

**ESTUDO DO COMPORTAMENTO DOS MÚSCULOS
ESTABILIZADORES DA ESCÁPULA DURANTE EXERCÍCIOS DE
ROTAÇÃO DO OMBRO**

BRUNA DA SILVA MOLINA

Orientador: Profº Dr. Rúben de Faria Negrão Filho

Presidente Prudente

2010

BRUNA DA SILVA MOLINA

**ESTUDO DO COMPORTAMENTO DOS MÚSCULOS
ESTABILIZADORES DA ESCÁPULA DURANTE EXERCÍCIOS DE
ROTAÇÃO DO OMBRO**

Trabalho de Graduação apresentado à
Coordenação do Curso como exigência parcial
para conclusão do Curso de Graduação em
Fisioterapia da Faculdade de Ciências e
Tecnologia da Universidade Estadual Paulista –
UNESP – Campus de Presidente Prudente.

Orientador: Prof^o Dr. Rúben de Faria Negrão Filho

Presidente Prudente

2010

SUMÁRIO

1- RESUMO	3
2- INTRODUÇÃO	4
3.1 GERAL	7
3.2 ESPECÍFICO	7
4- MATERIAIS E MÉTODOS	8
4.1 AMOSTRA	8
4.2 MODELO EXPERIMENTAL	9
4.3 INSTRUMENTAÇÃO	10
4.3.1 <i>Sistema de aquisição de sinais</i>	10
4.3.2 <i>Sistema mecânico para exercício</i>	14
4.3.3 <i>Outros materiais</i>	15
4.4 PROCEDIMENTO DE COLETA.....	15
4.4.1 <i>Posicionamento e fixação dos eletrodos</i>	15
4.4.2 <i>Determinação da CIVM</i>	17
4.4.3 <i>Coleta dos dados</i>	20
4.5 PREPARO DOS DADOS PARA ANÁLISE	22
4.6 TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS.....	26
5- RESULTADOS	27
6- DISCUSSÃO.....	37
7- CONCLUSÃO	41
8- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	43
ANEXO I	45
ANEXO II.....	46
ANEXO III.....	48
ANEXO IV	49

1- RESUMO

A função normal dos músculos escapulotorácicos é um dos componentes vitais para a estabilidade dinâmica do complexo do ombro. A maioria dos estudos aborda o controle dinâmico da escápula, porém o comportamento muscular no controle estático da mesma tem sido menos frequente. O objetivo do estudo foi analisar a ação simultânea dos músculos serrátil anterior e as três porções do trapézio durante o movimento de rotação interna e externa do ombro, entre voluntários assintomáticos. 10 indivíduos com idade entre 20 e 40 anos foram avaliados com testes de movimentos de rotação do ombro direito e esquerdo, contra uma resistência elástica (40% da CIVM), para captação de EMG por meio de eletrodos de superfície nos músculos: trapézio ascendente (TA), trapézio transverso (TT), trapézio descendente (TD) e serrátil anterior (SA). Foram obtidos valores de Contração Isométrica Voluntária Máxima (CIVM) para os músculos rotadores do ombro e TA, TT, TD e SA. Os sinais foram normalizados pela CIVM e processados no *software* Matlab, gerando curvas médias de ativação simultânea para cada par muscular (TA/TT; TA/TD; TA/SA; TT/TD; TT/SA; e TD/SA). A quantidade de co-contracção dos pares musculares foi baixa (variação média de 2,3% a 11% da CIVM), e os pares em combinação com o SA tiveram tendência de maiores valores; a variabilidade encontrada foi baixa e a confiabilidade foi adequada (ICC > 0,70). Os baixos valores de co-contracção encontrados neste estudo eram esperados, concordando com a biomecânica do movimento utilizado e com os estudos que avaliaram os mesmos músculos em outras condições; o movimento de RE apresentou co-contracção levemente maior que a RI e isto sugere que a RE é um movimento mais instável, além de ser considerado o movimento mais fraco do ombro. Diante dos resultados encontrados, conclui-se que a metodologia utilizada foi reprodutível, e que o movimento de rotação com resistência elástica gera pouca necessidade de estabilização da escápula, porém o movimento de RE pode ser utilizado quando há a intenção de treino de estabilidade e coordenação escapular.

2- INTRODUÇÃO

A escápula tem um importante papel na função normal do ombro. Seu movimento e posição criam parâmetros para permitir uma fisiologia e biomecânica normal do ombro (KIBLER, 1998).

A habilidade para posicionar e controlar os movimentos da escápula é essencial para uma função do membro superior normal. Para que haja mobilidade e estabilidade na articulação glenoumeral é necessário o ajuste escapular, que é descrito como a orientação dinâmica da escápula em uma posição que otimize a posição da glenóide (MOTTRAM, 1997).

Os músculos fixados à escápula podem ser divididos em três grupos (KIBLER, 1998). O grupo 1 consiste nos músculos envolvidos com a estabilização e a rotação da escápula – o trapézio, os rombóides, o elevador da escápula e o serrátil anterior; e os grupos 2 e 3 incluem os músculos extrínsecos e intrínsecos do ombro. Para que os músculos dos grupos 2 e 3 funcionem eficientemente, tanto concêntrica como excentricamente, a escápula deve ser firmemente ancorada pelos músculos estabilizadores escapulares do grupo 1.

A função normal dos músculos escapulotorácicos é um dos componentes vitais para a estabilidade dinâmica do complexo do ombro, pois sua ação fornece uma base de rotação estável para o úmero e mantém a glenóide na posição que permite a máxima congruência com a cabeça do úmero. Déficits nos músculos escapulotorácicos podem gerar sobrecarga adicional sobre os músculos do manguito rotador, aumentando a probabilidade de lesões subacromiais (SOUZA, 2001).

Frequentemente, as disfunções no membro superior estão associadas a problemas no complexo do ombro, envolvendo assim a escápula, podendo levar a inatividade e comprometimento na qualidade de vida (MOTTRAM, 1997, MACDERMID, *et al.*, 2004, LIN, *et al.*, 2005).

Estudos relacionados ao comportamento muscular no controle estático da escápula, no sentido de oferecer base estável para movimentos rotacionais do ombro sem movimento escapular, têm sido pouco frequentes. Para Kiyomoto e Araújo (2007), na literatura há várias abordagens, mas não um consenso geral em relação às funções e papéis dos músculos escapulares durante movimentos do braço.

Outro aspecto importante é a abordagem metodológica para os estudos do comportamento dos músculos escapulares, que empregam na grande maioria a análise eletromiográfica no domínio do tempo, onde o tempo de início de ativação muscular e a quantidade de ativação (BARDEN, *et al.*, 2005, FARIA, *et al.*, 2006, KIYOMOTO e ARAUJO, 2007, BRUM, *et al.*, 2008) são comuns. No entanto, a abordagem metodológica considerando a co-contração dos músculos envolvidos na estabilização da escápula é pouco frequente nos estudos eletromiográficos (FARIA, *et al.*, 2006); cujas medidas têm sido amplamente utilizadas para avaliar a qualidade da coordenação motora e o grau de estabilidade articular dinâmica (FONSECA, *et al.*, 2001).

O uso do movimento de rotação do ombro com o braço aduzido tem sido empregado na reabilitação da função muscular na síndrome do impacto (SI), com objetivo de melhorar a coaptação glenoumeral pela ação muscular dos rotadores mediais e laterais do ombro (MCCLURE, 2004); de forma que

adequado comportamento dos músculos estabilizadores da escápula é esperado.

Neste momento cabe questionar se da mesma forma que ocorrem alterações no comportamento dos estabilizadores musculares da escápula (estabilização dinâmica) durante atividade de elevação do braço com conseqüente movimento escapular (PHADKE, *et al.*, 2009), não ocorreria alterações no comportamento desses estabilizadores musculares (estabilização estática) quando não ocorre movimento escapular? Sendo esta hipótese verdadeira não seria razoável realizar um estudo para determinar o comportamento de voluntários assintomáticos com relação à co-contracção dos músculos estabilizadores da escápula?

Portanto, entendemos que um estudo considerando o comportamento muscular para estabilização estática da escápula juntamente com metodologia de análise da atividade eletromiográfica que contemple atividade de co-contracção muscular poderão responder às questões levantadas sobre o comportamento muscular.

3- OBJETIVO

3.1 Geral

Este estudo teve como objetivo analisar a ação simultânea dos músculos serrátil anterior e trapézio durante o movimento de rotação interna e externa do ombro, entre voluntários assintomáticos.

3.2 Específico

1. Analisar as medidas de co-contração entre os músculos serrátil anterior e a porção superior do trapézio;
2. Analisar as medidas de co-contração entre os músculos serrátil anterior e a porção média do trapézio;
3. Analisar as medidas de co-contração entre os músculos serrátil anterior e a porção inferior do trapézio;
4. Analisar as medidas de co-contração entre as porções do músculo trapézio;
5. Comparar as medidas de co-contração dos pares de músculos entre o lado direito e esquerdo.
6. Analisar a reprodutibilidade da execução dos exercícios com a corda elástica em diferentes dias.

4- MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Amostra

A amostra foi composta de um grupo de 10 indivíduos assintomáticos, sem história de dor ou lesão específica do complexo do ombro, com idade entre 20 e 40 anos e que não eram praticantes de esporte que exigisse uso específico do ombro (Quadro 1).

Quadro 1. Dados antropométricos, dominância de MMSS e ocupação dos voluntários coletados (Vol=voluntários; n= 10; IMC= índice de massa corporal; MMSS= membros superiores).

Vol	Idade	Gênero	Altura (m)	Peso (Kg)	IMC (Kg/m ²)	Dominância MMSS	Ocupação
01	24	F	1,53	43	18,36	Direito	Estudante
02	33	M	1,68	64	22,67	Direito	Téc. Lab.
03	23	M	1,76	74	23,88	Direito	Atleta
04	20	F	1,68	56	19,84	Direito	Estudante
05	23	F	1,6	56	21,87	Direito	Estudante
06	25	M	1,8	82	25,30	Direito	Advogado
07	22	F	1,64	60	22,30	Direito	Estudante
08	21	F	1,68	59	20,90	Direito	Estudante
09	20	M	1,79	84	26,21	Direito	Estudante
10	21	M	1,8	70	21,60	Direito	Estudante

Para garantir a condição de ausência de anormalidade da amostra, todos os voluntários foram submetidos a uma avaliação realizada por 2 examinadores treinados, por meio do denominado "Protocolo de avaliação do complexo do ombro de indivíduos saudáveis" (Anexo I), composto por identificação, dados antropométricos, exame físico e exames específicos (teste

de deslizamento escapular lateral, ritmo escapuloumeral e teste de alamento escapular).

Antes de iniciar a coleta de dados referente ao Protocolo de Avaliação, os voluntários assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Anexo II) autorizando sua participação no estudo, momento em que foram informados a respeito dos procedimentos a serem realizados posteriormente. Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em pesquisa da FCT/UNESP – (Processo n. 85/2009).

4.2 Modelo experimental

Para a realização do experimento com objetivo de estudar o comportamento dos músculos estabilizadores da escápula foram realizados testes com movimentos de rotação interna e externa da articulação do ombro direito e esquerdo, com o braço aduzido contra uma resistência elástica, para captação dos sinais eletromiográficos (EMG-S) por meio de eletrodos de superfície colocados nos músculos: trapézio ascendente (TA), trapézio transverso (TT), trapézio descendente (TD) e serrátil anterior (SA).

Antes da realização destes testes foram obtidos valores da força de Contração Isométrica Voluntária Máxima (CIVM) para os músculos rotadores internos e externos do ombro, que serviu de referência para a determinação da força a ser utilizada durante os movimentos do braço com a resistência elástica. CIVM dos músculos TA, TT, TD e SA também foram realizadas a fim de obter dados para posterior normalização dos sinais EMG-S.

Na realização dos testes com movimento de rotação da articulação do ombro com resistência elástica, o voluntário adotou a posição sentada e foi estabelecida resistência de 40% da força obtida da CIVM.

Para cada movimento foram realizadas 12 repetições com velocidade moderada (± 4 segundos) e controlada por um metrônomo. Os testes foram realizados em dois momentos, separados por no mínimo 24 horas.

4.3 Instrumentação

4.3.1 Sistema de aquisição de sinais

Para realização da coleta de dados foi utilizado um sistema de aquisição de sinais analógicos de fontes biológicas e eletrônicas.

Na captação dos sinais EMG-S foram utilizados oito pares de eletrodos de superfície de prata/cloreto de prata (Ag/AgCl) e auto-adesivos, modelo *Medtrace* da marca Tyco/Kendall¹, com superfície de captação de 10mm de diâmetro (Figura 1A). Esses eletrodos foram conectados a um circuito pré-amplificador com ganho de 20 vezes, CMRR (*Common Mode Rejection Ratio*) maior que 80 dB e impedância de 1012 Ω (Figura 1B).

¹ Auto Suture do Brasil Ltda. Avenida das Nações Unidas, 12995 – 23º andar, São Paulo, S.P. - Brasil

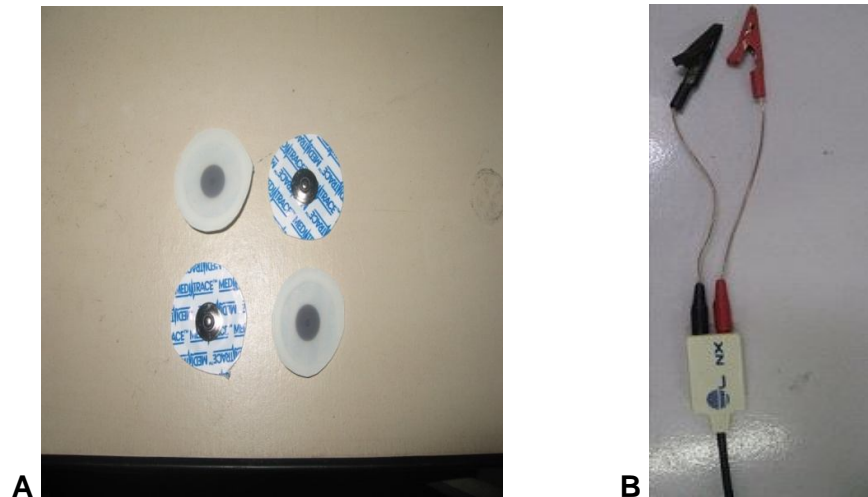


Figura 1. Eletrodos de superfície de prata/cloreto de prata (Ag/AgCl) (A) e circuito pré-amplificador com garras para fixação nos eletrodos (B).

Para a monitoração de força muscular durante a obtenção da CIVM e durante a realização dos movimentos de rotação interna e externa do ombro com resistência elástica foi utilizada uma célula de carga do tipo universal, com “strain gage”, modelo MM da marca Kratos Dinamômetros², com capacidade nominal para até 100 Kg, sinal de saída de mV/V, construída em alumínio anodizado (Figura 2).

² Kratos Dinamômetros Ltda. Rua Dr. João Marques Maurício, 360, Embú, S.P. - Brasil



Figura 2. Célula de carga modelo MM da marca Kratos® Dinamômetros utilizada para monitorar a força muscular.

No condicionador de sinais, da marca Lynx®³ (Figura 3) os sinais analógicos foram filtrados com faixa de frequência de corte de 20 Hz (passa alta) e 500 Hz (passa baixa) (ACIERNO; BARATTA; SOLOMONOW, 1995), através de um filtro analógico (tipo Butterworth, de dois pólos) e amplificados para um ganho final de 1000 vezes. O sistema ainda continha uma placa de conversão de sinal analógico para digital (A/D) que foi configurado para frequência de amostragem de 2000 Hz. Para a aquisição e armazenamento dos sinais em arquivos de dados utilizou-se o *software* Bioinspector 1.8.7, também da Lynx® (Figura 4).

³ Lynx Tecnologia Eletrônica Ltda.: Rua Sales Júnior, 476. São Paulo – SP – Brasil



Figura 3. Módulo condicionador de sinais analógicos, modelo Bio EMG 1000, marca Lynx®, com os cabos dos eletrodos conectados.

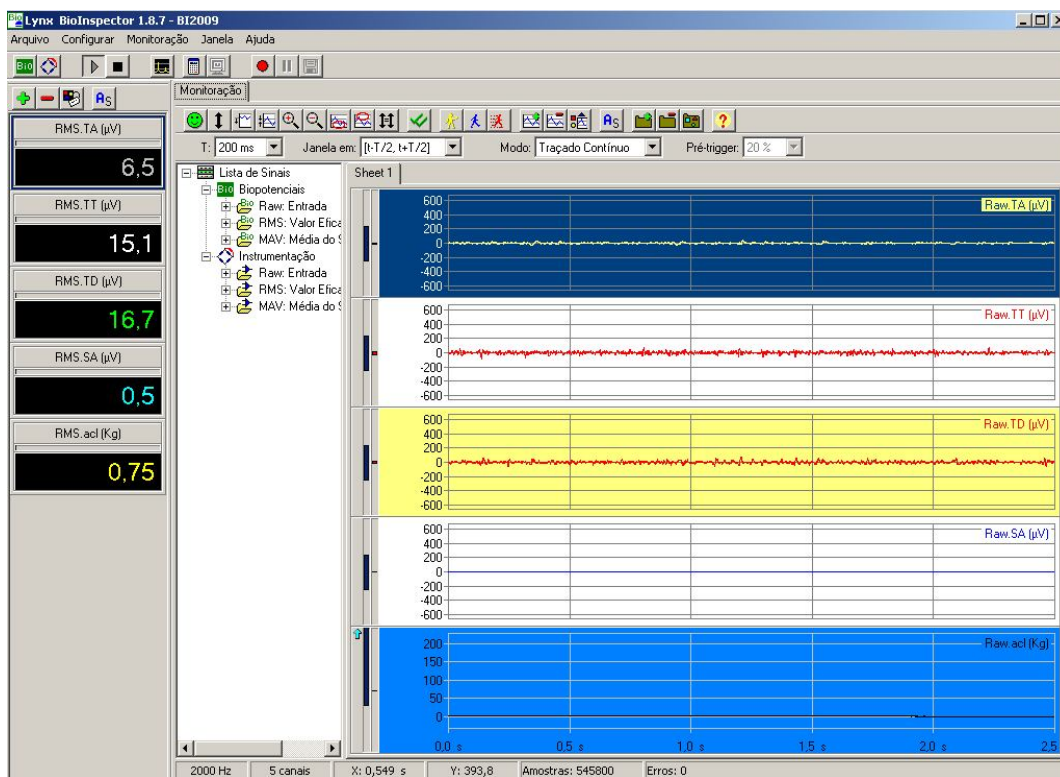


Figura 4. Página do *software* Bioinspector 1.8.7, configurado para aquisição de sinais eletromiográficos dos músculos trapézio ascendente (TA), trapézio transverso (TT), trapézio descendente (TD) e serrátil anterior (SA).

4.3.2 Sistema mecânico para exercício

Para a realização dos testes de movimentos de rotação interna e externa da articulação do ombro direito e esquerdo com resistência elástica foi construído um sistema mecânico constituído de uma barra de ferro perfurada e ajustável onde foi posicionada uma roldana fixa de transferência de carga, e que foi fixada à parede. Neste sistema foi acoplada uma célula de carga posicionada paralela à parede e com um ponto fixo em um gancho parafusado no solo e o outro ponto foi fixado à corda elástica, que por sua vez era fixada a um cabo de aço e à manopla de apoio para a mão (Figura 5).

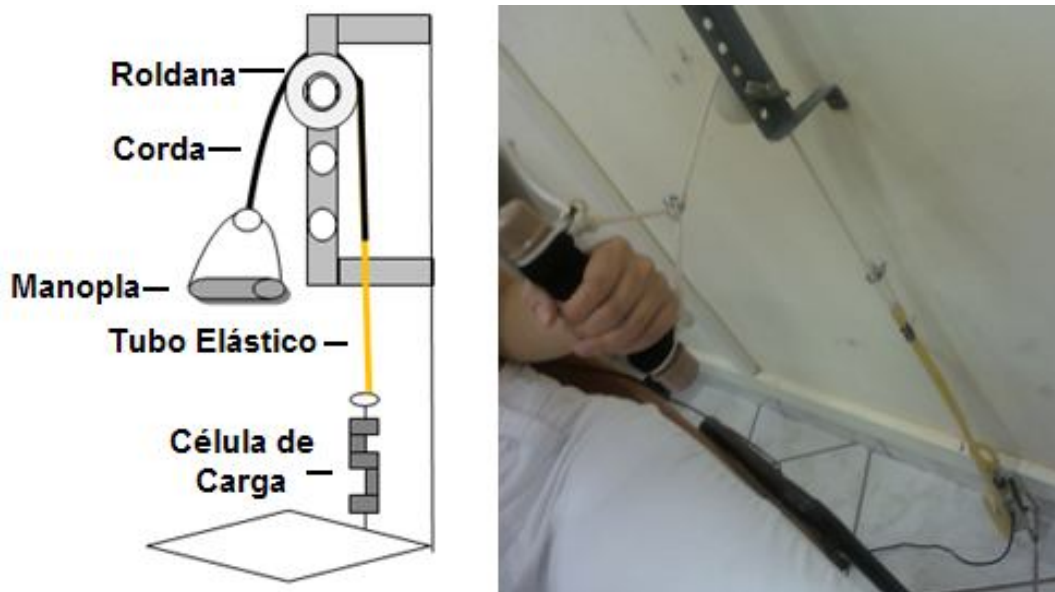


Figura 5. Desenho esquemático e foto do sistema mecânico utilizado para a realização do teste de movimento de rotação da articulação do ombro, monitorado por célula de carga.

4.3.3 Outros materiais

Também foi utilizado durante as coletas um goniômetro universal de plástico, fita métrica, álcool, algodão, micropore, lâmina descartável para tricotomia, fita crepe, fita esparadrapo, tesoura, tubo elástico, metrônomo digital.

4.4 Procedimento de coleta

O voluntário após ter sido selecionado a fazer parte da amostra recebia o termo de consentimento livre e esclarecido para ler e assinar em duas vias, sendo que uma das cópias levava consigo. Em seguida o voluntário era orientado quanto aos procedimentos que seriam realizados durante a coleta dos dados e foi submetido aos seguintes procedimentos:

4.4.1 Posicionamento e fixação dos eletrodos

Com o voluntário sentado em uma cadeira com encosto lombar e relaxado, inicialmente foi solicitada a contração individual dos músculos a serem analisados (TA, TT, TD e SA), utilizando-se de seus respectivos movimentos (elevação, retração, abaixamento e coaptação escapular, respectivamente) e, por palpação foi definido o ponto de maior volume muscular, cuja superfície da pele foi cuidadosamente preparada para fixação dos eletrodos por meio de tricotomia, limpeza e leve abrasão da pele com algodão embebido em álcool hidratado.

Para a fixação dos eletrodos considerou-se a descrição de Faria, Teixeira-Salmela e Paula (2006) da seguinte forma: TA – ponto localizado na região dorsal, na metade da distância entre a coluna cervical (C7) e o acrômio

(a); TT – ponto localizado horizontalmente na metade da escápula, tendo como referência sua borda medial (b); TD – ponto localizado no ângulo inferior da borda medial da escápula, em uma disposição oblíqua (c); e SA – ponto posicionado verticalmente, abaixo da região axilar, na linha do ângulo inferior da escápula (d) (Figura 6). O eletrodo de referência foi posicionado no punho contralateral ao lado a ser coletado.



Figura 6. Posicionamento dos eletrodos de superfície nos músculos Trapézio Ascendente (TA)(a), Trapézio Transverso (TT)(b), Trapézio Descendente (TD)(c), e Serrátil Anterior (SA)(d).

Os pares de eletrodos foram separados entre si a uma distância de 20mm (centro a centro) e posicionados de modo que as superfícies de detecção estivessem orientadas paralelamente ao comprimento das fibras musculares (sentido longitudinal das fibras).

4.4.2 Determinação da CIVM

4.4.2.1 CIVM dos músculos rotadores do ombro

A determinação da carga máxima dos músculos rotadores interno e externo do ombro foi efetuada por meio do teste da CIVM de ambos os membros superiores. Durante a realização do teste o voluntário foi posicionado em uma cadeira com encosto lombar, mantendo a parte superior do tronco e membros superiores livres, e a cabeça alinhada. O braço foi mantido aduzido na posição neutra ao lado do corpo, com o cotovelo posicionado em 90° de flexão e o antebraço na posição neutra (Figura 7). Três repetições de força máxima isométrica para cada movimento (rotação interna e rotação externa) foram realizadas com estímulo verbal do pesquisador (ex: força, força ...!!!); e o valor médio das três tentativas foi considerado como a CIVM.

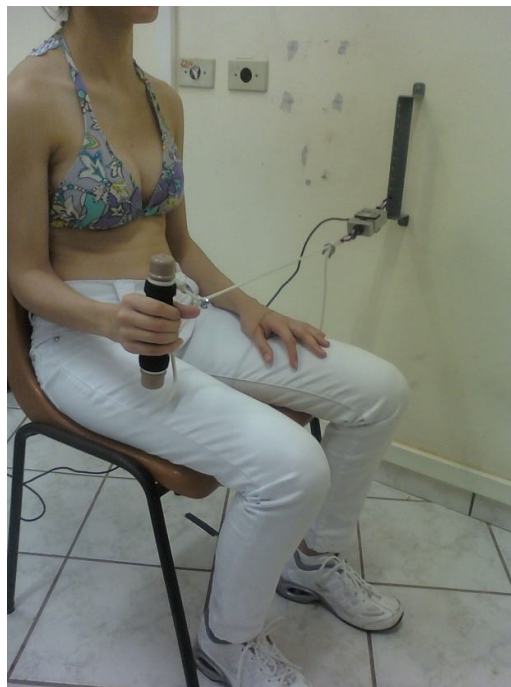


Figura 7. Posição do voluntário para realização de teste de CIVM de rotação externa direita.

4.4.2.2 CIVM dos músculos estabilizadores da escápula

A fim de obter dados de referência para posterior normalização do sinal EMG-S a serem obtidos nos testes de movimento de rotação do ombro foi realizado o teste de CIVM dos músculos TA, TT, TD e SA, sendo captada simultaneamente a força muscular e a atividade eletromiográfica gerada durante o teste.

Para a realização dos testes de CIVM foi considerado os posicionamentos e exercícios propostos por Kendal, McCreary e Provance (2007) (Figura 8).

No teste do músculo TA (Figura 8A), o voluntário foi posicionado sentado, com o braço pendente ao longo do corpo, segurando a manopla fixada à célula de carga e ao solo. O voluntário realizou força para elevação da extremidade acromial da clavícula e da escápula.

Para testar o músculo SA (Figura 8B), o voluntário foi posicionado deitado em decúbito dorsal, com flexão de 90° de ombro e o cotovelo estendido. O voluntário realizou força para abduzir a escápula, projetando o membro superior anteriormente (para cima na figura).

Durante o teste do músculo TT (Figura 8C), o voluntário foi posicionado em decúbito ventral, com o queixo apoiada na maca na posição neutra, ombro em abdução de 90° com o cotovelo estendido e o braço na posição anatômica. O voluntário realizou força para adução da escápula.

No teste do músculo TD (Figura 8D), o voluntário foi posicionado da mesma forma que o teste anterior, apenas com a diferença de que o membro superior foi posicionado diagonalmente acima da cabeça (ângulo de abdução

do ombro de aproximadamente 110°), em linha com as fibras inferiores do trapézio. O voluntário realizou força para aduzir e deprimir a escápula.



Figura 8. Posicionamentos utilizados para captação de EMG-S dos músculos TA (Trapézio Ascendente) (A), SA (Serrátil Anterior) (B), TT (Trapézio Transverso) (C) e TD (Trapézio Descendente) (D) durante os testes de CIVM.

Na determinação da CIVM em cada músculo o voluntário realizou três repetições de contrações sustentadas por 5 segundos (com estímulo verbal do pesquisador, ex: força, força ...!!!) com um descanso de um minuto entre elas.

O valor médio das três tentativas foi considerado como a CIVM e os respectivos valores de atividade eletromiográfica foram utilizados como valores de referência para normalização.

4.4.3 Coleta dos dados

Com o voluntário posicionado sentado em repouso (braço apoiado na perna) e os eletrodos fixados nos músculos foi verificada a qualidade dos sinais, sendo considerado como condição adequada para início da coleta quando o sinal EMG-S obtido nessa posição fosse inferior a $\pm 50 \mu\text{V}$ (ruído elétrico)(Figura 9).

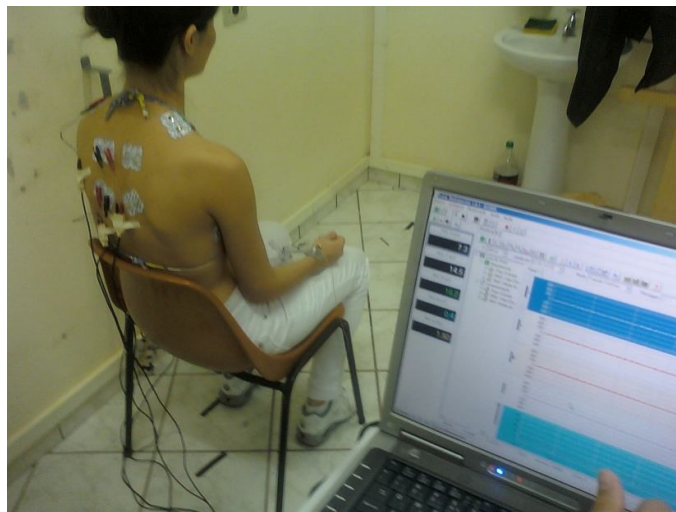


Figura 9. Verificação da qualidade do sinal EMG-S com os eletrodos fixados e o voluntário na posição de repouso do braço.

Em seguida o voluntário realizou os movimentos de rotação de ombro contra uma resistência elástica de 40% da CIVM (medida ao final das amplitudes dos movimentos) com uma velocidade de 50 bpm estabelecida pelo

metrônomo, na posição sentada com o braço posicionado de acordo com a Figura 7.

No movimento de rotação interna o voluntário iniciou o teste com o braço em rotação externa de 15° da posição neutra e finalizou o movimento a 45° de rotação interna. No movimento de rotação externa o teste foi iniciado com braço em rotação interna de 45° e finalizou o movimento em 15° de rotação externa. Nos dois movimentos amplitude total do ciclo foi de 60° .

Em cada movimento o voluntário realizou um ciclo completo composto de contração concêntrica (estirando a resistência elástica até o ângulo estipulado) e excêntrica (retorno à posição neutra resistindo à tensão da corda elástica), que foi monitorado pelo sinal da medida de força exercida durante o movimento. Observação especial foi dada na manutenção aduzida da posição do braço durante todo o ciclo de movimento. A ordem de realização do teste foi aleatorizada. Foi realizada um série para cada movimento (rotação interna e externa), e em cada série foram realizadas 12 repetições.

O teste foi realizado em dois momentos, com intervalo de no mínimo 24 horas entre eles. Na Figura 10, pode ser observado a tela do computador com a página de coleta do *software* Bioinspector mostrando o resultado de uma coleta de um voluntário.

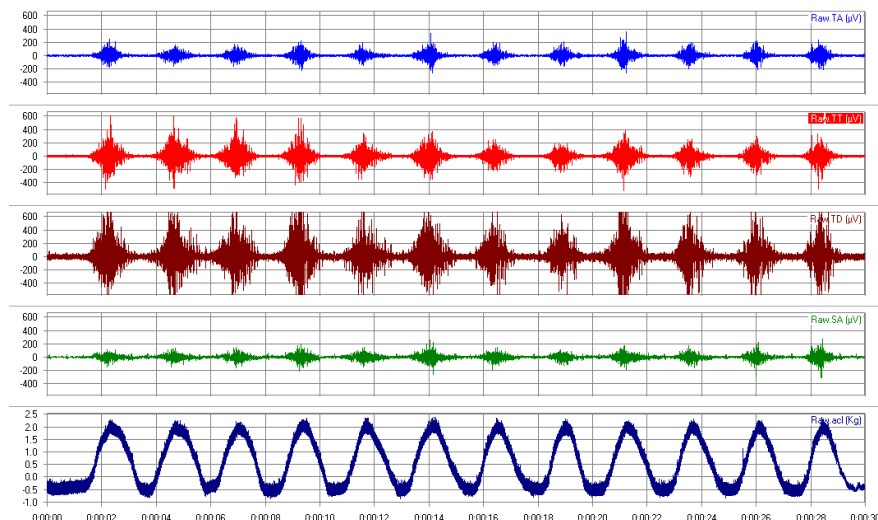


Figura 10. Exemplo de uma coleta realizada em um dos voluntários. Observe os sinais EMG-S brutos dos músculos Trapézio Ascendente (TA), Trapézio Transverso (TT), Trapézio Descendente (TD), Serrátil Anterior (SA), e da célula de carga (respectivamente, de cima para baixo).

4.5 Preparo dos Dados para Análise

Os três valores obtidos por meio da leitura do sinal da célula de carga da CIVM (em kgf) dos músculos rotadores interno e externo do ombro, dos lados direito e esquerdo podem ser vistos na Planilha 1 (Anexo III). A média aritmética das 3 repetições, de cada voluntário, para cada movimento foi utilizada como valor da força máxima (100%) e o valor de 40% desta força máxima serviu como referência de carga para a realização dos testes dos movimentos de rotação de ombro contra a resistência elástica.

Na planilha 2 (Anexo IV) podem ser vistos os três valores do sinal eletromiográfico (em RMS) obtidos durante os testes de CIVM, individualmente para os músculos TA, TT, TD e SA, utilizando a rotina para quantificação de sinal EMG-S do *software* Bioinspector. Na obtenção desses valores foi

selecionada uma janela de 3 segundos entre os 5 segundos coletados, sendo então obtido os valores de RMS, além da transformação dos arquivos em linguagem .txt, que foram posteriormente incluídos na rotina (como valor de referência para normalização) elaborada para processamento e análise dos sinais EMG-S, descrita a seguir.

Os sinais eletromiográficos (EMG-S) captados nos músculos TA, TT, TD e SA, durante os testes com movimentos de rotação interna e externa da articulação do ombro direito e esquerdo, considerando as 12 repetições de cada movimento foram considerados.

O primeiro passo foi a seleção dos sinais em uma única janela com o início fixado no primeiro pico do sinal da célula de carga e o final no último pico, de forma que para análise 10 ciclos de cada movimento foram considerados. Após a seleção foi realizada a transformação para linguagem txt, para posterior processamento em Matlab 6.5 .

Para o processamento e análise do sinal EMG-S foi desenvolvida uma rotina em ambiente MATLAB, no Laboratório de Fisioterapia Aplicada ao Movimento Humano pelo Prof. Dr. Fábio Mícolis de Azevedo, com objetivo de atender especificamente aos objetivos de análise deste estudo.

Nesta rotina, o sinal EMG-S de cada músculo foi inicialmente selecionado automaticamente, de forma a separar 10 ciclos (correspondente a 10 repetições do movimento), sendo considerado como início e final de cada um a visualização pela rotina dos vales do sinal da célula de carga (que monitorava a força para realização do movimento) (Figura 11).

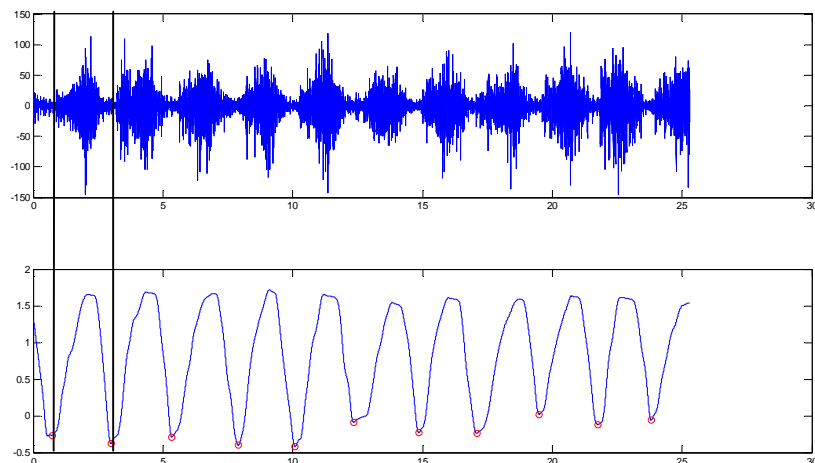


Figura 11. Exemplo de como a rotina identifica os 10 ciclos do sinal EMG-S de um músculo. O gráfico superior mostra o sinal EMG-S bruto obtido durante um conjunto de repetições do movimento de rotação do ombro, e no gráfico inferior o monitoramento pela célula de carga da força exercida durante os movimentos. Note que o primeiro círculo em vermelho mostra o sinal da força muscular no início do movimento com realização de uma contração concêntrica e que após atingir o pico tem início a contração excêntrica terminando o movimento no círculo seguinte (1º ciclo = entre as linhas verticais).

Em seguida, todos os 10 ciclos dos sinais selecionados foram submetidos à retificação total e filtrados (gerando curvas de ativação muscular por meio de envoltório linear, que foram normalizadas pelo sinal EMG-S obtido da CIVM), segundo procedimentos descritos por Fonseca *et al.* (2001).

Para a determinação da quantidade de co-ativação entre os pares de músculos, as curvas eletromiográficas normalizadas de cada ciclo, para cada um deles foram sobrepostas, e então foi identificada a área comum entre essas

curvas, área esta que se refere à intensidade de ativação simultânea e normalizada do par de músculos considerados (Figura 12).

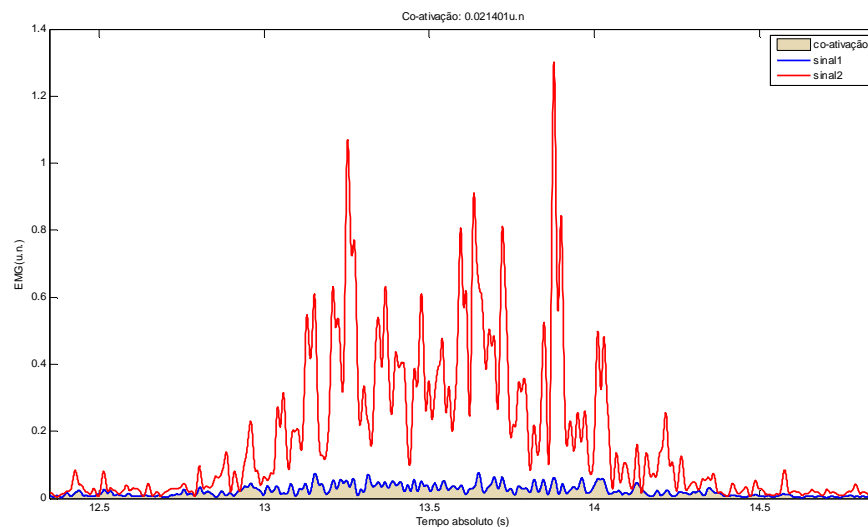


Figura 12. Exemplo de como a rotina identifica a co-contração muscular de dois músculos selecionados durante um ciclo do movimento. Note as duas curvas de ativação muscular (em vermelho e em azul) e a área da curva comum de co-ativação muscular (em marrom claro).

Finalmente, a rotina determinou os valores de co-contração que foram obtidos a partir da média aritmética dos valores de intensidade da curva comum, em cada uma das 10 repetições. Na Planilha 3 (Anexo V) podem ser vistos todos os valores de co-contração (em porcentagem da CIVM) para os dois dias de testes, dos movimentos de rotação interna e externa, nos lados direito e esquerdo, para os 6 pares de músculos:

- 1 - TA/TT (Trapézio Ascendente/Trapézio Transverso);
- 2 - TA/TD (Trapézio Ascendente/Trapézio Descendente);
- 3 - TA/SA (Trapézio Ascendente/Serrátil Anterior);

4 - TT/TD (Trapézio Transverso/Trapézio Descendente);

5 - TT/SA (Trapézio Transverso/ Serrátil Anterior);

6 - TD/SA (Trapézio Descendente/ Serrátil Anterior).

4.6 Tratamento Estatístico dos dados

Análise descritiva da variabilidade dos valores de co-contração muscular dos pares musculares foi realizada utilizando os valores médios, desvio padrão, diferença das médias e coeficiente de variação (CV).

Para descrever a confiabilidade dos valores obtidos de co-contração nos dois dias foi calculado o coeficiente de correlação intraclassa (CCI) (2:1) com 95% de intervalo de confiança, e o erro padrão da média, utilizando o *software* estatístico SPSS® versão 18 para Windows®.

Na análise do comportamento de co-contração de cada par muscular com relação aos diferentes movimentos e diferentes braços os valores foram inicialmente testados quanto à normalidade por meio do teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov e como o resultado demonstrou ausência de distribuição normal (<0.0001) empregou-se o teste não paramétrico, sendo que na análise entre os movimentos de RI (Rotação Interna) e RE (Rotação Externa) optou-se pelo teste pareado de Wilcoxon (*matched-pairs signed-ranks test*) e na análise entre os braços esquerdo e direito optou-se pelo teste não pareado de Mann-Whitney. O nível de significância de 95% foi considerado para as duas variáveis estudadas.

5- RESULTADOS

Uma vez que este estudo teve como objetivo analisar a ação simultânea de pares de músculos em torno da articulação escapulotorácica durante o movimento de rotação interna e externa do ombro, entre voluntários assintomáticos; os resultados a serem apresentados referem-se às análises dos valores de co-contração obtidos dos diferentes pares musculares (TA/TT, TA/TD, TA/SA, TT/TD, TT/SA, TD/SA) e que representa a quantidade de ativação comum dos pares de músculos com relação à atividade da CIVM.

Desta forma, os resultados serão apresentados na seguinte ordem: análise descritiva da variabilidade utilizando os valores médios, desvio padrão, diferença das médias, coeficiente de variação (CV) e a medida do erro médio padrão (SEM); análise estatística do teste de confiabilidade das medidas em diferentes dias e entre os braços direito e esquerdo utilizando coeficiente de correlação intraclassa (ICC), intervalo de confiança (IC); e, por último a análise estatística dos testes aplicados para estudar a presença ou não de diferença entre o comportamento dos diferentes pares musculares com relação aos dois braços e aos dois movimentos.

Nas Tabelas 1A e 1B podem ser vistos os valores de co-contração obtidos para cada par de músculos, nos movimentos de rotação interna e externa do ombro, nos dois dias de testes.

Tabela 1A – Valores médios, desvio padrão da co-contração (% de ativação da CIVM) dos pares de músculos (n=10), e a medida do erro médio padrão (SEM) entre dias de teste, do movimento de rotação do braço direito.

Pares de músculos	Rotação Interna Direita	SEM (%)	Rotação Externa Direita	SEM (%)
Dia 1				
TA/TT	0,024 ± 0,023		0,042 ± 0,039	
TA/TD	0,028 ± 0,026		0,026 ± 0,020	
TA/SA	0,036 ± 0,035		0,041 ± 0,038	
TT/TD	0,032 ± 0,021		0,039 ± 0,026	
TT/SA	0,040 ± 0,032		0,088 ± 0,057	
TD/SA	0,072 ± 0,041		0,051 ± 0,040	
Dia 2				
TA/TT	0,025 ± 0,019	0,001	0,044 ± 0,035	0,004
TA/TD	0,028 ± 0,021	0,001	0,023 ± 0,011	0,001
TA/SA	0,038 ± 0,036	0,001	0,037 ± 0,022	0,002
TT/TD	0,028 ± 0,018	0,001	0,03 ± 0,015	0,001
TT/SA	0,035 ± 0,027	0,001	0,078 ± 0,045	0,003
TD/SA	0,048 ± 0,022	0,004	0,033 ± 0,017	0,004

Legenda: TA/TT (Trapézio Ascendente/Trapézio Transverso); TA/TD (Trapézio Ascendente/Trapézio Descendente); TA/SA (Trapézio Ascendente/Serrátil Anterior); TT/TD (Trapézio Transverso/Trapézio Descendente); TT/SA (Trapézio Transverso/ Serrátil Anterior); TD/SA (Trapézio Descendente/ Serrátil Anterior).

Tabela 1B – Valores médios, desvio padrão da co-contração (% de ativação da CIVM) dos pares de músculos (n=10), e a medida do erro médio padrão (SEM) entre dias de teste, do movimento de rotação do braço esquerdo.

Pares de músculos	Rotação Interna Esquerda	SEM (%)	Rotação Externa Esquerda	SEM (%)
Dia 1				
TA/TT	0,028 ± 0,017		0,060 ± 0,035	
TA/TD	0,049 ± 0,032		0,053 ± 0,038	
TA/SA	0,054 ± 0,033		0,064 ± 0,036	
TT/TD	0,034 ± 0,023		0,055 ± 0,034	
TT/SA	0,038 ± 0,026		0,09 ± 0,053	
TD/SA	0,100 ± 0,060		0,077 ± 0,051	
Dia 2				
TA/TT	0,027 ± 0,019	0,0008	0,057 ± 0,029	0,002
TA/TD	0,050 ± 0,04	0,001	0,047 ± 0,041	0,002
TA/SA	0,054 ± 0,04	0,002	0,065 ± 0,045	0,003
TT/TD	0,029 ± 0,019	0,001	0,042 ± 0,027	0,002
TT/SA	0,033 ± 0,02	0,001	0,074 ± 0,034	0,004
TD/SA	0,11 ± 0,105	0,006	0,067 ± 0,054	0,004

Legenda: TA/TT (Trapézio Ascendente/Trapézio Transverso); TA/TD (Trapézio Ascendente/Trapézio Descendente); TA/SA (Trapézio Ascendente/Serrátil Anterior); TT/TD (Trapézio Transverso/Trapézio Descendente); TT/SA (Trapézio Transverso/ Serrátil Anterior); TD/SA (Trapézio Descendente/ Serrátil Anterior).

Pode-se verificar que os valores médios variam de $0,023 \pm 0,011$ (Rotação Externa Direita, TA/TD – Dia 2) para $0,11 \pm 0,105$ (Rotação Interna Esquerda, TD/SA – Dia 2); ou seja, a porcentagem de co-contracção dos pares musculares (com relação à CIVM) é baixa, pois apresenta uma variação média de 2,3% ($\pm 0,011$) a 11% ($\pm 0,105$) da CIVM, para estabilizar a escápula durante a realização dos movimentos de rotação do ombro com a resistência de 40% da CIVM. Se considerarmos o desvio padrão do maior valor médio encontrado notaremos que a grande maioria dos valores de co-contracção encontra-se abaixo de 25% da CIVM.

Com relação aos diferentes pares de músculos observa-se que há uma tendência de maior valor de co-contracção quando os pares estão em combinação com o músculo SA (destaque em cor vermelha).

Observe ainda que a medida do erro médio padrão entre os dois dias é baixo, o que confere consistência nas medidas entre os dois dias.

Na Tabela 2 são apresentados os valores médios do menor e do maior valor de co-contracção encontrados, da diferença entre eles e o CV para cada par de músculos, levando em conta todos os valores ($n=10$) dos dois dias de testes, sendo separados apenas pelos dois tipos de movimentos realizados (Rotação Interna direita/esquerda e Rotação Externa direita/esquerda).

Tabela 2 – Valores médios e CV de co-contracção (% de ativação da CIVM) dos pares de músculos, para os movimentos de RI direita/esquerda e RE direita/esquerda.

	Pares de músculos	Menor valor de média (%)	Maior valor de média (%)	Diferença (%) entre maior e maior valor	CV (%) do menor e do maior valor
RI	TA/TT	0,024	0,028	0,004	95,8 - 60,7
	TA/TD	0,028	0,049	0,029	92,8 - 65,3
	TA/SA	0,036	0,054	0,018	97,2 - 74,0
	TT/TD	0,028	0,034	0,006	64,3 - 67,6
	TT/SA	0,033	0,040	0,007	60,6 - 80,0
	TD/SA	0,048	0,110	0,062	45,8 - 96,3
RE	TA/TT	0,042	0,060	0,018	95,2 - 58,3
	TA/TD	0,023	0,053	0,030	47,8 - 71,7
	TA/SA	0,037	0,065	0,028	59,4 - 69,2
	TT/TD	0,030	0,055	0,025	50,0 - 61,8
	TT/SA	0,074	0,090	0,016	45,9 - 58,8
	TD/SA	0,033	0,077	0,044	51,5 - 66,2

Legenda: TA/TT (Trapézio Ascendente/Trapézio Transverso); TA/TD (Trapézio Ascendente/Trapézio Descendente); TA/SA (Trapézio Ascendente/Serrátil Anterior); TT/TD (Trapézio Transverso/Trapézio Descendente); TT/SA (Trapézio Transverso/ Serrátil Anterior); TD/SA (Trapézio Descendente/ Serrátil Anterior); RI (Rotação Interna); RE (Rotação Externa).

Analisando os valores de co-contracção apresentados na Tabela 2 pode-se verificar uma leve tendência desses valores serem maiores durante o movimento de RE quando comparamos os pares de músculos entre os dois movimentos; por exemplo, os valores do par TA/TT da RI (0,024 e 0,028) são menores do que o par TA/TT da RE (0,042 e 0,060). A única exceção ocorreu para o par TD/SA, na qual os valores na RE (0,033 e 0,077) foram menores do que na RI (0,048 e 0,110).

Com relação à diferença entre os menores e maiores valores de co-contracção verifica-se variação de 0,004 a 0,062 na RI e de 0,016 a 0,044 para a RE; de forma que, observou-se uma variabilidade entre o menor e o maior valor médio de 5,8% na RI e de 2,8% na RE.

Já o CV pode ser considerado alto na análise inter-voluntários, pois apresenta variação de 45,8% (TD/SA, na RI) a 95,8% (TA/TT, na RI). Entretanto, como pode ser visto nos Gráficos 1 e 2 os valores de CV na análise intra-voluntários é muito diferente.

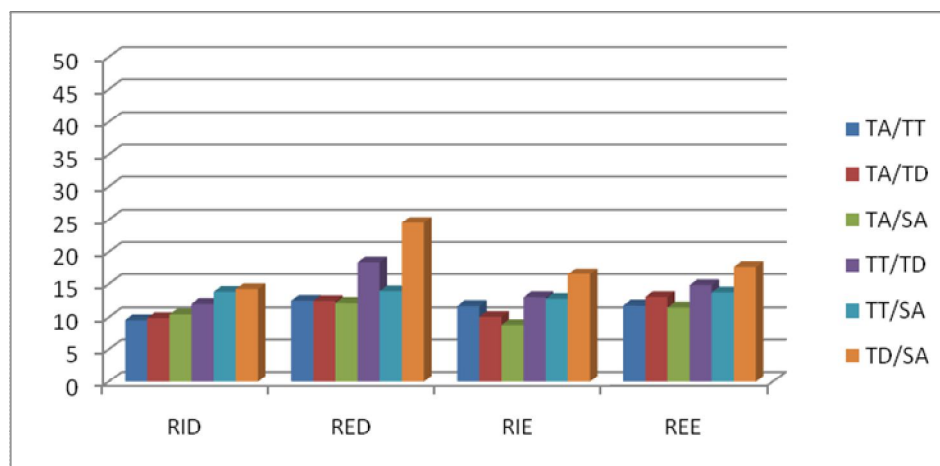


Gráfico 1 – Valores médios do CV (%) (n=10 voluntários) dos diferentes pares de músculos, obtido a partir dos valores de CV da co-contracção de cada voluntário (n=10 repetições), para os movimentos de Rotação Interna Direita (RID), Rotação Externa Direita (RED), Rotação Interna Esquerda (RIE) e Rotação Externa Esquerda (REE), no primeiro dia de coleta.

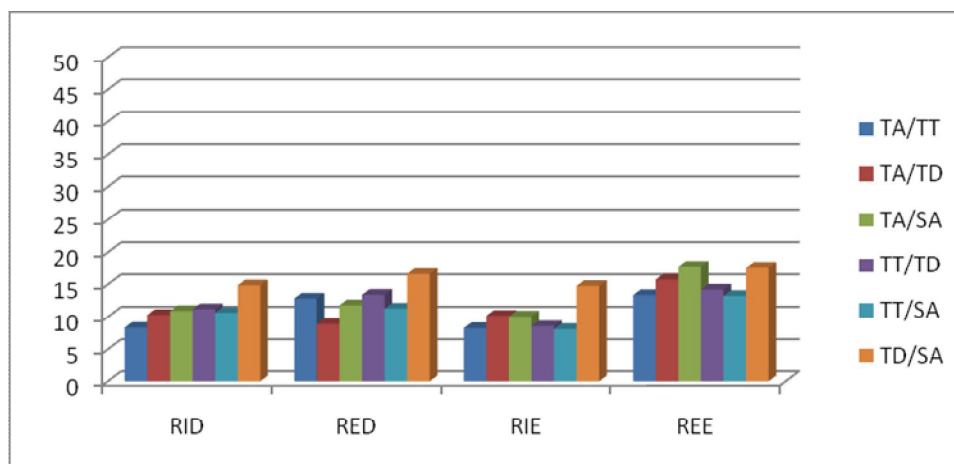


Gráfico 2 – Valores médios do CV (%) (n=10 voluntários) dos diferentes pares de músculos, obtido a partir dos valores de CV da co-contracção de cada voluntário (n=10 repetições), para os movimentos de Rotação Interna Direita (RID), Rotação Externa Direita (RED), Rotação Interna Esquerda (RIE) e Rotação Externa Esquerda (REE), no segundo dia de coleta.

Como pode ser visto nos Gráficos 1 e 2, a variabilidade de co-contracção intra-indivíduos realizada a partir da observação do CV médio para os dez indivíduos, demonstrou razoável consistência. Observe que todos os valores encontrados encontram-se abaixo de 25%; e a variabilidade geral média destes CVs variou de 13,3% ($\pm 6,68$) no primeiro dia e 12,20% ($\pm 5,49$) no segundo dia. No primeiro dia o maior CV encontrado foi de 24,53% para a relação TD/SA durante a RED e o menor valor foi de 8,84% para TA/SA durante o movimento de RIE. Com relação ao segundo dia, o maior e menor valor de CV encontrados foi observado para a relação TA/SA (17,77%) durante a REE e TT/SA (8,1%) durante a RIE, respectivamente.

Portanto, pode-se considerar que a variabilidade dos valores de co-contracção das 10 diferentes repetições para cada voluntário é baixa e mostra consistência nesta faixa de variação.

Na Tabela 3 pode ser visualizado o resultado do teste aplicado para avaliar a confiabilidade das medidas de co-contracção obtidas em diferentes dias para os mesmos voluntários.

Tabela 3 – Valores de ICC e IC obtidos da análise de confiabilidade das medidas de dois dias de teste para os pares de músculos durante os movimentos de RID, RED, RIE e REE.

Movimentos	Pares de músculos	ICC ^(2,1)	IC (95%)
RID	TA/TT	0,94	0,91 - 0,96
	TA/TD	0,94	0,92 - 0,96
	TA/SA	0,96	0,94 - 0,97
	TT/TD	0,92	0,86 - 0,94
	TT/SA	0,95	0,91 - 0,96
	TD/SA	0,34	0,03 - 0,05
RED	TA/TT	0,57	0,37 - 0,71
	TA/TD	0,80	0,69 - 0,86
	TA/SA	0,69	0,54 - 0,79
	TT/TD	0,76	0,52 - 0,83
	TT/SA	0,88	0,80 - 0,91
	TD/SA	0,19	0,16 - 0,41
RIE	TA/TT	0,94	0,92 - 0,96
	TA/TD	0,91	0,87 - 0,94
	TA/SA	0,91	0,87 - 0,94
	TT/TD	0,95	0,88 - 0,96
	TT/SA	0,90	0,81 - 0,93
	TD/SA	0,82	0,74 - 0,88
REE	TA/TT	0,85	0,78 - 0,89
	TA/TD	0,88	0,81 - 0,91
	TA/SA	0,78	0,68 - 0,85
	TT/TD	0,74	0,52 - 0,82
	TT/SA	0,70	0,49 - 0,78
	TD/SA	0,75	0,62 - 0,83

Legenda: TA/TT (Trapézio Ascendente/Trapézio Transverso); TA/TD (Trapézio Ascendente/Trapézio Descendente); TA/SA (Trapézio Ascendente/Serrátil Anterior); TT/TD (Trapézio Transverso/Trapézio Descendente); TT/SA (Trapézio Transverso/ Serrátil Anterior); TD/SA (Trapézio Descendente/ Serrátil Anterior); ICC (Índice de Correlação Intraclasse); IC (Intervalo de Confiança); RID (Rotação Interna Direita); RED (Rotação Externa Direita); RIE (Rotação Interna Esquerda); REE (Rotação Externa Esquerda).

Observando a Tabela 3 verifica-se que a maioria dos valores de ICC (87,5%) mostra substancial e excelente confiabilidade (de acordo com Índice de Kappa (LANDIS e KOCH, 1977) das medidas de co-contração entre os dois dias de teste. Apenas 12,5% das medidas tiveram sua confiabilidade

considerada moderada, fraca e pobre (0,57 para TA/TT na RED; 0,34 para TD/SA na RID e 0,19 para a RED; respectivamente).

Com relação aos diferentes movimentos realizados nota-se que os valores de ICC (e seus intervalos de confiança - IC) são maiores no movimento de RI comparado ao de RE; ou seja, a confiabilidade das medidas nos diferentes dias foi maior na RI, embora as medidas da RE também apresentem confiabilidade substancial e excelente.

Finalmente, considerando que foram realizados dois diferentes movimentos (RI e RE), em dois diferentes braços (direito e esquerdo) as Tabelas 4 e 5 mostram os resultados das análises de variância realizadas para comparar os valores de co-contração dos pares de músculos entre estas variáveis (movimentos e braços), respectivamente.

Tabela 4 – Resultado da análise de variância (mediana e valor de P) realizada entre os movimentos (RID x RED; e RIE x REE) para os valores de co-contracção dos pares de músculos.

Pares de Músculos	Mediana		Valor de P	Mediana		Valor de P
	RID	RED		RIE	REE	
Dia 1						
TA/TT	0.01667	0.02912	0.0001	0.02217	0.05021	0.0001
TA/TD	0.01670	0.0221	0.8245 ns	0.03782	0.04354	0.3488 ns
TA/SA	0.01740	0.02753	0.0007	0.04141	0.05181	0.0001
TT/TD	0.02330	0.03228	0.0003	0.02375	0.05201	0.0001
TT/SA	0.02466	0.0645	0.0001	0.03016	0.07761	0.0001
TD/SA	0.07045	0.04138	0.0001	0.09981	0.07942	0.0001
Dia 2						
TA/TT	0.01728	0.03155	0.0001	0.02092	0.05815	0.0001
TA/TD	0.01671	0.02257	0.1862 ns	0.03612	0.03575	0.6097 ns
TA/SA	0.01771	0.02933	0.0086	0.03829	0.0518	0.0001
TT/TD	0.02489	0.02825	0.0390	0.02473	0.0328	0.0001
TT/SA	0.02675	0.0634	0.0001	0.02544	0.07386	0.0001
TD/SA	0.04901	0.03204	0.0001	0.04963	0.03938	0.0001

Legenda: TA/TT (Trapézio Ascendente/Trapézio Transverso); TA/TD (Trapézio Ascendente/Trapézio Descendente); TA/SA (Trapézio Ascendente/Serrátil Anterior); TT/TD (Trapézio Transverso/Trapézio Descendente); TT/SA (Trapézio Transverso/ Serrátil Anterior); TD/SA (Trapézio Descendente/ Serrátil Anterior); RID (Rotação Interna Direita); RED (Rotação Externa Direita); RIE (Rotação Interna Esquerda); REE (Rotação Externa Esquerda).

ns = não significativo (valor de p > 0.05)

Observando a Tabela 4 pode-se verificar (com exceção do par de músculos TA/TD) a presença de diferença estatisticamente significativa entre os movimentos de RI e RE para os valores de co-contracção dos pares musculares nos dias de testes. Portanto, o comportamento de co-ativação escapular dos pares musculares estudados durante o exercício resistido de rotação do braço (com 40% da CIVM) é diferente entre os movimentos, e mostra tendência de apresentar maior valor de co-contracção durante a RE.

Tabela 5 – Resultado da análise de variância (mediana e valor de P) realizada entre os lados direito e esquerdo no mesmo movimento (RID x RIE; e RED x REE), para os valores de co-contração dos pares de músculos.

Pares de Músculos	Mediana RI		Valor de P	Mediana RE		Valor de P
	Braço D	Braço E		Braço D	Braço E	
Dia 1						
TA/TT	0.01667	0.02217	0.0001	0.02912	0.05021	0.0001
TA/TD	0.0167	0.03782	0.0001	0.0221	0.04354	0.0001
TA/SA	0.0174	0.04141	0.0001	0.02753	0.05181	0.0001
TT/TD	0.0233	0.02375	0.6699 ns	0.03228	0.05201	0.0024
TT/SA	0.02466	0.03016	0.6859 ns	0.0645	0.07761	0.2896 ns
TD/SA	0.07045	0.09981	0.0009	0.04138	0.07942	0.0005
Dia 2						
TA/TT	0.01728	0.02092	0.1259 ns	0.03155	0.05815	0.0001
TA/TD	0.01671	0.03612	0.0001	0.02257	0.03575	0.0001
TA/SA	0.01771	0.03829	0.0001	0.02933	0.0518	0.0001
TT/TD	0.02489	0.02473	0.4138 ns	0.02825	0.0328	0.0019
TT/SA	0.02675	0.02544	0.9105 ns	0.0634	0.07386	0.9669 ns
TD/SA	0.04901	0.04963	0.0040	0.03204	0.03938	0.0001

Legenda: TA/TT (Trapézio Ascendente/Trapézio Transverso); TA/TD (Trapézio Ascendente/Trapézio Descendente); TA/SA (Trapézio Ascendente/Serrátil Anterior); TT/TD (Trapézio Transverso/Trapézio Descendente); TT/SA (Trapézio Transverso/ Serrátil Anterior); TD/SA (Trapézio Descendente/ Serrátil Anterior); RID (Rotação Interna Direita); RIE (Rotação Interna Esquerda); RED (Rotação Externa Direita); REE (Rotação Externa Esquerda).
ns = não significativo (valor de p > 0.05)

Analisando a Tabela 5 nota-se resultado semelhante ao observado na Tabela 4, com a presença de diferença estatisticamente significativa entre os braços direito e esquerdo para os valores de co-contração dos pares musculares nos dias de testes. As exceções ocorreram para os pares TT/TD (dia 1 e 2), TA/TT (dia 2) para a rotação interna; e TT/SA nos dois dias para a RI e RE. Portanto, o comportamento de co-ativação dos pares estudados durante o exercício resistido de rotação do braço (com 40% da CIVM) é diferente entre os dois braços, e mostra tendência de apresentar maior valor de co-contração para o braço esquerdo.

6- DISCUSSÃO

Os resultados deste estudo revelaram que para estabilizar a escápula durante a realização dos movimentos de rotação do ombro com a resistência de 40% da CIVM há uma baixa porcentagem de co-contração dos pares musculares (com relação à CIVM), com variação média de 2,3% ($\pm 0,011$) a 11% ($\pm 0,105$) da CIVM.

Os baixos valores de co-contração, como os encontrados neste estudo podem ser justificados pelo fato que o movimento utilizado para o teste não corresponde à ação principal dos músculos analisados; além disto, durante o movimento de rotação (interna e externa) com o braço aduzido a escápula encontra-se estática, logo, parece não ser necessário grandes níveis de co-contração para sua estabilização. Os movimentos de cintura escapular que acompanham a rotação interna e externa dependem da posição do braço. Com o braço elevado, podem ser necessários movimentos da cintura escapular; porém, a rotação produzida com o braço em posição neutra pode requerer mínima assistência da cintura escapular, e conseqüente mínima necessidade de estabilização escapular (HAMILL e KNUTZEN, 1999). A pequena variação de co-contração dos músculos testados também está baseada no fato que este estudo padronizou a velocidade e amplitude do movimento testado para todos os voluntários, uma vez que a magnitude de co-ativação parece variar de acordo com amplitude de movimento e velocidade, conforme sugerido por Gribble e Ostry (1998).

Faria *et al.* (2009), realizaram um estudo comparando o nível de atividade EMG isolada e de co-contração entre os músculos trapézio (três porções) e serrátil anterior durante o movimento de elevação e abaixamento do

braço. Do início da elevação ao fim do abaixamento do braço foram encontrados valores médios de co-contracção de: 3.84% a 1.42 para as três porções do trapézio juntas; 5.70% a 2.21% para TA/SA; 7.02% a 2.06% para TT/SA demonstrando aumento progressivo na atividade EMG durante a elevação e diminuição durante o abaixamento dos braços.

No estudo de Cook e Ludewig (1996), durante observação do comportamento EMG de músculos escapulares em determinados graus de elevação do braço, foi visto que a média de atividade dos músculos TA, TD e SA aumenta progressivamente com o aumento da angulação do úmero; demonstrando aumento de atividade para todos os músculos em 90° de elevação para todos os sujeitos quando comparado com a posição neutra. A produção de força dos rotadores também é influenciada pela posição do braço, e a maior força de rotação interna pode ser obtida com o braço na posição neutra, enquanto a maior força de rotação externa pode ser obtida com o ombro em uma posição de 90° de flexão (HAMILL e KNUTZEN, 1999).

Dos dois movimentos utilizados, houve uma leve tendência de maiores valores de co-contracção para o movimento de RE, o que sugere haver uma maior necessidade de estabilização para este movimento, quando comparado à RI. Isto se deve ao fato que as ações articulares mais fracas no ombro são os movimentos de rotação, sendo a rotação externa a mais fraca delas (HAMILL e KNUTZEN, 1999); desta forma, o movimento de RE precisa de maior estabilização devido a esta fraqueza para o movimento, e conseqüentemente maior dificuldade na sua realização.

Entre os pares musculares avaliados houve uma tendência de maior valor de co-contracção quando os pares estavam em combinação com o

músculo SA. Talvez isto se deva por este ser o músculo que controla a posição da escápula em relação à caixa torácica, promovendo uma relação glenoumeral estável durante a dinâmica do ombro. Este músculo vem sendo investigado e apontado como essencial na estabilidade da cintura escapular (DECKER, *et al.*, 1999, KIYOMOTO e ARAUJO, 2007).

Os resultados deste estudo demonstraram valores de ICC de substancial a excelente confiabilidade para as análises de co-contração dos músculos estabilizadores da escápula revelando que o comportamento da co-contração se reproduz em diferentes dias. Isto demonstra a padronização na metodologia da coleta dos dados EMG. Com relação aos dois movimentos realizados, os valores de ICC do movimento de RI são maiores quando comparados ao movimento de RE. Esta diferença deve ocorrer pelo mesmo motivo apresentado anteriormente para os maiores valores de co-contração, ou seja, a sugestão que o movimento de RE precisa de maior estabilização devido a fraqueza para sua realização.

Os resultados também demonstraram diferenças entre os braços direito e esquerdo para os valores de co-contração dos pares musculares nos dias de teste, e houve tendência de haver maiores valores de co-contração para o braço esquerdo. Todos voluntários que participaram desta coleta eram destros, logo isto nos mostra que houve maiores valores de co-contração para o membro não dominante nesta população. A lateralidade emerge circuitos neurais distintos em cada hemisfério, que são especializados para controlar os diferentes aspectos dos movimentos dos membros, mas ainda não é possível determinar se as diferenças nos circuitos neurais dão origem a assimetrias no controle dinâmico dos braços, logo, não está bem explicado o motivo desta

diferença de comportamento da co-contracção entre os membros (BAGESTEIRO e SAINBURG, 2002).

Segundo De Lucca (1997), na eletromiografia sempre existem interferências no sinal adquirido. Assim, o referido autor dividiu em dois grandes grupos: as interferências intrínsecas e extrínsecas. As intrínsecas dizem respeito às características fisiológicas e anatômicas do músculo. Já as extrínsecas dizem respeito aos fatores que envolvem os eletrodos e estruturas que podem ser modificadas, como a pele, os eletrodos (marca, forma, característica, posição, orientação); e estes podem ter suas interferências atenuadas.

Para alcançar o objetivo deste estudo, os três feixes do músculo trapézio foram coletados separadamente, porém por comporem um mesmo músculo a captação do sinal EMG de cada músculo pode ter sofrido interferências de outros sinais além do desejado para cada feixe muscular. Apesar disto, o trapézio é em toda sua porção um músculo superficial e de fácil localização para colocação dos eletrodos. A coleta do sinal EMG do músculo SA teve algumas limitações, pois devido à anatomia do músculo, o eletrodo foi posicionado de forma que, inevitavelmente, pôde sofrer influência pelo movimento do teste.

7- CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos sobre o comportamento da atividade eletromiográfica dos pares de músculos (co-contração) para manter a escápula estabilizada durante os movimentos de rotação do ombro, pode-se concluir que:

A quantidade de co-contração dos pares musculares (TA/TT, TA/TD, TA/SA, TT/TD, TT/SA e TD/SA) pode ser considerada baixa (variação média de 2,3% a 11% da CIVM) durante o movimento de rotação do ombro com resistência elástica a 40% da CIVM e o braço aduzido. Os pares musculares em combinação com o músculo SA apresentaram uma tendência de maior co-contração.

A reprodutibilidade das medidas entre os dois dias de testes pode ser considerada adequada, pois a medida do erro padrão é baixo (variando de 0,0008 a 0,006% - rotação interna; e 0,002 a 0,004% na rotação externa) conferindo consistência; e a medida de confiabilidade foi considerada excelente (de acordo com Índice de Kappa) para a maioria dos pares musculares (87,5%) mostrando valores de ICC (> 0,70).

O comportamento de co-ativação dos pares estudados é diferente entre os dois braços, e mostra tendência de apresentar maior valor de co-contração para o braço esquerdo (não dominante).

Ao comparar os dois tipos de movimentos (rotação interna x externa), pôde-se observar diferença significativa entre os valores de co-contração para a maioria dos pares musculares; e mostra tendência de apresentar maior valor de co-contração durante a RE.

Por fim, acredita-se que durante exercícios para reabilitação do complexo do ombro seja fundamental observar o comportamento escapular e atentar para a estabilidade deste segmento, podendo lançar mão principalmente do movimento de rotação externa para treino da estabilidade e coordenação escapular. Além disto, trabalhos futuros que associem a mensuração da quantidade de atividade muscular e co-contração entre os músculos trapézio e serrátil anterior durante a rotação, com flexão de ombro a 90°, poderiam auxiliar na discussão de como se dá a estabilização da escápula durante exercícios utilizados largamente no tratamento de diversas patologias que acometem este complexo articular, além de auxiliar na proposta de exercícios mais adequados baseado neste comportamento muscular.

8- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAGESTEIRO, L. B.; SAINBURG, R. L. Handedness: Dominant Arm Advantages in Control of Limb Dynamics. **Journal of Neurophysiology**, v.88, p.2408-21, 2002.

BARDEN, J. M., *et al.* Atypical shoulder muscle activation in multidirectional instability. **Clinical Neurophysiology**, v.116, p.1846-57, 2005.

BRUM, D. P. C. D., *et al.* Avaliação Eletromiográfica de Músculos da Cintura Escapular e Braço Durante a Realização de Exercícios Com Extremidade Fixa e Carga Axial. **Rev Bras Med Esporte**, v.14, n.5, p.466-71, 2008.

COOK, T. M.; LUDEWIG, P. M. Three-dimensional scapular orientation and muscle activity at selected positions of humeral elevation. **Journal of Orthopaedic Sports & Physical Therapy**, v.24, n.2, p.57-65, 1996.

DE LUCA, C. J. The Use of Surface Electromyography in Biomechanics **Journal Of Applied Biomechanics.**, v.13, p.135-63 1997.

DECKER, M. J., *et al.* Serratus anterior muscle activity during selected rehabilitation exercises. **The American Journal of Sports Medicine**, v.27, n.6, p.784-91, 1999.

FARIA, C. D. C. D. M., *et al.* **Estabilizadores da escápula no retorno da elevação dos membros superiores em indivíduos com síndrome do impacto.** 2006. 97 f. Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional., Belo Horizonte.

FARIA, C. D. C. M., *et al.* Applicability of the coactivation method in assessing synergies of the scapular stabilizing muscles. **Journal of Shoulder and Elbow Surgery**, v.18, p.764-72, 2009.

FONSECA, S. T. D., *et al.* Análise de um método eletromiográfico para quantificação de co-contração muscular. **Rev. Bras. Ciên. e Mov.**, v.9, n.3 p.23-30, 2001.

GRIBBLE, P. L.; OSTRY, D. J. Independent coactivation of shoulder and elbow muscles. **Exp Brain Res**, v.123, p.355-60, 1998.

HAMILL, J.; KNUTZEN, K. M. **Bases biomecânicas do movimento humano.** 1ª. São Paulo: MANOLE, 1999.

KIBLER, W. B. The Role of the Scapula in Athletic Shoulder Function. **Am J Sports Med**, v.26, n.2, p.325-37, 1998.

KIYOMOTO, H. D.; ARAUJO, R. C. **Análise eletromiográfica dos músculos estabilizadores da cintura escapular** 2007. 130 f. Universidade São Judas Tadeu, Faculdade de Ciências Biológicas e da Saúde São Paulo.

LANDIS, J. R.; KOCH, G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, n.33, p.159-74, 1977.

LIN, J.-J., *et al.* Functional activity characteristics of individuals with shoulder dysfunctions. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v.15, p.576-86, 2005.

MACDERMID, J. C., *et al.* The impact of rotator cuff pathology on isometric and isokinetic strength, function, and quality of life. **J Shoulder Elbow Surg**, p.593-98, 2004.

MCCLURE, P. W. E. A. Shoulder function and 3-dimensional kinematics in people with shoulder impingement syndrome before and after a 6-week exercise program. **Physical Therapy**, v.84, n.9, p.832-49, 2004.

MOTTRAM, S. L. Dynamic stability of the scapula. **Manual Therapy**, v.2, n.3, p.123-31, 1997.

PHADKE, V., *et al.* Scapular and rotator cuff muscle activity during arm elevation: A review of normal function and alterations with shoulder impingement. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, v.13, n.1, p.1-9, 2009.

SOUZA, M. Z. **Reabilitação do Complexo do Ombro**. Barueri: MANOLE, 2001.

Anexo I**PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO DO COMPLEXO DO OMBRO DE INDIVÍDUOS SAUDÁVEIS**

Nº: _____

Data: ____/____/____

A) Identificação

Nome: _____

Idade: _____ Sexo: ____ Data de nascimento: ____/____/____ Telefone: _____

Profissão: _____

Atividade Física: _____

B) Dados Antropométricos

Altura: _____ Peso: _____ IMC: _____

Dominância de membros superiores: _____

C) Exame físico**Mobilidade de ombro:**

Movimento	ADM Direito	ADM Esquerdo	ADM Esperada
Flexão			180°
Extensão			45°
Adução			40°
Abdução			180°
Rotação Medial			90°
Rotação Lateral			90°

- Apresenta dor nos ombros ou membros superiores?
() Sim () Não
- Realiza atividade física que exige uso específico do ombro?
() Sim () Não

TESTES ESPECIAIS:**1. Teste de deslizamento escapular lateral:**

() Alteração/Assimetria () Sem variação/Simetria

2. Ritmo escapuloumeral:

() Início precoce do movimento () Crepitações () Ritmo normal

3. Teste de alamento escapular:

() Alamento escapular () Ausência de alamento escapular

Observações: _____

Anexo II

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

ESTUDO DO COMPORTAMENTO DOS MÚSCULOS ESTABILIZADORES DA ESCÁPULA DURANTE EXERCÍCIOS DE ROTAÇÃO DO OMBRO

As informações contidas neste prontuário são fornecidas pela aluna Bruna da Silva Molina, objetivando firmar acordo escrito mediante o qual o voluntário da pesquisa autoriza sua participação com pleno conhecimento da natureza dos procedimentos e riscos a que se submeterá, com capacidade de livre arbítrio e sem qualquer coação.

1. **NATUREZA DA PESQUISA:** Você é convidado a participar desta pesquisa que tem como finalidade investigar o comportamento elétrico dos músculos da cintura escapular durante a atividade funcional de movimento rápido do membro superior na posição sentada, para saber como esses músculos funcionam para estabilizar a escápula.
2. **DESCONFORTOS OU RISCOS ESPERADOS:** Você não será submetido a risco durante o período experimental, pois irá apenas realizar uma atividade física de um período breve, que consiste na realização de movimento rápido de rotação interna e externa do braço, não trazendo sobrecarga ao seu aparelho músculo esquelético. Durante esta atividade será registrado a atividade elétrica dos músculos da cintura escapular por meio dos eletrodos fixados à pele por fita adesiva, sendo esta anti-alérgica.
3. **INFORMAÇÕES:** Você tem a garantia de que receberá resposta a qualquer pergunta ou esclarecimento de qualquer dúvida quanto aos procedimentos, riscos, benefícios e outros assuntos relacionados à pesquisa por parte dos pesquisadores supracitados.
4. **RETIRADA DO CONSENTIMENTO:** Você tem a liberdade de retirar seu consentimento a qualquer momento e deixar de participar do estudo. Qualquer dúvida ou reclamação poderá ser feita junto ao Comitê de Ética da Faculdade de Ciências e Tecnologia da UNESP, no telefone 18 32295365 – ramal 202 com a coordenadora Prof. Dr. Edna Maria do Carmo Araújo.

5. ASPECTO LEGAL: Os procedimentos utilizados nesta pesquisa foram elaborados de acordo com as diretrizes e normas regulamentadas de pesquisa envolvendo seres humanos atendendo à resolução nº 196, de 10 de outubro de 1996, do Conselho Nacional de Saúde do Ministério da Saúde- Brasília- DF, de forma que nenhum procedimento oferece risco à sua saúde ou dignidade.
6. GARANTIA DO SIGILO: o pesquisador assegura a privacidade dos voluntários quanto os dados confidenciais envolvidos na pesquisa.
7. BENEFÍCIOS: Ao participar desta pesquisa você não deverá ter nenhum benefício direto. Entretanto, esperamos que este estudo traga informações importantes sobre as questões relativas ao comportamento dos músculos estabilizadores da escápula. No futuro estas informações poderão ser usadas em benefícios de pacientes portadores de alterações na cintura escapular.
8. LOCAL DA PESQUISA: a pesquisa será desenvolvida no Laboratório de Fisioterapia Aplicada ao Movimento Humano, na Faculdade de Ciências e Tecnologia – UNESP, localizado à rua Roberto Simonsen, 305 – Presidente Prudente, SP.
9. TELEFONE DE CONTATO: Prof. Dr. Rúben de Faria Negrão Filho- (18) 3917-1977, Bruna da Silva Molina – (18) 3917 – 5644 ou (17) 9606 – 1858.

CONSENTIMENTO PÓS-INFORMAÇÃO:

Eu, _____, após a leitura e compreensão deste termo de informação e consentimento, entendo que minha participação é voluntária, e que posso sair a qualquer momento do estudo, sem prejuízo algum. Confirmando que recebi uma cópia desse termo de consentimento e autorizo a execução do trabalho de pesquisa e a divulgação dos dados obtidos neste estudo no meio científico.

* NÃO ASSINE ESTE TERMO SE TIVER ALGUMA DÚVIDA A RESPEITO.

Nome do participante: _____

Assinatura: _____

Presidente Prudente, ___ de _____ de 2010.

Orientador do Projeto: Prof. Dr. Rúben de Faria Negrão Filho

Anexo III

Planilha 1 – Valores obtidos por meio da leitura do sinal da célula de carga da CIVM dos músculos rotadores interno e externo do ombro.

Voluntários	RID	RIE	RED	REE
1	5.43	6.21	3.83	3.87
	5.26	6.41	4.1	3.62
	5.23	5.49	4.11	3.89
2	8.93	8.99	7.94	6.11
	11.31	9.89	8.28	7.61
	10.18	9.41	8.05	7.12
3	18.94	18.16	9.67	11.03
	18.54	14.97	10.62	9.82
	17.34	18.15	10.25	10.54
4	3.16	3.84	2.56	2.81
	3.58	4	2.45	2.76
	4.23	3.59	2.55	2.68
5	3.72	5.19	3.92	4.2
	4.96	5.15	4.05	4.34
	5.04	5.2	4	4.15
6	11.26	12.26	6.98	6.65
	11.06	11.99	7	7.46
	14.19	11.27	7.14	7.22
7	6.81	7.66	4.34	4.97
	6.87	7.58	4.85	5.08
	6.98	7.51	4.72	5
8	6.08	4.81	3.75	3.84
	4.18	4.64	4.05	3.92
	3.77	4.13	3.87	3.97
9	15.56	14.18	9.67	8.07
	16.17	17.42	9.02	7.94
	14.64	17.7	8.01	7.14
10	15.97	11.21	8.16	6.34
	16.65	14.56	7.66	6.19
	15.93	12.86	7.01	5.48

Legenda: RID (Rotação Interna Direita); RIE (Rotação Interna Esquerda); RED (Rotação Externa Direita); REE (Rotação Externa Esquerda).

Anexo IV

Planilha 2 – Valores do sinal eletromiográfico (em RMS) obtidos durante os testes de CIVM para os músculos TA, TT, TD e SA.

Voluntários	TAD	TAE	TTD	TTE	TDD	TDE	SAD	SAE
1	579.68	412.06	468.16	372.24	268.77	519.18	63.84	80.64
	553.9	443.22	428.49	429.52	340.07	490.07	67.38	126.39
	561.7	398.95	446.68	292.01	311.14	485.49	67.64	115.18
2	595.76	430.95	384.29	588.94	463.8	565.72	208.25	145.26
	591.42	532.8	402.24	577.38	371.96	566.52	124.19	129.08
	569.79	566.29	368.73	583.17	464.29	580.86	158.89	144.27
3	227.53	386.75	584.66	601.77	562.58	444.7	223.38	147.1
	366.74	366.16	601.46	612.44	582.57	407.04	191.1	149.88
	465.25	488.43	593.6	599.3	564.03	385.42	127.89	198.26
4	194.69	206.72	177.26	218.53	85.76	70.31	47.53	38.34
	339.74	175.4	171.42	120.7	336.49	81.38	28.37	37.67
	433.97	210.67	156.48	129.91	305.41	90.5	35.71	42.23
5	67.39	64.42	333.92	129.58	180.3	59.63	103	61.77
	57.63	64.42	293.67	139.63	183.43	60	87.78	75.38
	64.42	117.39	275.13	130.11	154.57	61.44	83.19	97.51
6	538.58	519.95	488.17	203.1	590.52	485.61	48.49	81.7
	558.76	405.99	463.26	166.82	586.04	392.59	60.31	95.97
	587.69	519.7	297.15	240.01	583.33	439.89	76.54	65.26
7	122.62	57.18	99.02	398.55	182.89	175.46	74.3	45.44
	90.92	96.38	86.64	362.32	186.35	186.92	70.67	42.56
	97.13	80.92	84.93	364.26	202.62	161.4	77.81	38.44
8	406.83	406.6	301.31	217.83	213.38	238.75	211.52	167.88
	462.85	311.12	214.74	220.8	199.57	234.83	167.21	160.49
	546.13	514.83	206	236.61	226.28	222.21	162.68	132.01
9	530.52	111.37	477.85	553.17	480.82	365.62	246.44	156.07
	548.59	142.27	533.3	559.45	465.55	126.14	176.39	130.45
	547.73	180.57	553.91	523.29	459.98	175.63	171.83	139.42
10	312.8	89.78	196.83	526.92	267.38	219.37	245.19	352.66
	399.31	66.386	173.99	524.54	439.71	303.64	325.42	383.92
	483.32	77.376	231.31	543.83	452.57	351.98	346.81	212

Legenda: TAD (Trapézio Ascendente Direito); TAE (Trapézio Ascendente Esquerdo); TTD (Trapézio Transverso Direito); TTE (Trapézio Transverso Esquerdo); TDD (Trapézio Descendente Direito); TDE (Trapézio Descendente Esquerdo); SAD (Serrátil Anterior Direito); SAE (Serrátil Anterior Esquerdo).