

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA

Clarissa Müller Brusco

**ANÁLISE DA ATIVIDADE ELETROMIOGRÁFICA DOS MÚSCULOS ROTADORES
EXTERNOS DO OMBRO EM DIFERENTES EXERCÍCIOS DE FORÇA**

Porto Alegre

2011

Clarissa Müller Brusco

**ANÁLISE DA ATIVIDADE ELETROMIOGRÁFICA DOS MÚSCULOS ROTADORES
EXTERNOS DO OMBRO EM DIFERENTES EXERCÍCIOS DE FORÇA**

Trabalho de conclusão apresentado na Escola de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul ao curso de Graduação em Educação Física, como requisito parcial para obtenção do título de Licenciada em Educação Física.

Orientadora: Prof. Dr^a Cláudia Silveira Lima

Porto Alegre

2011

Clarissa Müller Brusco

**ANÁLISE DA ATIVIDADE ELETROMIOGRÁFICA DOS MÚSCULOS ROTADORES
EXTERNOS DO OMBRO EM DIFERENTES EXERCÍCIOS DE FORÇA**

Conceito Final:

Aprovado em de de

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr.

- UFRGS

Orientadora: Claudia Silveira Lima- UFRGS

Porto Alegre

2011

RESUMO

O objetivo desse estudo foi classificar oito diferentes exercícios de força usando eletromiografia (EMG) de superfície para monitorar os níveis de ativação muscular dos músculos infra-espinal e do redondo menor. Exercícios avaliados: crucifixo invertido, puxada inclinada, rotação externa com adução de ombro, rotação externa na máquina *Cross Over*, rotação externa com halteres, remada alta, remada baixa e voador invertido. A amostra foi composta por três homens com idade entre 18 e 30 anos familiarizados com treino de força que compareceram em 4 dias de coleta. No primeiro dia foram feitas as medidas antropométricas, a coleta de sinal EMG na contração isométrica voluntária máxima (CIVM), e foram feitos os testes de 10 repetições máximas (RMs) em quatro exercícios, conforme randomização. No segundo dia foram feitos os testes de 10 RMs nos quatro exercícios de força faltantes. No terceiro e quarto dias foram realizadas as coletas de sinal EMG nos oito exercícios de força com as cargas estabelecidas nos testes de 10RMs. Para cada um dos exercícios foi calculada a média do valor RMS da 2ª, 3ª, 4ª e 5ª repetição. Os dados foram normalizados pelo valor RMS obtido na CIVM. Uma análise descritiva dos resultados foi realizada e os valores expressos em média e desvio padrão. Para o músculo infra-espinal a rotação externa no *Cross Over*, a rotação externa com halteres e o crucifixo invertido apresentaram os maiores níveis de ativação. Para o redondo menor a puxada inclinada a remada baixa, voador invertido apresentaram as maiores médias. Os resultados obtidos nesse estudo mostraram padrões de ativação muscular diferentes para o músculo infra-espinal e para o redondo menor, sugerindo que apesar de ambos serem rotadores externos e extensores horizontais, os exercícios que provocam maior ativação muscular para o infra-espinal são os de rotação externa e para o redondo menor são aqueles envolvendo extensão horizontal.

Palavras chave: eletromiografia, rotadores externos, infra-espinal, redondo menor exercícios de força.

ABSTRACT

The purpose of this study was to classify eight different weight exercises using surface electromyography (EMG) to obtain the activation levels of the infraspinatus and teres minor muscles. Exercises evaluated: bent-over shoulder raise, inclined pull down, external rotation with shoulder abducted, external rotation in Cross Over machine, external rotation with dumbbell, wide-grip seated row, middle-grip seated row and reverse chest fly. The sample was composed by three men aged between 18 and 30 years old familiarized with weight training that had to attend in four days of study. In the first day the anthropometric measurements were made, EMG signal was captured for the maximal voluntary isometric contraction (MVIC) and the 10 maximal repetition (10 RM) test were made in four weight exercises. In the second day the 10 RM test in the other four weight exercises were made. In the third and fourth day EMG signal was captured in the 8 weight exercises with the load established in the 10 RM tests. For each exercise the mean RMS value of the 2^a, 3^a, 4^a and 5^a repetition of the 10RM tests was calculated. Data was normalized using the value obtained from MVIC. The results are expressed in mean and stand deviation and will be presented descriptively. For the infraspinatus muscle the external rotation in Cross Over machine, the external rotation with dumbbell and the bent-over shoulder raise had the biggest activation levels. For the teres minor muscle inclined pull down the middle-grip seated row and the reverse chest fly had the biggest levels. The results obtained in this study showed different patterns of the muscular activation for the infraspinatus and teres minor, suggesting that exercises that cause the biggest activation for the infraspinatus are external rotation and for teres minor are the horizontal extension exercises

Keywords: electromyography, external rotators, infraspinatus, teres minor, weight exercises.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	7
LISTA DE ABREVIações.....	8
1. INTRODUÇÃO	9
1.1. OBJETIVO GERAL	10
1.2. Objetivos Específicos	10
2. REVISÃO DE LITERATURA	10
3. MATERIAL E MÉTODOS	13
3.1. AMOSTRA.....	13
3.1.1. Critérios de Inclusão da Amostra	13
3.1.2. Caracterização da Amostra	13
3.2. PROTOCOLO	14
3.2.1. Composição Corporal:.....	16
3.2.2. Coleta de EMG na Contração Isométrica Voluntária Máxima:	16
3.2.3. Testes de 10 repetições máximas (10 RMs):	17
3.2.4. Coleta do sinal EMG nos exercícios de força:.....	17
3.3. PROCEDIMENTOS PARA COLETA DO SINAL ELETROMIOGRÁFICO. 18	
3.3.1. Aquisição do Sinal:.....	18
3.4. TRATAMENTO DO SINAL EMG:.....	18
3.5. ANÁLISE DE DADOS:.....	19
4. RESULTADOS.....	20
5. DISCUSSÃO	22
5.1. INFRA-ESPINAL	22
5.2. REDONDO MENOR.....	24
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27
ANEXOS	30

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Caracterização da amostra	13
Figura 2- Crucifixo Invertido	15
Figura 3- Puxada Inclinada.....	15
Figura 4- Rotação externa com abdução de ombro	15
Figura 5- Rotação externa na máquina <i>Cross Over</i>	15
Figura 6- Rotação externa com halteres	15
Figura 7- Remada Alta	15
Figura 8- Remada baixa.....	15
Figura 9- Voador invertido.....	15
Figura 10- Gráfico representativo das médias e desvio padrão do músculo infra-espinal.....	20
Figura 11- Gráfico representativo das médias e desvio padrão do músculo redondo menor.....	21

LISTA DE ABREVIações

%	Percentual
CIVMs	Contração Isométrica Voluntária Máxima(s)
m	Metros
DC	Densidade Corporal
EMG	Eletromiografia
GC	Gordura Corporal
Hz	Hertz
kg	Quilogramas
MC	Massa Corporal
RMs	Repetições Máximas
RMS	<i>Root Mean Square</i>
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul

1. INTRODUÇÃO

O ombro é uma das articulações do corpo humano que apresenta maior amplitude de movimento. Segundo Reinold *et al.* (2004) a sua estabilização deve-se principalmente à musculatura que o envolve, visto que sua configuração óssea lhe proporciona pouca estabilidade para a realização de movimento. A musculatura do manguito rotador tem fundamental importância na estabilização de articulação do ombro (Dark, Ginn & Halaki, 2007; Nadler *et al.*, 2004; Wilk, Arrigo & Andrews, 1997), seu fortalecimento é necessário não só em programas de reabilitação do ombro, mas também em programas de treinamento de força, tanto para atletas quanto para indivíduos que buscam promoção de saúde em geral.

Exercícios que visam o fortalecimento do manguito rotador têm sido incorporados no programa de treinamento de atletas visando tanto a prevenção de lesões quanto melhoria na performance (Reinold *et al.*, 2004).

Um programa de treinamento deve ser individualizado e deve estar relacionado aos objetivos específicos e às necessidades de cada indivíduo (Fleck & Kraemer, 2006). Para a montagem adequada de um programa de treinamento o profissional deve ser guiado por princípios básicos do treinamento propostos por Fleck e Kraemer (2006) e deve estar atento às principais variáveis que mais afetam os resultados obtidos com o treino (Kraemer, 1983).

Na literatura existem muitos estudos voltados para análise da musculatura do ombro, muitos deles são direcionados para avaliar exercícios em programas de reabilitação (Kibler & Sciascia, 2008; Hintermeister *et al.*, 1998; Ellenbecker & Cools, 2010; Kibler *et al.*, 2008). O intuito desses estudos é compreender a participação destes músculos durante a execução de diferentes exercícios e saber quais deles são mais adequados de se prescrever para diferentes doenças.

Na montagem de um programa de treinamento de força a seleção inadequada de exercícios é capaz de provocar conseqüências negativas sobre a articulação do ombro, como dor e desequilíbrio muscular. O conhecimento dos níveis de ativação dos músculos rotadores externos (infra-espinal e redondo menor) em diferentes exercícios de força pode auxiliar na montagem de programas de treinamento e suas

progressões. Desta forma, pode-se evitar um desequilíbrio muscular, manter a estabilidade articular, preservando assim a articulação de possíveis lesões.

1.1. OBJETIVO GERAL

Classificar os exercícios de força relativos aos membros superiores de acordo com o nível de ativação muscular dos músculos infra-espinal e redondo menor.

1.2. Objetivos Específicos

- Avaliar os níveis de ativação muscular dos músculos infra-espinal e redondo menor através da eletromiografia de superfície em diferentes exercícios de força.
- Comparar os níveis de ativação muscular dos músculos rotadores externos de ombro (infra-espinal e redondo menor) através da eletromiografia de superfície em diferentes exercícios de força.

2. REVISÃO DE LITERATURA

O ombro é uma das articulações do corpo humano que apresenta maior amplitude de movimento. Segundo Reinold *et al.* (2004) a sua estabilização deve-se principalmente à musculatura que o envolve, visto que sua configuração óssea lhe proporciona pouca estabilidade para a realização de movimento. Os estabilizadores estáticos do ombro incluem estruturas ósseas, ligamentos glenoumerais, lábio glenoidal e cápsulas articulares. A área de contato da cavidade glenóide tem apenas 25% a 30% da área da cabeça do úmero (Steindler apud Nadler *et al.*, 2004) o que proporciona grande amplitude de movimento porém com pouca estabilidade (Nadler *et al.*, 2004)

A pouca estabilidade proporcionada pelos estabilizadores estáticos faz com que os estabilizadores dinâmicos tenham uma participação importante na manutenção da estabilização da articulação do ombro. Os estabilizadores dinâmicos incluem o manguito rotador (subescapular, supra-espinal, infra-espinal e redondo menor) e os estabilizadores da escápula (redondo maior, rombóides, serrátil anterior,

trapézio e elevadores da escápula) (Nadler *et al.*, 2004). A estabilização da articulação do ombro é efetuada pelo trabalho conjunto das estruturas ligamentares e a musculatura que o envolve (Wilk, Arrigo & Andrews, 1997), sendo o manguito rotador o principal conjunto de músculos. Sua principal função é a estabilização da articulação glenoumeral. Eles mantêm a estabilidade comprimindo a cabeça do úmero contra a cavidade glenóide durante a realização do movimento do ombro (Dark, Ginn & Halaki, 2007), dando assim suporte e segurança à articulação do ombro.

Lesões de ombro podem ocorrer tanto por trauma ou podem ser resultantes de esforço repetitivo. Em indivíduos atletas as lesões agudas são mais freqüentes em esportes de contato, onde quedas e colisões são comuns, tendo assim alto grau de impacto. Enquanto as lesões crônicas são resultantes de tensão e esforço repetitivo, na qual a sobrecarga e o uso excessivo resultam em progressiva insuficiência dos tecidos. (Hulstyn & Fadale, 1997; Owens & Itamura, 2000). A incidência de lesões pode variar de acordo com o tipo de esporte, com o nível competitivo do atleta e com sua idade (Hulstyn & Fadale 1997). Por isso exercícios que visam o fortalecimento do manguito rotador têm sido incorporados no programa de treinamento de atletas visando tanto a prevenção de lesões quanto melhoria no desempenho (Reinold *et al.*, 2004).

Atualmente, programas de reabilitação para atletas têm sido focados em reabilitação funcional, que busca utilizar exercícios específicos da modalidade esportiva para fortalecimento muscular. Para reforço dos rotadores externos busca-se reproduzir um gesto que crie similar tensão capsular e comprimento-tensão muscular observada no gesto esportivo (Reinold *et al.*, 2004).

Reinold *et al.* (2004) realizaram um estudo comparando sete diferentes exercícios de rotação externa de ombro comumente utilizados em programas de reabilitação. Todos os exercícios foram realizados com peso livre, houve variação nos graus de abdução do ombro e na posição no corpo entre um exercício e outro. Em seus resultados encontraram que existe diferença de ativação muscular nos músculos infra-espinal e redondo menor em diferentes exercícios, sendo que ambos apresentaram maiores níveis de ativação muscular no exercício de rotação externa com o corpo em decúbito lateral e ombro com 0° de abdução.

Estudos feitos por Bitter *et al.* (2007) usaram três diferentes intensidades (10%, 40% e 70%) de contrações isométricas voluntárias máximas (CIVMs) em dois exercícios de rotação externa (ombro neutro e com contração isométrica dos adutores). Foram encontradas alterações nos níveis de ativação do músculo infra-espinal, que apresentou maior ativação com a intensidade de 40% da CIVM em ambos os exercícios.

Programas de treinamento de força têm sido procurados não só por indivíduos que buscam melhorias na saúde, mas também por atletas ou indivíduos saudáveis que buscam incrementos gerais na produção de força. A elaboração do programa de treinamento deve ser individualizada e deve estar relacionada aos objetivos específicos e às necessidades de cada indivíduo. Para guiar o profissional na montagem do programa deve-se respeitar três princípios básicos do treinamento (sobrecarga progressiva, especificidade, variabilidade de estímulos) (Fleck & Kraemer, 2006). Para atingir esses princípios algumas variáveis do treino devem ser manipuladas. Kraemer (1983) determinou cinco variáveis agudas como sendo as que mais afetam os resultados obtidos com o treino: escolha dos exercícios, ordem dos exercícios, período de recuperação entre os exercícios, sobrecarga (intensidade) e repetições utilizadas. Sendo elas capazes de fornecer a descrição geral de qualquer sessão de treino e sua manipulação é indispensável para o efetivo controle da evolução dos ciclos de treinamento.

A seleção dos exercícios a serem utilizados em uma sessão de treinamento é de suma importância para a montagem adequada do programa e deverá estar relacionada às características biomecânicas dos objetivos definidos como alvo (Fleck & Kraemer, 2006). O nível de ativação muscular nos diferentes exercícios de força pode ser utilizado como referência para propor mudanças no treino com o objetivo de aumento na sobrecarga ou de diversificar os estímulos em exercícios com demandas musculares similares. Welsch *et al.* (2005) relatam que o sistema neuromuscular adapta-se a padrões de movimentos específicos, sendo necessário diferentes movimentos, mas com intensidade similar, para gerar novos estímulos.

Existem na literatura estudos que mostram que os músculos rotadores externos do ombro apresentam variação nos níveis de ativação muscular de acordo com o exercício realizado (Reinold *et al.*, 2004) e com a magnitude da carga (Bitter *et al.* 2007). Porém, a maioria dos estudos são focados principalmente na análise de

exercícios de reabilitação. O conhecimento dos níveis de ativação dos músculos rotadores externos (infra-espinal e redondo menor) em diferentes exercícios de força comumente utilizados em academias, pode auxiliar na escolha dos exercícios mais adequados para a montagem de um programa de treinamento, para fortalecimento da musculatura alvo de acordo com o objetivo de cada indivíduo.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Este é um estudo quantitativo do tipo experimental. A amostra foi intencional e a coleta de dados foi realizada por eletromiografia (EMG) de superfície.

3.1. AMOSTRA

A amostra foi constituída por 3 sujeitos do sexo masculino com idade entre 18 e 30 anos ($24 \pm 1,7$ anos), familiarizados com treinamento de força e voluntários do estudo piloto para acerto da metodologia do projeto.

3.1.1. Critérios de Inclusão da Amostra

Os critérios de inclusão da amostra considerados nesse estudo foram: indivíduos com idade entre 18 e 30 anos; não apresentarem histórico de lesões e cirurgia envolvendo a articulação do ombro; não ser atleta; estar participando de treinamento de força a pelo menos seis meses.

3.1.2. Caracterização da Amostra

Figura 1- Caracterização da amostra

	Média	Desvio padrão
Idade	24 anos	$\pm 1,7$
Estatura (m)	1,74 m	$\pm 0,09$
Massa corporal (kg)	73,76 kg	$\pm 10,68$
% Gordura	12,35%	$\pm 3,69$

3.2. PROTOCOLO

Os indivíduos que fizeram parte da amostra desse estudo compareceram à Escola de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul em diferentes dias para a coleta de dados.

No primeiro dia foram esclarecidas todas as etapas do estudo e, o sujeito, concordando em continuar na pesquisa, realizou a assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Na primeira etapa da coleta de dados foi feita a mensuração das características antropométricas (estatura, massa e dobras cutâneas) do sujeito. Na seqüência realizou-se a aquisição do sinal EMG para estabelecer o nível de ativação muscular do redondo menor e do infra-espinal na Contração Isométrica Voluntária Máxima.

No segundo e terceiro dia foram realizados os testes de 10 RMs em cada um dos principais exercícios de força envolvendo os rotadores externos de ombro. Do 4º ao 5º dia foi coletado o sinal EMG dos músculos infra-espinal e redondo menor nos exercícios de membros superiores em que o teste de 10 RMs foi realizado e com a carga determinada pelo teste. A ordem de execução dos exercícios foi randomizada.

Os exercícios de força para membros superiores selecionados foram:

- Crucifixo Invertido com halteres (Figura 2);
- Puxada Inclinada (Figura 3);
- Rotação Externa com abdução de ombro a 90º no *Cross Over* (Figura 4);
- Rotação Externa no *Cross Over* (Figura 5);
- Rotação Externa com halteres em decúbito lateral (Figura 6);
- Remada Alta (Figura 7);
- Remada Baixa (Figura 8);
- Voador Invertido (Figura 9);

Figura 2- Crucifixo Invertido



Figura 3- Puxada Inclinada



Figura 4- Rotação Externa com abdução de ombro



Figura 5- Rotação Externa na máquina Cross Over



Figura 6- Rotação Externa com halteres



Figura 7- Remada Alta



Figura 8- Remada Baixa



Figura 9- Voador Invertido



3.2.1. Composição Corporal:

As medidas antropométricas foram obtidas com o objetivo de determinar o percentual de gordura corporal de cada sujeito.

A massa corporal (MC) foi obtida por meio de uma balança digital, estando os sujeitos vestido com roupas leves, de preferência sunga ou calção.

Para a determinação da densidade corporal foi utilizado o protocolo de três dobras cutâneas proposto por Jackson e Pollock (1978). Foram mensuradas as seguintes dobras: peitoral, abdominal e coxa. Cada dobra foi mensurada três vezes, não consecutivas, pelo mesmo avaliador a fim de minimizar o erro (Moreira, 2009). Utilizou-se a média ou medida repetida de cada uma das dobras para a equação. A densidade corporal (DC) foi calculada a partir da equação:

$$Dc = 1,10938 - 0,0008267 (X1) + 0,0000016 (X1)^2 - 0,0002574 (X2)$$

onde: (X1) somatório das dobras (peitoral + abdome + coxa)

(X2) a idade do indivíduo.

A partir deste resultado, foi calculado o percentual de gordura através da equação:

$$\%GC = [(4,95 / Dc) - 4,5] \times 100$$

onde: DC é o valor da densidade corporal calculada anteriormente.

3.2.2. Coleta de EMG na Contração Isométrica Voluntária Máxima:

Para a aquisição dos dados das Contrações Isométricas Voluntárias Máximas (CIVMs) para o infra-espinal e o redondo menor, o indivíduo realizou três contrações isométricas voluntárias máximas no exercício de rotação externa do ombro com o sujeito em pé e cotovelo flexionado a 90° (Reinold *et al.*, 2004). O exercício foi realizado na máquina *crossover*, a roldana foi posicionada perpendicularmente ao punho em uma angulação de 90°.

Cada CIVM foi realizada durante um período de cinco segundos (De Luca, 1997). Durante o período de realização das CIVMs, além do sinal EMG, foi obtida a curva de força com a utilização de uma célula de carga acoplada às placas externas

do equipamento. Deste período de 5 segundos, calculou-se o valor RMS de um período de 1 segundo em que a força foi constante (Kalmar & Cafarelli, 2006).

O sinal EMG de maior amplitude registrado foi posteriormente utilizado para a normalização dos sinais obtidos durante a execução das 10 RMs de cada exercício de força avaliado. Servindo, desta forma, de referência para a determinação do nível de ativação de cada músculo em cada exercício.

3.2.3. Testes de 10 repetições máximas (10 RMs):

A ordem de execução dos exercícios nos testes de 10 RMs foi randomizada. Inicialmente os sujeitos executaram um aquecimento articular direcionado ao ombro. Após, o sujeito se posicionou no equipamento específico de cada um dos principais exercícios de força para membros superiores e a carga relativa a 10 RMs para cada um deles foi definida por tentativa e erro. Os testes foram realizados em dois dias sendo determinada a carga de quatro exercícios em cada um dos dias. Foram utilizados os fatores de correção propostos por McDonagh e Davies (1984).

A carga correspondente aos 10 RMs foi determinada em no máximo cinco tentativas por sessão, com o objetivo de evitar a influência da fadiga nos resultados. O intervalo entre cada tentativa foi de 5 minutos. Caso não houvesse sido alcançada a carga máxima relativa as 10 repetições um novo dia de coleta seria estabelecido.

A carga correspondente a 10 RMs de cada sujeito em cada exercício foi utilizada para posterior aquisição do sinal EMG nessa intensidade.

3.2.4. Coleta do sinal EMG nos exercícios de força:

A aquisição do sinal EMG durante a realização das 10RMs nos exercícios de força foi feita em dois dias distintos, com pelo menos um dia de intervalo entre eles. Em cada um dos dias era feita a coleta de quatro exercícios diferentes.

Antes da coleta do sinal EMG o sujeito realizou um aquecimento. Após, o sinal EMG foi coletado durante a execução de uma série de 10RMs de cada um dos exercícios com a carga estabelecida previamente pelo teste. A velocidade de execução foi controlada, sendo estabelecidos dois segundos para fase concêntrica e dois segundos para fase excêntrica.

O início e o fim de cada repetição foram estabelecidos por meio de um sensor de deslocamento acoplado na coluna de peso do equipamento. O sinal EMG e do sensor de deslocamento foram obtidos simultaneamente, permitindo fazer o recorte da fase concêntrica das repetições e o cálculo do valor RMS das mesmas.

3.3. PROCEDIMENTOS PARA COLETA DO SINAL ELETROMIOGRÁFICO

3.3.1. Aquisição do Sinal:

O sinal EMG foi coletado no primeiro dia durante o teste de CIVM e nos dias em que o sujeito realizou os exercícios de força de membros superiores selecionados com a carga relativa ao teste de 10RMs.

Para a aquisição dos dados eletromiográficos foi utilizado um eletromiógrafo Miotool 400, da marca MIOTEC - Equipamentos Biomédicos. O equipamento é composto por um sistema de 4 canais, 2000 Hz por canal. Foram utilizados eletrodos de superfície, com 15 mm de raio, pré-amplificados com configuração bipolar da marca *Tyco Healthcare*, Mini Medi-Trace 100, Kendall Medtrace.

Antes da colocação dos eletrodos foram feitos a depilação da pele e abrasão com algodão e álcool, com o intuito de diminuir a impedância da pele. A seguir, os eletrodos foram posicionados no ventre dos músculos infra-espinal e redondo menor, conforme proposto pelo projeto SENIAM (1999).

A distância intereletrodos foi de 20 mm do centro do eletrodo que é fixada pelo pré-amplificador. O nível de resistência entre os eletrodos foi medido e controlado antes de cada sessão com um multímetro digital, devendo manter-se abaixo de 3000 Ohms (Narici *et al.*, 1989). O eletrodo terra foi posicionado na clavícula, protuberância óssea próxima ao local de aquisição do sinal. Além disso, foi feito um “mapa” de posicionamento dos eletrodos a fim de certificar o mesmo posicionamento dos eletrodos ao longo dos dias de coleta.

3.4. TRATAMENTO DO SINAL EMG:

O sinal captado pelo eletromiógrafo foi gravado em um microcomputador no *software* Miograph, para posterior análise no *software* SAD32. Primeiramente, foram

retirados os ganhos do sinal nos arquivos brutos, e então foi realizada a filtragem digital do sinal utilizando-se filtros do tipo Passa-banda Butterworth, de 5ª ordem, com frequência de corte entre 20 e 500 Hz.

Após os procedimentos de filtragem, o valor RMS das curvas do sinal correspondente às CIVMs foi calculado em uma janela de um segundo, durante o platô da curva de força.

Em relação ao tratamento do sinal EMG obtido durante a realização dos 10RMs dos diferentes exercícios de membros superiores, foram calculados o valor RMS da fase concêntrica da 2ª, 3ª, 4ª e 5ª repetição. O valor médio destas quatro repetições foi utilizado na normalização dos dados.

Posteriormente, com objetivo de classificação dos exercícios de acordo com o nível de ativação muscular dos músculos analisados, esses valores foram expressos em percentual do maior valor RMS do sinal EMG obtido na CIVM (% CIVM) (Kalmar & Cafarelli, 2006).

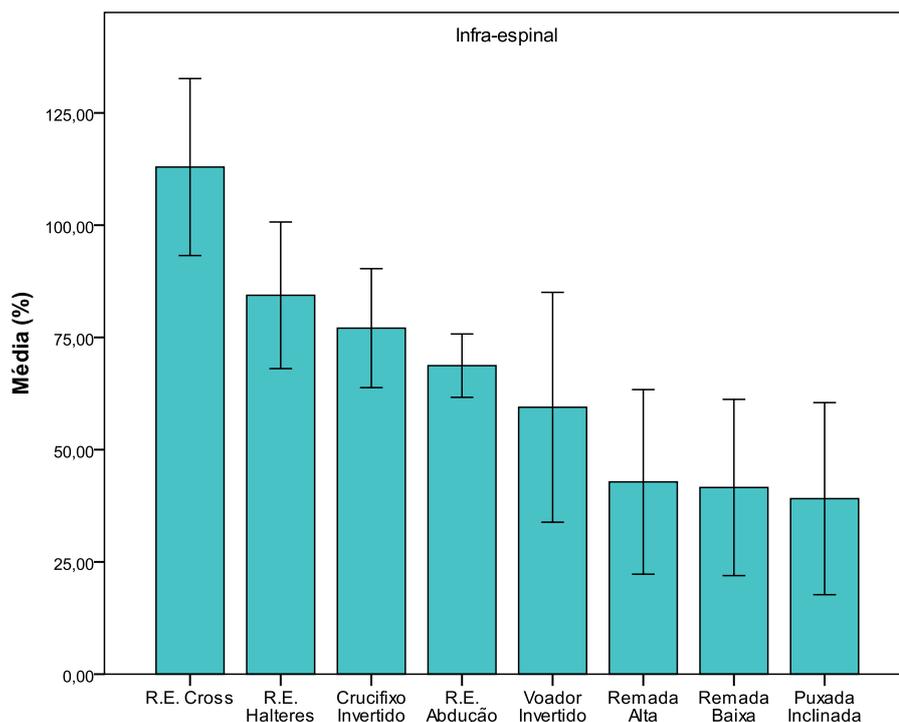
3.5. ANÁLISE DE DADOS:

Após o tratamento dos dados obtidos durante as coletas foi realizada uma análise descritiva dos resultados e os mesmos foram expressos em média e desvio padrão. Os resultados apresentados são parciais, portanto a análise inferencial não foi realizada devido ao baixo número amostral do estudo.

4. RESULTADOS

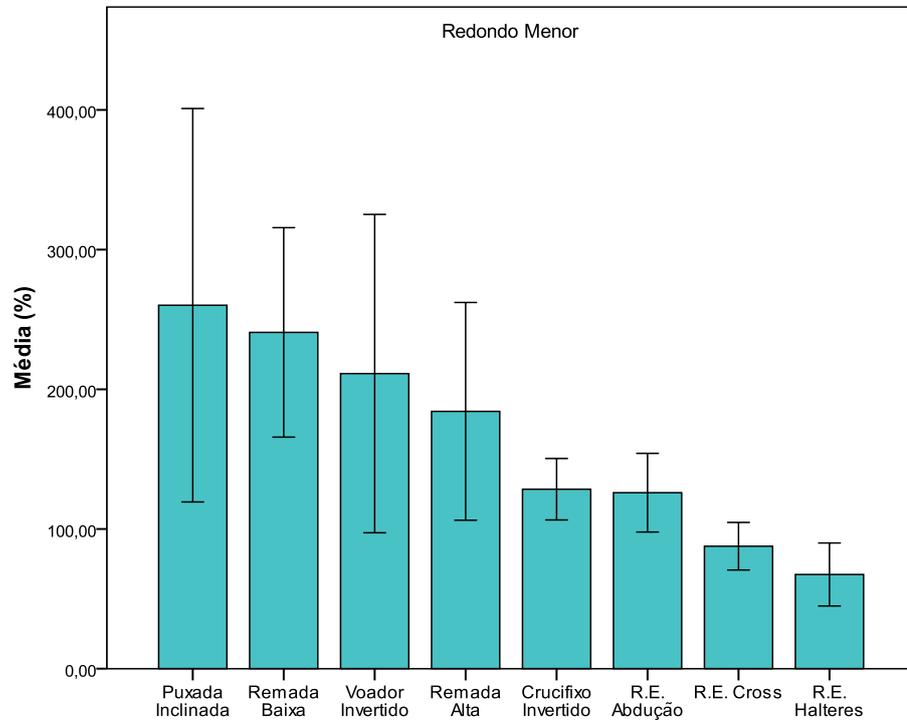
Para o músculo infra-espinal os exercícios que apresentaram maior grau de ativação muscular foram a rotação externa no *Cross Over* ($112,94 \pm 19,71$), seguido de rotação externa com halteres ($84,39 \pm 16,32$) e crucifixo invertido ($77,07 \pm 13,24$), rotação externa com abdução de ombro ($68,71 \pm 7,06$), voador invertido ($59,45 \pm 25,59$), remada alta ($42,83 \pm 20,56$), remada baixa ($41,58 \pm 19,62$) e puxada inclinada ($39,09 \pm 21,39$) (Figura 10).

Figura 10- Gráfico representativo das médias e desvio padrão do músculo infra-espinal nos diferentes exercícios de membros superiores em ordem decrescente de nível de ativação muscular.



Para o músculo redondo menor o exercício que apresentou maior grau de ativação foi a puxada inclinada ($260,18 \pm 140,82$), seguido da remada baixa ($240,75 \pm 74,97$), voador invertido ($211,26 \pm 113,96$), remada alta ($184,21 \pm 77,95$), crucifixo invertido ($128,47 \pm 21,99$), rotação externa com abdução de ombro ($125,99 \pm 28,17$), rotação externa no *Cross Over* ($87,67 \pm 17,03$) e rotação externa com halteres ($67,44 \pm 22,54$) (Figura 11).

Figura 11- Gráfico representativo das médias e desvio padrão do músculo redondo menor nos diferentes exercícios de membros superiores em ordem decrescente de nível de ativação muscular.



5. DISCUSSÃO

Este trabalho buscou analisar através do sinal eletromiográfico possíveis diferenças nos níveis de ativação muscular que os músculos rotadores externos do ombro pudessem apresentar em oito diferentes exercícios de força. Cada um dos músculos foi analisado separadamente e foram observados resultados distintos para o infra-espinal e para o redondo menor. Os dois músculos não apresentaram os mesmos padrões de ativação para os diferentes exercícios. Diferentemente do músculo infra-espinal, que apresentou maiores níveis de ativação muscular nos exercícios de rotação externa, o músculo redondo menor apresentou maiores níveis de ativação muscular nos exercícios de extensão horizontal. Rokito *et al.* (1998) reforçam esses resultados ao concluírem que apesar desses músculos agirem em conjunto para a realização de movimento eles parecem poder agir de forma independente em alguns movimentos específicos.

5.1. INFRA-ESPINAL

O músculo infra-espinal apresentou maiores valores de ativação muscular no exercício de rotação externa realizado na máquina *Cross Over* seguido da rotação externa com halteres, ambos os movimentos em que atua como motor primário (Rasch & Burke, 1977; Neumann, 2010).

Esses resultados corroboram com os estudos de Hintermeister *et al.* (1998) e Reinold *et al.* (2004). No estudo de Hintermeister *et al.* (1998) o exercício de rotação externa realizado em pé com resistência elástica o músculo infra-espinal mostrou-se como o principal responsável pela realização do movimento. No estudo de Reinold *et al.* (2004) também foram encontrados maiores níveis de ativação desse músculo em exercício de rotação externa, nesse caso, em decúbito lateral realizado com halteres. Esses exercícios são similares aos exercícios que apresentaram maiores níveis de ativação no presente estudo (rotação externa realizada na máquina *Cross Over* e rotação externa realizada em decúbito lateral com halteres).

Através da análise dos dados do músculo infra-espinal também foi possível observar que os exercícios monoarticulares como as rotações externas realizadas na máquina *Cross Over* e realizada com halteres e o crucifixo invertido apresentaram maiores níveis de ativação muscular do que os demais exercícios

multiarticulares como a remada alta, a remada baixa e a puxada inclinada. Existem na literatura diversos estudos analisando possíveis diferenças nos níveis de ativação muscular entre exercícios monoarticulares e multiarticulares (Signorile *et al.*, 1994; Alkner *et al.*, 2000; Enocson *et al.*, 2005; Welsch *et al.*, 2005; Júnior *et al.*, 2007; Damirchi *et al.*, 2008), porém não há consenso quanto a magnitude da influência que exercícios mono e multi articulares irão exercer sobre a musculatura envolvida na realização dos exercícios. Os achados do presente corroboram com achados de Enocson *et al.* (2005), que observaram maior ativação muscular do músculo reto femoral no exercício monoarticular (extensão do joelho) quando comparado com o exercício multiarticular (*leg press*). Para os autores tal aumento na atividade muscular é atribuído ao fato de poucos músculos estarem envolvidos no movimento do exercício monoarticular enquanto nos exercícios multiarticulares o esforço é dividido em vários grupos musculares de diferentes articulações.

Outro aspecto a ser considerado é o fato de o músculo infra-espinal ter apresentado maiores níveis de ativação muscular nos exercícios de rotação externa em relação àqueles exercícios envolvendo extensão horizontal, apesar de ambas serem consideradas funções primárias desse músculo (Rasch & Burke, 1977; Smith *et al.*, 1997). Dessa forma, os resultados sugerem que para o músculo infra-espinal os exercícios que envolvem rotação externa implicarão em maior exigência muscular.

Os fatos levantados acima influenciarão na escolha dos exercícios de um programa de treino de força e suas progressões. Os resultados obtidos nesse estudo auxiliam na escolha de exercícios para o fortalecimento do músculo infra-espinal, sugerindo que exercícios como a puxada inclinada, a remada baixa e a remada alta, podem ser selecionados numa fase inicial de treinamento por apresentarem menores níveis de ativação muscular. Na seqüência pode-se evoluir para exercícios como voador invertido, rotação externa com abdução de ombro, crucifixo invertido, até chegar aos exercícios de rotação externa com halteres e rotação externa no *Cross Over* que provocam maior ativação muscular. Essa ordem sugerida tem o objetivo de respeitar os princípios de sobrecarga progressiva e variabilidade de estímulos, propostos por Fleck e Kraemer (2006).

5.2. REDONDO MENOR

Dentre os exercícios que apresentaram maiores níveis de ativação muscular para o redondo menor estão a puxada inclinada, o voador invertido e a remada alta, todos exercícios que envolvem o movimento de extensão horizontal, enquanto os exercícios de rotação externa foram os que apresentaram menores níveis de ativação. Isso sugere que seu papel de motor primário na extensão horizontal causa maior ativação muscular em relação à rotação externa. Resultado distinto foi observado em estudo realizado por Reinold *et al.* (2004) analisando exercícios de reabilitação. Em seus resultados foi relatada maior ativação do redondo menor no exercício de rotação externa realizado com halteres em decúbito lateral, enquanto o exercício de extensão horizontal com rotação externa de ombro em decúbito ventral apresentou menores níveis de ativação muscular. A diferença nos resultados pode ser devido à forma de execução dos exercícios, no presente estudo os exercícios envolvendo extensão horizontal não foram realizados com rotação externa de ombro.

Um fato que chamou a atenção é a remada baixa aparecer como o segundo exercício com maior ativação muscular para o redondo menor. Esse exercício prioriza a atividade dos músculos extensores do ombro e não dos extensores horizontais. Como as funções principais do redondo menor são a rotação externa e a extensão horizontal (Rasch & Burke, 1977) esperava-se que o exercício remada alta apresentasse maiores níveis de ativação que a remada baixa. Os resultados obtidos nos levam a crer que pode ter havido influência de *cross-talk* (De Luca, 2002) na captação de sinal elétrico desse músculo. O redondo menor tem uma proximidade anatômica com o músculo redondo maior que é considerado um importante músculo na extensão de ombro (Rasch & Burke, 1977; Smith *et al.*, 1997), podendo a sua ativação ter influenciado o sinal EMG do redondo menor. Outro fator que pode ter contribuído para a alta ativação do redondo menor na remada baixa é o modelo da máquina utilizada. A sua configuração exige que a posição das mãos seja mais aberta o que faz com que o movimento realizado esteja entre extensão horizontal e extensão do ombro (Figura 8), não diferindo muito do exercício de remada alta (Figura 7).

Diferentemente do que foi observado para o músculo infra-espinal, o músculo redondo menor não parece ter sido influenciado pelo fato de o exercício executado

ser monoarticular ou multiarticular pois dentre os exercícios que apresentaram maiores níveis de ativação muscular estão a puxada inclinada, a remada baixa e o voador invertido. Welsch *et al.* (2005) também encontraram níveis de atividade semelhantes do músculo peitoral maior nos exercícios multiarticulares (supino reto com barra e supino reto com halteres) e monoarticulare (crucifixo com halteres). Em estudo semelhante realizado por Junior *et al.* (2007) também não foram relatadas diferenças nos níveis de ativação muscular entre os exercícios supino reto realizado com barra livre e voador realizado na máquina. Ao analisar estes estudos pode-se sugerir que outros fatores, além do tipo de exercício, podem influenciar no grau de exigência muscular.

Na perspectiva do treino de força para o fortalecimento do músculo redondo menor, respeitando os princípios de sobrecarga progressiva e variabilidade de estímulos (Fleck & Kraemer, 2006), os resultados obtidos nesse estudo sugerem que exercícios como a rotação externa com halteres, rotação externa no *Cross Over* e a rotação externa com abdução de ombro podem ser selecionados em fases iniciais de treinamento por apresentarem menores níveis de ativação muscular. Na seqüência pode-se evoluir para exercícios como o crucifixo invertido, a remada alta, e o voador invertido, até chegar aos exercícios como a remada baixa e a puxada inclinada que provocam maior ativação muscular.

6. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos nesse estudo mostraram padrões de ativação muscular diferentes para o músculo infra-espinal e para o redondo menor, sugerindo que apesar de ambos serem rotadores externos e extensores horizontais, atuam de forma distinta nos diferentes exercícios de força, devendo então ser abordados de forma distinta dependendo de qual dos músculos tem-se como objetivo atingir.

Os exercícios que provocam maior ativação muscular para o infra-espinal são os de rotação externa e para o redondo menor são aqueles envolvendo extensão horizontal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) ALKNER, B. A.; TESCH, P. A.; BERG, H. E., Quadriceps EMG/ force relationship in knee extension and leg press. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 2000; 32 (2): 459-463
- 2) BITTER, N. L.; CLISBY, E. F.; JONES, M. A.; MAGAREY, M. E.; JABERZADEH, S.; SANDOW, M. J. Relative contributions of infraspinatus and deltoid during external rotation in healthy shoulders. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 2007; 16: 563-568
- 3) DAMIRCHI, A., JALALI, M., RAHMANINIA, F., MOHEBBI, H. Comparison of EMG Activity of Knee Extensor Muscles in Knee Extension and Leg Press. *Journal of Movement Sciences & Sports*, 2008; 1: 7-12
- 4) DARK, A.; GINN, K. A.; HALAKI, M., Shoulder Muscle Recruitment Patterns During Commonly Used Rotator Cuff Exercises: An Electromyographic Study. *Journal of the American Physical Therapy Association* 2007; 87 (8): 1036-1036
- 5) DE LUCA, C. J. The use of electromyography in biomechanics. *J. Appl. Biomec.* 1997; 13:135–163
- 6) DE LUCA, C. J. Surface electromyography: detection and recording. DelSys, Inc., 2002
- 7) ELLENBECKER, T. S.; COOLS, A.; Rehabilitation of shoulder impingement syndrome and rotator cuff injuries: an evidence-based review, *British Journal Of Sport Medicine*, 2010; 44: 319–327
- 8) ENOCSON, A. G.; BERG, H. E.; VARGAS, R.; JENNER, G.; TESCH, P. A. Signal intensity of MR-images of thigh muscles following acute open- and closed chain kinetic knee extensor exercise – index of muscle use. *European Journal of Applied Physiology*, 2005; 94: 357–363
- 9) FLECK, J.F.; KRAEMER, W.J. *Fundamentos do Treinamento de Força Muscular*, 2ª ed. Porto Alegre. ArtMed, 2006
- 10) HERMENS, H. J.; FRERIKS, B.; MERLETTI, R., STEGEMAN, R.; BLOCK, J, RAU, G., *European recommendations for Surface Electromyography: Results of SENIAM Project*. Roessing Research and Development, Deliverable 8, 1999.
- 11) HEYWARD, V.H.; STOLARCZYK, L.M. *Avaliação da composição corporal aplicada*. São Paulo. Manole, 2000
- 12) HINTERMEISTER, R. A.; LANGE, G. W.; SCHULTHEIS, J. M.; BEY, M. J.; HAWKINS, R. J., Electromyographic Activity and Applied Load During Shoulder Rehabilitation Exercises Using Elastic Resistance, *The American Journal Of Sports Medicine*, 1998, 26 (2): 210-220

- 13) HULSTYN, M. J.; FADALE, P. D. Shoulder Injuries in the Athlete. *Clinics in Sports Medicine*, 1997; 16 (4): 663- 679
- 14) JACKSON, A.S.; POLLOCK, M.L. Generalized equations for predicting body density of men. *British Journal of Nutrition*, 1978, 40: 497–504
- 15) JÚNIOR, V. A. R.; GENTIL, P.; OLIVEIRA, E.; CARMO, J. Comparação entre a atividade EMG do peitoral maior deltóide anterior e tríceps braquial durante os exercícios supino reto e crucifixo. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 2007; 13 (1): 51-54
- 16) KALMAR, J.M.; CAFARELLI, E. Central excitability does not limit post fatigue voluntary activation of quadriceps femoris. *Journal Applied Physiology*, 2006, 100: 1757–1764
- 17) KIBLER, W. B.; SCIASCIA, A. Rehabilitation of the Athlete's Shoulder, *Clinics in Sports Medicine*, 2008, 27: 821–831
- 18) KIBLER, W. B.; SCIASCIA, A. D.; UHL, T. L.; TAMBAY, N.; CUNNINGHAM, T., Electromyographic Analysis of Specific Exercises for Scapular Control in Early Phases of Shoulder Rehabilitation, *The American Journal of Sports Medicine*, 2008; 36 (9): 1789-1798
- 19) KRAEMER W. J. Exercise prescription in weight training: manipulating program variables. *Natl. Strength Cond. Assoc. J*, 1983
- 20) McDONAGH, M.J.N.; DAVIES, C.T.M. Adaptative responses of mammalian skeletal muscle the exercise with high loads. *European Journal of Applied physiology*, 52: 139–155, 1984
- 21) NADLER, S. F.; SHERMAN, A. L.; MALANGA, G. A., *Sport-specific shoulder injuries*. Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America, 2004, 15: 607- 626.
- 22) NARICI M.VROI, G. S., LANDONI, L., MINETTI A. E., CERRETELLI, P. Changes in force, cross-sectional area and neural activation during strength training and detraining of the human quadriceps. *Eur. J. Appl. Physiology*. 59:310 – 319, 1989.
- 23) NEUMANN, D. A.; *Kinesiology of the Musculoskeletal System: Foundations for Rehabilitation*; 2^a ed. Saint Louis. Mosby Elsevier, 2010.
- 24) OWENS, S.; ITAMURA, J. M. Differential Diagnosis of Shoulder Injuries in Sports. *Operative Techniques in Sports Medicine*, 2000; 8 (4): 253-257
- 25) RASCH, P. J.; BURKE, R. K. Cinesiologia e Anatomia Aplicada. 5. ed. Philadelphia: Guanabara Koogan, 1977.
- 26) REINOLD, M. M.; WILK, K. E.; FLEISIG, G. S.; ZHENG, N.; BARRENTINE, S. W.; CHMIELEWSKI, T.; CODY, R. C. JAMESON, G. G.; ANDREWS, J. R. Electromyographic analysis of the rotator cuff and deltoid musculature during

- common shoulder external rotation. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 2004; 34 (7): 385- 394
- 27) ROKITO, A. S.; JOBE, F. W.; PINK, M. M.; PERRY, J.; BRAULT, J. Electromyographic analysis of shoulder function during the volleyball serve and spike. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 1998, 7 (3): 256-263
- 28) SIGNORILE, J. F.; WEBER, B.; ROLL, B.; CARUSO, J. F.; LOWENSTEYN, I.; PERRY, A. C. An Electromyographical Comparison of the Squat and Knee Extension Exercises. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 1994; 8 (3): 178-183
- 29) SMITH, L. K., WEISS, E. L., LEHMKUHL, L. D. *Cinesiologia Clínica de Brunnstrom*; 5ª Ed. São Paulo, Manole, 1997
- 30) WELSCH, E. A, BIRD, M, MAYHEW, J. L. Electromyographic activity of the pectoralis major and anterior deltoid muscles during three upper-body lifts. *J Strength Cond Res*, 2005; 2: 449-452.
- 31) WILK, K. E.; ARRIGO, C. A.; ANDREWS, J. A. Current Concepts: The Stabilizing Structures of the Glenohumeral Joint. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 1997; 25 (6): 364-379.

ANEXOS

Anexo 1 - Ficha de Coleta de Dados

Avaliação Antropométrica

Avaliador: _____

Codificação por letras (iniciais do nome) e número (ordem de entrada no projeto): _____

Data da Avaliação: _____

Estatura: _____ m. Peso: _____ kg.

IMC: _____ kg/m² %MCM: _____ %GC: _____

Dobras Cutâneas	1ª Medida	2ª Medida	3ª Medida	Média
Peitoral				
Abdome				
Coxa				

Anexo 2 - Termo de Consentimento

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Dados de Identificação:

Nome: _____

Identidade: _____ Sexo: _____

Data de Nascimento: _____ Idade: _____

Telefone: _____ E- mail: _____

Esse termo de consentimento, cuja cópia lhe foi entregue, é parte de um projeto de pesquisa do qual você participará como sujeito. Esse projeto foi desenvolvido pela aluna de graduação em educação física pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul Clarissa Müller Brusco, tendo como orientadora a Prof.^a Dr.^a Cláudia Silveira Lima, e recebe o título de *“Análise da Atividade Eletromiográfica dos Músculos Rotadores Externos do Ombro em Diferentes Exercícios de Força”*. Este termo deve lhe dar uma idéia básica do que se trata o projeto e o que sua participação envolverá. Se você quiser mais detalhes sobre algo mencionado aqui, ou alguma informação não incluída, sinta-se livre para solicitar. Por favor, leia atentamente esse termo, a fim de que você tenha entendido plenamente o objetivo desse projeto e o seu envolvimento nesse estudo como sujeito participante. O investigador tem o direito de encerrar o seu envolvimento nesse estudo, caso isso se faça necessário. De igual forma, você pode retirar o seu consentimento em participar no mesmo a qualquer momento, sem que isso implique em qualquer tipo de consequência.

Você está sendo convidado a participar de uma pesquisa cujo objetivo é avaliar, por meio da eletromiografia (sistema que capta a atividade elétrica do músculo), os músculos envolvidos no movimento de rotação externa da articulação do ombro. Você deverá comparecer à Sala de Musculação da Escola de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul quatro vezes, com intervalo de, no mínimo, dois dias entre as visitas.

Na primeira visita, você receberá este termo de consentimento para, se for da sua vontade, assinar. Depois disso, você será submetido a uma avaliação antropométrica composta por medidas de massa corporal, estatura, e dobras cutâneas. Posteriormente a isto, será realizado o teste de Contração Isométrica Voluntária Máxima e serão feitos os testes de 10 repetições máximas (10RMs) em quatro exercícios de força. Os pesquisadores irão esclarecer os detalhes de cada teste anteriormente ao início do mesmo.

Na segunda visita, o indivíduo realizará os teste de 10RMs em outros quatro exercícios. No terceiro e quarto dias serão realizados as coletas de sinal eletromiográfico nos exercícios de força, serão feitos quatro exercícios em cada um dos dias de coleta. Tanto no primeiro quanto no terceiro e quarto dias de coletas, será feita a depilação, abrasão e limpeza com álcool no local de inserção dos eletrodos.

Você poderá ficar com um pouco de dor muscular após os testes, bem como poderá ficar com a pele um pouco avermelhada ou sentir ardência após o processo de eletromiografia, devido à depilação e abrasão feita. Esses são efeitos agudos que deverão passar logo, não sendo necessário adotar nenhuma medida. Caso algum destes sinais não desapareça, ou apareça outro sintoma imprevisto, por favor, avise o pesquisador no telefone indicado ao final deste termo de consentimento. A duração aproximada de cada um dos dias de coleta é de 1h30min.

Os resultados deste estudo serão utilizados única e exclusivamente para fins de pesquisa, de modo que sua identidade será mantida em sigilo absoluto.

Caso ocorra qualquer dano a sua saúde, o Setor de Reabilitação do Laboratório de Pesquisa do Exercício da Universidade Federal do Rio Grande do Sul lhe dará assistência. A qualquer momento, a possibilidade de retirar o consentimento existe e será respeitada, sem qualquer prejuízo ao sujeito.

A sua assinatura nesse formulário indica que você entendeu satisfatoriamente a informação relativa à sua participação nesse projeto e você concorda em participar como sujeito. De forma alguma esse consentimento lhe faz renunciar aos seus direitos legais e nem libera os investigadores, patrocinadores ou instituições envolvidas de suas responsabilidades pessoais ou profissionais. A sua participação continuada deve ser tão bem informada quanto o seu consentimento inicial, de modo que você deve se sentir à vontade para solicitar esclarecimentos ou novas informações durante a sua participação. Se tiver qualquer dúvida referente a assuntos relacionados com esta pesquisa, favor entrar em contato com a Prof.^a Dr.^a Cláudia Silveira Lima (Fone: 3308.5894 / 9946.4747), com o graduando responsável pela pesquisa, Clarissa Müller Brusco (Fone: 3341.4847/ 8477.4847) ou com o Comitê de Ética em Pesquisa da UFRGS (Fone: 3308.4085).

Porto Alegre, _____ de _____ de _____.

Assinatura do Voluntário

Clarissa Müller Brusco

Cláudia Silveira Lima – Pesquisador Responsável