 3. RESULTADOS

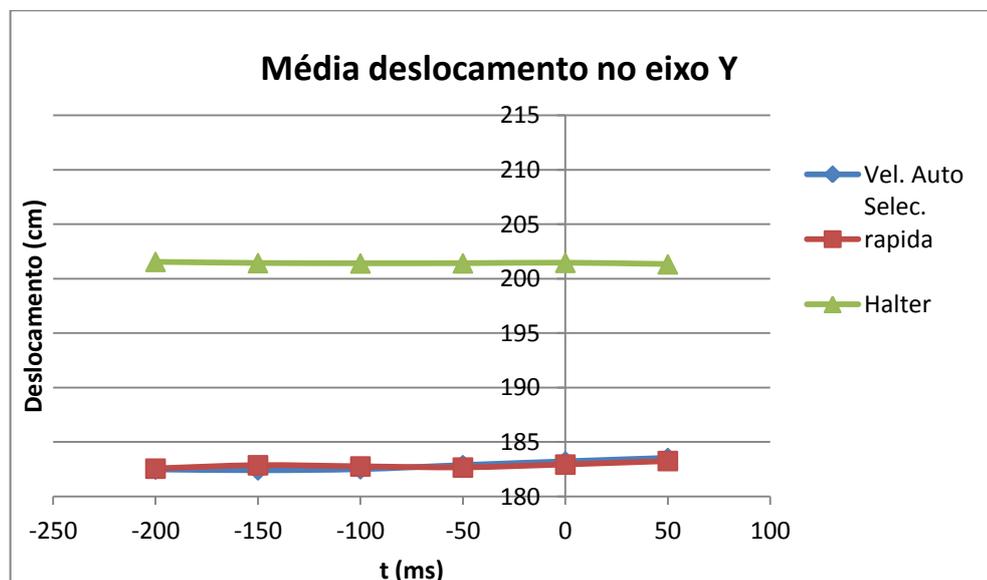
A amostra foi composta por 3 indivíduos, sendo dois homens e uma mulher. A idade média dos participantes era de 26,6 anos (DP= 3,05), todos destros.

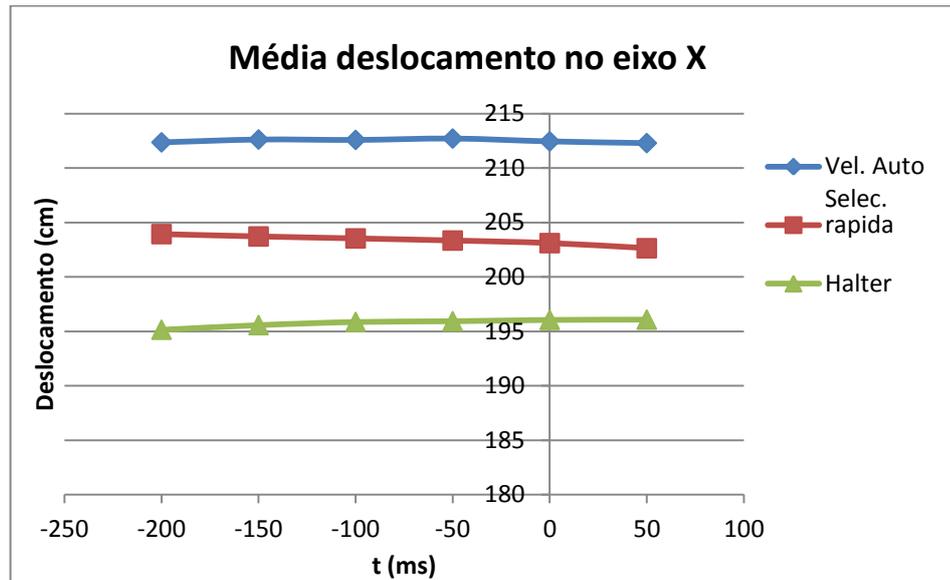
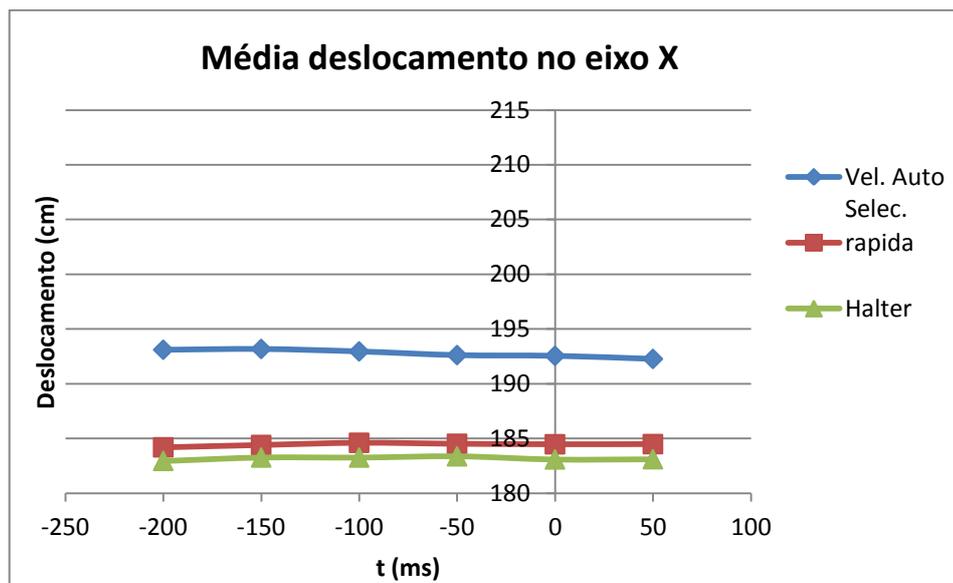
O deslocamento do Centro de Pressão não apresentou mudanças significativas para nenhum dos parâmetros analisados (tipo de exercício, velocidade/implemento) conforme pode-se observar nos gráficos abaixo. A maior variação observada no deslocamento do CP ocorreu no eixo y (plano frontal), na repetição de abdução com halter, mas esta alteração não foi significativa.

**Gráfico 1 – Deslocamento Y na repetição bilateral**



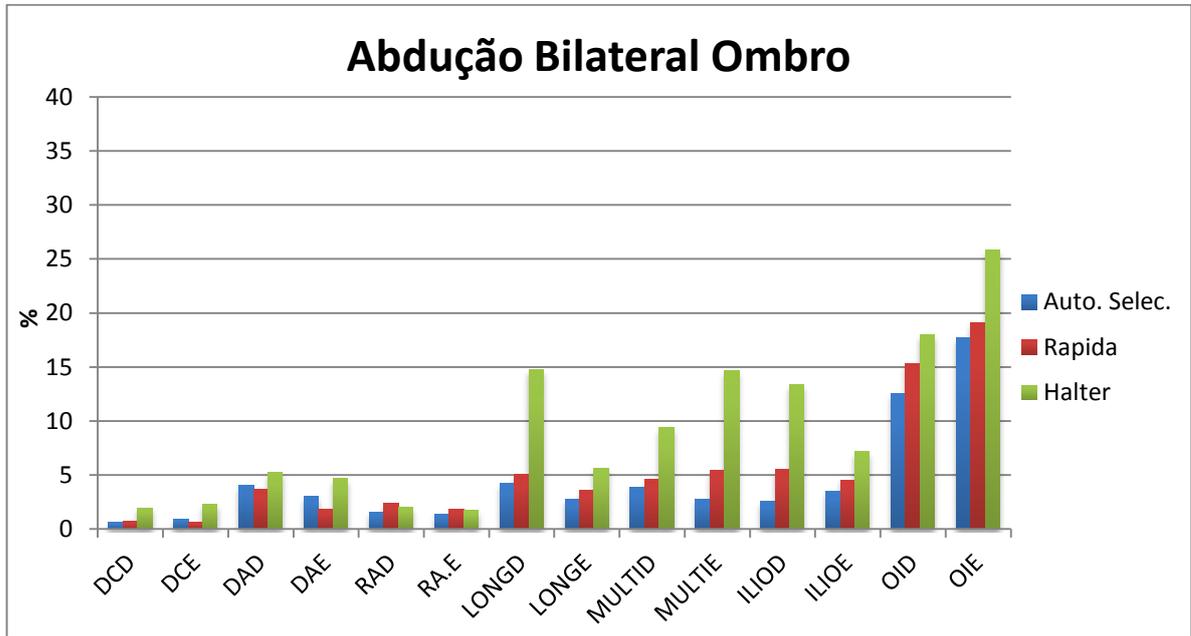
**Gráfico 2 – Deslocamento Y na repetição unilateral**



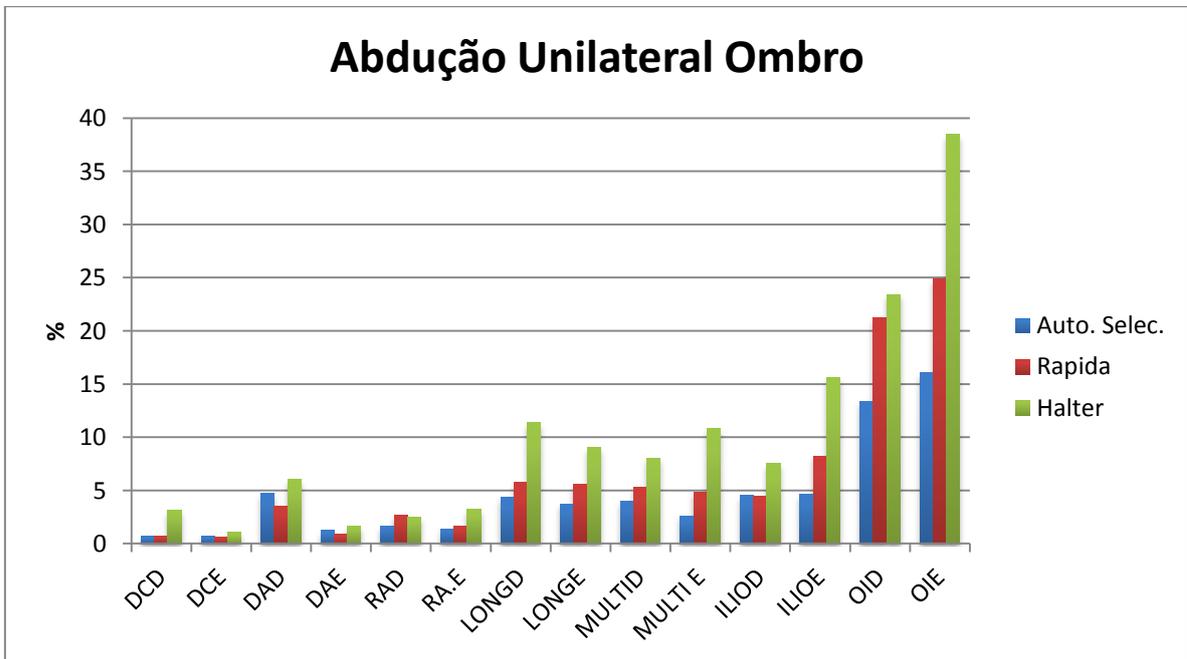
**Gráfico 3 – Deslocamento X na repetição bilateral****Gráfico 4 – Deslocamento X na repetição unilateral**

Os percentuais de ativação muscular de cada músculo e para cada exercício podem ser observados nos gráficos abaixo. Na repetição lenta unilateral e bilateral somente os músculos Oblíquo Interno Direito (OID) e Oblíquo Interno Esquerdo (OIE) tiveram ativação acima de 10% da CVM.

**Gráfico 5 – Percentual de ativação muscular na abdução bilateral de ombro**



**Gráfico 6 – Percentual de ativação muscular na abdução unilateral de ombro**



#### 4. DISCUSSÃO

Ainda que muitos estudos prévios mostrem que durante a flexão do braço, o corpo todo inclina para o lado oposto do braço movimentado, e a ativação prévia é observada nos músculos posturais envolvidos neste movimento de inclinação (FUJIWARA et al, 2009), o presente estudo não observou mudanças no deslocamento do CP no eixo do movimento apendicular (plano frontal), ou no plano sagital. Tal efeito pode ser proveniente de uma falha metodológica na análise dos dados, visto que estes não receberam nenhuma filtragem ou normalização após a retirada dos dados do *software* específico. Ruhe, Fejer e Walker (2011) consideraram que há poucos dados como valores de referência sobre CP para diferentes populações o que limita a aplicação das medidas do Centro de Pressão.

Há muitos anos se reconhece que há um Ajuste Postural Antecipatório (APA) apropriado para qualquer movimento voluntário apendicular, que funciona como um estabilizador do equilíbrio corporal de forma *feedforward* (DIETZ et al., 2000). O padrão de atividade deste ajuste postural é específico à tarefa a ser executada, mas é adaptável de acordo com variáveis da tarefa como velocidade, deslocamento, carga, simetria e suporte postural (MOORE, 1992). Na presente pesquisa observou-se uma maior ativação dos músculos responsáveis pela rotação e inclinação do tronco como ajustes posturais antecipatórios para o movimento de abdução unilateral e bilateral. Também se observou que esta ativação parece estar relacionada com a velocidade da execução do movimento e com a carga associada ao movimento.

É possível observar que tanto na abdução unilateral, quanto na bilateral os músculos posteriores e laterais do tronco (Longuíssimo, Multifido, Ileocostal e Oblíquo Interno) apresentam um aumento da ativação muscular, conforme ocorre um aumento da velocidade e da carga associada ao movimento (à exceção do músculo ILIOD na comparação velocidade auto-selecionada e rápida).

O músculo Longuíssimo Direito (LONGD) apresentou ativação acima de 10% nas repetições com halter, uni ou bilaterais (14,73 e 11,42% respectivamente). Tal fato é curioso, visto na execução bilateral o aumento do músculo LONGE foi de apenas 5,65%. Esperava-se que pela conformação anatômica destes músculos, eles agissem de forma a estabilizar principalmente desequilíbrios anteriores do corpo. Como não observamos mudanças significativas no CP do plano sagital, era

esperado que tais músculos não aumentassem muito sua ativação, ou o fizessem de forma bilateral e simétrica visto que a coativação muscular é uma estratégia comum de controle voluntário que se acredita ser responsável pela estabilidade articular (ERVILHA et al, 2012). Como os sujeitos foram familiarizados com os testes, a resposta do APA pode ter sido reduzida em vista que APAs observados em condições onde perturbações previstas iniciaram o deslocamento do Centro de Pressão do corpo resultaram em uma melhor organização da posição do corpo para o impacto (deslocamento do CP), levando a um movimento compensatório menor mesmo após o impacto. Tais fatores sugerem que sujeitos com alterações de equilíbrio poderiam fazer uso dos conhecimentos do APA na prescrição de tratamento (SANTOS, KANEKAR e ARUIN, 2010b).

O músculo MULTIE aumentou sua ativação em mais de 10% na execução de abdução bilateral se comparado a repetição halter com repetição lenta (14,65% e 2,72% respectivamente), e em 8% na mesma comparação unilateral (10,86% e 2,65% respectivamente). Este aumento de atividade pode-se justificar pelas tendências mecânicas do movimento de abdução de ombro, uma vez que o músculo Multífido possui funções de extensão e inclinação ipsilateral da coluna. O comportamento do músculo ILIOE também merece nota. O percentual de ativação deste músculo na repetição com halter dobra na comparação Bilateral x Unilateral (7,19% e 15,59% respectivamente). Tal observação confirma o papel deste músculo como estabilizador de possíveis movimentos de inclinação contralateral do tronco, visto que todos os sujeitos da amostra eram destros. Além disto o movimento de abdução bilateral caracterizar-se por um exercício “auto-compensado”, uma vez que desequilíbrios gerados pela abdução de um membro superior é compensado pela tendência oposta provocada pelo membro superior contralateral.

Enquanto na comparação da abdução bilateral X unilateral, especialmente nas repetições com halter, ocorre um aumento do percentual de ativação dos músculos OID, OIE e ILIOE, pode-se notar uma redução desta ativação nos músculos ILIOD, MULTIE e LONGD, o que indica que os sujeitos apresentem uma diferente estratégia motora na abdução unilateral em comparação à bilateral.

Os resultados permitem afirmar que dentre os músculos avaliados, o principal responsável por ajustes posturais antecipatórios para o movimento de abdução de ombro uni ou bilateral é o músculo Oblíquo Interno (OI). Quanto maior a velocidade do movimento segmentar, e carga associada ao segmento, maior a contração do OI.

Santos e Aruin (2008) avaliaram a resposta de APA com desequilíbrios em diferentes sentidos e concluíram que em particular os músculos Glúteo Médio e Oblíquo Externo apresentam um padrão APA direção-específico e apresentam maior ativação ipsilateral ao braço do destúrbio. No presente estudo, encontramos o padrão maior de atividade do Oblíquo Interno de forma contralateral ao movimento (OID 23,42% e OIE 38,45% na repetição unilateral com halter) o que corrobora com os achados de Santos e Aruin (2008) visto que o OI possui uma função de rotação ipsilateral, e o OE possui uma função de rotação contralateral.

Outra questão importante, é o fato de que mesmo nos ajustes posturais, sejam eles prévio, antecipatórios ou compensatórios, ocorrem interações sinérgicas e variações nos padrões de ativação muscular. Tais fatos são confirmados pelos achados da presente pesquisa, e ocorrem conforme individualidades de cada sujeito. Significam que músculos com atividades afins e também opostas entre si são ativados de forma equilibrada, e embora nem sempre com padrões simétricos, devem ocorrer de forma a manter um equilíbrio sinérgico.

Poucos estudos comparam os diferentes graus de ativação dos músculos. Mas tais estudos permitem uma análise comparativa dos diferentes tipos de exercício. Se o APA está relacionado com os níveis de contração e ajustes posturais pós perturbação (movimento segmentar por exemplo), os resultados do presente estudo sugere que exercícios de abdução de ombros de forma bilateral ou unilateral podem servir como exercícios de treino para o Oblíquo Interno. Da mesma forma, mostra que para um sujeito que apresente uma patologia de coluna ou dor lombar, e por conseguinte apresente redução dos níveis de APA, tais exercícios mesmo que com carga para treino de resistência de força (10RM) poderiam garantir maior segurança para um treino de força abdominal, visto que há a contração e ativação muscular, mas não parece haver movimento significativo do tronco uma vez que não foram encontrados deslocamentos significativos do CP. Ou, se visto por outro aspecto, um exercício segmentar de abdução de ombro com carga um pode representar uma carga para a musculatura abdominal, aquém do que o indivíduo poderia executar. Pois, se o sujeito já apresenta uma redução da atividade muscular postural, e uma carga mais elevada exige uma maior estabilidade de tronco (que não seria possível por esta redução de ativação), esses exercícios podem aumentar os riscos de lesão e sobrecarga à coluna vertebral. Para a elucidação de tais questões, mais estudos tornam-se necessários.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo demonstrou que as respostas dos Ajustes Posturais Antecipatórios parecem depender de diversos fatores. Um deles é a própria especificidade da tarefa a ser realizada. Quando observamos um movimento segmentar no plano frontal, observamos uma menor ativação dos músculos anteriores e posteriores de tronco, em relação à uma maior atividade da musculatura lateral do tronco. Tal fator deve-se à própria biomecânica do movimento. Da mesma forma, quanto maior a carga e velocidade do movimento segmentar, maior parece ser o padrão de ativação muscular. No entanto as características individuais de cada sujeito devem ser levadas em consideração.

Desta forma observa-se que um treino que utilize a abdução de ombro (unilateral ou bilateral) exige da musculatura estabilizadora do tronco (em especial o músculo Oblíquo Interno) certo nível de atividade mesmo antes do início do movimento segmentar. Indivíduos que apresentem patologias de coluna podem vir a se beneficiar da utilização deste tipo de exercício apendicular. No entanto cabe salientar a importância de uma correta execução dos exercícios, pois se indivíduos com alterações e dores lombares apresentam redução dos níveis de APA, e se o exercício for executado de força errada, ou com carga acima de 10 repetições, os riscos para o indivíduo podem ser mais altos. Desta forma mais estudos que avaliem os níveis de estabilização de tronco, APA e suas repercussões na dinâmica corporal se fazem necessários.

## 6. REFERÊNCIAS

ALLISON G.T. Trunk muscle onset detection technique for EMG signals with ECG artifact. **Journal of Electromyography and Kinesiology**. 2003;13:209-16.

ARUIN A. The organization of anticipatory postural adjustments. **Journal of Automatic Control**. 2002;12:31-7.

BAZRGARI B., SHIRAZI-ADL A., LARIVIÈRE C. Trunk response analysis under sudden forward perturbations using a kinematics-driven model. **Journal of Biomechanics**. 2009;42(9):1193-200.

BIGONGIARI A., SOUZA F.A., FRANCIULLI P.M. NETO S.E., ARAUJO R.C. MOCHIZUKI L. Anticipatory and compensatory postural adjustments in sitting in children with cerebral palsy. **Human Movement Science**. 2011;30:648-57.

BRADL I., MÖRL F., SCHOLLE H.C., GRABME R., MÜLLER R., GRIESHABER R. Back muscle activation pattern and spectrum in defined load situations. **Pathophysiology**. 2005;12:275-80.

BROISSET S., ZATTARA M. Biomechanical study of the programming of anticipatory postural adjustments associated with voluntary movement. **Journal of Biomechanics**. 1987;20(8):735-42.

BROISSET S., ZATTARA M. Posturo-kinetic organization during the early phase of voluntary limb movement. 1 Normal subjects. **Journal of Neurology, Neurosurgery, and psychiatry**. 1988;51:956-65.

BROWN S.H.M., HAUMANN M.L., POTVIN J.R. The responses of leg and trunk muscles to sudden unloading of the hands: implications for balance and spine stability. **Clinical Biomechanics**. 2003;18:812-20.

DICKESTEIN R., SHEFI S., MARCOVITZ E., VILLA Y. Anticipatory postural adjustments in selected trunk muscles in poststroke hemiparetic patients. **Archives of Physical Medicine Rehabilitation**. 2004;85:261-7.

DIETZ V., KOWALEWSKY R., NAKAZAWA K., COLOMBO G. Effects of changing stance conditions on anticipatory postural adjustments and reaction time to voluntary arm movement in humans. **Journal of Physiology**. 2000;524(2):617-27.

ERVILHA U.F., GRAVEN-NIELSEN T., DUARTE M. A simple test of muscle coactivation estimation using electromyography. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**. ISSN 0100-879X.

FUJIWARA K., TOMITA H., KUROKAWA N., ASAI H., MAEDA K. Effects of stance width on postural movement pattern and anticipatory postural control associated with unilateral arm abduction. **Journal of Electromyography and Kinesiology**. 2009;19:e187-e196.

HEDAYATI R., KAHRIZI S., PARNIANPOUR M., BAHRAMI F., KAZEMNEJAD A. The study of the variability of anticipatory postural adjustments in recurrent non-specific LBP patients. **World Academy of Science, Engineering and Technology**. 2010;69:312-5.

HUG F. Can muscle coordination be precisely studied by surface electromyography? **Journal of Electromyography and Kinesiology**. 2011;21:1-12.

HODGES P.W., RICHARDSON C. Altered trunk muscle recruitment in people with low back pain with upper limb movement at different speeds. **Archives of Physical Medicine Rehabilitation**. 1999;80:1005-12.

KAI S., YOSHIMOTO R., NAKAHARA M., MURAKAMI S., WATARI K., TAKAHASHI S. Trunk muscle activity in two-leg standing to one-leg standing in healthy elderly adults. **Journal of Physical Therapy Science**. 2008;20:77-80.

KLOUS M., MIKULIC P., LATASH M. Early postural adjustments in preparation to whole-body voluntary sway. **Journal of Electromyography and kinesiology**. 2012;22:110-6.

KRISHNAN V., LATASH M.L., ARUIN A.S. Early and late components of feed-forward postural adjustments to predictable perturbations. **Clinical Neurophysiology**. 2012;123:1016-26.

KRISHNAN V., LATASH M.L., ARUIN A.S. Two stages and three components of the postural preparation to action. **Experimental Brain Research**. 2011;212:47-63.

MOORE S, BRUNT D, NESBITT ML, JUAREZ T. Investigation of evidence for anticipatory postural adjustments in seated subjects who performed a reaching task. **Physical Therapy**. 1992;72(5):335-43.

RUHE A., FEJER R., WALKER B. Center of pressure as measure of balance in patients with non-specific low back pain compared to healthy controls: a systematic review of literature. **European Spine Journal**. 2011;20:358-68.

SANTOS M., KANEKAR N., ARUIN A.S. Role of lateral muscles and body orientation in feedforward postural control. **Experimental Brain Research**. 2008;184:547-559.

SANTOS M., KANEKAR N., ARUIN A.S. The role of anticipatory postural adjustments in compensatory control of posture: 1. electromyography analysis. **Journal of Electromyography and Kinesiology**. 2010;20:388-97.

SANTOS M., KANEKAR N., ARUIN A.S. The role of anticipatory postural adjustments in compensatory control of posture: 2. biomechanical analysis. **Journal of Electromyography and Kinesiology**. 2010;20:398-405.

## 7. APÊNDICE

### 7.1 TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

#### **ESTUDO: AJUSTES POSTURAIIS ANTECIPATÓRIOS DURANTE EXERCÍCIOS UNILATERAIS E BILATERAIS DE ABDUÇÃO DE OMBRO**

Você esta sendo convidado a participar da pesquisa que faz parte do Trabalho de Conclusão de Curso de Licenciatura em Educação Física da Escola de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Eu, \_\_\_\_\_, abaixo assinado(a) após leitura desse documento, estando ciente de todas estas informações, concordo de livre e espontânea vontade em participar do presente estudo como voluntário.

Este estudo pretende verificar as ações musculares ocorridas na musculatura estabilizadora da coluna vertebral durante a execução de diferentes exercícios de braços, com a utilização de pesos livres na postura ereta.

Esta pesquisa será desenvolvida no Laboratório de Pesquisa em Exercício, da Escola Superior de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, localizada em Porto Alegre. Local onde realizarei uma sequência de exercícios com a utilização de pesos livres. Nesta ocasião, serão colocados sobre a pele eletrodos adesivos, conectados a um eletromiógrafo, aparelho que medirá a atividade elétrica de músculos envolvidos no exercício, sendo que estes não causarão nenhum risco a minha saúde.

Estou ciente que a preparação para a colocação dos eletrodos envolve tricotomia (retirada dos pelos) que será realizada com uma gilete descartável, que será corretamente descartada após seu uso.

Também me foi informado que não haverão custos e nem remuneração para o voluntário participante da amostra da pesquisa. Sei a qualquer momento posso desistir da participação desta pesquisa, sem que isso necessite de qualquer justificativa ou que onere em alguma forma. Caso eu desejar poderei pessoalmente tomar conhecimento dos resultados.

O pesquisador explicará como será feito o estudo no início da avaliação e esclarecerá as eventuais dúvidas dos participantes. Esse projeto está sob a responsabilidade da Professora orientadora Doutora Flávia Gomes Martinez.

---

Sujeito pesquisado e/ou responsável

---

Dra. Flávia Martinez  
Tel: (51) 81468536  
flaviamartinez@terra.com

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA

Karen Przybysz da Silva Rosa

AJUSTES POSTURAS ANTECIPATÓRIOS DURANTE EXERCÍCIOS  
UNILATERAIS E BILATERAIS DE ABDUÇÃO DE OMBRO

Porto Alegre

2012