

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA, FISIOTERAPIA E DANÇA

**CLASSIFICAÇÃO DE EXERCÍCIOS DE FORÇA PARA MEMBROS
SUPERIORES DE ACORDO COM A ATIVIDADE ELETROMIOGRÁFICA DE
MÚSCULOS FLEXORES DO COTOVELO**

JONNAS DA FONTOURA ZALESKI

Porto Alegre
2015

JONNAS DA FONTOURA ZALESKI

**CLASSIFICAÇÃO DE EXERCÍCIOS DE FORÇA PARA MEMBROS
SUPERIORES DE ACORDO COM A ATIVIDADE ELETROMIOGRÁFICA DE
MÚSCULOS FLEXORES DO COTOVELO**

*Monografia apresentada à Escola de
Educação Física, Fisioterapia e Dança da
Universidade Federal do Rio Grande do
Sul como pré-requisito para a obtenção
do grau de licenciado em Educação
Física.*

Orientador (a): Prof.^a Dr.^a Claudia Silveira Lima

Porto Alegre
2015

AGRADECIMENTOS

À minha família, em especial minha irmã Carina e mãe Guiomar. Vocês sempre foram a base de tudo, que me deram condições e incentivo para continuar estudando. Ao meu pai, Alcides, pelas conversas e apoio incondicional. Muito obrigado, amo vocês.

Durante todos esses anos de faculdade, sempre tive ao meu lado uma pessoa muito especial que me fez amadurecer e aprender com meus erros. Amanda, muito obrigada pelo companheirismo, cumplicidade, apoio nas horas difíceis e todos os momentos bons que passamos juntos. Tu tens um lugar especial em meu coração. Te amo.

Aos colegas e amigos que conheci durante a trajetória na UFRGS, em especial, Rodrigo Rodrigues que tanto me deu oportunidades junto ao grupo de pesquisa e me apoiou desde a escrita até a execução das coletas deste trabalho. Paula Visintainer pela parceria nas coletas de dados. Bruna Almada, fiel dupla de estágio, muito obrigado pelos ensinamentos na escola. E ao meu irmão, Matheus Pinto. Talvez a maior conquista que um curso possa oferecer nem seja o grau, mas sim a possibilidade de conhecer pessoas incríveis, valeu meu Bruxo. A todos vocês, muito obrigado.

Aos grandes professores que tive oportunidade de absorver um pouco de seus conhecimentos, em especial, minha orientadora Claudia Lima e seu colega de sala Ronei Pinto. Pessoas como vocês servem de inspiração e são os melhores exemplos que alguém pode ter. Muito obrigado.

Por último, mas não menos importante, a todos meus amigos: do trabalho, do tempo de escola, os de infância, os que conheço a mais tempo e também os que conheço a menos tempo. Todos vocês foram e sempre serão muito importantes. Muito obrigado, amo vocês.

Jonnas da Fontoura Zaleski

**CLASSIFICAÇÃO DE EXERCÍCIOS DE FORÇA PARA MEMBROS
SUPERIORES DE ACORDO COM A ATIVIDADE ELETROMIOGRÁFICA DE
MÚSCULOS FLEXORES DO COTOVELO**

Conceito final:

Aprovado em.....de.....de.....

BANCA EXAMINADORA:

Avaliador: Prof. Dr. Eduardo Luso Cadore - UFRGS

Orientador(a): Prof.^a Dr.^a Claudia Silveira Lima - UFRGS

RESUMO

Introdução: Treinamento de força é uma modalidade de exercícios, caracterizado pela execução de um movimento voluntário contra uma resistência ou carga externa, em que princípios de treinamento físico são seguidos para obtenção de adaptações fisiológicas. Entre os princípios, destaca-se a variabilidade de estímulos, que prega a utilização de exercícios variados, o que decorre na necessidade de se conhecer o comportamento dos músculos nessas variações de atividades. **Objetivo:** Desta forma, o presente estudo investigou a ativação muscular dos músculos bíceps braquial e braquiorradial a fim de classifica-los. **Materiais e métodos:** Durante oito exercícios de treinamento de força, 11 indivíduos voluntários do sexo masculino, com experiência prática em treino de força, foram avaliados utilizando a técnica Eletromiografia (EMG) de superfície. Os sujeitos realizaram dez repetições máximas nos exercícios estudados, com a carga previamente estipulada e com o monitoramento simultâneo do sinal EMG. **Resultados e conclusão:** Os exercícios rosca direta, rosca scott e rosca neutra foram os que apresentaram maior ativação muscular para o bíceps braquial, seguidos de rosca pronada, puxada supinada, remada baixa e remada alta. Para o braquiorradial, os exercícios rosca direta e remada alta apresentaram os maiores níveis de ativação.

Palavras chave: cotovelo; eletromiografia; musculação.

SUMARIO

1.	INTRODUÇÃO	7
1.1.	Objetivo geral	9
1.2.	Objetivos específicos	9
2.	REVISÃO DE LITERATURA	10
2.1	Eletromiografia (EMG)	10
2.2	Flexores de cotovelo: Anatomia	11
2.3	Comparação na literatura quanto à ativação dos músculos flexores	12
3.	MATERIAIS E MÉTODOS	14
3.1.	Sujeitos	14
3.2.	Procedimentos	14
3.3.	Contração Isométrica Voluntária Máxima (CIVM)	15
3.4.	Testes de 10 Repetições Máximas (10RMS)	15
3.5.	Aquisição e tratamento do sinal EMG	17
3.6.	Análise estatística	19
4.	RESULTADOS	20
5.	DISCUSSÃO	22
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	25
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26
8.	ANEXOS	30
8.1.	Anexo I - Termo de Consentimento livre e Esclarecido	30

1. INTRODUÇÃO

O treinamento de força é caracterizado pela execução de um exercício voluntário contra uma resistência ou carga externa e é considerado o método mais eficiente para obter ganhos de força muscular (ACSM, 2009; Kraemer & Ratamess, 2004). Esta modalidade tornou-se uma das formas mais populares de exercício para melhorar a aptidão física, além de aumentar o percentual de massa magra, diminuir o percentual de gordura corporal e melhorar o desempenho físico em atividades esportivas e da vida diária (Fleck & Kraemer, 2014). Para a obtenção de respostas adaptativas, o treinamento de força depende dos princípios do treinamento físico dentre os quais destacamos a especificidade, a sobrecarga progressiva e a variabilidade de estímulos (Kraemer & Ratamess, 2004). A partir destes princípios, a elaboração de um programa de treinamento pode ser realizada buscando melhorar as respostas adaptativas decorrentes do treinamento para qualquer grupo muscular envolvido.

A determinação dos níveis de ativação dos diferentes grupos musculares, tanto para membros superiores como membros inferiores, pode auxiliar na escolha dos exercícios que irão compor um programa de treinamento, de acordo com os seus objetivos. A Eletromiografia (EMG) é uma representação gráfica do sinal elétrico que se propaga pelas unidades motoras diante de uma contração muscular, permitindo, desta forma, identificar os músculos ativados durante um determinado exercício, auxiliando na escolha dos exercícios a fazerem parte de um programa de treinamento. Diversos estudos vêm sendo realizados com a intenção de classificar exercícios de força convencional pelo nível de ativação das musculaturas envolvidas, tanto para membros inferiores (McAllister *et al.*, 2014; Signorile *et al.*, 1994; Signorile *et al.*, 2002), como para membros superiores (Barnett *et al.*, 1995; McAllister *et al.*, 2012; Lusk *et al.*, 2011).

A articulação do cotovelo, essencial nas atividades de vida diária por permitir a aproximação das mãos até a cabeça (Calais-Germain & Lamotte, 2010), é uma articulação uniaxial do tipo dobradiça (gínglimo) que realiza os movimentos de flexão e extensão, sendo os músculos principais para o movimento de flexão o braquial, bíceps braquial e braquiorradial; e para o movimento de extensão, o tríceps braquial (Smith, Weiss & Lehmkuhl, 1997). Basmajian (1974) refere que os músculos bíceps,

braquial e o braquiorradial diferem as suas ativações nas três posições da radioulnar (supinada, pronada e neutra). Alguns autores realizaram estudos em diferentes exercícios, como puxadas (Lusk *et al.* 2010) e Arm Crancking (Bressel *et al.*, 2001) com o objetivo de classificar a ativação muscular dos flexores de cotovelo de acordo com a posição da articulação radioulnar.

Apesar dos estudos apresentarem informações de ativação muscular de exercícios isolados, ao nosso conhecimento, ainda não foi bem determinado o nível de ativação dos músculos flexores do cotovelo em diferentes exercícios de força, sejam eles realizados em condições mono e multiarticulares, em exercícios com peso livre ou guiado, bem como em diferentes posições da articulação radioulnar. Assim, o objetivo do estudo foi analisar o nível de ativação dos músculos flexores de cotovelo em diferentes exercícios de força, classificando-os posteriormente de acordo com o nível de ativação dos músculos avaliados (bíceps braquial e braquiorradial).

1.1 OBJETIVO GERAL

Classificar os exercícios de força relativos aos membros superiores de acordo com o nível de ativação muscular dos músculos bíceps braquial e braquiorradial.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar os níveis de ativação muscular dos músculos bíceps braquial e braquiorradial através da eletromiografia de superfície em diferentes exercícios de força.
- Comparar os níveis de ativação muscular dos músculos flexores do cotovelo (bíceps braquial e braquiorradial) através da eletromiografia de superfície em diferentes exercícios de força.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. ELETROMIOGRAFIA (EMG)

A eletromiografia (EMG) é utilizada para monitorar a atividade elétrica de um músculo, determinando se ele está ativo ou não. O sinal EMG é captado por meio de eletrodos, que geralmente são empregados em uma configuração bipolar, podendo ser superficial, com eletrodos colocados na superfície cutânea do músculo a ser investigado, ou profunda, com um eletrodo inserido diretamente no músculo, através do uso de uma agulha (Basmajian & De Luca, 1985). A técnica que utiliza eletrodos de profundidade tem uma limitação importante que é o fato de ser invasiva, restringindo-se mais a estudos de natureza clínica. Sendo a EMG de profundidade mais invasiva, a técnica de superfície também tem limitações, uma delas determinante, que é o monitoramento apenas de músculos superficiais (Lima & Pinto, 2007).

A eletromiografia de superfície envolve a colocação de eletrodos na pele, imediatamente sobre o músculo, para monitorar os impulsos (excitação) do músculo. A EMG, enquanto técnica, consiste na obtenção, processamento e posterior quantificação da atividade elétrica desenvolvida num músculo a partir da estimulação voluntária ou involuntária de um conjunto de unidades motoras (Ums) específicas (Enoka, 2000; Soderberg & Knutson, 2000).

Nas situações em que se procura comparar a ativação muscular entre as variações de um mesmo exercício, é preciso levar em conta o modo como o sinal EMG será processado. Em relação à intensidade, a quantificação do sinal EMG normalmente utiliza duas formas: pelo procedimento denominado *root mean square* (RMS), que mede o comportamento do sinal elétrico registrado em um tempo específico, ou pela integral do sinal (Zuniga *et al.*, 1970 *apud* Figueiredo, 2011; Lima & Pinto, 2007). Ambas são apropriadas, no entanto para sinais EMG durante contração voluntária, a RMS parece ser mais adequada, pois representa a força do sinal que tem relação com o funcionamento físico (Zuniga *et al.*, 1970 *apud* Figueiredo, 2011).

2.2. FLEXORES DO COTOVELO: ANATOMIA

Os músculos principais que flexionam o cotovelo são o braquial, bíceps braquial e braquiorradial. O músculo braquial é o principal flexor da articulação do cotovelo. Esse músculo tem origem em toda a extensão da face anterior da metade inferior do úmero e dos septos intermusculares. Sua inserção fibrosa e limitada produz uma elevação áspera na face anterior do processo coronóide da ulna (Basmajian, 1993; Lehmkuhl, Smith & Weiss, 1997).

O músculo bíceps braquial possui duas porções: a longa e a curta. A cabeça longa é fixada por um tendão longo a partir do tubérculo supraglenóideo da escápula. A cabeça curta é fixada também por um tendão longo a partir do processo coracóideo da escápula. As duas porções do músculo bíceps braquial se unem à frente do músculo braquial. Seu tendão comum insere-se na metade posterior rugosa da tuberosidade do rádio, situada logo abaixo da face medial do colo desse osso. O músculo bíceps braquial não é somente um poderoso flexor do cotovelo, mas também um supinador da radioulnar e, por virtude disto, como flexor, age melhor quando a radioulnar está em supinação, menos quando em posição neutra e ainda menos quando em pronação (Basmajian, 1993; Lehmkuhl, Smith & Weiss, 1997).

O músculo braquiorradial é o mais proeminente e o mais largo dos três músculos do grupo radial do antebraço (braquiorradial e extensores radiais longo e curto do carpo). Origina-se na crista supracondilar lateral, na face lateral da diáfise do úmero, e no septo intermuscular lateral e insere-se na face lateral do processo estilóide do rádio. Acima do cotovelo, ele fica entre o tríceps e o braquial. Ao nível e abaixo do cotovelo, o braquiorradial forma o bordo lateral da fossa antecubital. O braquiorradial funciona principalmente como um flexor do cotovelo. Para alguns autores sua maior participação é com a radioulnar em posição neutra (Bressel *et al.*, 2001) e para outros, independentemente da posição da radioulnar. Posição essa sustentada por Boland *et al.* (2008) e Serres *et al.* (1992) que não encontraram diferença na ativação do braquiorradial nas 3 posições. O braquiorradial parece funcionar mais em ações de pronação do que em ações de supinação conforme determinado pela maior atividade EMG com movimentos que exijam ações de músculos pronadores (Bolando *et al.*, 2008; Lehmkuhl, Smith & Weiss, 1997).

2.3. COMPARAÇÃO NA LITERATURA QUANTO À ATIVAÇÃO DOS MÚSCULOS FLEXORES

Após a busca na literatura, percebe-se uma contradição quanto à ativação dos músculos flexores do cotovelo em diferentes posições da radioulnar. Basmajian e Latif, *apud* Costa (2005) relatam a complexidade para avaliar a participação dos músculos, eles afirmam não haver um padrão regular de ativação muscular no movimento de flexão do cotovelo. Basmajian (1974) também diz que as observações feitas por ele sugerem fortemente que o bíceps, o braquial e o braquiorradial diferem as suas ativações nas três posições da radioulnar (supinada, pronada e neutra).

Na comparação das ativações dos músculos flexores do cotovelo em exercícios múltiarticulares, Lusk *et al.* (2010) não encontraram diferenças significativas na ativação muscular para o bíceps braquial no exercício puxada frontal (*lat pull-down*) usando as posições supinada e pronada da radioulnar. Já Lehman *et al.* (2005), comparando a ativação das porções esternoclavicular e clavicular do peitoral maior, do bíceps braquial, e da cabeça lateral do tríceps braquial em diferentes posições da radioulnar (supinada e pronada) e diferentes larguras na pegada (larga, média e estreita) no exercício supino reto, encontraram uma ativação maior do bíceps braquial na posição supinada.

Em relação à ativação dos músculos flexores do cotovelo em exercícios isolados (monoarticulares), Jamison *et al.* (1994) e Gordon *et al.* (2004) associam uma ativação maior do bíceps braquial nas tarefas de flexão de cotovelo com pegada supinada de radioulnar devido a uma vantagem anatômica do músculo para este movimento. Serres *et al.* (1992) também afirmam em seus estudos que o bíceps braquial tem uma ativação maior em exercícios de flexão de cotovelo com uma pegada supinada de radioulnar.

Quanto ao braquiorradial, Bressel *et al.* (2001) compararam a ativação dos músculos bíceps braquial, braquiorradial, deltóide acromial, infraespinal e tríceps braquial no exercício “*arm cranking*” com pegada supinada, neutra e pronada da radioulnar. Os autores afirmaram que a maior ativação do braquiorradial encontrada durante a execução com pegada neutra explica-se pela vantagem anatômica do músculo em realizar o movimento de flexão de cotovelo com a radioulnar nesta posição. Já Boland *et al.* (2008) afirmam não haver diferenças na ativação do

braquiorradial em tarefas de flexão de cotovelo com diferentes posições da radioulnar. O estudo de Serres *et al.* (1992) corrobora ao afirmar não haver diferença significativa de ativação do braquiorradial na flexão de cotovelo com radioulnar pronada ou supinada.

Com os resultados citados, justifica-se o desenvolvimento deste estudo a fim de tentar sanar as contradições encontradas na literatura sobre o assunto.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. SUJEITOS

A amostra foi composta por 11 indivíduos voluntários do sexo masculino, treinando força há pelo menos seis meses, sem histórico de lesão no ombro e sem um índice percentual de gordura corporal elevado (Tabela 1). O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (parecer número 340.681).

Tabela 1. Caracterização da amostra (n = 11)

Característica	Média ± DP
Idade (anos)	22,5 ± 4
Estatura (cm)	176 ± 9,8
Massa Corporal (kg)	76 ± 10,9
Percentual de Gordura (%)	15,1 ± 4

3.2. PROCEDIMENTOS

A coleta de dados ocorreu em cinco sessões com intervalo de 48 horas entre cada uma. Na primeira sessão, o indivíduo foi esclarecido sobre os procedimentos da pesquisa e, concordando em participar da mesma, assinou o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Após, foi realizada uma avaliação antropométrica e, por fim, foi coletado o sinal EMG durante a realização de testes de contração isométrica voluntária máxima (CIVM).

Na segunda e terceira sessão de coletas, os indivíduos realizaram testes de 10 repetições máximas (10 RM), para estimar a carga utilizada nos exercícios avaliados, sendo eles: Puxada Frontal, Puxada Supinada, Remada Alta, Remada Baixa, Rosca Scott, Rosca Direta, Rosca Neutra e Rosca Pronada. Na quarta e quinta sessões, os sujeitos realizaram os exercícios com a carga estipulada no teste de 10 RM com o monitoramento do sinal EMG dos músculos bíceps braquial e braquiorradial sendo realizado simultaneamente.

Dia 1	Dias 2 e 3	Dias 4 e 5
<ul style="list-style-type: none"> • TCLE • Avaliação Antropométrica • CIVM 	<ul style="list-style-type: none"> • Testes de 10 RM 	<ul style="list-style-type: none"> • EMG nos exercícios

Figura 1 – Desenho experimental do estudo.

3.3. CONTRAÇÃO ISOMÉTRICA VOLUNTÁRIA MÁXIMA (CIVM)

As CIVM foram realizadas utilizando-se um aparelho de musculação Cross Over (Konen Gym, China) com uma célula de carga acoplada às placas de peso do equipamento (Miotec – Equipamentos Biomédicos, Porto Alegre, RS, Brasil) para medir a curva de força. O movimento testado foi de flexão de cotovelo e o teste foi realizado com o indivíduo posicionado sentado e com o cotovelo apoiado em flexão de 90°. Três repetições de cinco segundos foram realizadas (De Luca, 1997). Durante a realização da contração, o sujeito era estimulado verbalmente para atingir o máximo de sua produção de força (McNair *et al.*, 1996). Um intervalo de cinco minutos de descanso foi dado entre a realização de cada CIVM, a fim de minimizar os efeitos da fadiga muscular sobre o sinal EMG (De Luca, 1997).

3.4. TESTES DE 10 REPETIÇÕES MÁXIMAS (TESTE DE 10RM)

O objetivo do teste de 10 RM foi o de estipular a carga com que os indivíduos iriam realizar os oito exercícios estudados. Os exercícios multiarticulares estudados foram Puxada Frontal, Puxada Supinada, Remada Alta e Remada Baixa (Figura 2). E os exercícios monoarticulares estudados foram Rosca Direta, Rosca Neutra, Rosca Pronada e Rosca Scott (Figura 3).

Primeiramente, os indivíduos realizaram um aquecimento articular, executando o próprio exercício a ser testado com uma carga leve. Para a aquisição da carga, foi usado o método de tentativa e erro, sendo que a mesma deveria ser estipulada em, no máximo, três tentativas com um intervalo de cinco minutos de descanso entre cada tentativa. Caso o indivíduo ultrapassasse ou não atingisse as 10 RM na terceira tentativa, era necessário agendar outro dia para determinação da carga.

A carga estabelecida em cada exercício foi, posteriormente, utilizada na aquisição do sinal EMG durante a realização das 10 RM, que foi posteriormente normalizado pelo sinal EMG mensurado durante a realização da CIVM. Este procedimento foi utilizado para definição do nível de ativação dos músculos bíceps braquial e braquiorradial durante cada exercício. A ordem da execução dos exercícios no teste de 10 RM e na coleta do sinal EMG das 10 RM foi randomizada, a partir de sorteio.

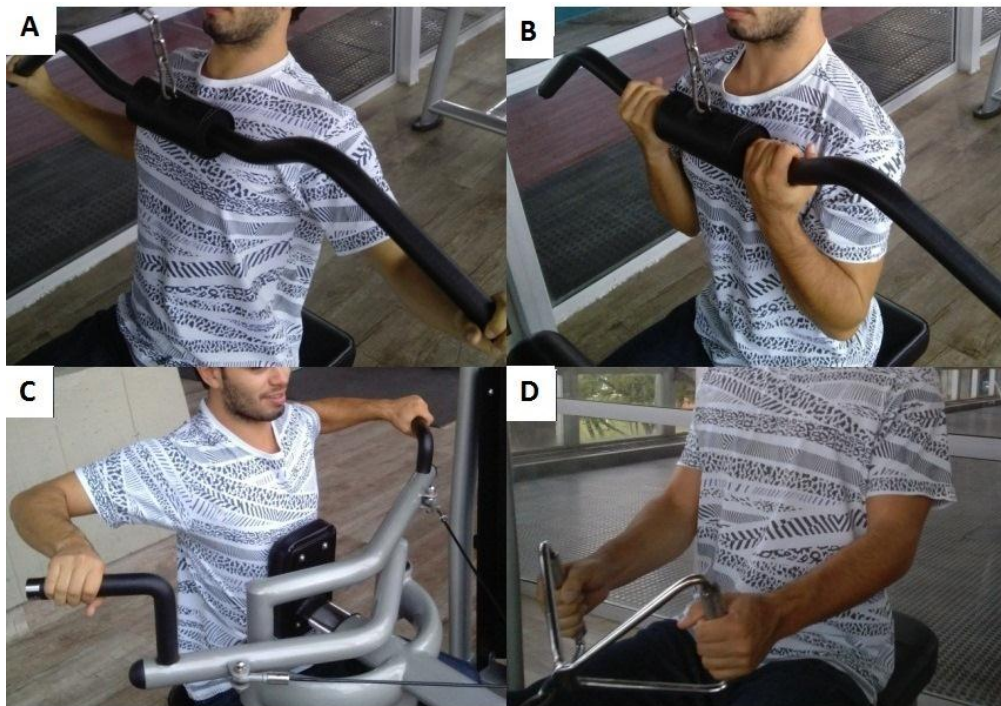


Figura 2 – Exercícios multiarticulares analisados: A) Puxada frontal; B) Puxada supinada; C) Remada alta; D) Remada baixa.

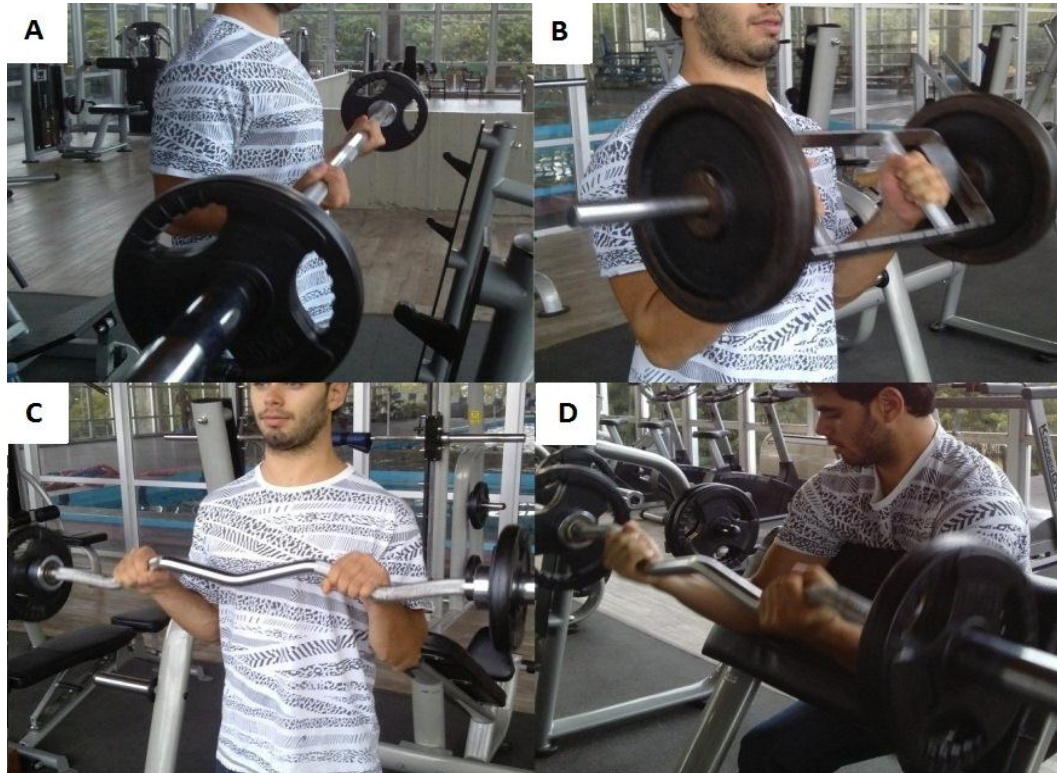


Figura 3 – Exercícios monoarticulares analisados: A) Rosca direta; B) Rosca neutra; C) Rosca pronada; D) Rosca *scott*.

3.5. AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DO SINAL EMG

Para quantificar o nível de ativação dos dois músculos flexores do cotovelo nos oito exercícios, foi utilizada a eletromiografia de superfície (EMG). A aquisição dos dados foi feita por meio de um eletromiógrafo Miotool 400 (Miotec – Equipamentos Biomédicos, Porto Alegre, RS, Brasil), composto por um sistema de quatro canais, com frequência de 2000 Hz por canal. A configuração dos eletrodos utilizados foi bipolar, sendo empregado um par de eletrodos de superfície de 15mm de raio Kendall Mini Medi-Trace 100 (Tyco Healthcare, São Paulo, SP, Brasil), com uma distância de 20mm entre eletrodos, para cada um dos músculos analisados.

Nas coletas dos sinais EMG, foi feita raspagem dos pelos no local de colocação dos eletrodos e abrasão da pele, com algodão embebido em álcool. Esse processo foi feito com o intuito de remover células mortas, diminuir a oleosidade no local e com isso diminuir a impedância da pele, medida através de um multímetro digital, devendo a mesma manter-se abaixo de 3000 Ohms (Narici *et al.*, 1989).

Após, os eletrodos foram posicionados sobre a pele do indivíduo no local de referência para os dois músculos flexores do cotovelo, bíceps braquial e

braquiorradial (Leis & Trapani, 2000). O eletrodo terra foi colocado na clavícula, protuberância óssea vizinha aos músculos monitorados. Também foi feito um mapa da localização dos eletrodos para cada indivíduo, garantindo um posicionamento fiel dos eletrodos ao longo das coletas (Narici *et al.*, 1989).

Os sinais EMG foram transmitidos para uma placa analógico-digital (A/D) e posteriormente a um computador portátil via cabo USB, sendo gravados no *software* MiotecSuite 1.0, para futura análise no mesmo *software*. O sinal foi filtrado com um filtro do tipo Passa-Banda Butterworth de 5ª ordem, com uma frequência de corte estipulada entre 20 Hz e 500 Hz.

Após o processo de filtragem, o sinal EMG das curvas de força das CIVM foi recortado (figura 4), sendo que o recorte foi feito no período correspondente a um segundo onde a força era constante e máxima (no platô da curva). O valor *Root Mean Square* (RMS) foi calculado nesse intervalo de recorte, sendo que, o maior valor RMS dentre as três CIVM realizadas foi usado para normalizar os sinais obtidos durante a execução das 10 RM nos exercício avaliados.

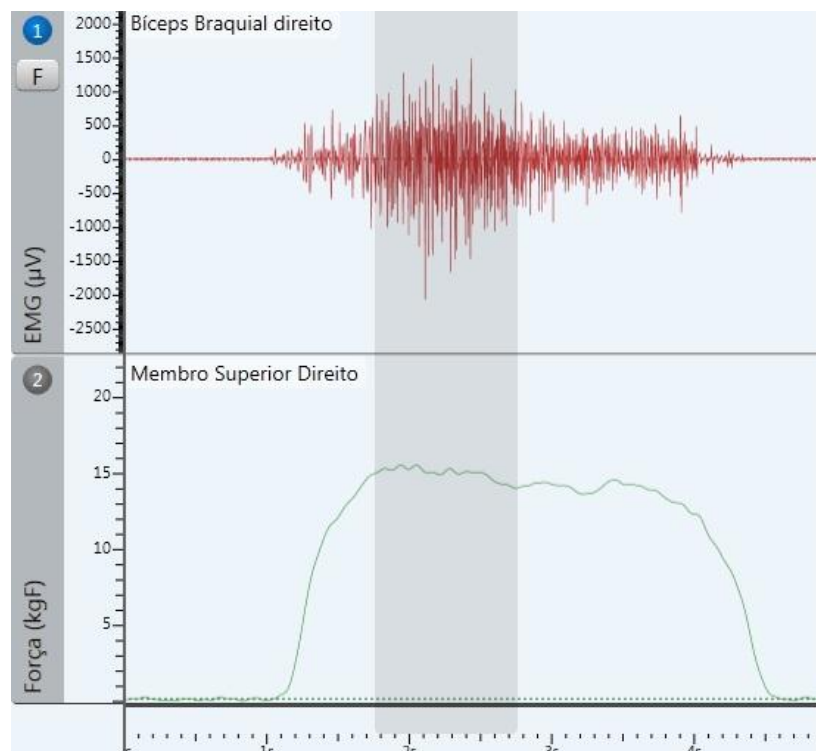


Figura 4 – Recorte do sinal EMG e curva de força. Fonte: Arquivo pessoal.

O nível de ativação muscular em cada um dos oito exercícios investigados foi determinado pela média dos valores RMS da segunda, terceira, quarta e quinta

repetições (figura 5) (Kalmar & Cafarelli, 2006). Desta forma, eliminou-se o efeito da variabilidade do sinal EMG ao longo das últimas repetições (sexta à décima), decorrente das condições de fadiga instalada. Um sensor de deslocamento (Miotec – Equipamentos Biomédicos, Porto Alegre, RS, Brasil) foi utilizado para definir o início e o final de cada repetição, bem como sua fase concêntrica e excêntrica, permitindo que o recorte do sinal EMG fosse feito com maior precisão. Do valor RMS obtido nas quatro repetições supracitadas, foi realizada uma média que foi usada na quantificação dos dados em percentual da CIVM (Kalmar & Cafarelli, 2006).

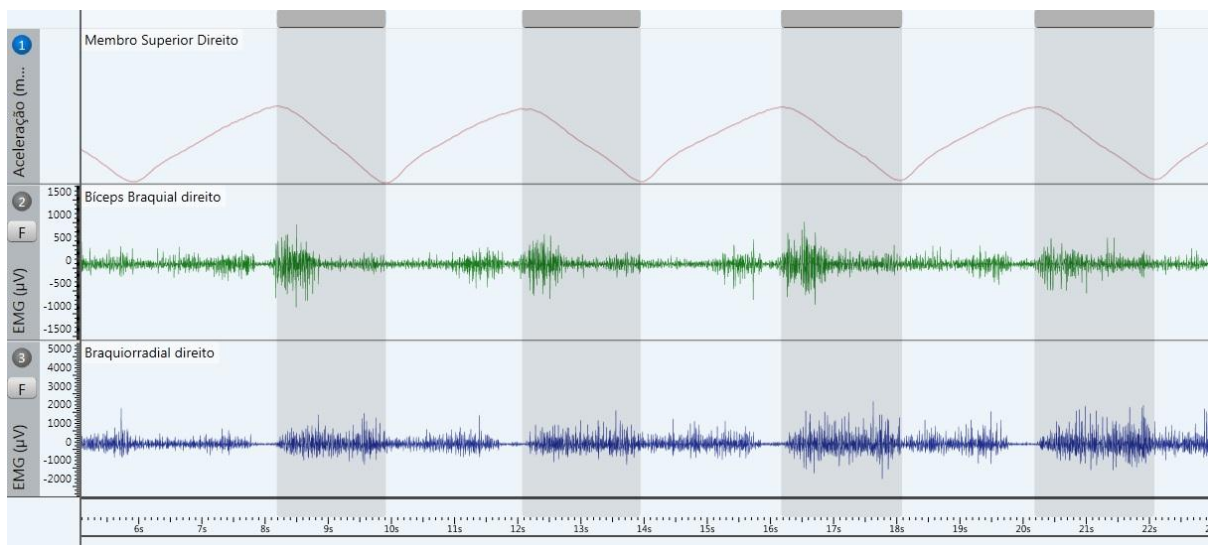


Figura 5 - Recorte do sinal EMG durante a segunda, terceira, quarta e quinta repetição.
Fonte: Arquivo pessoal.

3.6. ANÁLISE ESTATÍSTICA

O teste ANOVA de medidas repetidas de 1 fator (exercícios) foi utilizado para comparação de cada músculo nos diferentes exercícios. O teste t pareado foi utilizado para verificar se existe diferença na ativação entre os músculos num mesmo exercício, exceto nas análises para a puxada supinada, rosca direta e rosca scott, onde a normalidade foi violada e foi usado o teste de Wilcoxon como alternativa não-paramétrica. Os dados da atividade EMG foram expressos em média e desvio padrão. Todos os dados foram analisados no software SPSS 20.0 e o nível de significância estipulado foi de $\alpha = 0,05$.

4. RESULTADOS

Para o músculo bíceps braquial, os exercícios Rosca Direta ($82,40\% \pm 32,07$) e Rosca Neutra ($59,35\% \pm 16,10$) apresentaram ativação eletromiográfica significativamente maior ($p < 0,05$) que a Puxada Supinada ($30,90\% \pm 12,97$), Remada Baixa ($29,53\% \pm 7,94$), Remada Alta ($27,76\% \pm 8,75$) e Puxada Frontal ($20,60\% \pm 7,08$). O exercício Rosca Scott ($79,91\% \pm 42,06$) foi significativamente maior ($p < 0,05$) que a Puxada Supinada, Remada Baixa e a Puxada Frontal. A Rosca Pronada ($32,12\% \pm 11,74$) apresentou uma ativação significativamente maior ($p < 0,05$) que Puxada Frontal (Figura 6).

Em relação ao músculo braquiorradial o exercício de Rosca Direta ($98,51\% \pm 19,82$) apresentou ativação muscular significativamente maior ($p < 0,05$) que a Rosca Neutra ($75,19\% \pm 19,09$), a Rosca Pronada ($63,98\% \pm 15,51$), a Puxada Supinada ($55,58\% \pm 8,29$) e a Puxada Frontal ($51,13\% \pm 15,77$). O exercício de Remada Alta ($76,09\% \pm 24,41$) apresentou ativação eletromiográfica significativamente maior ($p < 0,05$) do que a Puxada Frontal. Os demais exercícios não apresentaram diferença significativa entre eles (Figura 7).

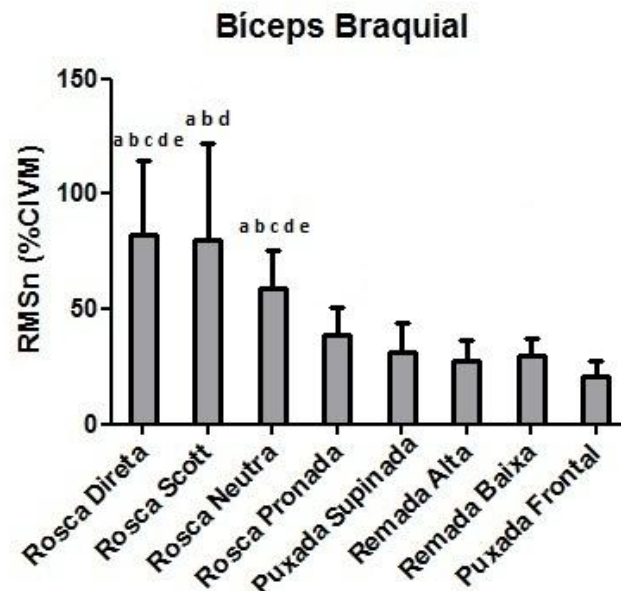


Figura 6 – Valores (Média ± DP) *Root Mean Square* normalizados (RMSn) pelos valores da contração isométrica voluntária máxima (%CIVM) de ativação do músculo Bíceps Braquial nos diferentes exercícios de musculação. **a)** diferente de puxada frontal; **b)** remada baixa; **c)** remada alta; **d)** puxada supinada; **e)** rosca pronada.

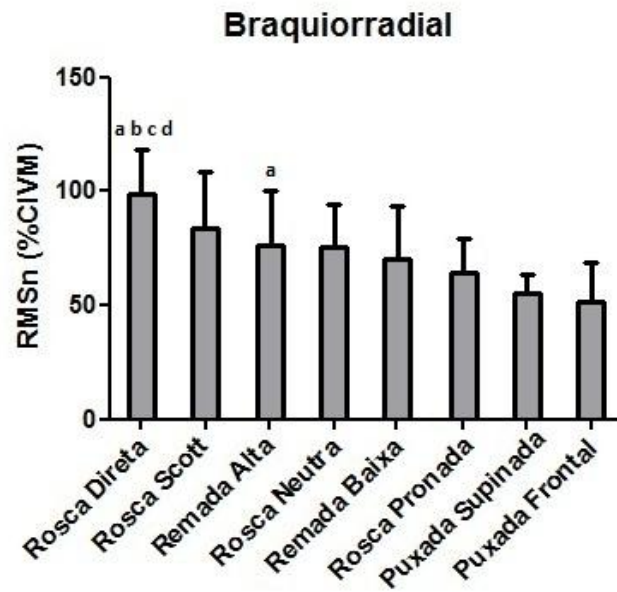


Figura 7 – Valores (Média ± DP) *Root Mean Square* normalizados (RMSn) pelos valores da contração isométrica voluntária máxima (%CIVM) de ativação do músculo Braquiorradial nos diferentes exercícios de musculação. **a)** diferente de puxada frontal; **b)** puxada supinada; **c)** rosca pronada; **d)** rosca neutra.

5. DISCUSSÃO

Os principais achados do presente estudo mostram que diferentes músculos de um mesmo grupo muscular, embora com função agonista em determinados movimentos, podem apresentar diferentes padrões de ativação, os quais parecem ser modificados em função das alterações na mecânica da carga externa, bem como na mecânica interna articular, observados em diferentes exercícios de força. Embora façam parte do mesmo grupo muscular (flexores de cotovelo), os músculos bíceps braquial e braquiorradial apresentam diferentes padrões de ativação, possivelmente ocorridas em virtude de diferenças mecânicas e biomecânicas que ocorrem em diferentes exercícios de força, sendo estas variações dependentes da participação das várias articulações movimentadas (i.e. ombro, cotovelo, radioulnar). A expectativa era que ambos os músculos apresentassem uma maior ativação muscular nos exercícios monoarticulares e nos exercícios em que a articulação radioulnar estivesse na posição onde fatores anatômicos facilitariam suas atividades, posição supinada para o bíceps braquial (Praagman *et al.*, 2010) e posição neutra para o braquiorradial (Bressel *et al.*, 2001)

Na literatura, um maior nível de ativação muscular tem sido observado em exercícios monoarticulares em comparação aos multiarticulares, o que parece ser explicado pelo menor número de músculos envolvidas nos exercícios monoarticulares. Embora nos exercícios multiarticulares seja possível o deslocamento de uma carga mais elevada, esta é dividida por um número maior de articulações, o que decorre num menor nível de ativação muscular individual (Enocson *et al.*, 2005). Este comportamento, com a exceção do exercício rosca pronada, foi observado no presente estudo, em que o músculo bíceps braquial foi significativamente mais ativado nos exercícios monoarticulares. A exceção do exercício rosca pronada, que só teve sua ativação muscular do bíceps braquial significativamente maior para um exercício multiarticular (puxada frontal), pode estar associada a sua posição de execução que é de desvantagem mecânica para o bíceps braquial (Naito *et al.*, 2004).

Porém, observamos uma constante e significativa ativação do músculo braquiorradial em praticamente todos os exercícios escolhidos para a realização do estudo, que parece independe do tipo de exercício e da posição da radioulnar.

Segundo Basmajian (1974), os músculos flexores de cotovelo diferem as suas ativações nas três posições da radioulnar, tendo os três músculos funções diferentes

no movimento conforme a articulação radioulnar muda sua posição articular. Bressel *et al.* (2001) reforçam essa colocação para o músculo braquiorradial. Os autores encontraram sua maior ativação durante o exercício Arm Cranking com a radioulnar neutra. Os autores atribuem seus achados a fatores anatômicos do músculo que facilitarão sua ação durante a flexão de cotovelo com a radioulnar nesta posição. Em contra partida, Boland *et al.* (2008) e Serres *et al.* (1992) em seus estudos não encontraram diferença na ativação do braquiorradial nas três posições da radioulnar. O presente estudo apoia os resultados dos últimos autores quando não apresentam diferenças significativas na ativação do braquiorradial entre exercícios com diferentes configurações da articulação radioulnar como puxada supinada, puxada frontal, rosca neutra e rosca pronada. E, ainda, o exercício rosca direta, que é executado com a radioulnar supinada, apresentou ativação significativamente maior do braquiorradial em comparação com outros exercícios, o que vai de encontro ao estudo de Bressel *et al.* (2001) que sugere a posição neutra como a que mais ativa o braquiorradial.

Independente do exercício ser monoarticular, multiarticular, com peso livre ou aparelho guiado, o músculo braquiorradial não mostrou diferença significativa na sua ativação para a maioria dos exercícios do presente estudo ao contrário do bíceps braquial, que teve sua maior atividade em exercícios monoarticulares e com pesos livres. Alguns autores (Signorile *et al.*, 1994) afirmam haver diferenças no padrão de ativação entre exercícios realizados em aparelhos guiados e pesos livres, tendo este último a possibilidade de ter uma ativação EMG maior em relação aos aparelhos guiados (McCaw & Friday, 1994). Em relação ao músculo bíceps braquial, os resultados do presente estudo corroboram com essas informações. No entanto, para o músculo braquiorradial, dos exercícios com peso livre, somente o exercício rosca direta apresentou maior ativação em relação aos outros exercícios, fato que leva a pensar que outro aspecto, que não o fato de ser um exercício realizado com peso livre ou aparelho guiado, teve influência nesse resultado. Entre estes aspectos pode estar a especificidade do sujeito em termos de recrutamento muscular (Bechtel *et al.*, 1994), assim como o fato do comprimento ótimo e o braço de alavanca do braquiorradial não coincidirem durante a flexão de cotovelo, como ocorre com o bíceps braquial.

Além disso, a característica de ativação apresentada pelo braquiorradial no presente estudo pode estar associada a uma função estabilizadora do músculo na

articulação do cotovelo. Boland *et al.* (2008) descreveram esta função em seus estudos e afirmam que o braquiorradial protege a articulação radioulnar distal elevando o rádio por cima da ulna no momento em que o cotovelo realiza flexão com uma sobrecarga. Como todos os exercícios analisados foram realizados com sobrecarga, o músculo braquiorradial pode ter sido sempre ativado para estabilizar a articulação.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O bíceps braquial apresentou os exercícios rosca direta, rosca scott e rosca neutra, todos monoarticulares, como grupo de exercícios com maior ativação muscular. Seguido de um segundo grupo de exercícios, rosca pronada, puxada supinada, remada baixa e remada alta. O exercício com menor ativação foi o da puxada frontal.

Para o braquiorradial, os exercícios rosca direta e remada alta apresentaram os maiores níveis de ativação. No entanto, a ativação muscular da maioria dos exercícios do presente estudo foi semelhante, o que reforça a ideia de que sua ativação muscular independe do tipo de exercício ou das posições da articulação radioulnar.

Como aplicação prática, pensando num programa de treino avançado, que tem por objetivo o incremento de força para o músculo bíceps braquial, os exercícios do primeiro grupo (rosca direta, rosca scott e rosca neutra) são os mais indicados, já para uma fase inicial de treino o segundo grupo de exercícios (rosca pronada, puxada supinada, remada baixa e remada alta) poderia ser utilizado. Visando o incremento de força para músculo braquiorradial, os exercícios mais indicados são a rosca direta e a remada alta por apresentarem maior ativação muscular que os exercícios puxada frontal, puxada supinada, rosca pronada e rosca neutra.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) ACSM. Progression Models in Resistance Training for Healthy Adults. *Med Sci Sports Exerc.*, Eua, p. 687-708. mar. 2009.
- 2) BARNETT, C., KIPPERS, V., TURNER, P., Effects of Variations of the Bench Press Exercise on the EMG Activity of Five Shoulder Muscles. *Journal of Strength and Conditioning Research*, Australia, p. 222 – 227. 1995.
- 3) BASMAJIAN, J.V., *Muscles alive: their functions revealed by electromyography*. Atlanta: Baltimore, 1974.
- 4) BASMAJIAN, J.V., DE LUCA, C.J.. *Muscle alive: their functions revealed by electromyography*. Baltimore: Williams & Wilkins; 1985.
- 5) BASMAJIAN, J. V., *Anatomia de Grant*. São Paulo: Manole, 1993.
- 6) BECHTEL, R., CALDWELL, G.E., The influence of task and angle on torque production and muscle activity at the elbow. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, United States, p. 195 – 204. 1994.
- 7) BOLAND, Michael R.; SPIGELMAN, Tracy. The Function of Brachioradialis. *The Journal Of Hand Surgery*, Lexington, p. 1853-1859. dez. 2008.
- 8) BRESSEL, Eadric. The effect of handgrip position on upper extremity neuromuscular responses to arm cranking exercise. *Journal Of Electromyography And Kinesiology*, Logan, p. 291-298. 2001.
- 9) CALAIS-GERMAIN, Blandine; LAMOTTE, Andrée. *Anatomia para o movimento*. Barueri: Manole, 2010.
- 10) COSTA, P. L., et al. *Movimento articular: aspectos morfológicos e funcionais: membro superior*. Barueri: Manole, 2005.
- 11) DE LUCA, C.J. The use of surface electromyography in biomechanics. *Journal of Applied Biomechanics*, Boston, p. 135- 163, 1997.

- 12) ENOCSON, A.G., et al, 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*, Stockholm, p. 357 – 363, 2005.
- 13) ENOKA, R. M.. *Bases neuromecânicas da cinesiologia*. São Paulo: Manole, 2000.
- 14) FIGUEIREDO, R. *Ativação do bíceps braquial no exercício remada baixa com diferentes pegadas*. 2011. 41 f. trabalho conclusão de curso (graduação) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.
- 15) FLECK, J.F.; KRAEMER, W.J. *Designing Resistance Training Programs*, 4^a ed. Champaign: Human Kinetics, 2014
- 16) GORDON KD, PARDO RD, JOHNSON JA, KING GJ, MILLER TA. Electromyographic activity and strength during maximum isometric pronation and supination efforts in healthy adults. *J Orthop Res*. 2004 Jan;22(1):208-13.
- 17) GUSHI, M. et al. An electromyographic study of the flexor muscles of the elbow articulation, in weightlifting trained subjects. *Electromyography And Clinical Neurophysiology*, Campinas, p. 49-54. jan. 2007.
- 18) HEYWARD, V.H.; STOLARCZYK, L.M. *Avaliação da composição corporal aplicada*. São Paulo. Manole, 2000
- 19) JACKSON, A.S.; POLLOCK, M.L. Generalized equations for predicting body density of men. *British Journal of Nutrition*, v. 40, p. 497–504, 1978
- 20) JAMISON, J. C; CALDWELL, G. E., Dual Degree of Freedom Tasks: Flexion Effect on Supination/Pronation Response. *Journal Of Electromyography & Kinesiology*, Massachusetts, p. 143-152. set. 1994.
- 21) KALMAR, J.M.; CAFARELLI, E. Central excitability does not limit post fatigue voluntary activation of quadriceps femoris. *Journal Applied Physiology*. (2006), 100: 1757–1764

- 22) KRAEMER, W. J., and N. A. RATAMESS. Fundamentals of Resistance Training: Progression and Exercise Prescription. *Med. Sci. Sports Exerc.*, Vol. 36, No. 4, p. 674-688, 2004.
- 23) LEHMAN, G. J. The Influence of Grip Width and Forearm Pronation/Supination on Upper-Body Myoelectric Activity During the Flat Bench Press. *The Journal Of Strength And Conditioning Research*, Toronto, p.587-591, 2005.
- 24) LEIS, A.A.; TRAPANI, V.C. *Atlas of electromyography*. Oxford, NY, Oxford University Press, 2000.
- 25) LIMA, C. S.; PINTO, R. S. *Cinesiologia e musculação*. Porto Alegre: Artmed, 2006.
- 26) LUSK, S. J.; HALE, B. D.; RUSSELL, D. M. Grip Width and Forearm Orientation Effects on Muscle Activity During the Lat Pull-Down. *Journal of Strength And Conditioning Research*. (2010) Jul;24(7):1895-900.
- 27) McALLISTER, M.J. et al. Muscles Activation During Various Hamstring Exercises. *Journal of Strength And Conditioning Research*. Tennessee, p. 1573 – 1580, 2014
- 28) McALLISTER, M.J. et al. Effect of Grip Width on Electromyographic Activity Durin the Uprigth Row. *Journal of Strength And Conditioning Research*. Tennessee, 2012.
- 29) McCRAW, S. T.; FRIDAY, J. J. A comparison of muscle activity between a free weight and machine bench press. *Journal of Strength And Conditioning Research*. Illinois, p. 259 – 264. 1994.
- 30) 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.

- 31) McNAIR, P. J. et al, Verbal encouragement: effects on maximum effort voluntary muscle action. *British Journal os Sports Medicine*, New Zealand, p. 243 – 245. 1995.
- 32) NAITO, A. Electrophysiological Studies of Muscles in the Human Upper Limb: The Biceps Brachii, *Anatomical Science International*, Japan. p. 11 – 20. 2004.
- 33) 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. *European Journal of Applied physiology* , p. 310 – 319, 1989.
- 34) PRAAGMAN, M. et al. The Effect of Elbow Angle and External Moment on Load Sharing of Elbow Muscles. *Journal Of Electromyography & Kinesiology*, Amsterdam. p. 912 – 922. 2010.
- 35) SERRES, S. J. et al. Effect of Pronation and Supination Tasks on Elbow Flexor Muscles. *Journal Of Electromyography And Kinesiology*, New York, p. 53-58. 1992.
- 36) SIGNORILE, J. F. et al., Selective Recruitment of the Triceps Surae Muscles With Changes in Knee Angle. *Journal of Strength And Conditioning Research*, Miami, p. 433–439. 2002.
- 37) SIGNORILE, J. F. et al. An Electromyographical Comparison of the Squat and Knee Extension Exercises. *Journal of Strength And Conditioning Research*, Miami, 1994.
- 38) SMITH, L. K.; WEISS, E. L.; LEHMKUHL, L. D. *Cinesiologia clínica de Brunnstrom*. Barueri: Manole, 1997.
- 39) SODERBERG, G. L., KNUTSON, L. N., A Guide for Use and Interpretation of Kinesiologic Electromyographic Data. *Physical Therapy*. May (2000), Vol. 80, No. 5.

8. ANEXOS

8.1. ANEXO I – TERMO DE CONSENTIMENTO

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Eu, _____, concordo voluntariamente em participar do estudo "ANÁLISE DA ATIVIDADE ELETROMIOGRÁFICA DOS MÚSCULOS FLEXORES DO COTOVELO EM DIFERENTES EXERCÍCIOS DE FORÇA".

Declaro estar ciente de que o estudo será desenvolvido pelo aluno Jonnas da Fontoura Zaleski, do Curso de Graduação em Educação Física da Escola de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, e orientado pela Prof^a Cláudia Silveira Lima, que tem como objetivo classificar os exercícios de força relativos aos membros superiores de acordo com o nível de ativação muscular dos músculos braquiorradial e bíceps braquial, por meio do uso da EMG. Fui informado de que os sujeitos do presente estudo serão submetidos a riscos mínimos, não maiores do que aqueles existentes durante a execução de um treinamento de força convencional de academia. Estou ciente de que as informações obtidas no decorrer desta investigação serão utilizadas na publicação de artigos científicos sobre o tema e que todas as informações utilizadas deverão manter o sigilo dos indivíduos avaliados.

Compreendo que serei solicitado a:

1. Fazer-me medidas corporais;
2. Dispor-me à preparação da pele, que inclui os seguintes procedimentos: depilação, abrasão e limpeza com álcool nas regiões onde serão colocados os eletrodos;
3. Dispor-me à fixação de eletrodos de superfície na região do braço;
4. Realizar testes de contração voluntária máxima (CIVM), no movimento de flexão do cotovelo;
5. Realizar testes de 10 RM (10 Repetições Máximas) em diferentes exercícios de força.

Entendo que:

1. Poderei ficar com sintomas como dor muscular, que diminuirá gradativamente ao longo de 72 horas, pois se tratam de efeitos agudos que não requerem nenhuma medida médica ou farmacológica. Caso algum destes sinais não desapareça, ou apareça outro sintoma imprevisto, por favor, comunique o pesquisador no telefone indicado ao final deste termo de consentimento.
2. Terei a qualquer momento livre acesso às informações sobre os procedimentos, riscos e benefícios relacionados à pesquisa, inclusive para retirar eventuais dúvidas.
3. Terei liberdade de retirar meu consentimento a qualquer momento e deixar de participar do estudo, sem que isso traga prejuízo à continuidade de minha assistência na instituição.

4. Os resultados serão analisados e utilizados única e exclusivamente para fins científicos, não se utilizando dados pessoais capazes de identificar o sujeito, haverá uma confidencialidade, sigilo e privacidade desses dados.
5. Caso haja um eventual dano à saúde decorrente da pesquisa, haverá disponibilidade de assistência no Setor de Reabilitação do LAPEX/ESEF/UFRGS.
6. Poderei entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da UFRGS para quaisquer problemas referentes à minha participação no estudo, ou caso sentir que haja violação dos meus direitos, através do telefone (0XX51) 3308-3738.

INFORMAÇÕES DO RESPONSÁVEL PELO ACOMPANHAMENTO DA PESQUISA, PARA CONTATO EM CASO DE INTERCORRÊNCIAS:

Jonnas da Fontoura Zaleski Telefone: (0XX51) 9294-4212

Cláudia Silveira Lima Telefone: (0XX51) 3308-5894 ou (0XX51) 9996-4747

Porto Alegre, _____ de _____ de _____.

Assinatura do Voluntário

Cláudia Silveira Lima – Pesquisador Responsável

Jonnas da Fontoura Zaleski – Pesquisador