

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA**

ALEXANDRE ROSAS BATISTA

**RESPOSTAS ELETROMIOGRÁFICAS
FRENTE A DIFERENTES MÉTODOS
DE TREINAMENTO DE FORÇA**

Campinas
2011

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA**

ALEXANDRE ROSAS BATISTA

**RESPOSTAS ELETROMIOGRÁFICAS
FRENTE A DIFERENTES MÉTODOS
DE TREINAMENTO DE FORÇA**

Dissertação de Mestrado apresentada à Pós-Graduação da Faculdade de Educação Física da Universidade Estadual de Campinas para obtenção do título de Mestre em Educação Física na área de concentração Ciência do Desporto.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Carlos de Moraes

Este exemplar corresponde à versão final da Dissertação defendida por Alexandre Rosas Batista, e orientada pelo Prof. Dr. Antonio Carlos de Moraes.



Antônio Carlos de Moraes
Orientador

Campinas

2011

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA POR
DULCE INES LEOCÁDIO DOS SANTOS AUGUSTO – CRB8/4991 - BIBLIOTECA
“PROF. ASDRUBAL FERREIRA BATISTA”
FEF - UNICAMP

B32r	Batista, Alexandre Rosas, 1975- Respostas eletromiográficas frente a diferentes métodos de treinamento de força / Alexandre Rosas Batista. -- Campinas, SP: [62 f.], 2011. Orientador: Antonio Carlos de Moraes Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação Física. 1. Treinamento de força. 2. Eletromiografia. 3. Agachamento. I. Moraes, Antonio Carlos de. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Educação Física. III. Título.
------	--

Informações para Biblioteca Digital

Título em inglês: Electromyography responses to different methods of strength training.

Palavras-chave em inglês:

Strength training
Electromyography
Back squat

Área de Concentração: Ciência do Desporto.

Titulação: Mestre em Educação Física.

Banca Examinadora:

Antonio Carlos de Moraes [Orientador]
Miguel de Arruda
Alexandre Moreira

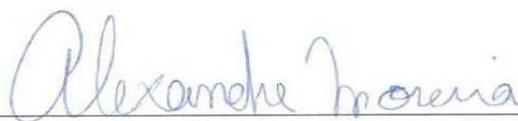
Data da defesa: 25-02-2011

Programa de Pós-Graduação: Educação Física

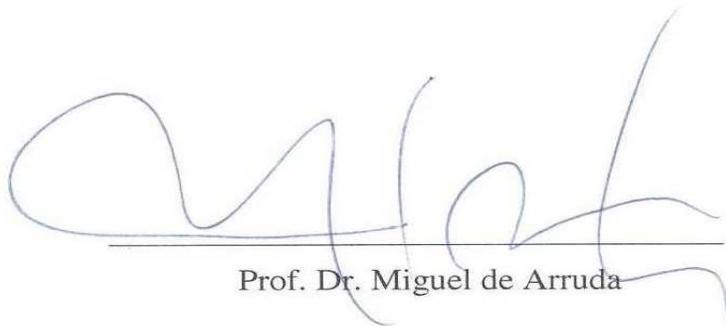
COMISSÃO JULGADORA



Antônio Carlos de Moraes
Orientador



Prof. Dr. Alexandre Moreira



Prof. Dr. Miguel de Arruda

Este estudo é dedicado a todos os atletas que com raça e determinação defendem nosso país, acreditando e colaborando em nossas pesquisas, para o desenvolvimento da Ciência do Esporte.

AGRADECIMENTOS

Neste momento de muita alegria, gostaria de dividir está felicidade com todos aqueles que compartilharam o meu conhecimento em diferentes fases deste processo.

Primeiramente a DEUS, a força maior que me ilumina em minhas atitudes e razão pela qual continuo lutando pela estrada da vida.

Aos meus pais, José Gilberto Batista e Maria Anita Rosas Batista que me deram a base para chegar até esse momento com disciplina, moral e ética.

Ao Prof. Dr. Antonio Carlos de Moraes, amigo e orientador, pela paciência e contribuições em meu mestrado, um grande homem que aprendi muito com sua história de vida.

Ao Prof. Dr. Miguel de Arruda e Prof. Dr. Alexandre Moreira pelo meu entusiasmo e motivação no mundo do Treinamento Desportivo.

Aos meus amigos Professores Marquinhos, Nizay, Bernardo, Alessandro, Charles, Ronan e Flávia que estiveram ao meu lado neste difícil caminho, desde um bate papo sobre EMG até risadas sobre a vida.

Meu muito obrigado a todos.

“Eu acredito, eu luto até o fim: não há como perder, não há como não vencer.

(OLEG TAKTAROV)

BATISTA, Alexandre Rosas. **Respostas eletromiográficas frente a diferentes métodos de treinamento de força**. 2011. 62 f. Dissertação (Mestrado em Educação Física) - Faculdade de Educação Física. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011.

RESUMO

O propósito do presente estudo foi comparar as respostas eletromiográficas dos músculos vasto lateral (VL), reto femoral (RF) e bíceps femoral (BF) durante exercício de agachamento em três protocolos distintos de treinamento com pesos: a) métodos de cargas crescentes (12-10-8-6 repetições), b) método de cargas decrescentes (6-8-10-12 repetições); c) método de cargas constantes (4x9 repetições). Participaram do estudo 7 indivíduos saudáveis do sexo masculino (idade = 18 a 35 anos). Para a coleta dos sinais eletromiográficos, foram utilizados eletrodos bipolares ativos colocados nos músculos VL, RF e BF do lado dominante do voluntário, como sugere a padronização do SENIAM. Para a análise estatística a ANOVA *One-way* foi utilizada para comparar o valor médio da *root mean square* (RMS) e frequência mediana (FM) nas quatro séries para cada músculo analisado. A ANOVA *Two-way* foi utilizada para comparar a RMS e a FM dos músculos VL, RF e BF nas quatro séries dos três protocolos. O *post-hoc* de Bonferroni foi utilizado para a localização das diferenças quando apontadas pela ANOVA. O nível de significância adotado para todas as análises foi de $p < 0,05$. Diferenças significativas foram observadas entre as séries 1, 3 e 4 do protocolo 1 quando comparado com o protocolo 2 ($p < 0,05$). Observou-se também diferença significativa entre a série 1 do protocolo 2 e sua série correspondente do protocolo 3 e entre a série 4 do protocolo 3 quando comparada com a série 4 do protocolo 1. Entretanto, não foram encontradas diferenças entre os valores médios das quatro séries de cada protocolo de treinamento. Conclui-se que o padrão de recrutamento e ativação dos músculos VL, RF e BF são iguais para os protocolos de cargas crescentes, decrescentes e contínuas.

Palavras-Chaves: Treinamento de força, Eletromiografia, Agachamento.

BATISTA, Alexandre Rosas. **Electromyographic responses to different methods of strength training**. 2011. 62 f. Dissertation (Masters in Physical Education) - Faculdade de Educação Física. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011.

ABSTRACT

The purpose of this study was to compare the electromyographic responses of the vastus lateralis (VL), rectus femoralis (RF) and biceps femoralis (BF) during squatting exercise at three different protocols of weight training: 1) protocol of increasing loads (12-10-8-6 repetitions); 2) protocol of decreasing loads (6-8-10-12 repetitions); 3) protocol of constant loads (4x9 repetitions). Seven healthy male subjects were included into the study (age range: 18-35 years). To evaluate the electromyographic signal, active bipolar electrodes were placed in the muscles VL, RF and LF on the dominant side of the volunteer, as suggested by the standardization of SENIAM. For statistical analyses, One-way ANOVA was used to compare the root mean square (RMS) and median frequency (MF) in four series for each muscle examined. Two-way ANOVA was used to compare the RMS and MF of VL, RF and LF muscles in the four series of three protocols. The post-hoc Bonferroni test was used to locate the differences when indicated by ANOVA. The level of significance for all tests was 5%. Significant differences were observed between first, third and fourth series of Protocol 1 when compared with protocol 2 ($p < 0.05$). We also observed a significant difference between the first series of protocol 2 and its corresponding series of protocol 3. Finally, significant differences were found between the third and fourth series of protocol 3, compared with the fourth series of Protocol 1. However, there were no differences between mean values of the four series of each training protocol. We conclude that the pattern of recruitment and activation of muscles VL, RF and LF are the same when using training protocols of increasing, decreasing or constant loads.

Key words: weight training, back squat, electromyography

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Aquisição do sinal eletromiográfico	22
Figura 2: Propriedades funcionais da unidade motora	26
Figura 3: Delineamento experimental da realização dos protocolos de treinamento	31
Figura 4: Eletromiógrafo da marca Biopac (Biopac Sistens, Inc, Santa Barbara, CA, USA) modelo MP 150	33
Figura 5: Eletrodos ativos da marca Biopac (Biopac Sistens, Inc, Santa Barbara, CA, USA) modelo MP 150	34
Figura 6: Referência da localização anatômica para a colocação de eletrodos no músculo Reto Femoral, de acordo com as recomendações do SENIAM padronização de (HERMES et al., 2000)	35
Figura 7: Referência da localização anatômica para a colocação de eletrodos no músculo Vasto Lateral, de acordo com as recomendações do SENIAM padronização de (HERMES et al., 2000)	36
Figura 8: Referência da localização anatômica para a colocação de eletrodos no músculo Bíceps Femoral, de acordo com as recomendações do SENIAM padronização de (HERMES et al., 2000)	37
Figura 9: Valores médios \pm EPE da RMS das quatro séries dos músculos vasto lateral, reto femoral e bíceps femoral nos protocolos de cargas crescentes, cargas decrescentes e cargas contínuas.....	39
Figura 10: Valores médios \pm EPE da frequência mediana das quatro séries dos músculos vasto lateral, reto femoral e bíceps femoral nos protocolos de cargas crescentes, cargas decrescentes e cargas contínuas.....	40
Figura 11: Valores médios \pm EPE da RMS dos músculos vasto lateral, reto femoral e bíceps femoral durante o protocolo de cargas crescentes. ^a $p < 0,05$ com relação ao reto femoral; ^b $p < 0,05$ com relação ao bíceps femoral; ^c $p < 0,05$ com relação ao bíceps femoral	41

- Figura 12: Valores médios \pm EPE da RMS dos músculos vasto lateral, reto femoral e bíceps femoral durante o protocolo de cargas decrescentes. ^{a,b} $p < 0,05$ com relação ao bíceps femoral42
- Figura 13: Valores médios \pm EPE da RMS dos músculos vasto lateral, reto femoral e bíceps femoral durante o protocolo de cargas contínuas. ^a $p < 0,05$ com relação ao reto femoral ...43
- Figura 14: Valores médios \pm EPE da frequência mediana dos músculos vasto lateral, reto femoral e bíceps femoral durante o protocolo de cargas crescentes44
- Figura 15: Valores médios \pm EPE da frequência mediana dos músculos vasto lateral, reto femoral e bíceps femoral durante o protocolo de cargas decrescentes. ^b $p < 0,05$ com relação ao bíceps femoral.....45
- Figura 16: Valores médios \pm EPE da frequência mediana dos músculos vasto lateral, reto femoral e bíceps femoral durante o protocolo de cargas contínuas. ^b $p < 0,05$ com relação ao bíceps femoral46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Características gerais dos sujeitos participantes do experimento. Dados expressos em média \pm desvio padrão.....	29
Tabela 2: Número de repetições realizadas pelos participantes do estudo nos três protocolos experimentais.....	38

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

EMG	Eletromiografia
EMGS	Eletromiografia de superfície
μ V	Micro volts
mV	Mili volts
RUM	Recrutamento de unidades motoras
RMS.....	Root Mean Square
PAUM.....	Potenciais de ação de unidade motora
FFT	Transformada rápida de Fourier
1RM.....	1 repetição máxima
MC	Massa corporal
IMC.....	Índice de massa corporal
EST	Estatura
VL.....	Vasto lateral
RF	Reto Femoral
BF	Bíceps Femoral
LEE.....	Laboratório de estudos eletromiográficos
FEF	Faculdade de educação física
UNICAMP.....	Universidade Estadual de Campinas
EPE	Erro padrão de estimativa
DP	Desvio padrão

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE TABELAS	11
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	12
1 INTRODUÇÃO.....	15
2 OBJETIVOS.....	17
2.1 Objetivo Geral	17
2.2 Objetivos Específicos	17
3 HIPÓTESES	18
4 JUSTIFICATIVA	19
5 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
5.1 Eletromiografia de superfície	20
5.2 Variáveis do treinamento.....	22
5.3 Tipos de fibras musculares e unidades motoras	25
5.4 Características estruturais dos músculos RF, VL e BF	27
6 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	29
6.1 Seleção da amostra	29
6.2 Delineamento experimental.....	30
6.3 Avaliação da força máxima	31
6.4 Medidas Antropométricas	32
6.5 Protocolos de treinamento	32
6.5.1 Protocolo de cargas crescentes	32
6.5.2 Protocolo de cargas decrescentes	32

6.5.3 Protocolo de cargas contínuas	33
6.6 Coleta e Processamento de sinais eletromiográficos	33
6.6.1 Coleta do sinal eletromiográfico.....	33
6.6.2 Processamento do sinal eletromiográfico	34
6.6.3 Preparação da pele para a colocação dos eletrodos	34
6.6.4 Tratamento do sinal eletromiográfico.....	37
6.7 Análise Estatística	38
7 RESULTADOS	39
8 DISCUSSÃO	47
9 CONCLUSÃO	49
10 REFERÊNCIAS	50
11 ANEXOS	57

1 Introdução

Na atualidade, o treinamento de força vem sendo investigado através da Eletromiografia de superfície (EMGsup), no intuito de obter respostas neuromusculares sobre hipóteses que levem a melhorias no desempenho físico, hipertrofia muscular e ganho de força (PAOLI, 2009; CATERISANO, 2002). Pelo aumento do número de praticantes em salas de musculação nas academias, clubes e condomínios, retrata-se a popularidade dos benefícios alcançados por este tipo de treinamento.

O treinamento de força ou treinamento com pesos são terminologias dadas como referência à utilização de pesos livres ou algum tipo de equipamento com carga, que tem como objetivo descrever um tipo de exercício que exija que a musculatura promova movimentos contra a oposição de uma força (FLECK, 2006). Já em relação a tipos de força, o termo força geral e específica vem tornar distintas as diferenças entre trabalhar todos os grupos musculares e trabalho empregado em uma determinada modalidade esportiva, para poder distinguir desde o exercício até determinado movimento em uma modalidade esportiva. (WEINECK, 2003).

Neste sentido, o agachamento é um exercício muito utilizado entre praticantes de treinamento de força, como meio para o desenvolvimento da força de membros inferiores, principalmente pelo seu aspecto abrangente no recrutamento muscular nos membros inferiores (MCKEAN, 2010; GULLETT, 2009; PAOLI, 2009). Contudo, além da dificuldade em se selecionar o exercício mais adequado, é necessário optar entre os diferentes protocolos habitualmente utilizados na preparação física.

A atividade eletromiográfica (EMG) tem sido amplamente utilizada em estudos de análise do movimento humano, com o objetivo de investigar a função muscular, por meio da aquisição e análise de sinais elétricos produzidos pelos músculos. A amplitude do EMG estimada

pela média do sinal retificado ou pelo RMS (root mean square) reflete o padrão de recrutamento ou ativação das unidades motoras que controlam um determinado músculo, havendo uma relação muito próxima do linear entre o EMG e a força gerada pelo músculo (SEKI K, NARUSAWA, 1998; FARINA et al, 2002). Neste sentido, a EMG é considerada uma excelente ferramenta de auxílio e controle no treinamento, além de fornecer informações valiosas sobre os diferentes protocolos de treinamento de força. Desse modo, as informações produzidas por diferentes estudos têm contribuído acentuadamente para o entendimento dos mecanismos fisiológicos envolvidos em esforços de alta intensidade e curta duração, em série simples ou séries múltiplas. Assim, este estudo poderá trazer informações interessantes para manipulação do controle de cargas e seus ajustes.

2 Objetivos

2.1 Objetivo geral

O propósito do presente estudo foi comparar as respostas eletromiográficas dos músculos VL, RF e BF frente a três diferentes protocolos de treinamento de força no exercício agachamento.

2.2 Objetivos específicos

Comparar o padrão de recrutamento das unidades motoras dos músculos VL, RF e BF entre os três protocolos e entre as quatro séries de cada protocolo.

Comparar a frequência mediana (FM) e os RMS (root mean square) dos dados coletados dos músculos VL, RF e BF entre os três protocolos e entre as quatro séries de cada protocolo.

3 Hipóteses

A Hipótese é que com o incremento da carga, o recrutamento de unidades motoras (RMS) e a frequência de disparos (FM) se elevem, e que haja diferenças entre as séries no protocolo com incremento progressivo de carga. Espera-se também que o protocolo de cargas constantes apresente valores menores de RMS e FM.

4 Justificativa

O treinamento de força está em evidência por causa de seus benefícios, sendo muito utilizado como base na preparação física, na modelagem física e na reabilitação. Entretanto temos vários tipos de protocolos de treinamento de força aplicados pelos professores em academias, e com isso aparecem varias dúvidas em relação ao controle das cargas. Então com o auxílio da eletromiografia, iremos investigar o estímulo dado pela carga em três diferentes protocolos, através do sinal eletromiográfico.

5 Revisão Bibliográfica

5.1 Eletromiografia de superfície

A eletromiografia (EMG) é uma técnica que analisa os aspectos relacionados à função muscular por meio da análise do sinal elétrico gerado nas membranas excitáveis, sendo considerada uma técnica de extrema relevância para o estudo da fisiologia neuromuscular (BASMAJIAN e DE LUCA, 1985).

O procedimento usualmente empregado para a coleta dos sinais eletromiográficos envolve a fixação de eletrodos próximos a uma membrana excitável, sendo dessa forma registrados os potenciais de ação que trafegam sobre ela, sendo os mesmos registrados em volts em relação ao tempo. Uma das limitações desta técnica é a necessidade de inserção de eletrodos dentro da célula (intracelulares), fora da célula (extracelulares), ou ainda, fora do ambiente celular, mas dentro do músculo (intramusculares) (ENOKA, 2000), limitando a sua utilização em tarefas que exigem movimentos bruscos e/ou amplos.

A utilização de eletrodos na pele sobre o músculo tem sido uma alternativa para a solução desse problema. Essa técnica é denominada eletromiografia de superfície (EMGS) e proporciona algumas vantagens interessantes, uma vez que trata-se de uma técnica não-invasiva, de fácil aplicabilidade, e que fornece informações sobre atividade muscular em diferentes situações ou tarefas motoras (CRAM et al 1998).

O sinal EMG é o resultado da soma dos potenciais de ação gerados pelas unidades motoras, e detectados na superfície da pele (EKSTROM, OSBORN e HAUER, 2008; MERLETTI e LO CONTE, 1997; PURKAYASTHA, CRAMER, TROWBRIDGE, FINCHER e MAREK, 2006). A forma desses potenciais de ação depende das propriedades da membrana e anatomia das fibras, localização das unidades motoras, tecidos interpostos, localização e tamanho do eletrodo utilizado (ZHOU e RYMER, 2004).

Um importante aspecto a ser analisado na utilização da EMG é a técnica empregada para o processamento dos sinais. Os sinais eletromiográficos são analisados pelo domínio do tempo ou pelo domínio da frequência, sendo representados pela amplitude e frequência, respectivamente. A amplitude reflete o número e o tamanho de potenciais de ação num determinado espaço de tempo, e é expressa em micro volts (μV) ou mili volts (mV)

(BASMAJIAN e DE LUCA, 1985). Vale ressaltar que qualquer mudança na ativação muscular em consequência das alterações no recrutamento de unidades motoras (RUM), e/ou no nível de excitação muscular, resultará em modificações da amplitude do sinal eletromiográfico (VOLLESTAD, 1997).

Embora existam diferentes índices que reflitam a amplitude (sinal bruto, EMG integrada e EMG retificada), em geral, é utilizado o RMS (*Root Mean Square*). O RMS é um modelo matemático utilizado para expressar o nível de atividade elétrica muscular, não exigindo a retificação do sinal eletromiográfico, afetado pela superposição dos potenciais de ação da unidade motora – PAUM (BASMAJIAN, 1962). A análise dos sinais eletromiográficos por meio da frequência propicia informações sobre como ocorrem os disparos dos PAUM. Comumente, utiliza-se o espectro de potência, que consiste na decomposição dos sinais eletromiográficos em vários componentes de frequência, empregando-se um modelo matemático denominado transformada rápida de Fourier (FFT). Esta técnica fornece alguns indicadores de características do espectro da frequência, como a frequência média, mediana, e a moda do espectro (BASMAJIAN e DE LUCA, 1985). Tais índices estão relacionados com a velocidade de condução do potencial de ação por parte da fibra muscular, e as alterações na sincronização e frequência de disparo dos PAUM (DE LUCA, 1997). Geralmente sugere-se a utilização da frequência mediana por esta sofrer menos interferência ao ruído (STULEN e DELUCA, 1981) e, também por ser mais sensível às alterações metabólicas (MERLETTI, KNAFLITZ e DELUCA, 1992). A figura 1 ilustra a aquisição do sinal eletromiográfico e algumas formas de tratamento do sinal.

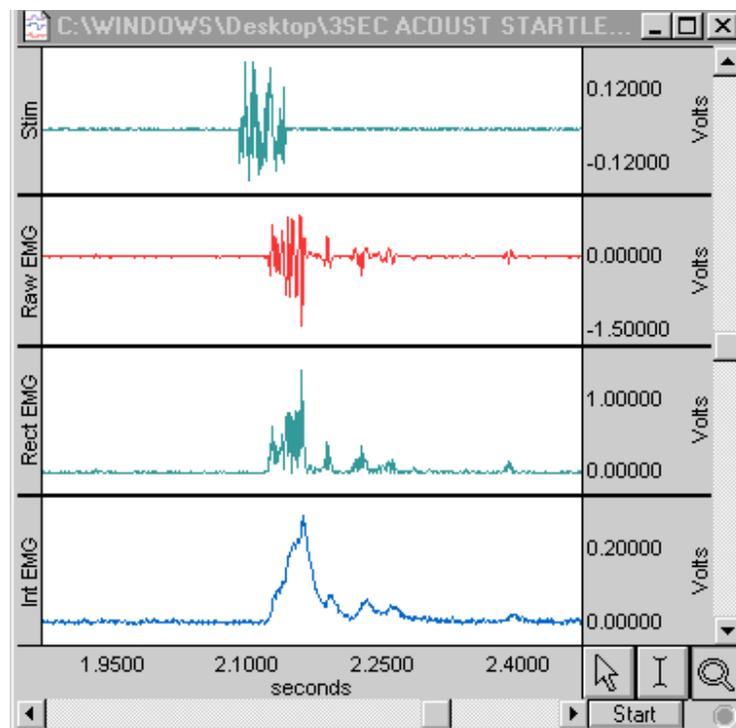


Figura 1. Aquisição e tratamento do sinal eletromiográfico.

5.2 Variáveis do treinamento do treinamento de força

As variáveis do treinamento de força que podem ser manipuladas de forma aguda são a intensidade (prescrita por % de 1RM, ou zonas de RM); volume (descrito pelo número de séries, repetições, exercícios e carga levantada); pausas (entre séries e exercícios); velocidade de execução dos movimentos e as ações musculares (concêntricas, excêntricas, isométricas e a união excêntrica/concêntrica, denominada ciclo alongamento encurtamento).

Destacamos que para fins de controle de carga, também podemos fazer a quantificação do trabalho total realizado na sessão de treino, feita a partir do cálculo do número de séries, multiplicadas pelas repetições e a carga utilizada em cada uma delas.

A manipulação de cada uma dessas variáveis no protocolo de treino pode afetar as adaptações tanto de forma aguda como crônica (CAMPOS et al, 2002), assim como induzir

diferentes magnitudes de dano tecidual (GIBALA et al, 1995). As alterações decorrentes de diferentes programas de treino podem ser potencializadas dependendo do número de variáveis controladas e manipuladas.

Uma variável possível de ser manipulada em um programa de treinamento de força é a magnitude, onde o controle de cargas é muito importante para o alcance do objetivo desejado (ZATSIORSKY, 1999). Diversos estudos utilizam-se da manipulação da magnitude da carga como forma de promover adaptações neurais (BEHM et al, 2002).

A execução em diferentes níveis de resistência acusa alterações em relação a reações metabólicas, coordenação intra e intermuscular e em variáveis biomecânicas, onde a produção de trabalho mecânico e o gasto energético metabólico aumentam na medida em que o peso diminui e o número de repetições aumenta.

Para ZATSIORSKY (1999) a ativação de unidades motoras tem o recrutamento máximo quando um indivíduo levanta um peso máximo, a frequência de descarga do motoneurônio está no seu nível mais alto e a atividade da unidade motora é sincronizada. Sendo que este tipo de treinamento tem como objetivo recrutar todas as unidades motoras para acionar a produção da fusão tetânica em cada fibra motora. Quando o objetivo é “treinar o movimento”, o número recomendado de repetições é de 1 a 3, mas se o objetivo for de “treinar os músculos” o número de repetições aumenta.

Atualmente, diversos métodos são utilizados em um programa de treinamento de força. O método de cargas crescentes e decrescentes, também conhecido como “método piramidal” é amplamente utilizado em academias por ter como objetivo o aumento da hipertrofia muscular e ganho de força.

Este método consiste no aumento ou diminuição do número de repetições realizadas e simultâneo aumento e diminuição do peso, subdividindo em pirâmide crescente e decrescente (BEHM et al, 2002). No método crescente, o objetivo é não gerar fadiga, com uma progressiva diminuição das repetições e aumento das cargas.

O método decrescente inicia-se com um baixo número de repetições, no entanto com carga elevada. Progressivamente há redução da carga e aumento do número de repetições até a fadiga ou próxima dela. A utilização desse método de cargas mais elevadas no início das séries aproveitaria o estado neural para fornecer estímulos tensionais, e posteriormente nas séries

seguintes de características metabólicas, o estresse bioquímico poderia ser benéfico para hipertrofia muscular (GENTIL, 2005).

Entretanto, muitas dessas colocações são meramente especulativas, necessitando ainda de uma confirmação através de análise da função muscular para determinar a magnitude de cada modelo (BOMPA, 2004; GENTIL, 2005).

Neste sentido, a EMG vem contribuindo como uma ferramenta determinante nos estudos neuromusculares, representando toda a atividade elétrica das unidades motoras e a frequência de seus índices de disparos na musculatura analisada (DELUCA et al, 1997; MORITANI & DEVRIES, 1978).

Historicamente, na Grécia antiga, um atleta, chamado Milon de Crotona, consagrado nos Jogos Olímpicos fazia o seu treinamento com um bezerro nas costas e a medida que o bezerro crescia, crescia também a sua força (BITTENCOURT, 1986).

Através dos dados apresentados por uma revisão realizada por Tubino em 1979, o que chamamos hoje de musculação percorreu um caminho que pode ser acompanhado a partir de 1846, quando Weber apresentou a tese de que a força de um músculo é proporcional à magnitude de seu corte transversal.

Atualmente, principalmente no meio científico o termo “musculação” deixou de ser empregado, sendo utilizada a nomenclatura “treinamento de força” pelo seu aspecto mais abrangente.

O treinamento de força é uma das modalidades mais praticadas por indivíduos de diferentes faixas etárias, de ambos os sexos e com níveis de aptidão física variados. Esse fato pode ser facilmente explicado pelos inúmeros benefícios decorrentes dessa prática, que incluem desde importantes modificações morfológicas, neuromusculares e fisiológicas, até alterações sociais e comportamentais (DIAS et al, 2005).

Uma das principais adaptações relatadas pela literatura associada à prática do Treinamento de força tem sido o aumento nos níveis de força muscular, tanto em crianças quanto em adultos e idosos, de ambos os sexos (KRAMER et al, 2004). Essa adaptação parece estar relacionada à pelo menos dois fatores denominados de adaptações neurais e hipertrofia muscular (DIAS et al, 2005).

Em indivíduos não-treinados, o aumento dos níveis de força muscular ocorre, aparentemente, de forma mais acentuada durante as primeiras semanas de treinamento, o que tem sido atribuído por muitos pesquisadores às adaptações neurais (HAKKINEN et al, 1998).

Por outro lado, a hipertrofia muscular parece ocorrer de modo mais acentuado posteriormente, ou seja, após algumas semanas de treinamento (MORITANI & DEVRIES, 1978). Embora exista uma tendência em associar os níveis de força muscular com o tamanho da área de secção transversa do músculo, essa relação parece ser verdadeira apenas quando as adaptações neurais já foram, em grande parte, manifestadas (CHILIBECK et al, 1998).

5.3 Tipos de fibras musculares e unidades motoras

O músculo esquelético é constituído por diferentes tipos de fibras musculares que se distinguem quanto as suas propriedades estruturais e funcionais. Conforme reportado por Spangenburg e Booth (2003), a característica heterogênea do tecido muscular foi reconhecida inicialmente por Ranvier, em 1873. Naquela época, as fibras musculares foram classificadas de acordo suas características morfológicas sendo denominadas de fibras vermelhas ou brancas. A coloração avermelhada se deve a grande quantidade de mioglobina e capilares, o que resultam em maior capacidade oxidativa das fibras vermelhas em relação às fibras brancas (McCOMAS, 1996). Outra alternativa para a classificação das fibras musculares está relacionada com as propriedades funcional ou contrátil. Por meio da estimulação elétrica em ratos, CLOSE (1967) verificou que a velocidade de contração muscular era diferente entre as fibras musculares. Com base nesses achados, as fibras musculares passaram a ser classificadas de acordo com as propriedades funcionais, em fibras de contração rápida, intermediária e lenta. Posteriormente, BURKE et al (1971) investigaram as respostas das fibras musculares frente ao processo de fadiga. Os autores verificaram que algumas fibras musculares apresentavam alta capacidade de gerar tensão, no entanto, eram mais suscetíveis à fadiga. Em contrapartida, outras fibras musculares, embora não tivessem capacidade de gerar altos níveis de tensão, eram mais resistentes ao processo de fadiga. Com base nessas informações, as fibras musculares passaram a ser classificadas, também, de acordo com os níveis de fadigabilidade, em fibras rápidas, com baixa resistência à fadiga, rápidas, com moderada resistência à fadiga e lentas, com alta resistência à fadiga.

Vale destacar que o sarcômero é considerado a unidade funcional para produção de força, ao passo que, a unidade funcional do controle do movimento é a unidade motora, formada por um motoneurônio- α e por todas as fibras musculares por ela inervadas. Quanto menor o número de fibras inervadas pela unidade motora, menor a capacidade de produção de força, embora, a função de controle dos movimentos finos seja aumentada (LIEBER, 1992). Como pode ser observado existe uma estreita relação entre tipos de fibras musculares e unidades motoras.

Nesse sentido, assim como as fibras musculares, as unidades motoras podem ser classificadas mediante suas propriedades funcionais. Em um estudo clássico conduzido por BURKE (1967) foi verificado que as unidades motoras se distinguem quanto às propriedades funcionais, uma vez que, foram observados três tipos distintos de comportamento, de acordo com a velocidade de contração e a resistência à fadiga (Figura 2).

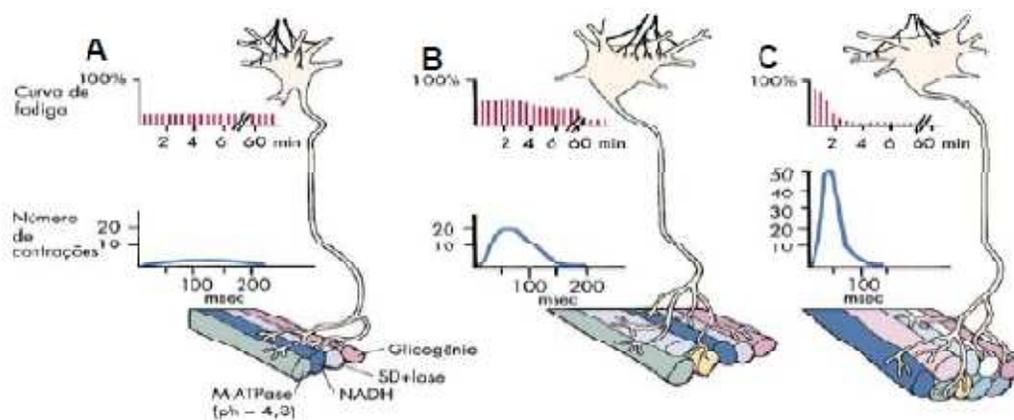


FIGURA 2. Propriedades funcionais da unidade motora. A=lenta, com alta resistência à fadiga; B=rápida, com moderada resistência à fadiga; C=rápida, com baixa resistência à fadiga (ROBERGS & ROBERTS, 2002).

5.4 Características estruturais dos músculos RF, VL e BF.

Os músculos RF e VL fazem parte do grupo muscular chamado Quadríceps Femoral (QD) junto aos músculos VM e Vasto Intermédio (VI). Esse grupo compreende a maior parte da superfície anterior e lateral do fêmur onde é constituído o principal músculo extensor do joelho (GRAY, 1988).

O músculo VL é o mais largo e mais forte músculo do QD, aplica força lateral à patela. É classificado em sua arquitetura muscular como bipeneado (RASCH & BURKE, 1977), tem origem na região proximal da linha intertrocantérica, na borda anterior e inferior do trocânter maior, no lábio lateral da linha áspera do fêmur. Insere-se na borda superior e lateral da patela através do tendão do QD, é innervado pelo nervo femoral, divisão posterior do plexo lombar e raízes L3 e L4 (GRAY, 1988). Segundo JONHSON et al, 1973 através de autópsia do músculo VL, é relatado que na região da superfície do músculo tem 67.30% de fibras tipo II e na região profunda do músculo 53.10% .

O músculo RF segue em trajetória retilínea cobrindo o meio da coxa, daí seu nome. É um músculo fusiforme, suas fibras superficiais são dispostas de maneira bipeniforme e as fibras profundas caminham diretamente à aponeurose (GRAY, 1988). É classificado como músculo biarticular, isto é, possui função tanto ao nível da articulação do quadril como da articulação do joelho (RASCH & BURKE, 1977). Possui duas origens, sendo uma na espinha ilíaca ântero-inferior (anterior) e outra no sulco acima do contorno do acetábulo (posterior). É inserido na base da patela através do tendão do QD , onde é innervado pelo nervo femoral, divisão posterior do plexo lombar e raízes L3, L4 (GRAY, 1988). Segundo JONHSON et al, 1973 através de autópsia do músculo RF, é relatado que na região da superfície do músculo tem 70.5% de fibras tipo II e na região profunda 58.0% .

O BF é um flexor da coxa e abrange as articulações do quadril e do joelho conjugando a extensão da primeira com a flexão da segunda. Está posicionado postero-lateral a coxa e possui duas inserções proximais, a porção longa, que se origina na impressão ífero-medial na área superior do tuber isquiático por um tendão comum com o semitendinoso, e da parte inferior do ligamento sacrotuberal e a porção curta, do lábio lateral da linha áspera, entre o adutor magno e o VL, estendendo-se até quase o glúteo máximo, desde a linha supracondiliar lateral até cerca de 5 cm do côndilo lateral e do septo intermuscular lateral (GRAY, 1988).

6 Procedimentos metodológicos

6.1 Seleção da amostra

Foram selecionados sete indivíduos saudáveis e do sexo masculino, praticantes de treinamento de força em academias da cidade de Campinas-SP, cujo programa básico de treino consistia de 4 a 5 séries de 6 a 12 movimentos no exercício agachamento, realizados 2 vezes na semana. As características dos sujeitos podem ser visualizadas na tabela 1. O pré-requisito para inclusão no grupo experimental foi apresentar uma experiência de pelo menos um ano de treinamento de força, plena familiarização com o exercício agachamento completo, e não fazer uso de medicamentos ou recursos ergogênicos de qualquer natureza.

Todos os indivíduos foram convenientemente informados sobre a proposta do estudo, aos procedimentos a que seriam submetidos, e os potenciais riscos envolvidos no experimento. Todos os participantes assinaram uma declaração de consentimento livre e esclarecido, e a pesquisa foi aprovada pelo comitê de ética em pesquisa (CAAE 0794.0.146.000-09).

TABELA 1. Características gerais dos sujeitos participantes do experimento. Dados expressos em média \pm desvio padrão.

VARIÁVEIS	Masculino (n = 7)
IDADE (anos)	25,28 \pm 4,46
MC (kg)	85 \pm 8,94
EST (cm)	1,79 \pm 0,06
IMC (kg/cm ²)	26,43 \pm 1,79
1RM (kg)	124,20 \pm 18,89

6.2 Delineamento Experimental

O delineamento experimental consistiu de três diferentes métodos de manipulação da magnitude da carga: Protocolo de cargas crescentes, protocolos de cargas decrescentes e protocolos de cargas constantes. Todos os modelos foram realizados no suporte para agachamento com barra de 180 cm de comprimento e anilhas. Foram realizadas quatro séries para cada protocolo, variando, no entanto, o número de repetições de cada série, assim como a carga empregada, realizada de forma randomizada e com intervalo de dois minutos entre as séries.

O movimento teve seu tempo de execução cadenciado por um metrônomo, sendo 2 segundos para a fase excêntrica e 2 segundos para a fase concêntrica.

A coleta dos dados foi realizada no Laboratório de Estudos Eletromiográficos (LEE), da Faculdade de Educação Física / UNICAMP.

O delineamento experimental teve como intuito controlar algumas variáveis que possam exercer influência no processo de investigação, possibilitando assim uma análise mais criteriosa dos achados. Portanto, as variáveis, temperatura ambiente e umidade relativa do ar foram mantidas em torno de 22°C e 40 e 60%, respectivamente.

Na primeira etapa do experimento os voluntários receberam informações detalhadas sobre a proposta do estudo e aos procedimentos aos quais seriam submetidos. Em seguida, foram realizadas as medidas antropométricas para caracterização da amostra, e após, foi realizado protocolo para determinação de uma repetição máxima (1RM). Posteriormente, os sujeitos realizaram teste pré-experimental semelhante ao protocolo, para a familiarização ao equipamento e ao exercício. Os sujeitos compareceram ao laboratório para a segunda etapa sete dias após, para a realização dos testes propriamente ditos, conforme figura 3.

Vale ressaltar que os sujeitos foram orientados para que não realizem atividades físicas vigorosas e não ingerirem substâncias cafeinadas ou alcoólicas nas 24 horas precedentes ao teste, para evitar possíveis interferências.

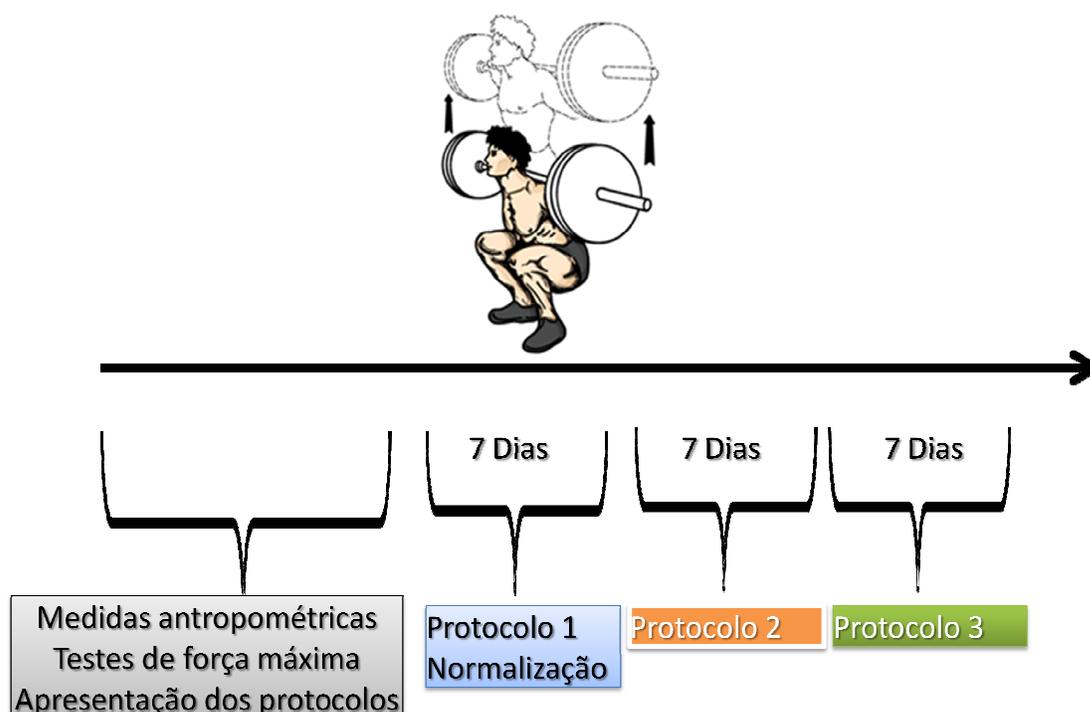


FIGURA 3. Delineamento experimental da realização dos protocolos de treinamento

6.3 Avaliação da força máxima

O teste de uma repetição máxima (1RM) foi adotado com o objetivo de avaliar a força muscular dos indivíduos, e para a determinação do percentual de carga a ser utilizada nos protocolos de treinamento, como descrito por BROW E WEIR (2001).

Antes da execução dos testes os indivíduos realizaram um aquecimento geral (3 a 5 minutos de atividade leve, envolvendo os músculos a serem testados), seguido por alongamentos estáticos também para a musculatura envolvida. Após, realizaram um conjunto específico de aquecimentos que consistiu de 8 repetições com aproximadamente 50% da carga estimada para 1RM, seguido por um outro conjunto de 3 repetições a 70% do mesmo. Posteriormente, as cargas foram progressivamente incrementadas até que a carga de 1RM fosse encontrada. Intervalos de descanso de aproximadamente 4 a 5 minutos foram inseridos entre cada

tentativa, de forma a assegurar a recuperação de fosfocreatina (GLAISTER, 2005). O resultado foi considerado válido se o levantamento fosse realizado de forma adequada, controlada e sem assistência dos pesquisadores envolvidos na avaliação. O número de tentativas para se determinar tais valores não foi maior do que cinco. Destacamos que para fins de uma análise do trabalho total realizado nos protocolos de treinamento, consideramos a intensidade do exercício como uma resistência externa utilizada, sendo a mesma quantificada e expressa em Kg.

6.4 Medidas antropométricas

A massa corporal (MC) foi medida em uma balança da marca Filizola, modelo ID-1500, com precisão de 0,1 kg ao passo que a estatura (E) foi obtida em um estadiômetro. Todos os indivíduos foram medidos descalços, vestindo apenas uma sunga. Para a caracterização da amostra, foi calculado o índice de massa corpórea (IMC) por meio do quociente MC/E^2 , sendo a MC expressa em quilogramas (kg) e a E em metros (m).

6.5 Protocolos de treinamento

6.5.1 Protocolo de cargas crescentes

O protocolo de cargas crescentes iniciou-se com 12 repetições e ao final de cada série foram diminuídas duas repetições para a série seguinte (12-10-8-6 repetições). A carga inicial foi equivalente a 70% de 1 RM, sendo acrescentadas 5 % de carga para a série seguinte (70-75-80-85%).

6.5.2 Protocolo de cargas decrescentes

O protocolo de cargas decrescentes iniciou-se com 6 repetições e ao final de cada série foram diminuídas duas repetições para a série seguinte (6-8-10-12 repetições). A carga inicial foi equivalente a 85% de 1 RM, sendo acrescentadas 5 % de carga para a série seguinte (85-80-75-70%).

6.5.3 Protocolo de cargas contínuas

Para o protocolo de cargas constantes foi utilizado um número fixo de repetições e de cargas (4 séries de 9 repetições com carga estipulada em 77,5% de 1RM).

Todos os protocolos foram realizados de forma randomizada, com intervalo de 72 horas entre eles e intervalo de 3 minutos entre as séries (RICHMOND & GODARD, 2004).

6.6 Coleta e processamento de sinais EMG

6.6.1 Coleta do sinal eletromiográfico

Para a coleta dos sinais eletromiográficos foi utilizado um eletromiógrafo da marca Biopac (Biopac System, Inc., Santa Barbara, CA, USA), modelo MP150, contendo 16 canais. A frequência de aquisição dos sinais eletromiográficos foi estabelecida em 2000 Hz e o filtro passa-banda foi de 10-500 Hz. Os limites de entrada dos sinais foram estabelecidos em ± 5 V. Para a captação e processamento dos sinais foi utilizado o software *AcqKnowledge* 3.8.1 (Biopac System, Inc., Santa Barbara, CA, USA).



FIGURA 4. Eletromiógrafo da marca Biopac (Biopac Sistens,Inc. Santa Barbara,CA, USA) modelo MP150.



FIGURA 5. Eletrodos ativos da marca Biopac (Biopac Sistens, Inc. Santa Barbara, CA, USA) modelo MP150.

6.6.2 Processamento do sinal eletromiográfico

Para tanto, utilizou-se inicialmente no processamento dos dados o software AcqKnowledge 3.8.1 (Biopac Systems®, Santa Bárbara, CA, USA) e ambiente de simulação matemática MatLab 7.0 (Mathworks®, South Natick, MA, USA). Para obtenção dos valores expressos em RMS, os sinais EMG brutos foram submetidos à filtragem digital utilizando filtro passa-banda de 20Hz e 500Hz e em seguida, retificados e suavizados (janela móvel de 10 amostras). Por outro lado, para obtenção dos valores expressos em FM adotou-se apenas a utilização da filtragem digital conforme relatado anteriormente.

6.6.3 Preparação da pele para a colocação dos eletrodos

Inicialmente, foi realizada assepsia dos locais utilizando álcool seguido de curetagem para reduzir a impedância da pele. Para a coleta dos sinais eletromiográficos, foram utilizados eletrodos bipolares ativos da marca Biopac (Biopac System, Inc., Santa Barbara, CA, USA), modelo TSD-150 (relação de rejeição do modo comum – CMRR >95 dB). Os eletrodos foram colocados nos músculos do lado dominante do atleta, distância inter-eletrodos fixada previamente pelo fabricante em dois centímetros (centro a centro), sendo fixados na pele através de fita adesiva. O eletrodo de referência (terra) foi posicionado no cotovelo do membro dominante do avaliado (epicôndilo lateral).

Foram analisados os músculos Reto Femoral, vasto medial e bíceps Femoral. A localização dos pontos anatômicos para colocação dos eletrodos dos músculos proposta por (HERMENS et al, 2000).

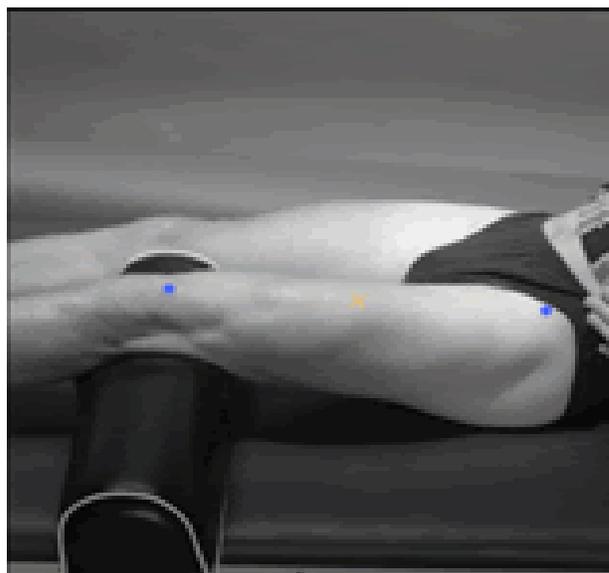


FIGURA 6. Referência da localização anatômica para a colocação de eletrodos no músculo Reto Femoral, de acordo com as recomendações do SENIAM padronização de (HERMES et al., 2000). Os elétrodos foram colocados a 50% da distância da crista ilíaca superior e a parte superior da patela.



FIGURA 7. Referência da localização anatômica para a colocação de eletrodos no músculo Vasto Lateral, de acordo com as recomendações do SENIAM padronização de (HERMES et al., 2000). Os elétrodos foram colocados a $2/3$ da distância da crista ilíaca superior e a borda lateral da patela.

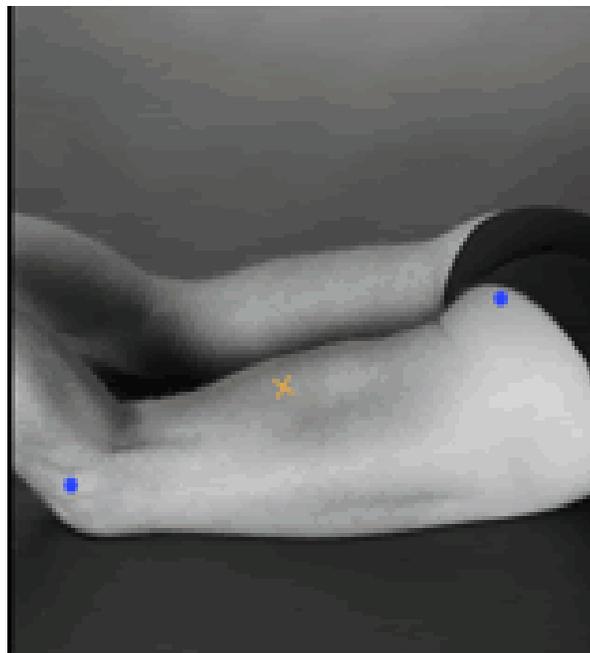


FIGURA 8. Referência da localização anatômica para a colocação de eletrodos no músculo Bíceps Femoral, de acordo com as recomendações do SENIAM padronização de (HERMES et al., 2000). Os elétrodos foram colocados a 50% da distância entre a tuberosidade do ísquio e o epicôndilo lateral da tíbia.

6.6.4 Tratamento do sinal eletromiográfico

Para o tratamento do sinal eletromiográfico foram utilizados apenas as repetições realizadas sem ajuda, calculando o RMS normalizado dividido pelo numero de repetições da série de cada protocolo. A tabela 2 apresenta o número de repetições realizadas por cada participante nos três protocolos experimentais.

TABELA 2. Número de repetições realizadas pelos participantes do estudo nos três protocolos experimentais sem utilização de ajuda .

Sujeitos	Protocolo de cargas crescentes	Protocolo de cargas decrescentes	Protocolo de cargas contínuas
Ind 1	12-10-7-5	6-8-10-10	9-9-8-7
Ind 2	12-10-7-4	6-8-9-10	9-9-7-7
Ind 3	12-10-8-5	6-8-10-10	9-8-8-7
Ind 4	12-10-8-6	6-8-10-12	9-9-9-9
Ind 5	12-9-6-4	6-7-8-10	9-8-7-7
Ind 6	12-10-8-6	6-8-10-12	9-9-9-9
Ind 7	12-9-6-4	6-7-8-9	9-8-7-6

6.7 Análise estatística

Para caracterização da amostra foi utilizada a estatística decritiva. Para a comparação entre os três protocolos de treinamento utilizou-se a ANOVA *One-way*. A ANOVA *Two-way* foi utilizada para comparar o *Root Mean Square* (RMS) e a frequência mediana (FM) dos músculos VL, RF e BF nas quatro séries dos três protocolos. O *post-hoc* de Bonferroni foi utilizado para a localização das diferenças quando apontadas pela ANOVA. O nível de significância adotado para todas as análises foi de $p < 0,05$.

7 Resultados

Os resultados apresentados na figura 9 mostram que não existem diferenças no recrutamento de unidades motoras (RMS) entre os protocolos nos músculos VL, RF e BF. O mesmo comportamento foi observado com relação a frequência de disparos (frequência mediana) dos músculos VL, RF e BF nos três protocolos experimentais (figura 11).

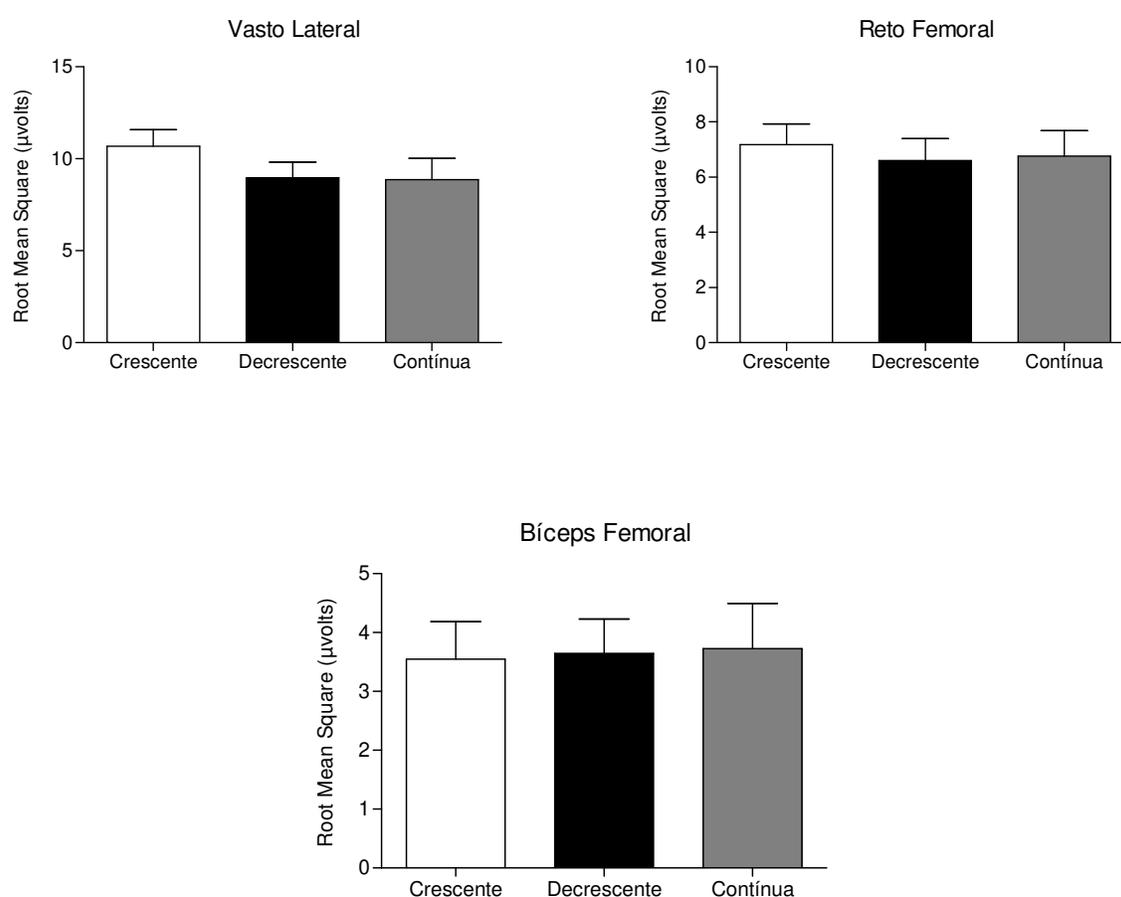


FIGURA 9. Valores médios \pm EPE da RMS das quatro séries dos músculos vasto lateral, reto femoral e bíceps femoral nos protocolos de cargas crescentes, cargas decrescentes e cargas contínuas.

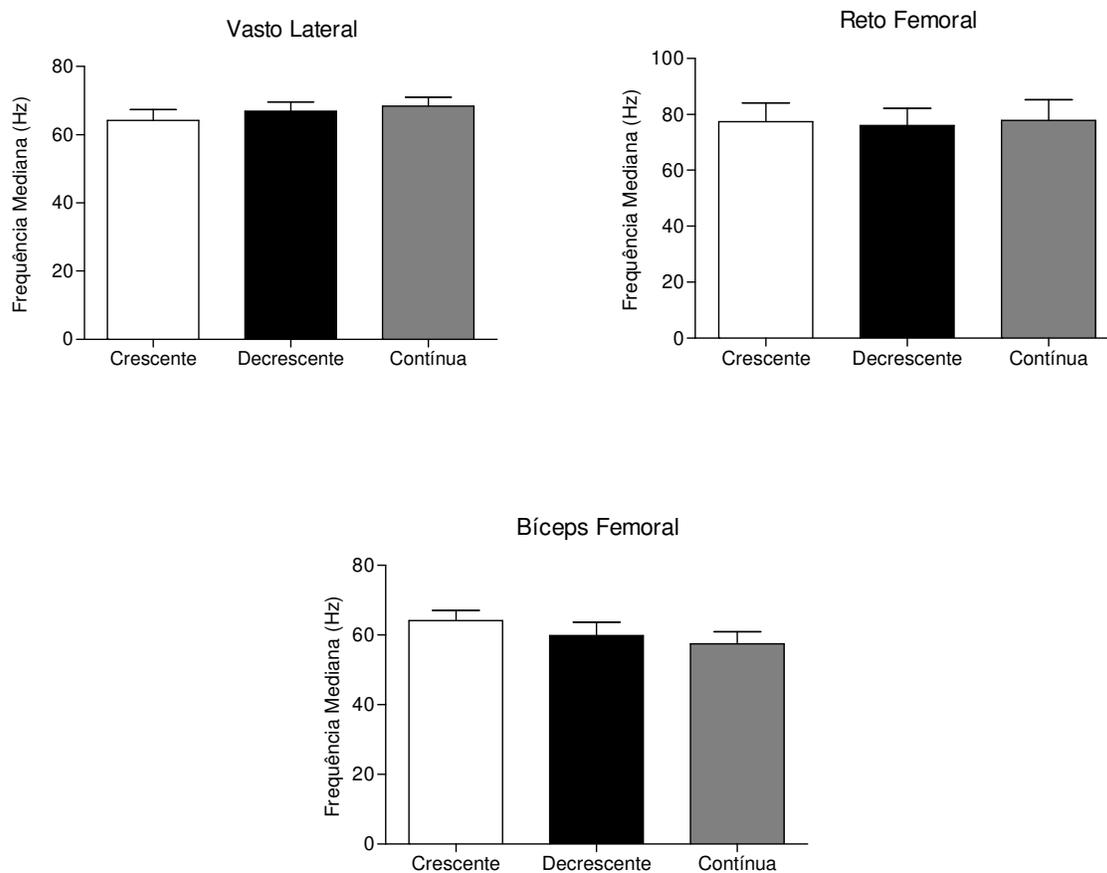


FIGURA 10. Valores médios \pm EPE da freqüência mediana das quatro séries dos músculos vasto lateral, reto femoral e bíceps femoral nos protocolos de cargas crescentes, cargas decrescentes e cargas contínuas.

Nas figuras 12, 13 e 14 são apresentadas as comparações entre os músculos VL, RF e BF durante a realização dos três protocolos experimentais.

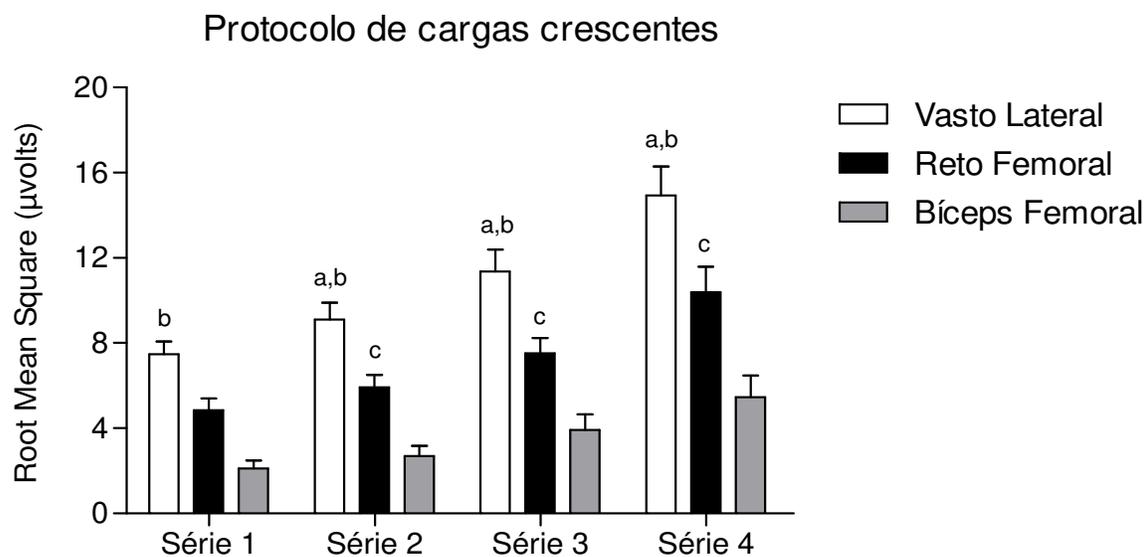


FIGURA 11. Valores médios \pm EPE da RMS dos músculos vasto lateral, reto femoral e bíceps femoral durante o protocolo de cargas crescentes. ^a $p < 0,05$ com relação ao reto femoral; ^b $p < 0,05$ com relação ao bíceps femoral; ^c $p < 0,05$ com relação ao bíceps femoral.

Foram observadas diferenças significativas entre o músculo VL e BF nas séries 1, 2, 3 e 4 e entre o VL e RF nas séries 2, 3 e 4. Observou-se também um maior recrutamento de unidades motoras do músculo RF quando comparado com o BF nas séries 2, 3 e 4 ($p < 0,05$).

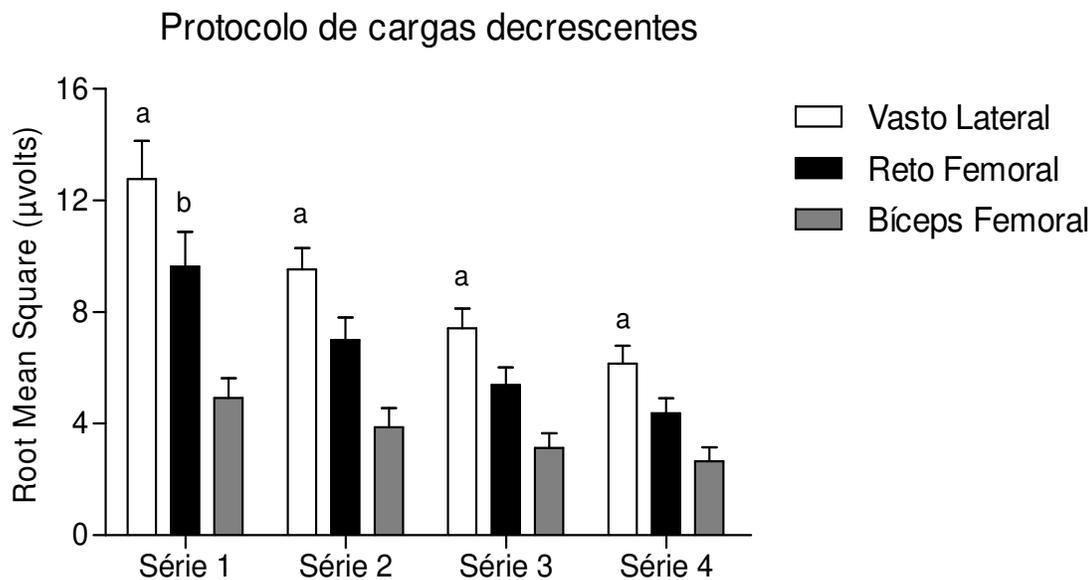


FIGURA 12. Valores médios \pm EPE da RMS dos músculos vasto lateral, reto femoral e bíceps femoral durante o protocolo de cargas decrescentes. ^{a,b} $p < 0,05$ com relação ao bíceps femoral.

O comportamento dos músculos VL, RF e BF nos protocolos de cargas decrescentes e contínuas foi semelhante ao observado no protocolo de cargas crescentes. Contudo, constatou-se diferenças significativas somente entre os músculos VL e BF nas séries 1, 2, 3 e 4, e entre o RF e BF na série 1 (figura 13). Observou-se diferenças significativas entre o VL e BF nas séries 1, 2, 3 e 4 no protocolo de cargas contínuas (figura 14).

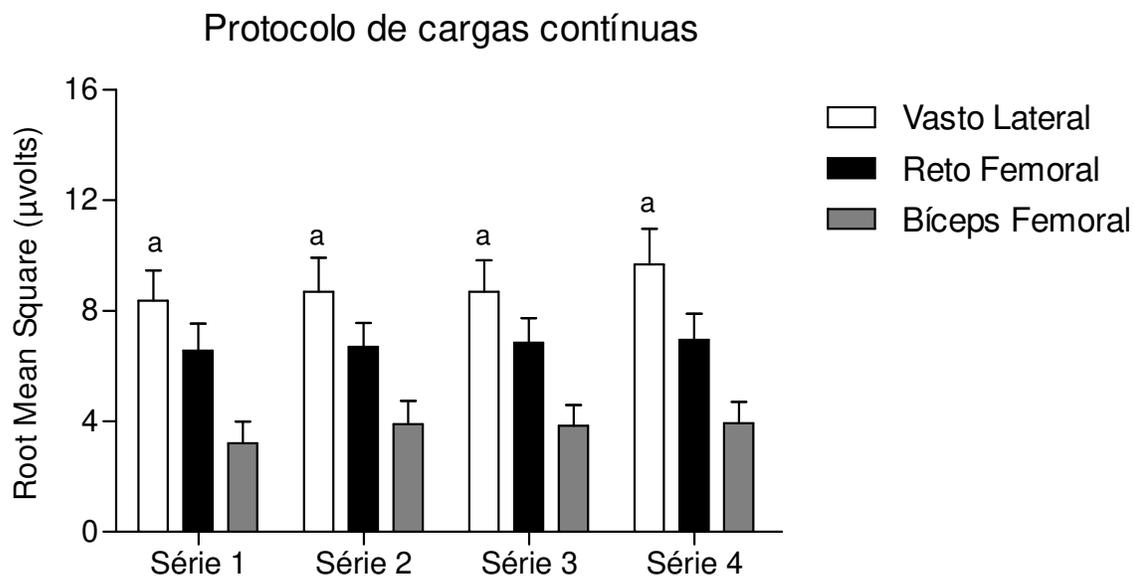


FIGURA 13. Valores médios \pm EPE da RMS dos músculos vasto lateral, reto femoral e bíceps femoral durante o protocolo de cargas contínuas. ^a $p < 0,05$ com relação ao reto femoral.

Nas figuras 15, 16 e 17 são apresentados os resultados da frequência mediana dos músculos VL, RF e BF nos diferentes protocolos. Não foram observadas diferenças entre os músculos nos três protocolos experimentais.

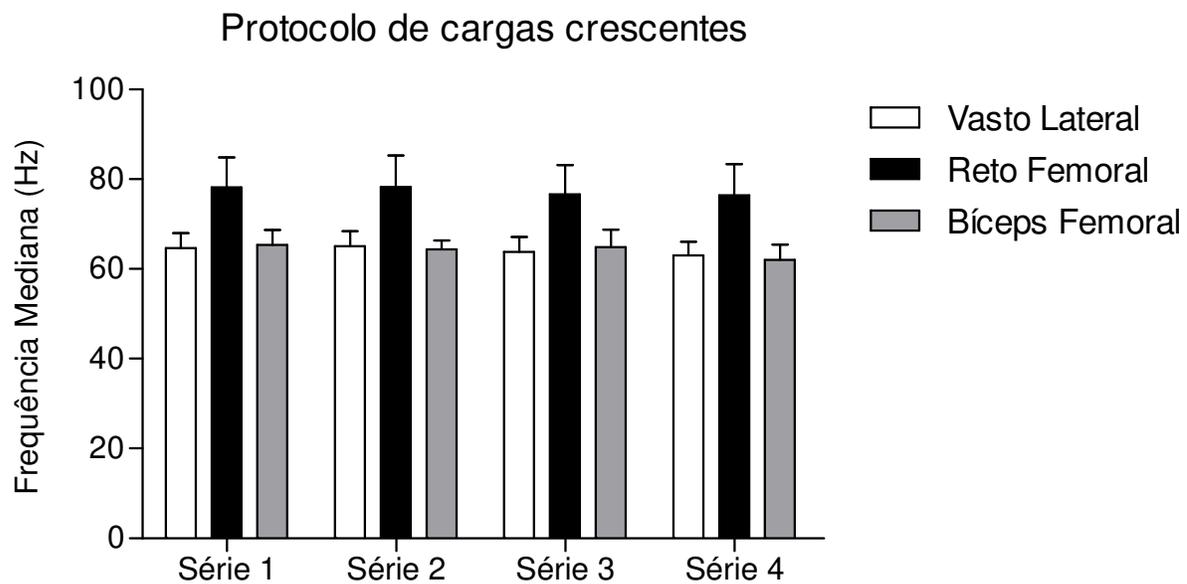


FIGURA 14. Valores médios \pm EPE da frequência mediana dos músculos vasto lateral, reto femoral e bíceps femoral durante o protocolo de cargas crescentes.

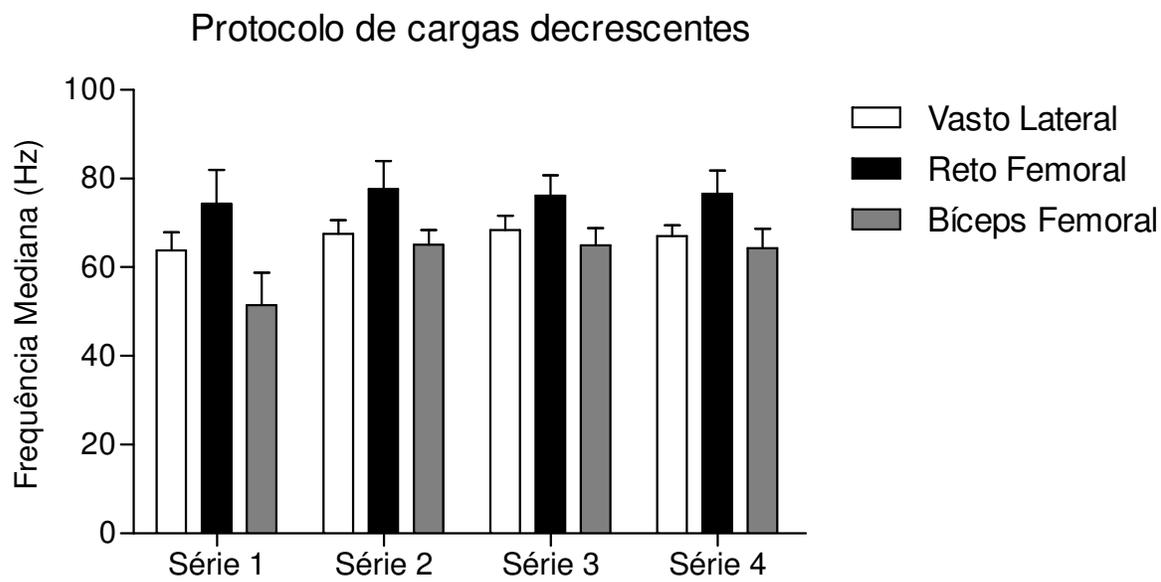


FIGURA 15. Valores médios \pm EPE da frequência mediana dos músculos vasto lateral, reto femoral e bíceps femoral durante o protocolo de cargas decrescentes. ^b $p < 0,05$ com relação ao bíceps femoral.

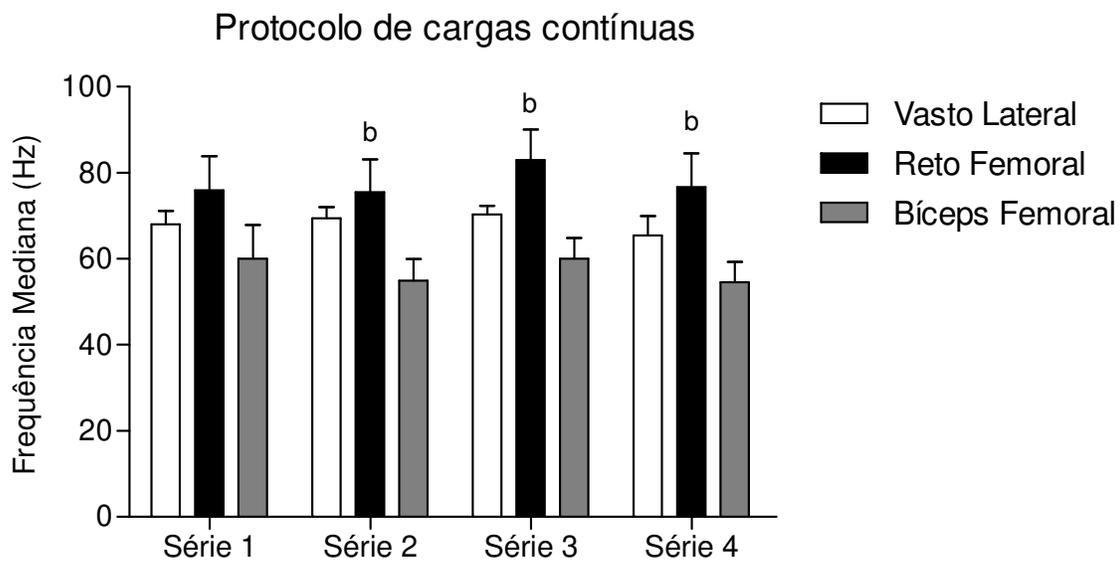


FIGURA 16. Valores médios \pm EPE da frequência mediana dos músculos vasto lateral, reto femoral e bíceps femoral durante o protocolo de cargas contínuas. ^b $p < 0,05$ com relação ao bíceps femoral.

8 Discussão

A adaptação neural ao treinamento de força vem sendo estudado através de EMG a fim de obter respostas que possam auxiliar na sua prescrição. O registro EMG pode ser quantificado através de diferentes maneiras e reflete a combinação do recrutamento e da frequência de disparos de inúmeras unidades motoras (KOMI, 2006).

Neste sentido, o presente estudo foi conduzido com o objetivo de comparar as respostas eletromiográficas dos músculos VL, RF e BF durante a realização de três protocolos de treinamento de força habitualmente utilizados na preparação física de atletas e de não-atletas: a) protocolo de cargas crescentes; b) protocolo de cargas decrescentes; c) protocolo de cargas contínuas. Além disso, procurou-se comparar o padrão de recrutamento das unidades motoras (RMS) dos músculos VL, RF e BF nas quatro séries dos três protocolos e a velocidade de disparos (FM) destes mesmos músculos nas quatro séries dos protocolos experimentais.

Os resultados deste estudo evidenciaram que não existem diferenças entre os três protocolos de treinamento na comparação dos músculos VL, RF e BF analisados através do RMS e FM. Acredita-se que a razão para tal resultado pode ser em decorrência da semelhança no volume total de cada protocolo, uma vez que todos possuíam praticamente o mesmo número de repetições e percentual de carga, se diferenciando somente na seqüência de realização das cargas. Este fato não deve ser desconsiderado, uma vez que independentemente da seqüência de realização das repetições e das cargas, todos os protocolos podem ser considerados supra-máximo, o que requer recrutamento de maior número de unidades motoras para manutenção do trabalho muscular (GANDEVIA, 2001; FARINA et al., 2004). O mesmo comportamento foi observado para a FM.

Quando o nível de recrutamento de cada músculo nos diferentes protocolos foi analisado, observou-se que o músculo VL possuía um maior RMS, já o BF era pouco ativado durante a realização dos três protocolos. Considerando que cada um desses músculos apresenta algumas peculiaridades (composição de fibra muscular, arquitetura muscular, aspectos morfológicos e funcionais), as respostas observadas diante de esforços de diferentes naturezas tendem a ser bastante diferenciadas (VANDEWALLE et al. 1991; HUNTER et al. 2003). Além disso, neste estudo, o agachamento foi realizado até o ponto de flexão máxima dos joelhos

(agachamento a fundo) e estudos de ESCAMILLA et al, (1997, 1998) concluíram que a solicitação neuromuscular dos diferentes grupamentos musculares durante o agachamento depende das variações angulares. Ou seja, quando maior o grau de flexão dos joelhos, maior será a solicitação de determinados grupos musculares. O ponto máximo de ativação na fase de flexão dos joelhos para o Vasto Lateral encontra-se entre 75 e 95 graus e para o Reto Femoral entre 83 graus e 95 graus, justamente os dois músculos mais ativados durante os três protocolos. Na fase de extensão dos joelhos, os valores máximos encontrados foram para o Vasto Lateral entre 70 e 95 graus e para Reto Femoral entre 83 e 95 graus. Os autores relatam que no músculo Bíceps Femoral a ativação neuromuscular se dá em maior escala na fase ascendente do movimento, tendo seus maiores valores entre 50 e 80 graus de flexão dos joelhos.

9 Conclusão

Através dos resultados obtidos conclui-se que não existem diferenças no recrutamento (RMS) e na frequência de disparos (FM) das unidades motoras dos músculos VL, RF e BF nos três protocolos experimentais.

Verificou-se, que o músculo VL possui maior ativação nas quatro séries dos três protocolos, e que não existem diferenças na frequência de disparos dos músculos durante as séries dos protocolos experimentais.

Por fim, sugere-se o desenvolvimento de novos estudos que permitam analisar mecanismos envolvidos com a melhoria do desempenho físico ou retardamento do processo da fadiga muscular e ainda um possível aumento no número de sujeitos para tentativa de novos achados.

10 Referências

BASMAJIAN, J. V. Muscles alive. Their functions revealed by electromyography. **Academic Medicine**, v. 37, n. 8, p.802, Agosto. 1962.

BASMAJIAN, J. V.; De LUCA, C. J. **Muscles alive: their functions revealed by electromyography**. 5ed. Baltimore: Willians & Wilkins, 1985.

BEHM, D. G., *et al.* Muscle Force and Activation under stable and unstable conditions. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v.16, n.3, p.416-422, 2002.

BILODEAU, M.; SCHINDLER-IVNS, S.; WILLIANS, D.M.; CHANDRAN, R.; SHARMA, S.S. EMG frequency content changes with increasing force and during fatigue in the quadriceps femoris muscle of men and women. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v.13, n. 1, p.83-92, 2003.

BITTENCOURT, N. **Musculação: uma abordagem metodológica**. 2.ed. Rio de Janeiro: Sprint, 1986.

BOMPA, T.; CORNACCHIA, L. **Treinamento de Força Consciente**. 2.ed. São Paulo: Phorte, 2004.

BROWN, L. E.; WEIR, J. P. Procedures recommendation I: accurate assessment of muscular strength and power. **Journal of Exercise Physiology**. v.4, n.1, p.1-21, 2001.

BURKE, R.E. Motor unit types of cat triceps surae muscle. **Journal of Physiology**. v.193, n.1, p.141-60, 1967.

BURKE, R.E.; LEVINE, D.N.; ZAJAC, F.E. Mammalian motor units: hysiological-histochemical correlation in three types in cat gastrocnemius. **Science**. v.174, n.10,p.709-12, 1971.

CAMPOS, G. E.; LUECKE, T. J., *et al.* Muscular adaptations in response to three different resistance-training regimens: specificity of repetition maximum training zones. **European Journal Applied Physiology**. v.88, n.1-2, p.50-60, Nov. 2002.

CATERISANO, A., *et al.* The effect of back squat depth on the EMG activity of 4 superficial hip and thigh muscles. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v.16, n.3, p.428-432, 2002.

CHILIBECK, P.D., *et al.* A comparison of strength and muscle mass increases during resistance training in young women. **European Journal Applied Physiology**. v.77, n.1, p.170-175, 1998.

CLOSE, R.I. Properties of motor units in fast and slow skeletal muscle of the rat. **Journal of Physiology**. v.193, p.45-55, 1967.

CRAM, J.R.; KASMAN, G.S.; HOLTZ, J. **Introduction to surface electromyography**. Gaithersburg: Aspen, 1998.

DE LUCA, C. J. The use of surface electromyography in biomechanics. **Journal Applied Biomechanics**, v.13, n.1, p.135-63, 1997.

DIAS, R. M. R. Impacto de oito semanas de treinamento com pesos sobre a força muscular de homens e mulheres. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**. V.11, n.4, p. 224-227, 2005.

EKSTROM, R. A. *et al.* Surface electromyographic analysis of the low back muscles during rehabilitation exercises. **Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy**, v.38, n.12, p.736-745, December. 2008.

ENOKA, R. M. **Bases neuromecânicas da cinesiologia**. 2.ed. São Paulo: Manole, 2000.

ESCAMILLA, R.F., *et al.* Biomechanics of the knee during closed kinetic chain and open kinetic chain exercises. **Medicine & Science in Sports & Exercise**. v.30, n.4, p. 556-569, abril, 1998.

ESCAMILLA, R.F.; ZHENG, N.; FLEISIG, G.S. The effects of technique variations on knee biomechanics during the squat and leg press. **Medicine & Science in Sports & Exercise**. v.29, n.5, p.156, 1997.

FARINA D; FOSCI M; MERLETTI, R. Motor unit recruitment strategies investigated by surface EMG variables. **Journal Applied Physiology**. v.92, p.235-247, 2002.

FARINA, D.; MERLETTI, R.; ENOKA, R.M. The extraction of neural strategies from the surface EMG. **Journal Applied Physiology**. v.96, n.4, p.1486-1495, 2004.

FLECK, S. J.; KRAEMER, W. J. **Fundamentos do Treinamento de Força Muscular**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

GANDEVIA, S.C. Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. **Journal of Physiology**. v.81, n.4, p.1725-1789, 2001.

GENTIL, P. **Bases Científicas do Treinamento de Hipertrofia**. 1.ed. Rio de Janeiro: Sprint, 2005.

GIBALA, M. J.; MACDOUGALL, J. D., *et al.* Changes in human skeletal muscle ultrastructure and force production after acute resistance exercise. **Journal Applied Physiology**. v.78, n.2, p.702-708, February, 1995.

GLAISTER, M. Multiple sprint work: physiological responses, mechanisms of fatigue and the influence of aerobic fitness. **Sports Medicine**, v.35, n.9, p.757-777, 2005.

GRAY, H. **Gray anatomia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1988.

GULLET, J.C., *et al.* A biomechanical comparison of back and front squats in healthy trained individuals. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v.23, n.1, p.284-292, 2009.

HÄKKINEN, K. Neuromuscular fatigue and recovery in male and female athletes during heavy resistance exercise. **International Journal of Sports Medicine**, v.14, n.2, p.53-9, 1993.

HÄKKINEN, K. Neuromuscular fatigue in males and females during strenuous heavy resistance loading. **Electromyography and Clinical Neurophysiology**, v.34, n.4, p.205-14, 1994.

HÄKKINEN K, *et al.* Changes in agonist-antagonist EMG, muscle CSA, and force during strength training in middle-aged and older people. **Journal Applied Physiology**. v.84, n.1, p.1341-1349, 1998.

HERMENS, H. J.; *et al.* Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. **Journal of Electromyography and Kinesiology**. v.10, n.5, p.361-374, October. 2000.

HUNTER, A.M.; *et al.* Effects of supramaximal exercise on the electromyographic signal. **British Journal of Sports Medicine**. v.37, n.4, p.296-299, 2003.

JOHNSON, M.A.; *et al.* Data on the distribution of fibre types in thirty-six human muscles. An autopsy study. **Journal of the Neurological Sciences**, v.18, n.1, p.111-129, 1973.

KRAEMER, W. J.; RATAMESS, N. A. Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. **Medicine & Science in Sports & Exercise**. v.36, n.4, p.674-688, April. 2004.

KOMI, P.V. **Força e potência no esporte**. Porto Alegre: Artmed, 2006.

LIEBER, R.L. **Skeletal muscle structure and function**. Baltimore: Williams & Wilkins, 1992.

McCOMAS, A.J. **Skeletal muscle: form and function**. Champaign: Human Kinetics, 1996.

McKEAN, M.R.; DUNN, P.K.; BURKETT, B.J. Quantifying the movement and the influence of load in the back squat exercise. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v.24, n.6, p.1671-1679, 2010.

MERLETTI, R.; *et al.* Electrically evoked myoelectric signals. **Critical Reviews in Biomedical Engineering**. v.19, n.4, p.293-340, 1992.

MERLETTI, R.; LO CONTE, L. R. Surface EMG signal processing during isometric contractions. **Journal of Electromyography and Kinesiology**. v.7, n.4, p.241-250, December. 1997.

MORITANI, T.; DEVRIES, H. Reexamination of the relationship between the surface integrated electromyogram (IEMG) and force of isometric contraction. **American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation**. v.57, n.6, p.263-277, 1978.

MORITANI, T.; MURO, M.; NAGATA, A. Intramuscular and surface electromyogram changes during muscle fatigue. **Journal of Applied Physiology**, v.60, n.4, p.1179-85, 1986.

PAOLI, A., *et al.* The effect of stance width on the electromyographical activity of eight superficial thigh muscles during back squat with different bar loads. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v.23, n.1, p.246-250, 2009.

PURKAYASTHA, S.; *et al.* Surface electromyographic amplitude-to-work ratios during isokinetic and isotonic muscle actions. **Athletic Training and Sports Medicine Journal**. v.41, n.3, p.314-320, July/September. 2006.

RASCH, P.J & BURKE, R. **Cinesiologia e Anatomia Aplicada**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 1977. 571p.

RANVIER, L. Quelques faits relatif au development du tissue osseux. **California Academy of Sciences**. v.77, n.1, p.1105-1109, 1873.

RICHMOND, S. R.; GODARD, M. P. The effects of varied rest periods between sets to failure using the bench press in recreationally trained men. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v.18, n.4, p.846-849, November. 2004.

ROBERGS, R.A.; ROBERTS, S.O. **Principios fundamentais de fisiologia do exercício para aptidão, desempenho e saúde**. São Paulo: Phorte, 2002.

SEKI K; NARUSAWA M. Relation between the size of motor units and the spectral characteristics of their action potentials. **Electroencephalography and Clinical Neurophysiology Electroencephalography Journal**. v.109, n.1, p.436-443, 1998.

SPANGENBURG, E.E.; BOOTH, F.W. Molecular regulation of individual skeletal muscle fibre types. **Acta Physiologica Scandinavica**, v.178, n.4, p.413-24, 2003.

STULEN, F. B.; DELUCA, C. J. Frequency parameters of the myoelectric signal as a measure of muscle conduction velocity. **IEEE Transactions on Biomedical Engineering**. v.28, n.7, p.515-523, July. 1981.

VANDEWALLE, H.; *et al.* An electromyographic study of an all-out exercise on a cycle ergometer. **Journal of International Physiology Biochemical and Biophysical**, v.99, n.1, p.89-93. 1991.

VOLLESTAD, N. K. Measurement of human muscle fatigue. **Journal of Neuroscience Methods**. v.74, n.2, p.219-27, June. 1997.

ZATSIORSKY, V. M. **Ciência e Prática do Treinamento de Força**. São Paulo: Phorte, 1999.

ZHOU, P.; RYMER, W. Z. Can standard surface EMG processing parameters be used to estimate motor unit global firing rate? **Journal of Neural Engineering**, v.1, n.2, p.99-110, June. 2004.

ANEXOS

ANEXO 1: TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Título da pesquisa: RESPOSTAS ELETROMIOGRÁFICAS, METABÓLICAS E HORMONAIAS NO EXERCÍCIO AGACHAMENTO EM DIFERENTES MÉTODOS DE TREINAMENTO DE FORÇA.

Pesquisador Responsável: Prof. Msd. Alexandre Rosas Batista

Instituição/Unidade/Departamento: Departamento de Ciência do Desporto - Faculdade de Educação Física - Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP.

Identificação do participante

Nome: _____

Data de nascimento: ____ / ____ / ____ **Fone:** (____) _____ - _____

Endereço: _____

Cidade: _____ **UF:** ____ **CEP:** _____

Eu, _____, R.G. _____, entendo que fui convidado a participar de projeto de pesquisa envolvendo praticantes de musculação, o qual foi realizado no Laboratório de Estudos Eletromiográficos (LEE) na Faculdade de Educação Física da Unicamp. Ao aceitar a participação nesse estudo estou ciente que os pesquisadores farão coletas dos meus sinais eletromiográficos (semelhante ao eletrocardiograma) – eletrodos foram colocados e fixados com fita adesiva sobre a superfície dos músculos a serem analisados. Também foi coletada a saliva após o exercício, onde o voluntário com a boca aberta deixará a saliva escorrer dentro de um tubo plástico (não podendo guspir, ou seja, fazer força para expelir a saliva), para análise do cortisol. O processo requer procedimento invasivo para a coleta de lactato, (parecido ao teste glicêmico de farmácia, utilizado por diabéticos, de simples utilização onde é feito um micro furo na ponta do dedo e coletado uma gotinha de sangue) onde terá atenção a todos os procedimentos de higiene e segurança, com pessoal treinado e materiais totalmente descartáveis. Os testes a serem aplicados foram realizados em cinco dias, sendo primeiramente a apreciação do termo de consentimento livre e esclarecido, depois realização das medidas antropométricas e teste de familiarização ao exercício agachamento e posteriormente os três testes para investigação dos métodos de treinamento de força, todos com 72 horas de intervalo, com apenas 30 minutos de duração. Foi aplicado o exercício agachamento, em três métodos distintos: com quatro séries de nove repetições; quatro séries sendo seis, oito, dez e doze

repetições e quatro séries sendo doze, dez, oito e seis repetições, com três minutos de recuperação entre as séries. Foi realizado apenas um teste por dia. Entendo que os testes não apresentam riscos e que poderei desistir a qualquer momento em qualquer dos testes sem que haja qualquer tipo de represália por isso. Estou ciente de que todas as informações fornecidas aos pesquisadores e as que foram coletadas durante todo o processo de realização dos testes não foram divulgadas, exceto para o próprio voluntário caso requisite. A identidade dos voluntários foi mantida em sigilo, sendo os dados expostos de forma anônima. Estou informado de que não haverá qualquer tipo de pagamento pela participação na pesquisa, assim como qualquer forma de reembolso em dinheiro, já que não terei despesas com a participação no projeto de pesquisa. Também estou ciente de que tenho o direito de saber informações referentes aos resultados obtidos e a conclusão a que se chegou ao final da pesquisa. Tenho plena consciência de que minha participação nesse projeto pesquisa é voluntária e que posso retirar meu consentimento a qualquer momento, sem comprometer quaisquer atendimentos ou informações necessárias. Li e entendi as informações acima citadas e detalhadamente explanadas, estando ciente dos riscos e benefícios a que estarei exposto no decorrer da participação dos testes e que os responsáveis pela pesquisa estarão disponíveis para esclarecimento de quaisquer dúvidas que possam aparecer.

Campinas, ___ de _____ de 2009.

Voluntário

Prof. Msd. Alexandre Rosas Batista (Pesquisador Responsável)

Pesquisador responsável: Prof. Msd. Alexandre Rosas Batista

Fone: (19) 9648-0031

xandaoemg@hotmail.com

Laboratório de Estudos Eletromiográficos (LEE)

Fone: (19) 3521-6648

lee.fef.unicamp@gmail.com

Comitê de Ética em Pesquisa – CEP

Fone: (19) 3521-8936

cep@fcm.unicamp.br

ANEXO 2: PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA



FACULDADE DE CIÊNCIAS MÉDICAS
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

www.fcm.unicamp.br/pesquisa/etica/index.html

CEP, 21/01/11.
(Grupo III)

2ª VIA

PARECER CEP: Nº 1038/2009 (Este nº deve ser citado nas correspondências referente a este projeto)
CAAE: 0794.0.146.000-09

I - IDENTIFICAÇÃO:

PROJETO: “RESPOSTAS ELETROMIOGRÁFICAS, METABÓLICAS E HORMONAIS NO EXERCÍCIO AGACHAMENTO EM DIFERENTES MÉTODOS DE TREINAMENTO COM PESOS”.

PESQUISADOR RESPONSÁVEL: Alexandre Rosas Batista

INSTITUIÇÃO: Faculdade de Educação Física/UNICAMP

APRESENTAÇÃO AO CEP: 06/12/2009

APRESENTAR RELATÓRIO EM: 15/12/10 (O formulário encontra-se no *site* acima)

II - OBJETIVOS

Analisar respostas do sinal eletromiográfico, lactato sanguíneo e cortisol salivar no exercício agachamento em diferentes métodos de treinamento com pesos através de cargas crescentes e decrescentes e método de carga constante.

III - SUMÁRIO

Serão selecionados 15 indivíduos saudáveis do sexo masculino, na faixa etária entre 18 e 35 anos, que praticam musculação por pelo menos dois anos sem interrupção. Os métodos serão aplicados ao exercício de agachamento realizado em suporte específico, com barra de 180 cm de diâmetro e anilhas. Para a coleta dos dados eletromiográficos será utilizado aparelho padrão. Serão coletados saliva e sangue do lóbulo da orelha direita (lactato).

IV - COMENTÁRIOS DOS RELATORES

O projeto bem redigido, com Termo de Consentimento Livre e Esclarecido adequado. Será realizado na FEF e imagino que em atletas da FEF de musculação, sendo assim, não vejo problemas éticos.

V - PARECER DO CEP

O Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências Médicas da UNICAMP, após acatar os pareceres dos membros-relatores previamente designados para o presente caso e atendendo todos os dispositivos das Resoluções 196/96 e complementares, resolve aprovar sem restrições o Protocolo de Pesquisa, o Termo do Consentimento Livre e Esclarecido, bem como todos os anexos incluídos na pesquisa supracitada.



O conteúdo e as conclusões aqui apresentados são de responsabilidade exclusiva do CEP/FCM/UNICAMP e não representam a opinião da Universidade Estadual de Campinas nem a comprometem.

VI - INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES

O sujeito da pesquisa tem a liberdade de recusar-se a participar ou de retirar seu consentimento em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma e sem prejuízo ao seu cuidado (Res. CNS 196/96 – Item IV.1.f) e deve receber uma cópia do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, na íntegra, por ele assinado (Item IV.2.d).

Pesquisador deve desenvolver a pesquisa conforme delineada no protocolo aprovado e descontinuar o estudo somente após análise das razões da descontinuidade pelo CEP que o aprovou (Res. CNS Item III.1.z), exceto quando perceber risco ou dano não previsto ao sujeito participante ou quando constatar a superioridade do regime oferecido a um dos grupos de pesquisa (Item V.3.).

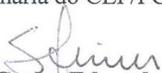
O CEP deve ser informado de todos os efeitos adversos ou fatos relevantes que alterem o curso normal do estudo (Res. CNS Item V.4.). É papel do pesquisador assegurar medidas imediatas adequadas frente a evento adverso grave ocorrido (mesmo que tenha sido em outro centro) e enviar notificação ao CEP e à Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA – junto com seu posicionamento.

Eventuais modificações ou emendas ao protocolo devem ser apresentadas ao CEP de forma clara e sucinta, identificando a parte do protocolo a ser modificada e suas justificativas. Em caso de projeto do Grupo I ou II apresentados anteriormente à ANVISA, o pesquisador ou patrocinador deve enviá-las também à mesma junto com o parecer aprovatório do CEP, para serem juntadas ao protocolo inicial (Res. 251/97, Item III.2.e)

Relatórios parciais e final devem ser apresentados ao CEP, de acordo com os prazos estabelecidos na Resolução CNS-MS 196/96.

VII – DATA DA REUNIÃO

Homologado na XII Reunião Ordinária do CEP/FCM, em 15 de dezembro de 2009.


Prof. Dr. Carlos Eduardo Steiner
PRESIDENTE do COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA
FCM / UNICAMP