

A ELETROMIOGRAFIA EM TREINAMENTO RESISTIDO: AVALIAÇÃO DA  
FADIGA MUSCULAR, ADAPTAÇÕES E RELAÇÃO COM PARÂMETROS  
SUBJETIVOS

ANDERSON DE SOUZA CASTELO OLIVEIRA

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências do Campus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências da Motricidade (Área de Biodinâmica da Motricidade Humana).

RIO CLARO  
Estado de São Paulo-Brasil  
Dezembro de 2006

A ELETROMIOGRAFIA EM TREINAMENTO RESISTIDO: AVALIAÇÃO DA  
FADIGA MUSCULAR, ADAPTAÇÕES E RELAÇÃO COM PARÂMETROS  
SUBJETIVOS

ANDERSON DE SOUZA CASTELO OLIVEIRA

Orientador: PROF. DR. MAURO GONÇALVES

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências do Campus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências da Motricidade (Área de Biodinâmica da Motricidade Humana).

RIO CLARO  
Estado de São Paulo-Brasil  
Dezembro de 2006

*"Tudo o que temos de decidir é o que fazer com o tempo que nos é dado"*

Gandalf (O senhor dos anéis)

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho aos meus pais, Maria da Graça e Sebastião, por todo o esforço e dedicação que foram oferecidos durante este período.

**AMO MUITO VOCÊS!!**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à Deus por ter me dado força e saúde para conseguir trabalhar, e por permitir conhecer pessoas que agora são tão importantes na minha vida.

Aos meus companheiros da faculdade, da graduação e pós-graduação, que sempre me incentivaram a continuar com meus objetivos. Em especial tenho a agradecer ao meu companheiro de república – Rafael – que foi, e sempre vai ser uma das pessoas mais importantes pra mim, passou de um amigo para irmão quando começamos a morar juntos, e agora não tenho palavras pra descrever o quanto ele me ajuda e me dá incentivos, espero que Deus mantenha nossos caminhos sempre próximos.

Agradeço a toda minha família: meus tias e tios, minhas primas e primos por todo apoio e carinho, e em especial aos meus pais, Maria da Graça e Sebastião, pela dedicação e apoio em todos os momentos da minha vida, espero que eu consiga sempre ser um motivo de orgulho para vocês dois, pois tenho muito orgulho e agradeço à Deus todos os dias por ter tido a benção de ter vocês dois como meus pais.

A todos os integrantes do Laboratório de Biomecânica, em especial à Sarah e Adalgiso, que são companheiros de longa data, e sei que sem a ajuda deles eu não teria conseguido o desenvolvimento necessário para concluir essa etapa.

Agradeço especialmente ao meu professor, orientador e amigo Mauro Gonçalves, por ter me dado a oportunidade de realizar este trabalho. Tive tranquilidade para a realização deste trabalho em maior parte por saber que contaria com sua assistência e seus sábios conselhos e orientações, e espero que possamos estar juntos ainda em mais outras oportunidades, pois para mim é uma grande honra estar trabalhando com este excelente profissional.

## RESUMO

O objetivo do presente estudo foi analisar o comportamento das variáveis amplitude e frequência do sinal eletromiográfico (EMG) dos músculos bíceps do braço (BB), braquiorradial (BR), tríceps do braço (TB) e multífido (MT) em exercícios isotônicos resistidos de flexão do cotovelo, e avaliar o efeito de um treinamento de oito semanas nos valores de limiar de fadiga eletromiográfico ( $EMG_{LF}$ ), nas variáveis de amplitude e frequência eletromiográfica, na frequência cardíaca (FC) e na percepção de esforço (PE). Participaram deste estudo 20 voluntários do gênero masculino, divididos em um grupo controle (GC) e um grupo treinamento (GT). Inicialmente, determinou-se a carga máxima isotônica (CMI) para os exercícios rosca bíceps (RB) e rosca *Scott* (RS). Na semana seguinte, em três dias diferentes, foram realizados os exercícios rosca bíceps, rosca bíceps adaptado (RBA) e rosca *Scott*, com intensidades de 25%, 30%, 35% e 40% da CMI pelo período de um minuto, um exercício por dia. A partir dos valores de coeficiente de inclinação (*slope*) das intensidades de carga foram calculados os valores de  $EMG_{LF}$ . Antes e após a execução dos exercícios isotônicos foram realizadas contrações isométricas voluntárias máximas (CIVM) e submáximas (50% da CIVM). Durante a realização dos exercícios isotônicos foram registrados valores de FC e de PE.

Com os valores de  $EMG_{LF}$  do músculo BB foi realizado o treinamento do exercício RBA (8 semanas, 2 sessões semanais, 3 séries até a exaustão com 2 minutos de intervalo entre as séries). Foram analisados os valores de FC, PE, força isométrica máxima, bem como a amplitude e frequência da EMG em contrações isométricas máximas, submáximas e isotônicas. As contrações isotônicas foram avaliadas pelos valores de *slope* e valores iniciais (interceptos) pré e pós treinamento. Os resultados apontaram que após um período de 1 minuto, existiu recuperação dos parâmetros eletromiográficos de amplitude e frequência, exceto a potência total para o exercício RB. Houve efeito da intensidade de carga utilizada nos exercícios propostos principalmente para a variável de amplitude (*root mean square* – RMS) dos músculos BB e BR, observando-se a fadiga muscular imediatamente após a realização do protocolo. Os valores de  $EMG_{LF}$  dos músculos BB e BR foram semelhantes. Com o treinamento, houve diminuição dos valores de PE e de *slope* da RMS dos músculos BB e BR, bem como da FM do músculo MT, indicando uma diminuição no recrutamento muscular. Por outro lado, houve aumento na força e no número de repetições da execução do exercício RBA. Conclui-se que os  $EMG_{LF}$  encontrados podem ser parâmetros para a aplicação de treinamentos de resistência (valores em torno de 30% da CMI), além disso, existem diferenças entre parâmetros de amplitude e frequência da EMG nas diferentes cargas e no treinamento. A PE apresenta efeitos da carga e tempo de execução assim como a atividade eletromiográfica, porém aos indicadores de intensidade obtidos por estes parâmetros não apresentam relação.

Palavras-Chave: biomecânica, eletromiografia, fadiga, exercícios resistidos.

**SUMÁRIO**

LISTA DE ABREVIATURAS.....	x
LISTA DE TABELAS .....	xii
LISTA DE FIGURAS.....	xiv
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 TEMÁTICA CENTRAL DA INVESTIGAÇÃO .....	2
2.1 A fadiga muscular .....	2
2.2 A recuperação de parâmetros eletromiográficos .....	4
2.3 Exercícios resistidos: atividade EMG vs posicionamento .....	5
2.4 Freqüência cardíaca e Percepção de esforço .....	6
2.5 O treinamento: metodologias e novas propostas.....	7
3 ARTIGOS.....	11
3.1 Artigo 1 .....	13
3.2 Artigo 2 .....	36
3.3 Artigo 3 .....	63
3.4 Artigo 4 .....	93
3.5 Artigo 5 .....	124
4 CONCLUSÃO GERAL.....	153
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	155

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

BB – bíceps do braço

BR – Braquiorradial

CC – Contrações concêntricas

CCA - Co-contração antagonista

CE – Contrações excêntricas

CIVM – Contração Isométrica Voluntária Máxima

CMI – Carga máxima isotônica

CZ – Cruzamentos zero

EMG – Eletromiografia

EMG<sub>LF</sub> – Limiar de Fadiga Eletromiográfico

FC – Frequência cardíaca

FM – Frequência Mediana

Fmed – Frequência Média

FPP – Frequência da Potência Pico

GC – Grupo Controle

GT – Grupo Treinamento

MT – Multifido

PE – Percepção de esforço

PP – Potência pico

PT – Potência total

RB – Rosca bíceps

RBA – Rosca bíceps adaptado

REF – Contração de referência

RMS – *Root mean Square*

RS – Rosca *Scott*

TB – Tríceps do braço

TRI – Tempo de resistência isotônica

UM – Unidade motora

## LISTA DE TABELAS

### ARTIGO 1

**Tabela 1** - Breve revisão de literatura sobre recuperação da força muscular e dos parâmetros eletromiográficos em diferentes protocolos e articulações. Contração isométrica submáxima (CIS), contração isométrica voluntária máxima (CIVM), *root mean square* (RMS), frequência mediana (Fmed), frequência média (FM), contração concentrada (CC), contração excêntrica (CE), eletromiografia integrada (iEMG), eletromiografia *average* (aEMG).

### ARTIGO 2

**Tabela 1** - Valores médios e desvios padrão da RMS (%CIVM) dos músculos bíceps do braço (BB) e braquiorradial (BR), durante as contrações isométricas submáximas antes (SUB-1) e após (SUB-2) da realização dos exercícios rosca bíceps (RB), rosca bíceps adaptado (RBA) e rosca *Scott* (RS).

**Tabela 2** - Valores médios e desvios padrão de frequência cardíaca (FC) (bpm), obtidos aos 15, 30, 45 e 60 segundos do tempo de execução dos movimentos RB, RA e RS a 25%, 30%, 35% e 40% da CM

**Tabela 3** - Valores médios e desvios padrão da percepção de esforço obtida aos 15, 30, 45 e 60 segundos do tempo de execução dos movimentos RB, RA e RS com 25%, 30%, 35% e 40% da CM

**ARTIGO 3**

**Tabela 1 -** Valores médios ( $\pm$ desvio padrão, em % da CIVM) da RMS, frequência mediana (FM) e frequência média (Fmed) dos músculos bíceps do braço (BB) e braquiorradial (BR), durante as contrações isométricas submáximas antes (SUB-1) e após (SUB-2) da realização dos exercícios rosca bíceps (RB), rosca bíceps adaptado (RBA) e rosca *Scott* (RS).

**ARTIGO 4**

**Tabela 1 -** Valores médios e desvios padrão da idade (anos), massa em (kg) e altura (cm) dos voluntários (n=20).

**Tabela 2 -** Valores médios e desvios padrão da força gerada durante as contrações isométricas voluntárias máximas anteriores (CIVM1) e posteriores (CIVM2) à realização dos exercícios rosca bíceps (RB), rosca bíceps adaptado (RBA) e rosca *Scott* (RS), para o grupo controle (GC) e treinamento (GT) antes (0-S) e após 8 semanas (8-S) de realização do treinamento baseado no EMG<sub>LF</sub>.

**Tabela 3 -** Valores médios e desvios padrão da RMS do músculo bíceps do braço (BB) e braquiorradial (BR) (em % da CIVM), durante as contrações isométricas submáximas realizadas antes (SUB-1) e após (SUB-2) a execução do exercício rosca bíceps adaptado, para os grupos controle (GC) e treinamento (GT) antes (A8) e após (AP8) a o treinamento (8 semanas).

## LISTA DE FIGURAS

### Artigo 1

- Figura 1** - Posições iniciais (A), intermediárias (B) e finais(C) do exercício rosca bíceps. Marcas passivas foram colocadas no ombro (1), colovelo (2) e parte lateral da barra (3).
- Figura 2** - Procedimentos experimentais do teste de recuperação. Os voluntários realizam contrações isométricas voluntárias máximas (CIVM), submáximas e também contrações isotônicas do exercício rosca bíceps (4 cargas diferentes, por 1 minuto cada uma). Durante os intervalos das intensidades de carga, é realizado o protocolo de recuperação, composto de contrações isométricas submáximas a 15 segundos, 1, 3, 5 e 10 minutos.
- Figura 3** - Médias e desvios padrão dos valores de RMS obtidos nas condições de referência (REF) (quadrados pretos) e após 15seg, 1min, 3min, 5min e 10min (quadrados vazados) das séries de exercício rosca bíceps realizados com 25%, 30%, 35% e 40% da CMI.
- Figura 4** - Médias e desvios padrão da frequência mediana (FM) obtidos nas condições de referência (REF) (quadrados pretos) e após 15seg, 1min, 3min, 5min e 10min (quadrados vazados) das séries de exercício rosca bíceps realizados com 25%, 30%, 35% e 40% da CMI.
- Figura 5** - Médias e desvios padrão dos valores de frequência média (FM) obtidos nas condições de referência (REF) (quadrados pretos) e após 15seg, 1min, 3min, 5min e 10min (quadrados vazados) das séries de exercício rosca bíceps realizados com 25%, 30%, 35% e 40% da CMI.

- Figura 6** - Médias e desvios padrão dos valores de Potência Total (PT) obtidos nas condições de referência (REF) (quadrados pretos) e após 15seg, 1min, 3min, 5min e 10min (quadrados vazados) das séries de exercício rosca bíceps realizados com 25%, 30%, 35% e 40% da CMI.
- Figura 7** - Médias e desvios padrão dos valores de Potência Pico (PP) obtidos nas condições de referência (REF) (quadrados pretos) e após 15seg, 1min, 3min, 5min e 10min (quadrados vazados) das séries de exercício rosca bíceps realizados com 25%, 30%, 35% e 40% da CMI.
- Figura 8** - Médias e desvios padrão dos valores de *Frequência da Potência Pico* (FPP) obtidos nas condições de referência (REF) (quadrados pretos) e após 15seg, 1min, 3min, 5min e 10min (quadrados vazados) das séries de exercício rosca bíceps realizados com 25%, 30%, 35% e 40% da CMI.
- Figura 9** - Médias e desvios padrão dos valores de cruzamento zero (CZ) obtidos nas condições de referência (REF) (quadrados pretos) e após 15seg, 1min, 3min, 5min e 10min (quadrados vazados) das séries de exercício rosca bíceps realizados com 25%, 30%, 35% e 40% da CMI.

## ARTIGO 2

- Figura 1** - Posições iniciais, intermediárias e finais do exercício rosca bíceps (A) rosca bíceps adaptado (B), e Rosca Scott (C). Marcas passivas: ombro (1), colovelo (2) e parte lateral da barra (3). Sistema de hastes para controle da postura do cotovelo (4), e joelhos (5). Controle da altura do assento (6) e suporte para o tórax e região posterior do braço (7).
- Figura 2** - Procedimentos experimentais para cada dia de teste, nos quais os voluntários realizam contrações isométricas voluntárias máximas (CIVM) e submáximas antes (SUB-1) e após (SUB-2) a realização do exercício isotônico.
- Figura 3** - Valores médios de RMS dos músculos bíceps do braço (BB) e braquiorradial (BR) durante as contrações isométricas voluntárias máximas antes (barras brancas) e após (barras pretas) a realização dos exercícios rosca bíceps (RB), rosca bíceps adaptado (RBA) e rosca *Scott* (RS).

- Figura 4 -** Valores médios de *slopes* da RMS do músculo bíceps do braço em contrações concêntricas (A) e excêntricas (B), e do músculo braquiorradial durante as contrações concêntricas (C) e excêntricas (D), nas diferentes intensidades de carga dos exercícios rosca bíceps (RB), rosca bíceps adaptado (RBA) e rosca *Scott* (RS).
- Figura 5 -** Valores médios de interceptos da RMS do músculo bíceps do braço em contrações concêntricas (A) e excêntricas (B), e do músculo braquiorradial durante as contrações concêntricas (C) e excêntricas (D), nas diferentes intensidades de carga dos exercícios rosca bíceps (RB), rosca bíceps adaptado (RBA) e rosca *Scott* (RS).
- Figura 6 -** Valores de Limiar de Fadiga Eletromiográfico ( $EMG_{LF}$ ) dos músculos bíceps do braço (BB) e braquiorradial (BR) em contrações concêntricas (CC) e excêntricas (CE) para os exercícios rosca bíceps (RB), rosca bíceps adaptado (RBA) e rosca *Scott* (RS).

### ARTIGO 3

- Figura 1 -** Posições iniciais, intermediárias e finais do exercício rosca bíceps (A) realizado de forma livre, adaptada (B), e no banco *Scott* (C). Marcas passivas do ombro (1), colovelo (2) e parte lateral da barra (3). Sistema de hastes para controle da postura do cotovelo (4), e joelhos (5). Controle da altura do acento (6) e suporte para o tórax e região posterior do braço (7).
- Figura 2 -** Posicionamento dos voluntários durante as contrações isométricas voluntárias máximas de flexão (A) e extensão (B) do cotovelo direito, e extensão do tronco (C). Tira de velcro (1). Célula de carga (2), colete de fixação da célula de carga (3) e cintos de fixação dos membros inferiores (4).
- Figura 3 -** Procedimentos experimentais *para cada dia de teste*, nos quais os voluntários realizam contrações isométricas voluntárias máximas (CIVM) e submáximas antes (SUB-1) e após (SUB-2) a realização do exercício isotônico, com os intervalos determinados.
- Figura 4 -** Valores de *root mean square* – RMS (A), frequência mediana - FM (B) e frequência média – Fmed (C) do músculo tríceps do braço, durante as contrações isométricas máximas (CIVM) e submáximas de *flexão do cotovelo*, realizadas antes (barras cinzas) e após (barras pretas) os exercícios rosca bíceps (RB), rosca bíceps adaptado (RBA) e rosca *Scott* (RS).

- Figura 5 -** Valores médios de *slope* da RMS dos músculos bíceps do braço (BB), braquiorradial (BR), tríceps do braço (TB) e multifido (MT), durante os exercícios rosca bíceps (RB), rosca bíceps adaptado (RBA) e rosca Scott (RS) nas quatro intensidades de carga (25%, 30%, 35% e 40% da CMI).
- Figura 6 -** Valores médios de *slope* de frequência mediana dos músculos bíceps do braço (BB), braquiorradial (BR), tríceps do braço (TB) e multifido (MT), durante os exercícios rosca bíceps (RB), rosca bíceps adaptado (RBA) e rosca Scott (RS) nas quatro intensidades de carga (25%, 30%, 35% e 40% da CMI).
- Figura 7 -** Valores médios de *slope* de frequência média dos músculos bíceps do braço (BB), braquiorradial (BR), tríceps do braço (TB) e multifido (MT), durante os exercícios rosca bíceps (RB), rosca bíceps adaptado (RBA) e rosca Scott (RS) nas quatro intensidades de carga (25%, 30%, 35% e 40% da CMI).
- Figura 8 -** Valores médios de intercepto da *root mean square* dos músculos bíceps do braço (BB), braquiorradial (BR), tríceps do braço (TB) e multifido (MT), durante a realização dos exercícios rosca bíceps (RB), rosca bíceps adaptado (RBA) e rosca Scott (RS) nas quatro intensidades de carga (25%, 30%, 35% e 40% da CMI).
- Figura 9 -** Valores médios de intercepto da frequência mediana dos músculos bíceps do braço (BB), braquiorradial (BR), tríceps do braço (TB) e multifido (MT), durante a realização dos exercícios rosca bíceps (RB), rosca bíceps adaptado (RBA) e rosca Scott (RS) nas quatro intensidades de carga (25%, 30%, 35% e 40% da CMI).
- Figura 10 -** Valores médios de intercepto da frequência média dos músculos bíceps do braço (BB), braquiorradial (BR), tríceps do braço (TB) e multifido (MT), durante a realização dos exercícios rosca bíceps (RB), rosca bíceps adaptado (RBA) e rosca Scott (RS) nas quatro intensidades de carga (25%, 30%, 35% e 40% da CMI).

#### ARTIGO 4

- Figura 1 -** Posições inicial intermediária e final do exercício rosca bíceps adaptado, utilizando-se do sistema de hastes para controle do posicionamento do cotovelo (A), e joelho (B).
- Figura 2 -** Escala de percepção de esforço utilizada nos testes isotônicos.

- Figura 3** - Procedimentos experimentais. Contrações isométricas voluntárias máximas (CIVM) e submáximas antes (SUB-1) e após (SUB-2) a realização do exercício isotônico para a determinação do  $EMG_{LF}$ . Treinamento de 8 semanas utilizando-se do  $EMG_{LF}$ , constituído de duas sessões semanais constituídas de 3 séries até a exaustão, com dois minutos de intervalo foram executadas.
- Figura 4** - Valores médios de carga máxima isotônica (CMI) para o grupo controle (GC) e grupo treinamento (GT) antes do período de treinamento (0 semanas – barras brancas) e após o treinamento (8 semanas – barras pretas).
- Figura 5** - Valores médios de frequência cardíaca (FC) obtidos durante o exercício rosca bíceps adaptado em quatro intensidades de carga, obtidos aos 15s (quadrados), 30s (losangos), 45s (triângulos) e 60s (círculos) para os grupos controle e treinamento antes (GC-1, GT-1) e após (GC-2, GT-2) o treinamento no  $EMG_{LF}$ .
- Figura 6** - Valores médios de percepção de esforço (PE) do exercício rosca bíceps adaptado em quatro intensidades de carga, obtidos aos 15s (quadrados), 30s (losangos), 45s (triângulos) e 60s (círculos) para os grupos controle e treinamento antes (GC-1, GT-1) e após (GC-2, GT-2) do treinamento no  $EMG_{LF}$ .
- Figura 7** - Valores médios de limiar de fadiga eletromiográfico ( $EMG_{LF}$ ) dos músculos bíceps do braço (BB) e braquiorradial (BR) para o grupo controle (GC) e treinamento (GT) antes e após o período de treinamento.
- Figura 8** - Valores médios de *slope* dos músculos bíceps do braço (BB) e braquiorradial (BR) nas quatro intensidades de carga (25%, 30%, 35% e 40% da CMI), para os grupos controle e treinamento antes (0 semanas) e após (8 semanas) o treinamento.
- Figura 9** - Valores médios de intercepto dos músculos bíceps do braço (BB) e braquiorradial (BR) nas quatro intensidades de carga (25%, 30%, 35% e 40% da CMI), para os grupos controle e treinamento em 0 semanas e 8 semanas após o treinamento.
- Gráfico 10** - Valores médios de repetições do exercício rosca bíceps adaptado, para a série 1 (S1), série 2 (S2) e série 3 (S3) antes (0 semanas) e após o período de treinamento (8 semanas), para o grupo controle (GC) e o grupo treinamento (GT).

**ARTIGO 5**

- Figura 1 -** Posições inicial intermediária e final do exercício rosca bíceps adaptado (A), utilizando-se do sistema de hastes para controle do posicionamento do cotovelo (A), e joelho (B).
- Figura 2 -** Posicionamento dos voluntários durante as contrações isométricas voluntárias máximas de flexão (A) e extensão (B) do cotovelo direito, e extensão do tronco (C). Tira de velcro (1). Célula de carga (2), colete de fixação da célula de carga (3) e cintos de de fixação dos membros inferiores (4).
- Figura 3 -** Procedimentos experimentais, nos quais os voluntários realizaram contrações isométricas voluntárias máximas (CIVM) de flexão e extensão do cotovelo, como também de extensão do tronco. As submáximas antes (SUB-1) e após (SUB-2) a realização do exercício isotônico (RBA) que determinou o  $EMG_{LF}$ . A seguir, o treinamento de 8 semanas utilizando-se do  $EMG_{LF}$ , constituído de duas sessões semanais constituídas de 3 séries até a exaustão, com dois minutos de intervalo foram executadas.
- Figura 4 -** Valores de *root mean square* (RMS) dos músculos bíceps do braço (BB) e braquiorradial (BR) durante as contrações isométricas voluntárias máximas antes (CIVM1) e após (CIVM2) o exercício rosca bíceps adaptado, para os grupos controle (GC) e treinamento (GT) ao início do teste (0 semanas) e ao término (8 semanas).
- Figura 5 -** Valores de frequência mediana (FM) dos músculos bíceps do braço (BB) e braquiorradial (BR) durante as contrações isométricas voluntárias máximas antes (CIVM1) e após (CIVM2) o exercício rosca bíceps adaptado, para os grupos controle (GC) e treinamento (GT) ao início do teste (0 semanas) e ao término (8 semanas).
- Figura 6 -** Valores de limiar de fadiga eletromiográfico ( $EMG_{LF}$ ) dos músculos bíceps do braço (BB e braquiorradial (BR) para o grupo controle (GC) e treinamento (GT) antes e após o período de treinamento.
- Figura 7 -** Valores de *slope* da *root mean square* (RMS) dos músculos bíceps do braço (BB) e braquiorradial (BR) nas quatro intensidades de carga (25%, 30%, 35% e 40% da CMI), para os grupos controle e treinamento em 0 semanas e 8 semanas após o treinamento.

- Figura 8** - Valores de *slope* da frequência mediana (FM) dos músculos bíceps do braço (BB) e braquiorradial (BR) nas quatro intensidades de carga (25%, 30%, 35% e 40% da CMI), para os grupos controle e treinamento em 0 semanas e 8 semanas após o treinamento.
- Figura 9** - Valores de intercepto da *root mean square* (RMS) dos músculos bíceps do braço (BB) e braquiorradial (BR) nas quatro intensidades de carga (25%, 30%, 35% e 40% da CMI), para os grupos controle e treinamento em 0 semanas e 8 semanas após o treinamento.
- Figura 10** - Valores de intercepto da frequência mediana (FM) dos músculos bíceps do braço (BB) e braquiorradial (BR) nas quatro intensidades de carga (25%, 30%, 35% e 40% da CMI), para os grupos controle e treinamento em 0 semanas e 8 semanas após o treinamento.
- Figura 11** - Valores de *slope* da *root mean square* (A, B) e da frequência mediana (C, D) do músculo tríceps do braço nas quatro intensidades de carga (25%, 30%, 35% e 40% da CMI), para os grupos controle e treinamento em 0 semanas e 8 semanas após o treinamento.
- Figura 12** - Valores de intercepto da *root mean square* (A, B) e da frequência mediana (C,D) do músculo tríceps do braço nas quatro intensidades de carga (25%, 30%, 35% e 40% da CMI), para os grupos controle e treinamento em 0 semanas e 8 semanas após o treinamento.
- Figura 13** - Valores de *slope* da *root mean square* (A, B) e da frequência mediana (C, D) do músculo multifido nas quatro intensidades de carga (25%, 30%, 35% e 40% da CMI), para os grupos controle e treinamento em 0 semanas e 8 semanas após o treinamento.
- Figura 14** - Valores de intercepto da *root mean square* (A, B) e da frequência mediana (C,D) do músculo multifido nas quatro intensidades de carga (25%, 30%, 35% e 40% da CMI), para os grupos controle e treinamento em 0 semanas e 8 semanas após o treinamento.

## 1 INTRODUÇÃO

Metodologias para prescrição de treinamentos de força e resistência muscular são frequentemente desenvolvidas, com intuito de um melhor desenvolvimento das adaptações musculares e/ou centrais. Dentre os indicadores da resistência muscular está o tempo de exaustão, os sinais vitais e a fadiga muscular cuja eletromiografia (EMG) tem contribuído para sua análise por meio de parâmetros de amplitude e frequência do sinal eletromiográfico.

Neste sentido, o presente estudo é composto por 5 artigos, os quais apresentam as relações entre as variáveis eletromiográficas acima descritas e que foram apresentadas nesta introdução de forma resumida.

## **2 TEMÁTICA CENTRAL DA INVESTIGAÇÃO**

### **2.1 *A fadiga muscular***

A fadiga muscular é caracterizada por um incremento tempo-dependente da atividade elétrica de um músculo durante contrações isométricas e isotônicas (DeVRIES, 1968; MORITANI et al., 1993), assim como por diminuição da produção da força do músculo em ambas as fases durante contrações repetidas (DeLUCA, 1997). São verificadas diversas alterações devido à fadiga muscular, como o aumento da temperatura muscular, diminuições no pH, aumento nas concentrações de metabólitos como o fosfato inorgânico, lactato,  $K^+$  (intracelular) e  $H^+$  (extracelular) (MASUDA et al., 1999; WESTERBLAD; ALLEN, 2002). Estas alterações causam alterações no potencial de ação das UM, bem como diminuem a velocidade de condução do estímulo das UM até as fibras musculares (MASUDA et al., 1999). Embora tenha sido muito investigada, a fadiga muscular ainda não foi totalmente entendida, havendo estudos dedicados à sua ocorrência e desenvolvimento em diversos protocolos (BAWA et al., 2006; CARDOZO; GONÇALVES, GAUGLITZ, 2004; Da SILVA; GONÇALVES, 2006; MASUDA et al., 1999; OLIVEIRA et al., 2005; SOGAARD et al., 2006).

Com a EMG, uma das possibilidades de determinação da fadiga está na análise da frequência dos disparos das UM por meio da análise espectral (CHRISTOVA; KOSSEV, 2001; CARDOZO; GONÇALVES; GAUGLITZ, 2004; POTVIN; BENT, 1997; KUMAR; NARAYAN; AMELL, 2003), com a qual se verifica uma condensação do espectro em direção às baixas frequências à medida que o fenômeno da fadiga se instala (DeLUCA, 1997). Tal fenômeno é evidenciado predominantemente pelo comportamento das frequências média (Fmed) e mediana (FM) do registro eletromiográfico, entretanto, outros parâmetros estão sendo utilizados como o pico da potência do espectro (PP), ou a potência total do espectro (PT); a frequência dentro do espectro na qual este pico se apresenta, ou a frequência da potência pico (FPP); bem como a análises do número de cruzamentos do registro EMG pela linha base ou linha zero, denominado cruzamentos zero (CZ) (FINSTERER, 2001). Estes parâmetros também podem apresentar, frente à contrações fadigantes, um predomínio do espectro para as baixas frequências (FINSTERER, 2001), embora existam autores que encontraram diferentes respostas entre estas variáveis espectrais, principalmente entre Fmed e FM em comparação à PT e FPP (KUMAR; NARAYAN; AMELL, 2003).

Outro parâmetro frequentemente utilizado para a análise da fadiga muscular é a amplitude do registro eletromiográfico, principalmente a *root mean square* (RMS). Este parâmetro descreve a quantidade de ativação das UM durante determinada tarefa, e a fadiga muscular pode acarretar um aumento na taxa de disparos e/ou um aumento do número de UM recrutadas para a contração (MORITANI; MURO; NAGATA, 1986; KROGH-LUND; JORGENSEN, 1993; DeLUCA, 1997; FINSTERER, 2001; SOGAARD et al.,

2006). As diferenciações entre taxa de disparo e recrutamento de novas unidades motoras estão relacionadas com fatores como o tempo de contração, tipo de contração, intensidade de carga e músculo analisado (LINNAMO et al., 2003; MORITANI; MURO; NAGATA, 1986; SOGAARD et al., 2006).

## **2.2 A recuperação de parâmetros eletromiográficos**

A análise da recuperação de variáveis eletromiográficas devido ao estado de fadiga tem sido realizada (ESPOSITO; ORIZIO; VEICTEINAS, 1998) para o entendimento do número de repetições ou séries de uma tarefa. Diferentes protocolos que induzem a fadiga muscular têm sido propostos correlacionando as alterações na força e com as variáveis eletromiográficas durante contrações isométricas submáximas (ESPOSITO; ORIZIO; VEICTEINAS, 1998; SOGAARD et al., 2006), máximas (LINNAMO et al., 2000; SBRICCOLI et al., 2001) bem como de contrações isotônicas (ISHIKAWA et al., 2006). Sendo assim, devido às diferenças nos protocolos, pode-se encontrar tempos de recuperação entre 1 e 3 minutos (KUORINKA, 1988; KROGH-LUND, 1993) até 30 minutos (DeRUITER et al., 2005; JENSEN et al., 2000; SOGAARD et al., 2003). No caso da RMS os intervalos de recuperação são maiores, sendo constatado até 10 minutos para os músculos flexores dos cotovelos (KUORINKA, 1988, ESPOSITO; ORIZIO; VEICTEINAS, 1998; CORCOS et al., 2002) e músculos extensores do tronco (SOGAARD et al., 2003), e até 24 horas para restaurar-se de esforços máximos sucessivos (KROON; NAEIJE, 1988). Ao passo que parâmetros de frequência apresentam recuperação em períodos menores que 5 minutos (KROGH-LUND, 1993).

### **2.3 Exercícios resistidos: atividade EMG vs posicionamento**

Exercícios resistidos para flexão do cotovelo são muito utilizados em academias e treinamentos específicos para atletas, existindo diversos posicionamentos para a realização destes (BOMPA; CORNACCHIA, 2000; WEINECK, 1999). Apesar disso, poucos estudos se dedicaram ao entendimento da atividade eletromiográfica durante estes exercícios (LAGALLY et al., 2002; LEHMAN et al., 2003; OLIVEIRA et al., 2005; OLIVEIRA et al., 2006).

A análise da atividade eletromiográfica durante a execução de exercícios resistidos tem sido frequente, principalmente para determinar alterações no recrutamento muscular devido alterações na intensidade de carga (LAGALLY et al., 2002; Da SILVA; GONÇALVES, 2006; MERCER et al., 2006), à aplicação de treinamentos (McBRIDE; BLAAK; TRIPLET-McBRIDE, 2003; CARDOZO; GONÇALVES, 2003), bem como por alterações no posicionamento do voluntário para a realização dos exercícios (GONÇALVES, 1998).

Verifica-se para os músculos flexores do cotovelo (motores principais do movimento), um aumento da amplitude do sinal eletromiográfico com o aumento da intensidade de carga (LAGALLY et al., 2002; OLIVEIRA et al., 2005), podendo existir diferenças no recrutamento dos músculos entre os exercícios rosca bíceps e rosca *Scott* (BOMPA; CORNACCHIA, 2000). Além disso, estudos anteriores demonstram que durante exercícios isotônicos pode haver alteração no recrutamento entre os músculos motores principais, por exemplo, entre o bíceps do braço e o braquiorradial (POTVIN; BENT, 1997).

Durante a realização dos exercícios em pé, como é o caso do exercício rosca bíceps, existem aumentos da atividade dos músculos lombares ao longo do tempo de execução (OLIVEIRA et al., 2006). Por outro lado, a realização de exercícios na posição sentada, como o exercício rosca *Scott*, diminuem substancialmente a atividade destes músculos (LEHMAN et al., 2003), possivelmente diminuindo riscos de lesões em iniciantes (AABERG, 2001; BOMPA; CORNACCHIA, 2000; BONO, 2004).

Em contrações fadigantes, pode-se verificar aumentos no recrutamento de unidades motoras dos músculos motores, bem como de músculos acessórios aos movimentos (CLARK; MANINI; PLOUTZ-SNYDER, 2003; NIELSEN; JORGENSEN; ANDERSEN; 1993). Neste sentido, pode haver aumentos no recrutamento de músculos lombares (OLIVEIRA et al., 2006), ao passo que músculos antagonistas, como o tríceps do braço, podem não apresentar alterações nos seus valores de amplitude da EMG (ADAMS; DUVOISIN; DUDLEY, 1992).

#### **2.4 *Frequência cardíaca e Percepção de esforço***

As avaliações relacionadas à fadiga podem ser feitas de diversas formas, dentre elas estão as medições frequência cardíaca (FC) e parâmetros subjetivos com o uso de escalas de percepção de esforço (PE), os quais apresentam aumento nos seus valores com o tempo de execução de tarefas até a exaustão (MORITANI et al., 1984; HUNTER; CRITCHLOW; ENOKA, 2005; HUNTER et al., 2005; MOTTRAM et al., 2005). De forma interessante, verifica-se que mesmo para exercícios que envolvem o recrutamento de músculos pequenos, como os flexores dos cotovelos, existem alterações

significativas na FC em testes isométricos até a exaustão (HUNTER et al., 2005; MOTTRAM et al., 2005). Estes autores descrevem ainda que a razão para estes ajustes na FC é a forma de controle desta, principalmente realizado por comandos centrais, ao passo que aumentos da PE em tarefas fatigantes envolvem comandos motores centrais e também controle periférico durante a tarefa. Estudos que avaliam tarefas até a exaustão apontam que com o aumento da carga existe também aumento nos valores de PE (HUNTER; CRITCHLOW; ENOKA, 2005; HUNTER et al., 2005), demonstrando a possibilidade de predição do esforço em exercícios resistidos por meio da PE (HUMMEL et al., 2005).

## **2.5 O treinamento: metodologias e novas propostas**

O treinamento resistido possui inúmeras formas de organização, que podem variar de acordo com a necessidade do praticante. Este tipo de treinamento pode ser voltado para aumento de força muscular, ganho de massa muscular, perda de tecido adiposo e aumento da resistência muscular localizada (FLECK; KRAEMER, 1999; WEINECK, 1999; KRAEMER; RATAMESS, 2004).

A avaliação da atividade eletromiográfica após um período de treinamento demonstra as adaptações da musculatura ao nível de recrutamento de unidades motoras (McBRIDE; BLAAK; TRIPLET-McBRIDE, 2003). Alguns estudos verificaram uma queda nos valores de RMS após a realização dos mesmos (MORITANI; DeVRIES, 1978; POLLOCK et al., 1989; PAVLAT et al., 1993; KOLLMITZER et al., 2000), que foi justificada pelo desenvolvimento do recrutamento das fibras musculares para a realização da

tarefa, assim como pelo aumento do sincronismo dos disparos das UM. Entretanto, podem existir aumentos no recrutamento de unidades motoras após o treinamento dos flexores do cotovelo (McBRIDE; BLAAK; TRIPLET-McBRIDE, 2003), pelo maior envolvimento neural frente às adaptações decorrentes de uma resposta hipertrófica ao treinamento e ao curto período de aplicação do treinamento (KRAEMER; RATAMESS, 2004). Além disso, fatores como a intensidade de carga, o tempo de treinamento, e a articulação envolvida são determinantes para as alterações na EMG (CAMPOS et al., 2002; KRAEMER; RATAMESS, 2004; McBRIDE; BLAAK; TRIPLET-McBRIDE, 2003).

Fica evidente que a utilização da EMG como forma de avaliação de treinamentos pode ser muito útil, entretanto, esta ferramenta tem sido pouco explorada para a prescrição de treinamentos. Inicialmente DeVries (1968; 1982), ao realizar regressões lineares entre os valores do sinal eletromiográfico em função do tempo, verificou que à medida que se aumentava a intensidade do esforço, mais altos eram os coeficientes angulares destas regressões. A partir destes valores, quando realizada uma nova regressão entre estes coeficientes e as intensidades de carga utilizadas, obteve-se um intercepto no eixo das intensidades de cargas. Este intercepto então foi considerado a mais alta intensidade de carga que o indivíduo conseguiria sustentar sem desenvolver o processo de fadiga neuromuscular (GONÇALVES, 2000), com um comportamento eletromiográfico sem alteração ao longo do tempo. Este indicador de fadiga muscular foi denominado Limiar de Fadiga Eletromiográfico ( $EMG_{LF}$ ) (PAVLAT et al., 1993; HOUSH et al., 1995; CARDOZO; GONÇALVES, 2003; BARBOSA, 2005; CARDOZO, 2006).

Muitos resultados sobre o  $EMG_{LF}$  ainda são controversos. Pavlat et al. (1993) verificaram que se utilizando a intensidade do  $EMG_{LF}$ , os voluntários não eram capazes de manter um exercício em ciclo-ergômetro por mais que 5 minutos, contrariando o conceito original de  $EMG_{LF}$ . Recentemente Barbosa (2005) e Cardozo (2006) realizaram treinamentos de resistência, baseados no  $EMG_{LF}$  para extensão isométrica do tronco, e não encontraram alterações na EMG (amplitude e frequência), como também na força dos músculos do tronco. Importante ressaltar que os treinamentos foram conduzidos por quatro semanas, possivelmente um período curto para identificação de alterações significativas (KRAEMER; RATAMESS, 2004).

Durante muitos anos a determinação de índices como a potência crítica, a velocidade crítica e o  $EMG_{LF}$  foram norteados pela execução de diferentes intensidades de carga em diferentes dias, com o intuito de diminuir efeitos de testes anteriores na execução da carga atual (CARDOZO; GONÇALVES, 2003; CARTER et al., 2005; OLIVEIRA et al., 2005). Este tipo de protocolo acarreta uma grande demanda de tempo para ser realizado, e neste sentido a possibilidade em realizar contrações com diferentes intensidades de carga em um mesmo dia passou a ser uma das motivações do presente projeto.

Dentro desta temática, a otimizar a obtenção do  $EMG_{LF}$  tem sido considerada. Neste sentido, Oliveira et al. (2005) demonstraram que protocolos de exercício de flexão do cotovelo até exaustão, um minuto ou 30 segundos, apresentaram resultados semelhantes entre os coeficientes de inclinação da correlação entre a atividade EMG e o tempo nas diferentes intensidades de

carga utilizadas, bem como dos próprios valores de  $EMG_{LF}$  obtidos em cada protocolo.

### 3 ARTIGOS

Após uma retrospectiva sobre: a importância do entendimento da fadiga muscular, e a utilização da EMG, para a melhoria do desempenho atlético; a utilização de exercícios resistidos, e suas implicações na EMG; a avaliação da fadiga muscular por meio da FC e PE; metodologias e efeitos de treinamento de resistência na EMG, bem como da utilização do  $EMG_{LF}$  como ferramenta de prescrição de treinamento; o presente capítulo apresentará na forma de artigos o projeto desenvolvido cujos objetivos foram:

- Determinar o tempo de recuperação de parâmetros de amplitude e frequência do sinal eletromiográfico do músculo bíceps do braço, após a realização do exercício rosca bíceps em diferentes intensidades de carga.
- Verificar o efeito de diferentes intensidades de carga e tipos de contração nos valores de RMS e identificar o  $EMG_{LF}$  de músculos flexores do cotovelo em diferentes exercícios resistidos
- Verificar os comportamentos da RMS, FM e Fmed dos músculos bíceps do braço, braquiorradial, tríceps do braço e multífido, em diferentes exercícios resistidos e intensidades de carga, em contrações isométricas e isotônicas.

- Analisar o efeito de um protocolo de treinamento de resistência do exercício rosca bíceps adaptado, baseado no  $EMG_{LF}$ , sobre o comportamento da força, resistência, RMS, FC e PE, e do  $EMG_{LF}$ .
- Analisar o efeito do treinamento de resistência do exercício rosca bíceps adaptado, baseado no  $EMG_{LF}$ , sobre os valores dos parâmetros de amplitude e frequência do sinal eletromiográfico dos músculos bíceps do braço, braquiorradial, tríceps do braço e multifido.

### 3.1 Artigo 1

## **ANÁLISE DE PARÂMETROS ELETROMIOGRÁFICOS DO MÚSCULO BÍCEPS BRAQUIAL APÓS REALIZAÇÃO DO EXERCÍCIO ROSCA BÍCEPS COM DIFERENTES INTENSIDADES DE CARGA.**

### **RESUMO**

O objetivo deste estudo foi determinar o tempo de recuperação eletromiográfica do músculo bíceps do braço após a execução do exercício RB. Participaram deste estudo 10 voluntários do gênero masculino, que realizaram teste de carga máxima isotônica (CMI), e em outra data executaram o exercício RB com cargas de 25%, 30%, 35% e 40% da CMI por um minuto (min), com intervalo de 10 minutos entre as cargas. Anteriormente ao exercício isotônico, bem como imediatamente após 15 segundos, 1 min, 3 min, 5 min e 10 min dos intervalos de descanso, foram realizadas contrações isométricas submáximas (50% da carga máxima isométrica). Avaliou-se parâmetros de amplitude (*root mean square* – RMS), e de frequência (frequência média – FM, frequência mediana – Fmed, pico da potência – PP, frequência do pico da potência – FPP, potência total – PT, e cruzamentos zero – CZ). Verificou-se imediatamente após o exercício que houve alteração nos parâmetros analisados, principalmente nas cargas de 30% em diante. Após um minuto de recuperação os valores de RMS, FM, Fmed, PP, FPP e CZ não foram diferentes dos valores de repouso. Por outro lado, a PT apresentou aumento significativo com a execução do exercício, e manteve-se com valores acima dos encontrados no repouso até os 10 min dos intervalos. Conclui-se que o músculo bíceps do braço apresenta-se

recuperado, em seus parâmetros eletromiográficos, após um minuto da execução, embora a potência total do espectro tenha demonstrado que a execução do exercício aumente a demanda de frequências geradas ao longo da recuperação.

Palavras chaves: eletromiografia, bíceps do braço, recuperação, rosca bíceps.

## INTRODUÇÃO

O treinamento resistido tem sido frequentemente utilizado para a aquisição de melhor condição atlética, manutenção da saúde e reabilitação. Este tipo de treinamento promove alterações neurais e morfológicas (KOMI, 1992; FERRI et al., 2006), aumento da produção de força (FERRI et al., 2006; KRAEMER; RATAMESS, 2004) e alterações da atividade eletromiográfica (FERRI et al., 2006; KRAEMER; RATAMESS, 2004).

No treinamento resistido, muitas são as variações de protocolos os quais apresentam diferentes períodos de repouso entre as séries de exercício. Tal intervalo de repouso pode ser decisivo para o sucesso de um treinamento, visto que diferentes intensidades de esforço necessariamente precisam de intervalos de recuperação condizentes (KRAEMER; RATAMESS, 2004), sendo indicado que estes não devam ser curtos ou longos demais (WEINECK, 1999). Quando os exercícios com peso são indicados para treinamentos da resistência muscular os intervalos são curtos (1 minuto), ao passo que para treinamentos de força muscular os intervalos chegam até 5 minutos, devido à maiores demandas de recrutamento das fibras musculares do Tipo II, que necessitam de maior intervalo para recuperação (CAMPOS et al., 2002; KRAEMER; RATAMESS, 2004).

Embora os treinamentos apresentem-se bem definidos na maioria dos seus parâmetros, os critérios que definem a recuperação dos praticantes são pouco explorados. Tais índices utilizados até os dias atuais foram baseados principalmente nas respostas de concentrações de lactato, creatinaquinase, adenosina trifosfato etc (WEINECK, 1999), com resultados consistentes (KRAEMER; RATAMESS, 2004), entretanto ainda existe uma

escasses de informações sobre as respostas neuromusculares para tais prescrições (FERRI et al., 2006).

A recuperação de parâmetros neuromusculares tem sido amplamente estudada para o entendimento dos mecanismos de fadiga muscular após contrações isotônicas (KROON; NAEIJE, 1991; LINNAMO, 2000; FERRI, et al. 2006; OLIVEIRA; GONÇALVES, 2006) e isométricas (De RUITER, 2005; SOGAARD et al. 2003; SOGAARD, et al. 2006). Especialmente para os músculos flexores do cotovelo, são utilizadas contrações isométricas submáximas (KUORINKA, 1988, ESPOSITO; ORIZIO; VEICTEINAS, 1998; CORCOS et al., 2002; FERRI et al., 2006) ou máximas (KROON; NAEIJE, 1991; ISHIKAWA et al., 2006) para a determinação do tempo de recuperação. São utilizados diferentes tempos de contração, os quais variam de 30 segundos (ROY et al., 1990; KROON; NAEIJE, 1991) até 30 minutos ou mais (JENSEN et al., 2000; SOGAARD et al., 2003; SOGAARD et al., 2006), encontrando-se diferenças no recrutamento de unidades motoras dos músculos dependendo do tempo de contração, como também da intensidade de carga utilizada (SOGAARD et al., 2006). As variáveis eletromiográficas mais estudadas para estes fins são a *root mean square* (RMS), que apresenta característica de aumento em seus valores com a fadiga muscular devido alterações no recrutamento das unidades motoras (SOGAARD et al., 2006), e a frequência mediana (FM) a qual recebe influências de fatores metabólicos e apresenta diminuição dos valores em situações de fadiga (MASUDA et al. 1999).

Na maioria dos estudos que analisaram a resposta eletromiográfica foram encontradas rápidas recuperações, em geral inferiores a

10 minutos (Tabela 1) (KROGH-LUND, 1993; KROGH-LUND; JORGENSEN, 1993; ELFVING et al., 2002; SOGAARD et al., 2006), acompanhada de ausência de variação de fatores fisiológicos como a quantidade de creatinaquinase e mioglobinas circulantes (FERRI et al., 2006). Apesar disso, são verificadas quedas na produção de força associadas à essas alterações eletromiográficas (DeRUITER et al., 2005; FERRI et al., 2006), as quais podem se estender por alguns dias (LINNAMMO et al., 2000; FERRI et al., 2006; ISHIKAWA et al., 2006).

Em determinados protocolos de treinamento de resistência muscular, o praticante necessita realizar o exercício até a exaustão para uma maior adaptação à intensidade do esforço (KRAEMER; RATAMESS, 2004), sendo este fator uma possível interferência ao resultado de protocolos de treinamento, como também de pesquisas sobre fadiga muscular, por alterações motivacionais que os indivíduos podem apresentar (MAISETTI et al., 2002).

Recentemente Oliveira et al. (2005) verificaram que a amplitude do sinal eletromiográfico do músculo bíceps do braço bilateralmente pode apresentar comportamento semelhante a partir dos 30 segundos do exercício rosca bíceps quando este é realizado até a exaustão, visto que os valores de *slope* das regressões lineares do sinal eletromiográfico do exercício realizado por 30 segundos não apresentar diferenças em relação ao exercício até a exaustão.

A recuperação das condições neuromusculares após a realização de exercícios tem sido analisada por meio de parâmetros eletromiográficos e em diferentes tipos de contração (KROON; NAEIJE, 1991; SBRICCOLI et al., 2001) com intuito de otimizar sessões de treinamento. Neste sentido, o

presente estudo tem como objetivo analisar o período de recuperação dos parâmetros de amplitude e frequência do sinal eletromiográfico dos músculos bíceps do braço após séries do exercício rosca bíceps realizado com diferentes intensidades de carga.

**Tabela 1.** Breve revisão de literatura sobre recuperação da força muscular e dos parâmetros eletromiográficos em diferentes protocolos e articulações. Contração isométrica submáxima (CIS), contração isométrica voluntária máxima (CIVM), *root mean square* (RMS), frequência mediana (FM), frequência média (Fmed), contração concêntrica (CC), contração excêntrica (CE), eletromiografia integrada (iEMG), eletromiografia *average* (aEMG).

Autor/Ano	movimento	Músculo	Variável	Teste de fadiga	Teste de recuperação	Resultados (TR)
Hakkinen et al. (1986)	Extensão joelho	Reto femoral, vasto lateral, vasto medial	iEMG	CIS 60% CIVM	CIVM após e 3 min	Recuperação do torque em 3 min, sem recuperar EMG
Kuorinka et al. (1988)	Flex/ext cotovelo	Bíceps do braço Tríceps do braço	Fmed	CIS 15%, 30% e 60% da CIVM	1, 3, 5, 7 e 10min	Recuperação em 1-2min em todas as cargas
Roy et al. (1990)	Extensão tronco	Longuíssimo do tórax, iliocostal e multifido	FM	CIS 80% CIVM por 30segundos	1min (CIS 80% CIVM por 5segundos)	Recuperação da FM em 1Min
Kroon and Naeije, (1988)	Flexão cotovelo	Bíceps do braço	RMS e FM	CIS 40% CIVM por 30s e exaustão CC ou CE até exaustão	0.75, 1.75 e 3.25hs; Diariamente 0.25hs após CIVM (10 dias)	Isométrico recupera em 3hs (FM), e 48hs (RMS)
Kroon and Naeije, (1991)	Flexão cotovelo	Bíceps do braço	RMS e Fmed	10kg CC e CE até a exaustão	CIS 40% CIVM por 30s A cada ½ hora por 4 horas, 24 e 25hs após	Força, RMS e Fmed não recuperam-se em 24hs
Krogh-Lund et al. (1993)	Flexão cotovelo	Bíceps do braço, braquiorradial	RMS e FM	CIS 30% da CIVM	1, 2, 3, 4, 5min	Recuperação FM e RMS em 5min
Krogh-Lund (1993)	Flexão cotovelo	Bíceps do braço	RMS e FM	CIS 10% e 40%	Após, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20, 25 e 30min	Recuperação FM e RMS em 5min
Esposito et al. (1998)	Flexão cotovelo	Bíceps do braço	RMS e FM	CIS 50%	CIS 80% 10min	Força, RMS e FM não recuperam-se em 10min
Jensen et al. (2000)	Abdução do ombro	Trapézio inferior, deltóide médio, infraespinhal	RMS e Fmed	CIS 11-12% da CIVM por 30 minutos	CIS de 1min aos 10 e 30min de repouso	Deltóide não recupera em 30min para a RMS e Fmed

Linnamo et al. (2000)	Flexão cotovelo	Bíceps do braço, braquiorradial, tríceps do braço	aEMG e FM	100 CC e CE máximas	Após, 30min, 48hs e 7 dias (2 CC e CE máximas)	↓ força e FM até 48hs (CC) ↓ força e FM até 7 dias (CE) RMS não se alterou
Michaut et al. (2000)	Flexão cotovelo	Bíceps do braço, tríceps do braço	RMS	5 x 10 CE máximas	Após, 48hs e 7 dias (CIVM)	RMS não se alterou
Sbriccoli et al. (2001)	Flexão cotovelo	Bíceps do braço	RMS e FM	2 x 35 CE máximas	1h, 2, 4, 7, 14, 21, 28 dias	Recuperação da FM em 48hs, RMS não alterou
Elfving et al. (2002)	Extensão tronco	Eretores da espinha (L1 e L5)	FM	CIS 80% da CIVM por 45s	1, 2, 3 e 5min	Recuperação em 5min
Larivière et al. (2003)	Extensão tronco	Ileocostal, longuíssimo do tórax (L1 e T10) e multifido	RMS e FM	CIS 75% CIVM (2 tentativas, separadas por 15 e 10 min)	Avaliação dos <i>slopes</i> das tentativas a 75% da CIVM	Recuperação completa em 10 ou 15 minutos
Sogaard et al. (2003)	Flexão cotovelo	Bíceps do braço	RMS e Fmed	CIS 10% e 30% da CIMV por 30min	10min e 30min por 20s (5% e 80% da CIVM)	Recuperação da RMS e Fmed em 30 min
De Ruitter et al. (2005)	Extensão joelho	Vastus lateralis	aEMG	CIS 50% da CIVM por 60s e eletroest.	15s, 3, 9, 15, 21, 27min	↓ força até 27min após ↓ EMG até 27min após
Ferri et al. (2006)	Flexão plantar	Sóleo, gastrocnêmio e tibial anterior	iEMG	10 x 10 repetições 70% 1RM	5min, 24, 48hs	Força recuperada em 24hs EMG sem alterações
Ishikawa et al. (2006)	Flexão plantar	Sóleo	aEMG	100 saltos unilaterais máximos	CIVM Após, 2 e 8 dias	Força recupera em 8 dias aEMG recupera em 2hs
Sogaard et al. (2006)	Flexão cotovelo	Bíceps do braço, braquiorradial, tríceps do braço	RMS	CIS 15% da CIVM por 43min,	CIS 15%, 50% e 100% da CIVM	↓ Força até 25min Recuperação da RMS em 8min

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Características da amostra**

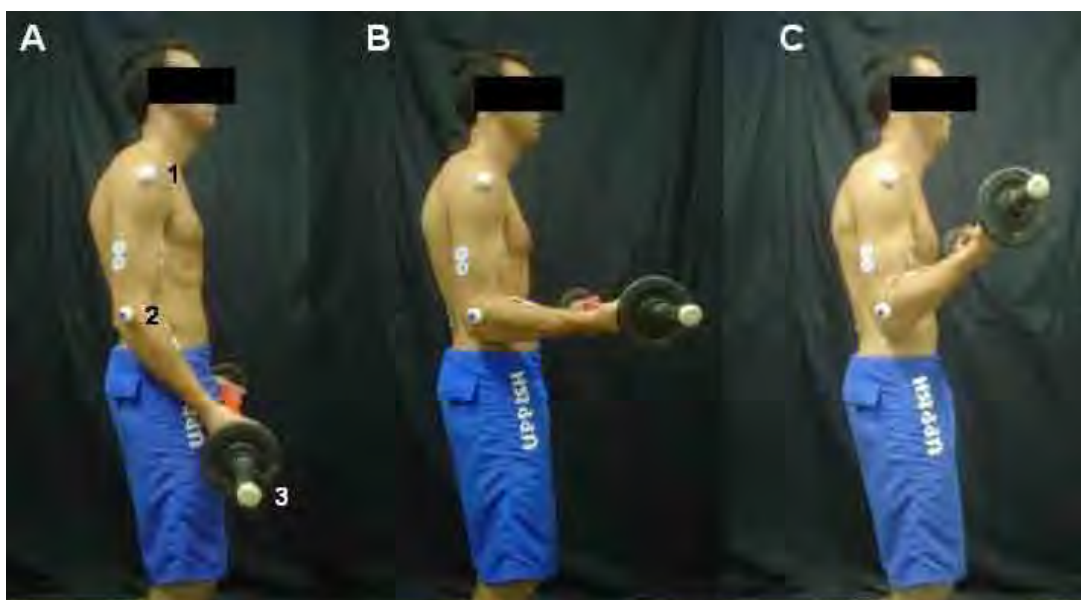
Participaram do presente estudo 10 voluntários do gênero masculino, saudáveis, com idade de 21,5( $\pm$ 2,46) anos, massa corpórea de 75,92( $\pm$ 9,16)kg e altura de 177,1( $\pm$ 3,93)cm. Foram realizadas medidas antropométricas de massa, altura e comprimentos de braço e antebraço com as quais verificou ser a amostra homogênea.

Para inclusão do voluntário no experimento este não deveria possuir antecedentes de doenças músculo-esqueléticas na região lombar, ombros e cotovelos, como também não ter realizado treinamento resistido para membros superiores nos últimos seis meses anteriores aos testes. Antecipadamente ao experimento os voluntários foram orientados sobre as atividades a serem realizadas e assinaram um Termo de Consentimento para submeterem-se às mesmas. O presente projeto de pesquisa foi encaminhado e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa Local.

### **Equipamentos**

Para a realização dos testes de carga máxima isotônica (CMI) do exercício RB, utilizou-se uma barra reta de 2kg, na qual foram acopladas anilhas de 0,5Kg, 1Kg, 4Kg, 5Kg e 10Kg de acordo com a intensidade de carga a ser sustentada. Para auxiliar na simetria durante a execução dos testes isotônicos foi utilizado um espelho plano (150cm de altura, 70cm de largura), colocado 100cm à frente do voluntário.

Na posição em pé foram realizadas a flexão e extensão do cotovelo, com o antebraço supinado segurando uma barra metálica com as mãos a uma distância de 45cm entre elas (Figura 1). A amplitude de movimento, para todos os exercícios foi de 110°, iniciando-se aos 15° de flexão (0° = extensão total) e terminando aos 125°. Para padronizar o ritmo de execução das séries isotônicas foi utilizado um metrônomo (Qwik Time QT-3, Pequim, China) calibrado a 40bpm.



**Figura 1.** Posições iniciais (A), intermediárias (B) e finais(C) do exercício rosca bíceps. Marcas passivas colocadas no ombro (1), cotovelo (2) e parte lateral da barra (3).

## **Eletromiografia**

Foi utilizado um módulo de aquisição de sinais biológicos (Lynx<sup>®</sup>) de quatro canais, no qual foram conectados os eletrodos, configurado com o ganho de 1000 vezes, filtro de passa alta de 20 Hz e filtro passa baixa de 500 Hz. A conversão dos sinais analógicos para digitais foi realizada por uma placa A/D com faixa de entrada de -5 à +5 Volts (CAD 1026-Lynx<sup>®</sup>). Para a aquisição dos sinais foi utilizado um *software* específico (Aqdados-Lynx<sup>®</sup>) calibrado com a frequência de amostragem de 1000Hz. O sistema possui uma razão de rejeição de modo comum maior que 80 dB. Para evitar a interferência da rede local no registro EMG foi utilizado um filtro *notch* de 60 Hz.

Para a captação dos sinais eletromiográficos foram utilizados eletrodos de superfície bipolares passivos de Ag/AgCl da marca MEDITRACE, de 3cm de diâmetro e com área efetiva de captação de 1cm de diâmetro. Previamente a colocação dos eletrodos foi realizada tricotomia, abrasão com lixa fina e limpeza da pele com álcool no nível do músculo estudado. Os eletrodos foram posicionados aos pares com uma distância intereletrodos de 2cm sobre os músculos bíceps do braço (BB) de acordo com Hermens et al. (2002) no terço distal do braço direito, na porção comum desse músculo. Um eletrodo de referência foi posicionado no punho direito.

## **Procedimentos experimentais**

### ***Teste de carga máxima isotônica (CMI)***

Para o teste de CMI do exercício RB, o voluntário foi posicionado em pé, com os pés afastados, joelhos levemente flexionados e segurando a barra com os antebraços supinados. A carga inicial do teste foi de 30Kg. A amplitude do movimento de flexão do cotovelo deveria ser completa a partir de 15° de flexão, e sem realizar movimentos compensatórios como flexão do ombro ou hiper-extensão do tronco.

A cada contração realizada com sucesso foram adicionados 5 kg à barra, até que o voluntário não fosse capaz de realizar o movimento na amplitude total e/ou no posicionamento proposto. Neste momento do teste foi diminuído 1 kg de massa e realizou-se outra tentativa. O mesmo procedimento foi repetido até que o voluntário realizasse toda amplitude de movimento, sendo considerada como CMI a carga deslocada nesta tentativa. Foi estabelecido um intervalo de 5 minutos entre cada tentativa.

### **Familiarização do voluntário ao experimento**

No dia da realização do teste de CMI, os voluntários foram familiarizados com as atividades que foram executadas no dia dos testes com EMG. Os voluntários se familiarizaram com os movimentos isotônicos recebendo instruções sobre ritmo, postura e amplitude de movimento para os exercícios, bem como com a forma de execução das contrações isométricas propostas no protocolo.

Na semana seguinte, foram realizados os testes isotônicos e de recuperação, nos quais os voluntários realizaram inicialmente exercícios para alongamento dos músculos envolvidos nas articulações do cotovelo, ombro e da região lombar da coluna vertebral e a seguir executaram uma série de 30 a 60 segundos do exercício proposto nas condições impostas para o dia de teste, para adaptação ao ritmo e ao posicionamento.

### **Contração isométrica voluntária Máxima (CIVM)**

Anteriormente ao exercício isotônico, foram realizadas três CIVMs durante 5 segundos para flexão do cotovelo direito, com um intervalo de 2 minutos entre as contrações. Para estas CIVMs os voluntários foram posicionados sentados, com o cotovelo à 90° e braço ao longo do corpo e com uma tira de velcro fixada ao punho e disposta de um cabo com uma célula de carga (Kratos Dinamômetros, modelo MM 200 Kgf), realizou-se a tração da mesma, sendo a CIVM aquela tração de maior valor

Após a realização da terceira CIVM, foi realizada uma contração isométrica com 50% da CIVM de flexão do cotovelo, a qual foi utilizada como valor de referência (REF) para análises da recuperação.

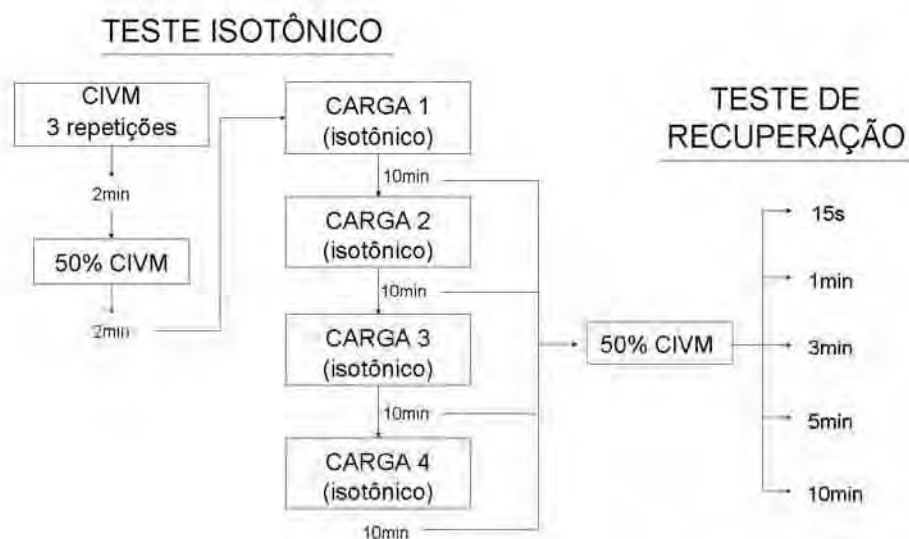
### **Contrações isotônicas**

Após a realização das contrações isométricas, os voluntários realizaram 4 séries do exercício RB, com as cargas randomicamente escolhidas entre 25%, 30%, 35%, e 40% da CMI durante um minuto cada e com intervalo de 10 minutos entre elas, durante os quais foram realizados os testes para análise da recuperação dos parâmetros EMG.

Durante as séries isotônicas, os voluntários foram estimulados pelo pesquisador responsável a manter a execução do exercício, havendo orientações verbais sobre possíveis alterações na velocidade da execução, bem como da postura para a realização do exercício.

### **Testes de recuperação**

Durante os 10 minutos de intervalo entre cada série do exercício RB foram realizadas flexões isométricas do cotovelo, a 50% da CIVM pelo período de 5 segundos imediatamente após a execução do exercício RB (15 segundos), 1 minuto (1min), 3 minutos (3min), 5 minutos (5min) e 10 minutos (10min) após o término de cada série (Figura 2).



**Figura 2.** Procedimentos experimentais do teste de recuperação. Os voluntários realizam contrações isométricas voluntárias máximas (CIVM), A 50% DA CIVM e também contrações isotônicas do exercício rosca bíceps (4 cargas diferentes, por 1 minuto cada uma). Durante os intervalos das intensidades de carga, é realizado o teste de recuperação, composto de contrações isométricas submáximas a 15 segundos, 1, 3, 5 e 10 minutos.

### Variáveis eletromiográficas

Para a análise dos sinais EMG foram utilizados algoritmos específicos, criados em ambiente MatLab (MathWorks®). A partir das séries temporais da atividade EMG das contrações isométricas, foi determinado o valor da força máxima em janela única de 1 segundo que apresentasse maior estabilidade nos valores de tração da célula de carga. Neste intervalo foram realizados os cálculos da amplitude do sinal retificado, por meio da *root mean square* (RMS), bem como foi realizada a análise espectral, da qual foram obtidos os valores de frequência mediana (Fmed), frequência média (FM), potencia pico (PP), potência total (PT), frequência do pico da potência (FPP) e cruzamentos zero (CZ).

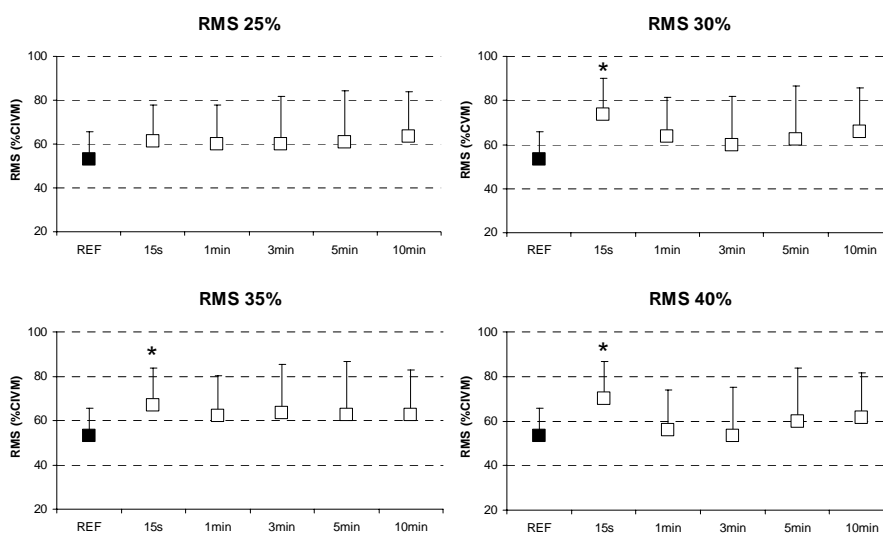
### **Análise dos dados**

Para verificar o efeito do tempo de repouso (15s x 1min x 3min x 5min x 10min) e o efeito da intensidade de carga (25% x 30% x 35% x 40%) na atividade eletromiográfica foi aplicada a análise de variância ANOVA *one way*. Para todas as análises, foi estabelecido um nível de significância em  $p < 0.05$ .

### **RESULTADOS**

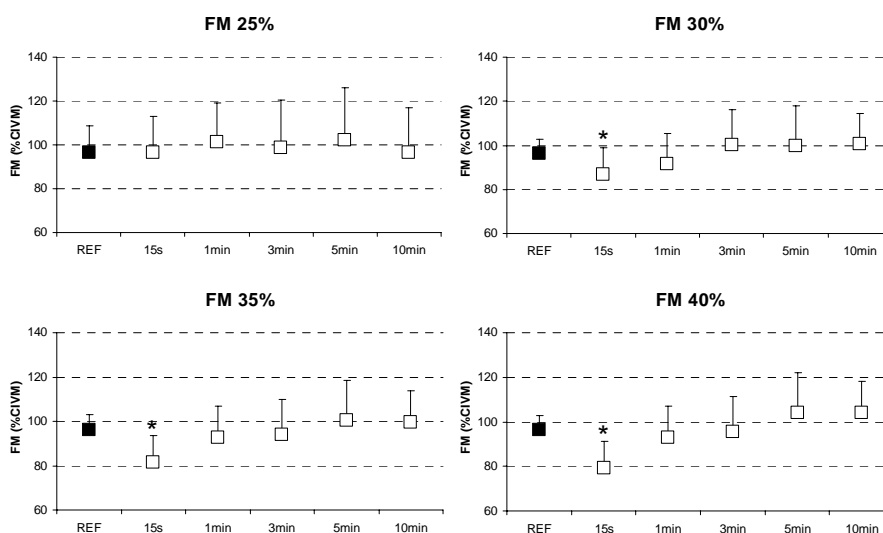
A CMI dos voluntários no exercício rosca bíceps foi de  $39,4 \pm (6,95)$ kg, e a CIVM anterior à realização do protocolo experimental foi de  $21,24 (\pm 3,9)$ kg. A análise da RMS (Figura 3) por meio das contrações isométricas, após cada série do exercício rosca bíceps no presente estudo, verificou que poucos instantes após a execução do exercício (15s) seus valores foram significativamente maiores ( $p < 0.05$ ) que os valores de referência (REF), com exceção para a carga de 25% da CMI. Após um minuto de exercício, os valores de RMS não se evidenciaram diferentes da condição REF.

Quanto aos parâmetros espectrais (Figuras 4, 5, 6, 7, 8, e 9), estes comportaram-se similarmente ao valores da RMS, isto é, após 1 minuto de repouso, os parâmetros apresentavam-se sem diferença significativa em relação ao valor de referência. Apenas para a PP na carga de 40%, aos 10 minutos após o exercício, os valores foram significativamente maiores que os valores da REF. A exceção foi encontrada para o TP (Figura 6), a qual apresentou valores significativamente maiores que a condição de referência em todas as medições. Quanto às intensidades de carga, não foram verificadas alterações significativas entre estas, para todas as variáveis estudadas.



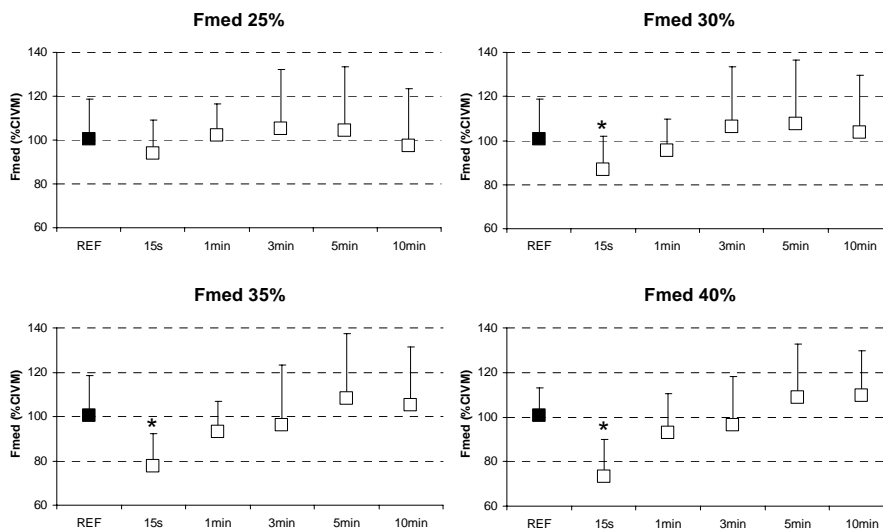
\* diferença significativa em relação à REF

**Figura 3.** Médias e desvios padrão dos valores de RMS obtidos nas condições de referência (REF) (quadrados pretos) e após 15seg, 1min, 3min, 5min e 10min (quadrados vazados) das séries de exercício rosca bíceps realizados com 25%, 30%, 35% e 40% da CMI.



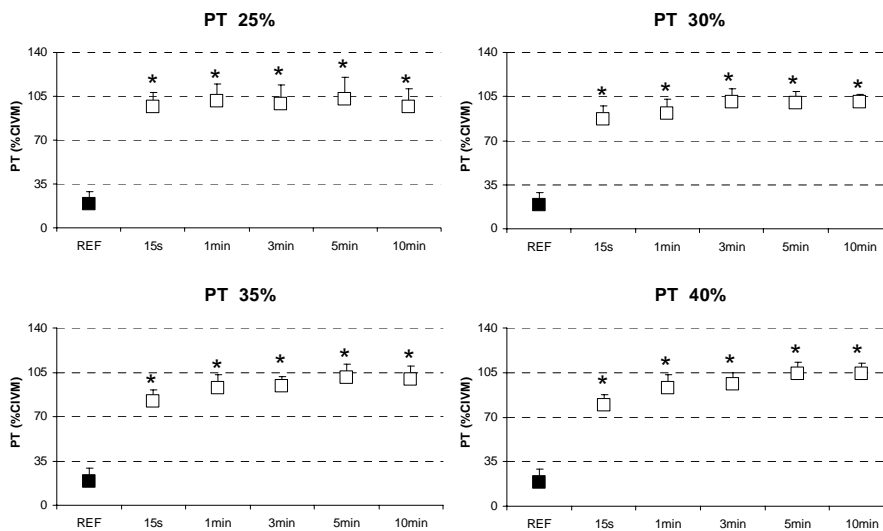
\* diferença significativa em relação à REF

**Figura 4.** Médias e desvios padrão da frequência média (FM) obtidos nas condições de referência (REF) (quadrados pretos) e após 15seg, 1min, 3min, 5min e 10min (quadrados vazados) das séries de exercício rosca bíceps realizados com 25%, 30%, 35% e 40% da CMI.



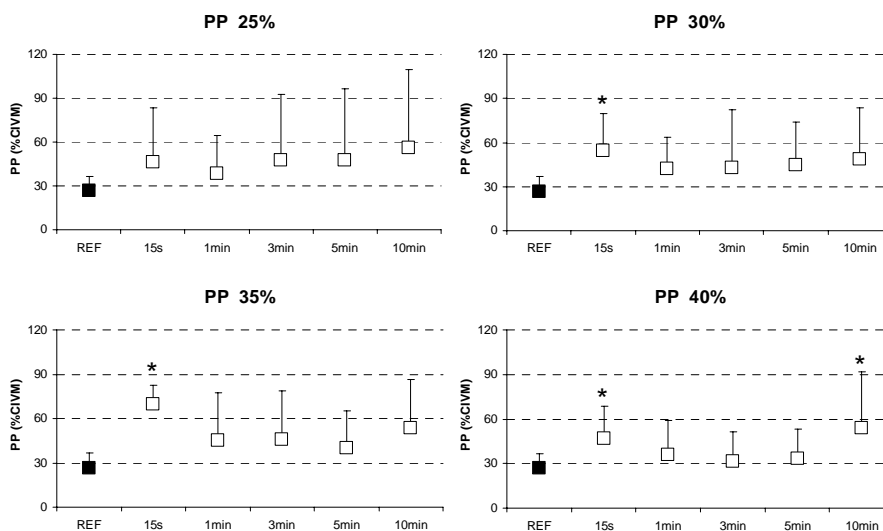
\* diferença significativa em relação à REF

**Figura 5.** Medias e desvios padrão dos valores de frequência mediana (FM) obtidos nas condições de referência (REF) (quadrados pretos) e após 15seg, 1min, 3min, 5min e 10min (quadrados vazados) das séries de exercício rosca bíceps realizados com 25%, 30%, 35% e 40% da CMI.



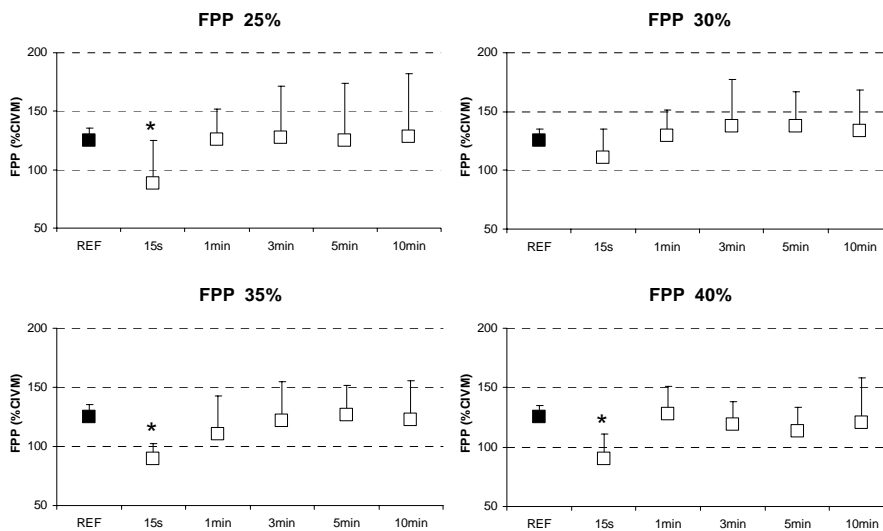
\* diferença significativa em relação à REF

**Figura 6.** Medias e desvios padrão dos valores de Potência Total (PT) obtidos nas condições de referência (REF) (quadrados pretos) e após 15seg, 1min, 3min, 5min e 10min (quadrados vazados) das séries de exercício rosca bíceps realizados com 25%, 30%, 35% e 40% da CMI.



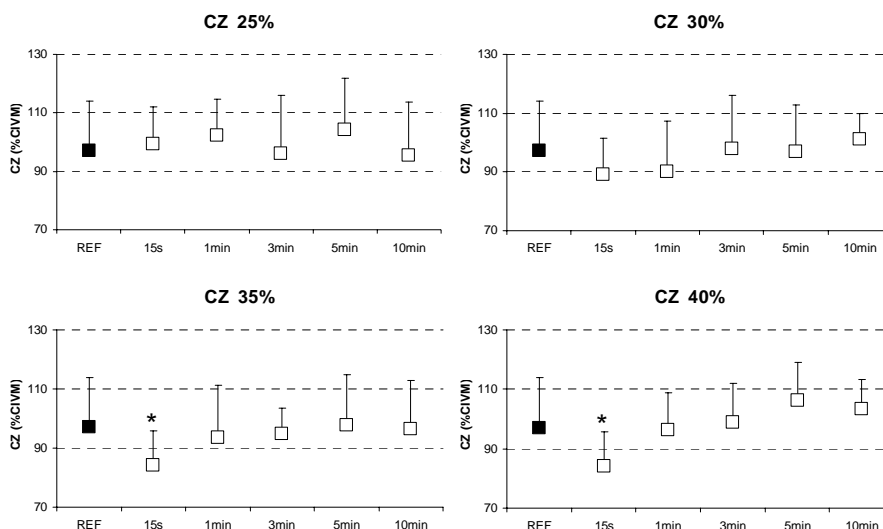
\* diferença significativa em relação à REF

**Figura 7.** Medias e desvios padrão dos valores de Potência Pico (PP) obtidos nas condições de referência (REF) (quadrados pretos) e após 15seg, 1min, 3min, 5min e 10min (quadrados vazados) das séries de exercício rosca bíceps realizados com 25%, 30%, 35% e 40% da CMI.



\* diferença significativa em relação à REF

**Figura 8.** Medias e desvios padrão dos valores de *Freqüência da Potência Pico* (FPP) obtidos nas condições de referência (REF) (quadrados pretos) e após 15seg, 1min, 3min, 5min e 10min (quadrados vazados) das séries de exercício rosca bíceps realizados com 25%, 30%, 35% e 40% da CMI.



\* diferença significativa em relação à REF

**Figura 9.** Medias e desvios padrão dos valores de cruzamento zero (CZ) obtidos nas condições de referência (REF) (quadrados pretos) e após 15seg, 1min, 3min, 5min e 10min (quadrados vazados) das séries de exercício rosca bíceps realizados com 25%, 30%, 35% e 40% da CMI.

## DISCUSSÃO

Uma das grandes questões do presente estudo é o efeito cumulativo de fadiga que pode existir após séries de exercício. Aspectos fisiológicos demonstram que a diminuição do desempenho em séries de exercício resistido pode estar relacionada com a diminuição das concentrações de substratos energéticos como a glicose e de enzimas como a creatinaquinase (KRAEMER; RATAMESS, 2004), bem como pelo acúmulo de metabólitos (lactato, fosfato inorgânico) (GIANNESINI; COZZONE; BENDAHAN, 2003; WESTERBLAD; ALLEN, 2002), os quais necessitam de diferentes tempos para recuperar-se após um exercício, e esses aspectos se agravam quando diversas séries são executadas (KRAEMER; RATAMESS, 2004).

No presente estudo, o enfoque foram os parâmetros eletromiográficos, os quais apresentaram a recuperação do músculo bíceps do braço predominantemente após 1 minuto de repouso do exercício rosca bíceps realizado com intensidades de carga características de um treinamento de resistência muscular. Esta faixa de treinamento possui como recomendações para intervalos de recuperação um período de 1 a 2 minutos (ACSM, 2002), sendo assim, os resultados encontrados no presente estudo contribuem em afirmar que, para este exercício avaliado, o período de recuperação de 1 a 2 minutos foi suficiente para a recuperação dos parâmetros neuromusculares do bíceps do braço.

Parâmetros de amplitude e frequência do sinal eletromiográfico, como a RMS, Fmed, FM, PT, PP, FPP e CZ, têm sido utilizados para análise da fadiga muscular e para análise do tempo de recuperação (FINSTERER, 2001; KUMAR; NARAYAN; AMELL; 2001). Particularmente para o tempo de recuperação da RMS, Fmed e FM foram encontrados resultados controversos, em relação a estudos anteriores, sendo encontrados em alguns estudos aumentos da RMS e concomitantes diminuições da FM e Fmed (KROON; NAEIJE, 1991; KROGH-LUND et al., 1993; JENSEN et al., 2000; SOGAARD et al., 2003), e em outros estudos diferenças quanto a estes parâmetros, onde a RMS pode não se alterar contrariamente aos parâmetros de frequência (KROON; NAEIJE, 1988; SBRICCOLI et al., 2001). Tais diferenças entre os parâmetros eletromiográficos foram apenas verificadas em contrações dinâmicas até a exaustão e que apresentam maiores tempos de recuperação em comparação a estudos que não induzem à exaustão.

A diminuição dos parâmetros de frequência encontrados tem sido amplamente relatada, particularmente sobre os valores de FM e Fmed em diversos grupos musculares (JENSEN et al., 2000; LARIVIÉRE et al., 2003; SOGAARD et al., 2003) os quais podem ser atribuídos ao acúmulo de metabólitos resultantes do processo de fadiga (lactato,  $K^+$ , entre outros) (MASUDA et al., 1999) diminuindo assim a velocidade de condução do estímulo das fibras musculares (FINSTERER et al., 2001; MASUDA et al., 1999). No presente estudo, após 1 minuto estes parâmetros eletromiográficos não apresentavam diferenças significativas em relação aos valores de referência indicando assim uma possível recuperação neuromuscular, e provavelmente uma redução conjunta de valores de concentrações de metabólitos citados porém não avaliados no presente estudo.

A PP, FPP, FM, Fmed e CZ, evidenciaram diminuições significativas após a execução do exercício- em função do desenvolvimento da fadiga muscular. Quanto aos parâmetros FPP, PT e a PP, estes verificam a fadiga muscular utilizando-se da potência do espectro, que pode aumentar (KUMAR; NARAYAN, 1998; KUMAR; NARAYAN; AMELL, 2001) possivelmente em decorrência de aquecimento da musculatura, o que aumenta o recrutamento de UM rápidas, e que no espectro assinala-se com um aumento da área do espectro (MASUDA; DeLUCA, 1991; STEWART; MACALUSO; De VITO, 2003). Para a PT no presente estudo não foi evidenciado uma recuperação significativa mesmo nas intensidades mais baixas, após 10 minutos de intervalo no entanto os valores de Fmed, FM e PP podem não se alterar simultaneamente (KUMAR; NARAYAN, 1998), podendo ser esta a

explicação para o aumento da PT sem ocorrência de diminuição dos valores ao longo do tempo.

Como conclusões, o presente estudo verificou que na população estudada existe a recuperação dos parâmetros eletromiográficos RMS, Fmed, FM, PP, FPP e CZ em um período de menos de 3 minutos após a execução do exercício rosca bíceps, reforçando os conceitos que indicam intervalos entre 1 e 3 minutos para a execução de várias séries do exercício resistido analisado. Apenas para a PT não é verificada esta recuperação dos valores, demonstrando que parâmetros espectrais podem apresentar diferentes respostas quando analisa-se a recuperação muscular.

### 3.2 Artigo 2

#### EXERCÍCIOS DE FLEXÃO RESISTIDA DO COTOVELO: ANÁLISE DA FADIGA MUSCULAR POR ELETROMIOGRAFIA.

##### RESUMO

O objetivo deste estudo foi determinar limiar de fadiga eletromiográfico ( $EMG_{LF}$ ) dos músculos bíceps do braço e braquiorradial, durante os exercícios RB, RBA e RS. Além disso, verificar o efeito das intensidades de carga e do tempo de execução nos valores de RMS, frequência cardíaca (FC) e de percepção de esforço (PE). Vinte voluntários realizaram teste de carga máxima isotônica (CMI), e em outra semana executaram contrações isométricas de flexão do cotovelo, logo após, realizaram-se os propostos com cargas de 25%, 30%, 35% e 40% da CMI por um minuto. Os valores de RMS (*slopes* e interceptos), enquanto a FC e PE foram obtidos a cada 15 segundos durante as cargas isotônicas. As contrações isométricas demonstraram ocorrência de fadiga após o protocolo. Os valores de  $EMG_{LF}$  obtidos foram semelhantes entre os músculos. Houve efeito da intensidade de carga para os músculos analisados, havendo aumento da RMS e PE com o aumento da intensidade de carga. Não houve diferença entre os exercícios. O tempo de execução também demonstrou efeito, pelos valores positivos de *slope* da RMS, bem como para a FC e PE. Conclui-se que o  $EMG_{LF}$ , destes músculos pode ser aplicado à treinamentos de resistência, e que as variáveis RMS e PE são mais sensíveis à alterações na intensidade de carga e à fadiga muscular.

Palavras chaves: eletromiografia, bíceps do braço,  $EMG_{LF}$ , fadiga muscular.

## INTRODUÇÃO

O treinamento resistido apresenta uma grande variedade de exercícios, os quais são realizados em diferentes posições (CAMPOS et al., 2002; HUBAL et al., 2005) e intensidades de carga (KRAEMER; RATAMESS, 2004), que quando combinadas em determinados protocolos promovem a otimização do resultado final do treinamento (KRAEMER; RATAMESS, 2004). Dependendo do tipo de protocolo utilizado e das intensidades de carga (McBRIDE et al., 2003; McCALL et al., 2004; HUBAL et al., 2005; IZQUIERDO et al., 2006), podem existir modificações em parâmetros como a frequência cardíaca (FC), escalas de percepção de esforço (PE) ao longo do tempo de execução (LAGALLY et al., 2002; HUNTER et al., 2005; MOTTRAM et al., 2005), o tempo de resistência, a força, a hipertrofia e a atividade muscular, esta última relacionada ao recrutamento das unidades motoras (KRAEMER; RATAMESS, 2004; McCALL et al., 1996).

A relação entre a atividade muscular com outras variáveis como a FC e a PE (LAGALLY et al., 2002; MOTTRAM et al., 2005), pode advir da regulação do sistema nervoso central para seus ajustes, isso pode acarretar maiores relações entre seus valores (HUMMEL, et al., 2005), entretanto o conhecimento sobre a relação destes parâmetros com a EMG em diferentes intensidades de carga ainda é escasso (LAGALLY et al., 2002). Sendo assim, a hipótese de que a execução de diferentes exercícios é capaz de induzir a diferentes respostas eletromiográficas, de parâmetros subjetivos (como a PE) e também outros predominantemente regulados por mecanismos centrais (como a FC) foi testada.

No sentido de determinar indicadores que contemplem esta combinação de variáveis, o presente estudo tem por objetivo principal determinar o limiar de fadiga eletromiográfico ( $EMG_{LF}$ ) dos músculos flexores do cotovelo durante os exercícios: rosca bíceps, rosca bíceps adaptado e rosca Scott, com diferentes intensidades de carga e correlacioná-lo com a FC e PE obtidas ao longo do tempo de execução destes exercícios.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Características da amostra**

Participaram do presente estudo 20 voluntários do gênero masculino, saudáveis, com idade entre 18 e 24 anos ( $21,2 \pm 3.17$ ) anos, massa corpórea de 71,12 kg ( $\pm 7,78$ ) e altura de 176,18 cm ( $\pm 4.99$ ), sem antecedentes de doenças músculo-esqueléticas na região lombar, ombros e cotovelos, e sem histórico de prática de treinamento de força para membros superiores nos últimos seis meses anteriores aos testes. O voluntário não seria incluído no experimento se sua altura não variasse entre 1,70 e 1,85 m. Antecipadamente ao experimento, os voluntários foram orientados sobre as atividades a serem realizadas e assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, concordando em submeterem-se às mesmas. O presente projeto de pesquisa foi encaminhado e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa local.

## Exercícios

Foram realizados 3 exercícios resistidos:

O rosca bíceps (RB), no qual os voluntários realizam ciclos de flexão/extensão do cotovelo na posição em pé, com os pés afastados, joelhos levemente flexionados (Figura 1A). O voluntário segura a barra com os antebraços em supinação e as mãos distantes aproximadamente 45cm.

- O rosca bíceps adaptado (RBA), em que um sistema de hastes metálicas (OLIVEIRA et al., 2005) foi desenvolvido especialmente para este estudo (Figura 1B), com intuito de controlar a postura e simetria dos movimentos, e verificar se essa limitação mecânica acarreta diferenças nas variáveis do estudo. Por meio deste sistema houve o limite dos movimentos dos membros superiores nos planos frontal e sagital por meio de uma fina tira de velcro, protegida com espuma fixando a articulação do cotovelo. Este equipamento também auxiliou na manutenção da posição do joelho em flexão de 15°.

Para a realização da flexão e extensão do cotovelo na posição sentada, foi utilizado um banco *Scott* (Figura 1C), no qual os voluntários foram posicionados com ajustes da altura do banco, fixação do tórax e parte posterior do braço em contato com o suporte do banco.

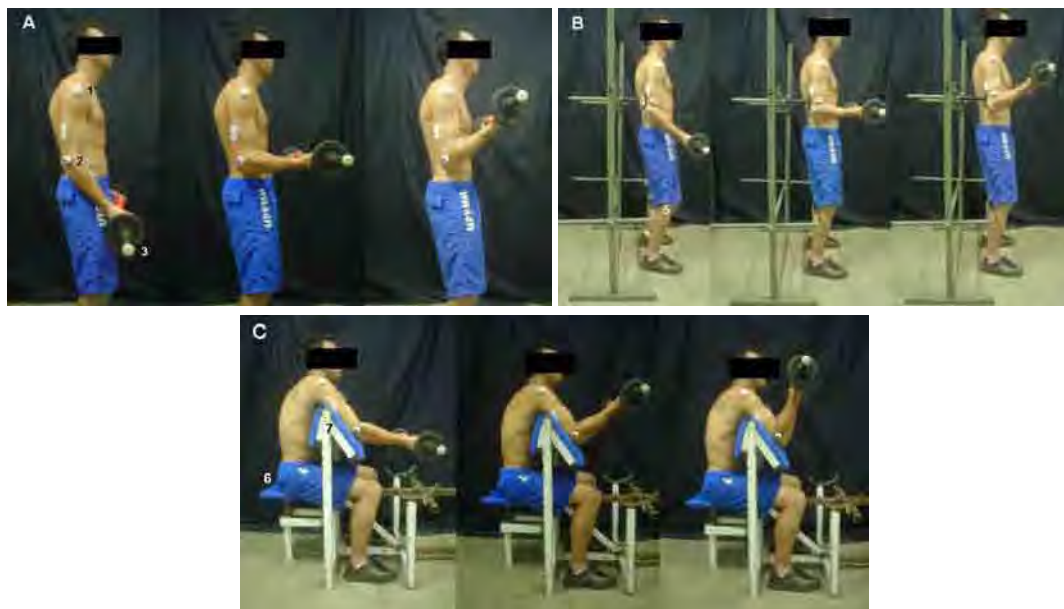
A amplitude de movimento, para todos os exercícios foi de 110°, iniciando-se aos 15° de flexão (0° = extensão total) e terminando aos 125°.

## **Equipamentos**

Para a realização dos testes de carga máxima isotônica (CMI) dos exercícios RB, RBA e RS utilizou-se uma barra reta de 2 kg, na qual foram acopladas anilhas de 0,5kg, 1kg, 4kg, 5kg e 10kg de acordo com a intensidade de carga a ser deslocada durante a flexão e extensão do cotovelo. Para auxiliar o controle da postura e da simetria dos movimentos, durante a execução dos exercícios analisados foi utilizado um espelho plano (150cm de altura, 70cm de largura), colocado 100cm à frente do voluntário.

Para padronizar o ritmo de execução dos exercícios isotônicos foi utilizado um metrônomo (Qwik Time QT-3, Pequim, China) calibrado a 40bpm.

As imagens dos testes isotônicos foram registradas por meio de uma câmera (JVC GR-AX910U, Tokio, Japão), posicionada a 360cm perpendicularmente ao plano sagital direito e as articulações envolvidas nos movimentos realizados, assim como as partes laterais da barra foram evidenciadas por meio de marcas passivas (Figura 1). A análise destas imagens permitiu a identificação das fases do movimento (concêntrica ou excêntrica), nas quais foram obtidos os registros eletromiográficos. A sincronização entre o início da aquisição das imagens e do sinal EMG foi realizada por meio de um sistema fotoeletrônico (TORTOZA; GONÇALVES, 1993).



**Figura 1.** Posições iniciais, intermediárias e finais do exercício rosca bíceps (A) rosca bíceps adaptado (B), e Rosca Scott (C). Marcas passivas: ombro (1), cotovelo (2) e parte lateral da barra (3). Sistema de hastes para controle da postura do cotovelo (4), e joelhos (5). Controle da altura do assento (6) e suporte para o tórax e região posterior do braço (7).

### **Eletromiografia**

Os sinais eletromiográficos foram adquiridos por eletrodos de superfície bipolares passivos de Ag/AgCl da marca MEDITRACE<sup>®</sup>, de 3cm de diâmetro e com área efetiva de captação de 1cm de diâmetro. Previamente a colocação dos eletrodos foi realizada tricotomia, abrasão com lixa fina e limpeza da pele com álcool no nível dos músculos estudados. Os eletrodos foram posicionados aos pares com uma distância intereletrodos de 2cm sobre os músculos bíceps do braço de acordo com Hermens et al., (2002) no terço distal do braço na porção comum desse músculo, e no músculo braquiorradial de acordo com Ervilha et al. (2004) no ventre muscular, 5cm distal a articulação do cotovelo. Os músculos analisados foram do lado direito dos voluntários e um eletrodo de referência foi posicionado no punho direito. Os pontos de colocação

dos eletrodos foram marcados na pele dos voluntários com uma caneta dermatográfica, de modo que possibilite suas relocalizações durante os outros dias de teste.

Foi utilizado um módulo de aquisição de sinais biológicos (Lynx<sup>®</sup>) de quatro canais, no qual foram conectados os eletrodos, configurado com o ganho de 1000 vezes, filtro de passa alta de 20Hz e filtro passa baixa de 500Hz. A conversão dos sinais analógicos para digitais foi realizada por uma placa A/D com faixa de entrada de -5 à +5 Volts (CAD 1026-Lynx<sup>®</sup>). Para a aquisição dos sinais foi utilizado um *software* específico (Aqdados-Lynx<sup>®</sup>) calibrado com a frequência de amostragem de 4000Hz. O sistema possui uma razão de rejeição de modo comum maior que 80dB. Para evitar a interferência da rede local no registro EMG foi utilizado um filtro *notch* de 60Hz.

## **Procedimentos experimentais**

### ***Teste de carga máxima isotônica (CMI)***

Para o teste de CMI dos exercícios RB e RBA, o voluntário se posicionou em pé, com os pés afastados, joelhos flexionados a 15° e segurando a barra com os antebraços supinados. A carga inicial do teste foi de 30 kg. A amplitude do movimento de flexão do cotovelo deveria ser completa a partir da extensão total, e sem realizar movimentos compensatórios como flexão do ombro ou hiper-extensão do tronco. Em outra data, com intervalo mínimo de 48hs, foi realizado o exercício RS, no qual o voluntário permaneceu sentado e realizou o mesmo procedimento do exercício RB, embora se utilizando de 25 kg de carga inicial. O movimento de flexão deveria acontecer

sem tentativas de compensações de outras articulações da mesma forma como executado no exercício RB.

A cada movimento de flexão completa do cotovelo foram adicionados 5 kg à barra, até que o voluntário apresentasse impossibilidade de realizar o movimento na amplitude total e/ou no posicionamento proposto. Neste momento do teste reduzia-se 1 kg de massa para a realização de outra tentativa. O mesmo procedimento foi repetido até que o voluntário realizasse um novo movimento completo, sendo considerado como a CMI do voluntário a carga desta última tentativa realizada com sucesso. Foi estabelecido um intervalo de 5 minutos entre cada tentativa.

Nos dias de testes de CMI os voluntários foram familiarizados com a PE, sendo inicialmente explicado para o voluntário o objetivo desta mensuração, e a forma de interpretação da escala. Realizou-se familiarização também com as atividades que seriam executadas no dia dos testes com EMG além de serem dadas instruções sobre ritmo, postura e amplitude de movimento para execução dos exercícios, bem como sobre a forma de execução das contrações isométricas propostas no protocolo.

### ***Testes de determinação do $EMG_{LF}$***

Na semana seguinte à determinação das CMIs, em três dias foram realizados os testes de  $EMG_{LF}$ , com a execução do exercício RB no primeiro dia de teste, o exercício RBA no segundo dia e o exercício RS no terceiro dia com um intervalo de 48hs entre cada dia de teste. Para todos os dias, os voluntários realizaram inicialmente exercícios para alongamento dos

músculos envolvidos nas articulações do cotovelo, ombro e da região lombar da coluna vertebral e a seguir executaram uma série de 30 a 60 segundos do exercício proposto nas condições impostas para o dia de teste, como adaptação ao ritmo e ao posicionamento.

### ***Contração isométrica voluntária Máxima (CIVM)***

Anteriormente aos testes com EMG, foram realizadas três CIVMs de 5 segundos (intervalo de 2 minutos entre elas) para flexão do cotovelo direito na posição sentada, com o cotovelo à 90° e braço ao longo do corpo. Uma tira de velcro foi colocada no punho dos voluntários e esta foi conectada a uma célula de carga (Kratos Dinamômetros, modelo MM 200Kgf), a qual foi tracionada e o valor de força isométrica máxima foi aquele de maior intensidade de tração. Estes valores de CIVM foram utilizados para a normalização dos dados eletromiográficos das contrações isotônicas.

Após a realização da terceira CIVM para flexão do cotovelo, e posterior determinação da força máxima, foi realizada uma contração isométrica de flexão do cotovelo (5 segundos) com intensidade de carga de 50% da CIVM de flexão do cotovelo.

### ***Testes isotônicos***

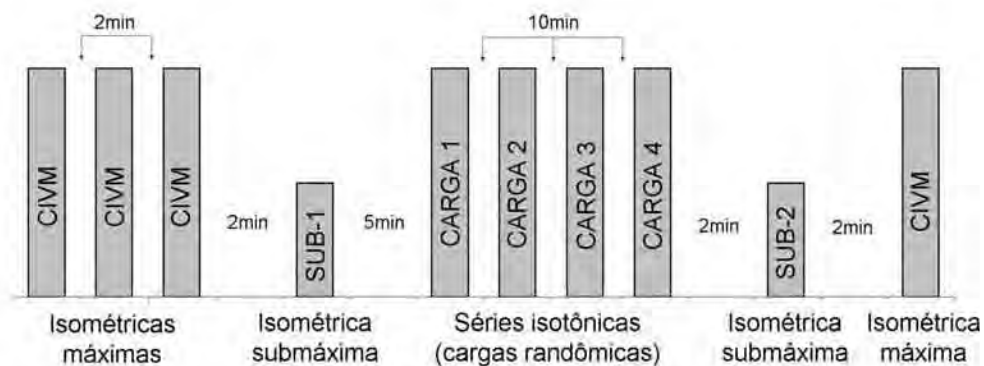
Para cada exercício os voluntários realizaram quatro séries de um minuto, com as cargas variando entre 25%, 30%, 35%, e 40% da CMI estabelecida para cada exercício e escolhidas aleatoriamente. Entre as séries houve um intervalo de 10 minutos que permitiu assim uma recuperação dos

parâmetros eletromiográficos (KUORINKA, 1988, ESPOSITO; ORIZIO; VEICTEINAS, 1998; OLIVEIRA; GONÇALVES, 2006).

Durante a realização dos exercícios isotônicos foram obtidos os valores da FC por meio de um frequencímetro (Polar S150, Kempele, Finlândia), assim como a percepção de esforço por meio da PE subjetiva adaptada de Robertson et al. (2003) que varia entre os números 0 a 10. O zero corresponde a “extremamente fácil”, o 2 classifica-se como “fácil”, o número 4 é “meio fácil”, o número 6 é “meio difícil”, o número 8 classifica-se como “difícil” e o número 10 é “extremamente difícil”. Os dados de FC e PE foram obtidos a cada 15 segundos durante o tempo de um minuto de execução dos testes isotônicos sendo o voluntário solicitado a referir um número equivalente ao esforço percebido de acordo com uma escala colocada ao lado do espelho utilizado durante as contrações isotônicas para manutenção da postura. Os registros eletromiográficos foram obtidos durante todo o período de contração isotônica.

Imediatamente após o exercício, realizou-se uma nova contração isométrica a 50% da CIVM, e após dois minutos, uma nova CIVM com os mesmos procedimentos utilizados na CIVM inicial. Ao final do protocolo proposto, foi realizada uma contração isométrica submáxima (diferentemente do início do protocolo) seguida da CIVM, com intuito de verificar alterações de força e EMG máximas. A realização destas contrações isométricas submáximas tem por objetivo verificar os parâmetros EMG em intensidade fixa, uma vez que é possível após um exercício fadigante a CIVM pode não representar efetivamente a CIVM. Sendo assim, comparou-se CIVM antes e

após, e contrações isométricas submáximas antes e após o protocolo. A Figura 2 exemplifica os procedimentos realizados pelos voluntários em cada dia de teste. A Figura 2 exemplifica os procedimentos realizados pelos voluntários em cada dia de teste.



**Figura 2.** Procedimentos experimentais para cada dia de teste, nos quais os voluntários realizam contrações isométricas voluntárias máximas (CIVM) e submáximas antes (SUB-1) e após (SUB-2) a realização do exercício isotônico.

Durante todas as execuções dos exercícios propostos, os voluntários foram estimulados pelo pesquisador responsável a manter a execução do exercício, havendo orientações verbais sobre possíveis alterações na velocidade da execução, bem como da postura para a realização do exercício.

### **Análises eletromiográficas**

Para a análise dos sinais EMG foram utilizados algoritmos específicos, criados em ambiente MatLab (MathWorks®). A partir das séries temporais da atividade EMG das contrações isométricas, foi determinado o valor da força máxima em janela única de 1 segundo que apresentava maior

estabilidade nos valores de tração da célula de carga. Com este intervalo foram realizados os cálculos da amplitude do sinal retificado, por meio da *root mean square* (RMS).

Para as contrações isotônicas, o sinal eletromiográfico foi registrado durante todo o período de 1 minuto em que o voluntário realiza as contrações isotônicas. Os procedimentos de cálculo foram realizados, em cada intensidade de carga, nos instantes de tempo em que os voluntários posicionaram a articulação do cotovelo direito em aproximadamente 90° durante as CC. Esta angulação foi determinada por meio das imagens obtidas simultaneamente com os registros EMG. Fixando-se esta amplitude de movimento durante as contrações isotônicas, permitiu simular uma condição quasi-estática para cada CC, e assim analisou-se a RMS da atividade EMG durante 250 milissegundos a partir do instante analisado. Dos valores de RMS do sinal EMG obtidos nos testes isotônicos, foram realizadas regressões lineares em função do tempo para a obtenção dos coeficientes angulares (*slopes*) e valores iniciais (onde  $x=0$ ), denominados interceptos (INT), das diferentes intensidades de carga para cada exercício realizado, obtidos no intercepto da reta de regressão linear no eixo da intensidade de carga (eixo Y).

#### **Determinação do $EMG_{LF}$ .**

Os valores de RMS foram associados com o tempo de exaustão dentro de cada uma das quatro porcentagens de carga para obtermos com as retas de regressão linear os coeficientes de correlação ( $r$ ), os níveis de significância ( $p$ ) e os *slopes*. Os *slopes* foram então correlacionados com as

respectivas cargas, obtendo, então, novas retas de regressão linear, sendo o intercepto considerado o  $EMG_{LF}$  (CARDOZO; GONÇALVES, 2003). Da mesma forma que para os dados de EMG, foram realizados os cálculos para a PE, com os valores de *Slope* de cada intensidade de carga em cada exercício analisado.

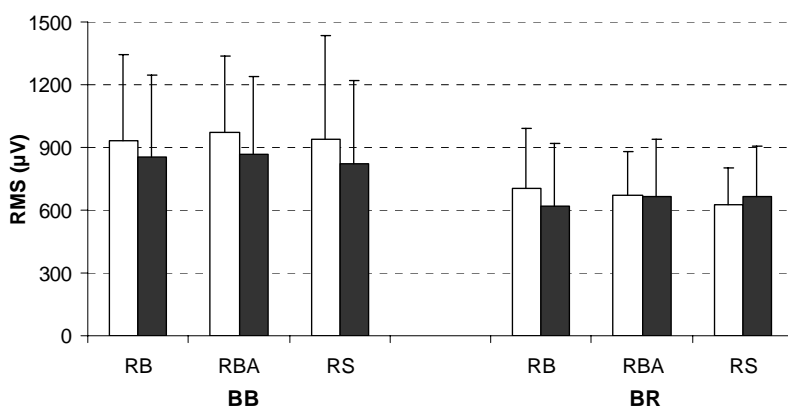
### **Análises estatísticas**

Para avaliar as alterações no torque máximo e nos valores de RMS das contrações submáximas antes e após a realização do protocolo, foram aplicados testes *T-student*. Por meio de testes de *Wilcoxon* foram realizadas as comparações entre as contrações concêntricas (CC) e excêntricas (CE) para os valores de *slope* e intercepto. Para a verificação de diferenças entre os valores de  $EMG_{LF}$  dos músculos BB e BR, bem como entre os valores de limiar da PE entre os exercícios, foi aplicado o teste de *Mann-Whitney*. A avaliação do efeito da intensidade de carga nos valores de *slope* e interceptos dos músculos BB e BR foram realizadas por meio da análise de variância de *Friedman*. Para verificar o efeito dos diferentes tipos de exercícios nos valores de *slope* e intercepto, foi aplicada a análise de variância de *Kruskal-Wallis*. Com relação aos valores de FC e PE foi aplicada a análise de variância (ANOVA) *one-way*, para verificar o efeito da intensidade de carga (25% x 30% x 35% x 40%) e do tempo de execução (15s x 30s x 45s x 60s), com análise de *post-hoc* de *Tukey*. O nível de significância foi de  $p < 0.05$  para todas as análises.

## RESULTADOS

### *Força isométrica e isotônica*

A CMI média dos voluntários foi de  $36.7(\pm 3.77)$  kg e de  $32.7(\pm 4.46)$  kg nos exercícios RB e RS respectivamente. Quanto aos valores de RMS das contrações isométricas máximas de flexão do cotovelo realizadas antes e após o teste (Figura 1), não foram verificadas alterações significativas. O mesmo ocorreu com o torque isométrico obtido durante estas contrações isométricas os quais foram maiores antes (RB= $1060\pm 127.93$ N/m; RBA= $1057.76\pm 113.43$ N/m; RS= $993.68\pm 120.23$ N/m) em relação àqueles obtidos após os exercícios (RB= $794.60\pm 213.17$ ; RBA= $885.56\pm 130.84$ N/m; RS= $911.93\pm 145.52$ N/m). Quanto aos valores de RMS das contrações isométricas submáximas (Tabela 1) realizadas previamente aos exercícios isotônicos (SUB-1) estes foram significativamente menores que os valores encontrados após os exercícios isotônicos (SUB-2) para os exercícios RB e RBA no músculo BB, e para todos os exercícios para no músculo BR.



**Figura 3.** Valores médios de RMS dos músculos bíceps do braço (BB) e braquiorradial (BR) durante as contrações isométricas voluntárias máximas antes (barras brancas) e após (barras pretas) a realização dos exercícios rosca bíceps (RB), rosca bíceps adaptado (RBA) e rosca Scott (RS).

**Tabela 1.** Valores médios e desvios padrão da RMS (%CIVM) dos músculos bíceps do braço (BB) e braquiorradial (BR), durante as contrações isométricas submáximas antes (SUB-1) e após (SUB-2) da realização dos exercícios rosca bíceps (RB), rosca bíceps adaptado (RBA) e rosca Scott (RS).

	BB			BR		
	RB	RBA	RS	RB	RBA	RS
<b>SUB-1</b>	<b>58.68*</b>	<b>53.47*</b>	<b>57.49</b>	<b>54.56*</b>	<b>58.77*</b>	<b>52.47*</b>
	±25.35	±31.38	±23.81	±11.81	±28.92	±14.94
<b>SUB-2</b>	<b>72.38</b>	<b>66.75</b>	<b>63.79</b>	<b>78.32</b>	<b>79.64</b>	<b>66.61</b>
	±26.83	±22.05	±15.84	±21.20	±34.21	±18.20

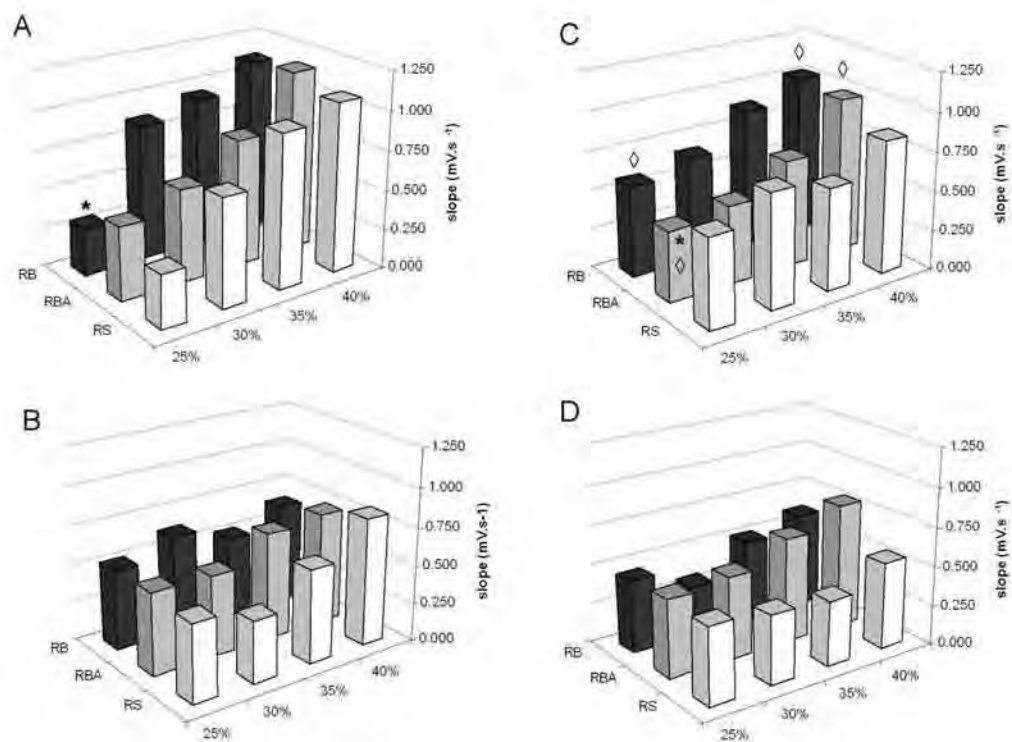
\* diferença significativa em relação à SUB-2

## Exercícios isotônicos

### *Efeitos da Intensidade de carga*

O efeito da intensidade de carga nos valores de *slope* da correlação entre a RMS e o tempo de execução foi encontrado apenas durante as CC (Figura 4), onde se verifica uma tendência ao seu aumento com o aumento da intensidade de carga. Houve efeito da intensidade de carga para os exercícios RB no músculo BB ( $p=0.03$ ) e no exercício RBA para o músculo BR ( $p=0.01$ ), entre as cargas de 25%-40%. Não foi evidenciado efeito da intensidade de carga para as contrações excêntricas.

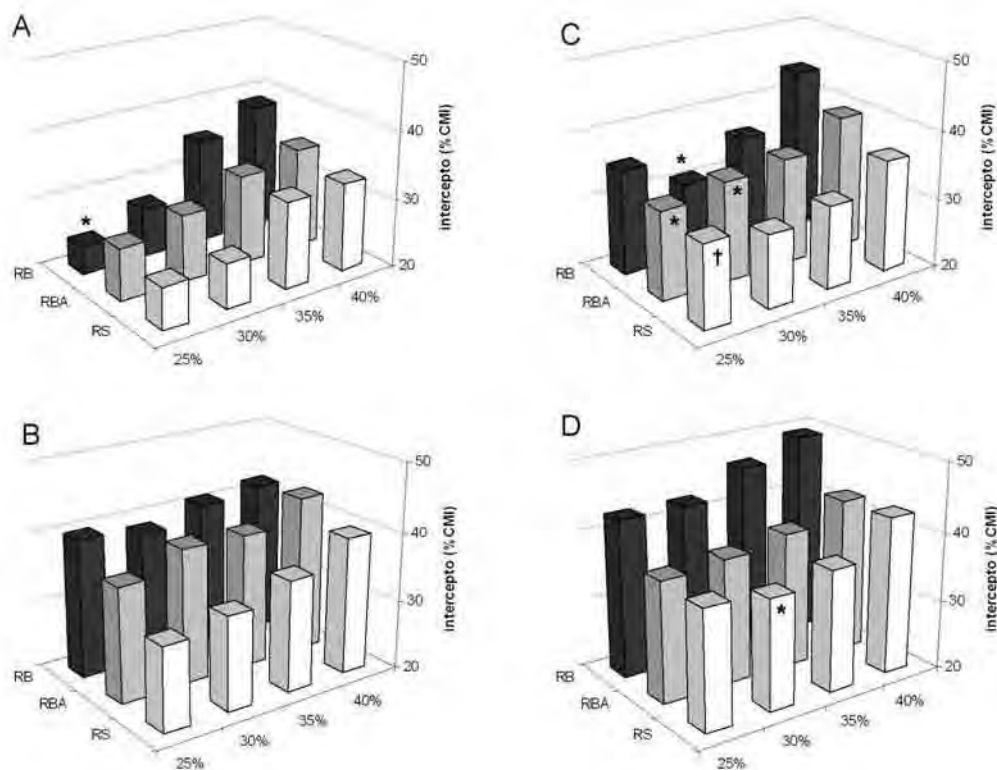
Quanto aos valores de intercepto nas correlações da RMS em função do tempo (Figura 5), estes apresentaram efeito da intensidade de carga, para os músculos BB entre 25%-40% ( $p=0.04$ ) e BR entre 30%-40% ( $p=0.009$ ) no exercício RB durante a CC; para o músculo BR, no exercício RBA entre 25%-40% e 30%-40% ( $p=0.01$ ) durante a CC; para o exercício RS, houve também efeito da carga, apenas para o músculo BR durante as CC entre 25%-30% ( $p=0.007$ ), e durante as CE entre 30%-40% ( $p=0.01$ ).



\* diferença significativa em relação à 40% da CMI do mesmo exercício

◇ diferença significativa em relação ao exercício RS, na mesma intensidade de carga

**Figura 4.** Valores médios de *slopes* da RMS do músculo bíceps do braço em contrações concêntricas (A) e excêntricas (B), e do músculo braquiorradial durante as contrações concêntricas (C) e excêntricas (D), nas diferentes intensidades de carga dos exercícios rosca bíceps (RB), rosca bíceps adaptado (RBA) e rosca Scott (RS).



† diferença significativa em relação à 30% da CMI do mesmo exercício.  
 \* diferença significativa em relação à 40% da CMI do mesmo exercício.

**Figura 5.** Valores médios de interceptos da RMS do músculo bíceps do braço em contrações concêntricas (A) e excêntricas (B), e do músculo braquiorradial durante as contrações concêntricas (C) e excêntricas (D), nas diferentes intensidades de carga dos exercícios rosca bíceps (RB), rosca bíceps adaptado (RBA) e rosca Scott (RS).

### Efeitos do tipo de contração

Os valores de *slope* RMS apresentam-se semelhantes quanto ao tipo de contração para ambos os músculos estudados durante o RB e RBA sendo que no exercício RS, se verifica que os *slopes* obtidos nas CC ( $0.68 \pm 0.50$  e  $0.72 \pm 0.64$  respectivamente) são significativamente maiores que nas CE ( $0.40 \pm 0.54$  e  $0.44 \pm 0.36$  respectivamente) ( $p < 0.05$ ).

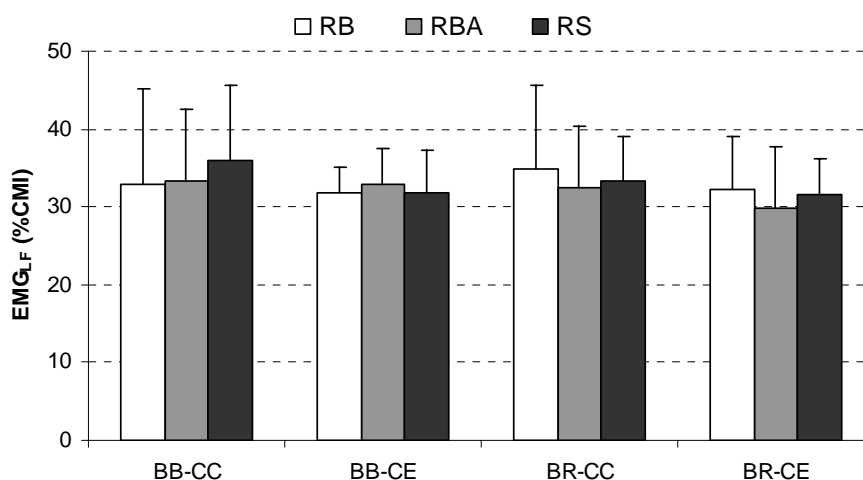
Quanto aos interceptos obtidos nas correlações entre a RMS e o tempo, estes demonstram serem predominantemente maiores em CE do que em CC. No exercício RB, na CC, para as cargas de 25% e 30%, os músculos BB ( $24.29 \pm 13.20$  e  $27.32 \pm 12.96$  respectivamente) e BR ( $35.36 \pm 10.81$  e  $31.06 \pm 13.81$  respectivamente) apresentaram valores significativamente menores em relação a CE do BB ( $39.99 \pm 16.39$  e  $38.83 \pm 20.20$ ) e BR ( $42.84 \pm 15.73$  e  $42.81 \pm 23.19$ ).

No exercício RBA, nas cargas de 25% e 35% das CC, os interceptos do músculo BB ( $27.70 \pm 12.20$  e  $29.85 \pm 14.6$  respectivamente) apresentaram valores significativamente menores que aqueles das CE ( $36.62 \pm 9.66$  e  $39.60 \pm 21.97$ ). Já o músculo BR apresentou valores significativamente menores nas CE em relação às CC apenas para a carga de 40% da CMI (CC= $39.78 \pm 16.35$  e CE= $46.52 \pm 15.87$ ).

No exercício RS, foram encontrados valores de intercepto significativamente menores para o BB nas cargas de 25% e 30% da CMI nas CC ( $26.69 \pm 15.15$  e  $32.72 \pm 13.03$ ) em relação a CE ( $32.08 \pm 9.47$  e  $36.53 \pm 15.41$ ). O músculo BR apresentou valores menores durante as CC para todas as intensidades de carga (25%= $30.73 \pm 14.95$ , 30%= $32.20 \pm 15.15$ , 35%= $36.32 \pm 12.24$ , 40%= $37.16 \pm 13.21$ ) em relação a CE (25%= $35.93 \pm 10.81$ , 30%  $37.55 \pm 13.77$ , 35%= $42.75 \pm 12.38$ , 40%= $45.61 \pm 13.58$ ).

**EMG<sub>LF</sub>**

Os valores do EMG<sub>LF</sub> dos músculos BB e BR de cada voluntário são apresentados na Figura 4 na qual se verifica que não foram encontradas diferenças significativas entre si tanto na CC como na CE.



**Figura 6.** Valores de Limiar de Fadiga Eletromiográfico (EMG<sub>LF</sub>) dos músculos bíceps do braço (BB) e braquiorradial (BR) em contrações concêntricas (CC) e excêntricas (CE) para os exercícios rosca bíceps (RB), rosca bíceps adaptado (RBA) e rosca Scott (RS).

***Frequência cardíaca e percepção de esforço***

A análise de variância executada com os valores de FC (Tabela 2) e de PE (Tabela 3) demonstra o efeito tanto da intensidade de carga ( $p < 0.0001$ ), quanto para o tempo de execução ( $p < 0.0001$ ) principalmente para os exercícios RB e RBA, verificando-se aumentos com o tempo de execução, bem como com o aumento da intensidade de carga. A FC no exercício RS apresentou o efeito da intensidade de carga no exercício RB principalmente entre o início do exercício (15s) e o final deste (60s).

Os valores de repouso da FC foram de  $65.65 \pm 7.38$  bpm,  $66.60 \pm 7.34$  bpm e  $66.25 \pm 6.75$  bpm para os exercícios RB, RBA e RS respectivamente. Quanto à percepção de esforço verifica-se que tanto a intensidade de carga quanto o tempo de execução causam alterações significativas nos seus valores para todos os exercícios.

**Tabela 2.** Valores médios e desvios padrão de frequência cardíaca (FC) (bpm), durante os diferentes momentos durante a execução dos exercícios analisados.

Exercício	%CM	15s	30s	45s	60s
RB	25%	97.30**†† ±16.66	104.65 ±17.27	110.95 ±17.59	115.75 ±17.25
	30%	103.60** ±19.07	112.15 ±18.45	118.95 ±17.63	124.20 ±17.43
	35%	105.20** ±16.77	115.50 ±16.68	122.95 ±17.30	128.85 ±16.34
	40%	105.79* ±12.56	116.95 ±13.70	124.05 ±16.35	131.26 ±16.86
RBA	25%	99.25** ±14.97	104.20 ±15.01	110.05 ±13.80	113.95 ±16.10
	30%	100.55** ±13.53	107.80 ±13.84	114.40 ±15.38	117.80 ±15.86
	35%	100.95** ±11.91	108.55 ±12.50	115.65 ±13.91	121.75 ±15.40
	40%	102.50* ±12.84	112.45 ±14.67	120.30 ±14.25	126.55 ±16.43
RS	25%	88.20*** ±24.68	95.25 ±16.04	98.00 ±15.20	101.55 ±14.11
	30%	94.74*** ±16.32	98.11 ±15.52	101.11 ±15.50	105.21 ±15.52
	35%	96.16*** ±17.74	100.89 ±17.69	104.68 ±16.82	108.11 ±16.17
	40%	97.37*** ±15.63	101.68*** ±15.46	102.11 ±28.06	112.84 ±18.61

\* diferente de 30s, 45s e 60s (na mesma carga)

\*\*diferente de 45s e 60s (na mesma carga)

\*\*\*diferente de 60s (na mesma carga)

† diferente de 30%, 35% e 40% (no mesmo tempo)

†† diferente de 35% e 40% (no mesmo tempo)

††† diferente de 35% (no mesmo tempo)

**Tabela 3.** Valores médios e desvios padrão da percepção de esforço obtidos aos 15, 30, 45 e 60 segundos do tempo de execução dos movimentos RB, RA e RS com 25%, 30%, 35% e 40% da CM

Exercício	%CM	15s	30s	45s	60s
RB	25%	2.90*	3.95**††	5.45***††	6.70††
		±1.65	±1.47	±1.54	±1.56
	30%	3.35*	4.65**	6.10***	7.25†††
		±1.60	±1.46	±1.48	±1.21
	35%	3.55*	5.10**	6.75***	8.20
		±1.73	±1.83	±1.92	±1.32
	40%	3.81*	5.58**	6.99***	8.20
		±1.51	±1.80	±1.99	±1.99
RBA	25%	2.75*	3.90**	5.05***†	6.45†
		±1.41	±1.59	±1.70	±1.43
	30%	3.20*	4.60**	6.15***	7.50†††
		±1.51	±1.39	±1.35	±1.24
	35%	3.45*	5.10**	6.45***	8.00
		±1.67	±1.65	±1.50	±1.30
	40%	3.31*	4.68**	6.39***	8.05
		±1.79	±1.75	±1.91	±1.93
RS	25%	2.11**	2.74***††	3.63††	4.42††
		±1.45	±1.41	±1.67	±1.87
	30%	2.58*	3.63***†††	4.37†††	5.26†††
		±1.26	±1.50	±1.74	±1.82
	35%	2.79*	3.89**	5.16***	6.32
		±1.40	±1.33	±1.50	±1.63
	40%	3.01*	4.29**	5.46***	6.63
		±1.64	±1.59	±1.90	±1.89

\* diferente de 30s, 45s e 60s (na mesma carga)

\*\*diferente de 45s e 60s (na mesma carga)

\*\*\*diferente de 60s (na mesma carga)

† diferente de 30%, 35% e 40% (no mesmo tempo)

†† diferente de 35% e 40% (no mesmo tempo)

††† diferente de 35% (no mesmo tempo)

### **Limiar da PE**

Os valores de limiar da PE (em % da CMI) foram de  $17.67 \pm 8.61$ ,  $15.76 \pm 8.04$  e  $16.35 \pm 10.93$  para os exercícios RB, RBA e RS respectivamente. Não foram encontradas diferenças entre os exercícios.

### **DISCUSSÃO**

A proposta principal do presente estudo foi correlacionar a atividade eletromiográfica dos músculos BB e BR em função do tempo de realização das CC e CE dos movimentos BR, RBA e RS com diferentes percentagens da CMI, e com isso determinar o  $EMG_{LF}$  para os músculos BB e BR. Verificou-se que não existem diferenças entre os valores de *slopes* como também dos interceptos entre músculos, bem como não houve diferença entre os exercícios, demonstrando uma similaridade na resposta neuromuscular dos músculos BB e BR tendo como conseqüência valores de  $EMG_{LF}$  semelhantes.

Quando analisadas as contrações isométricas máximas e submáximas antes e após os exercícios, verificam-se possíveis alterações causadas pela instauração do processo de fadiga muscular. Demonstração deste fato durante as contrações isométricas máximas foi o torque, o qual apresentou diminuição significativa (MORITANI; MURO; NAGATA 1986; ESPOSITO et al., 1998; LINNAMO et al., 2000; SOGAARD et al., 2006), embora a atividade eletromiográfica não tenha se alterado.

Durante as contrações isométricas submáximas, para as quais se utilizou uma carga fixa, identifica-se o desenvolvimento do processo de fadiga muscular devido a um aumento da amplitude do sinal eletromiográfico, como

evidenciado em estudos anteriores de flexão do cotovelo (LINNAMO et al., 2000; SOGAARD et al., 2006). Esta amplitude pode ser aumentada por um aumento da taxa de disparos das unidades motoras recrutadas para a tarefa, como também aumentar devido o recrutamento de unidades motoras adicionais para a manutenção da tensão exigida (DeLUCA, 1997; CHRISTOVA; KOSSEV, 2001).

O comportamento positivo dos *slopes* indica o desenvolvimento da fadiga muscular (CARDOZO; GONÇALVES, 2003; OLIVEIRA et al., 2005) durante todos os exercícios com todas as intensidades de cargas. Quando a atividade dos músculos BB e BR foram analisadas após a realização das quatro séries de 1 minuto, nota-se que até 2 minutos após o exercício a atividade eletromiográfica não apresentava indicação de recuperação dos parâmetros espectrais (KROON; NAEIJE, 1991a; LINNAMO et al., 2000) permanecendo ainda o efeito cumulativo de fadiga muscular entre as séries (LARIVIÉRE et al., 2003).

As diferentes intensidades de carga apresentaram modificações nos valores de *slopes* e interceptos, sendo mais evidentes durante as CC, (LINNAMO, 2003; OLIVEIRA et al., 2003) uma vez que existe durante esta fase um maior recrutamento de UM, bem como diminuição da utilização dos componentes elásticos para a sua realização (KOMI, 1992). Os interceptos demonstram aumento com o aumento da intensidade de carga, uma vez que a RMS está diretamente relacionada ao recrutamento de unidades motoras, que, por sua vez, torna-se maior em função do aumento da intensidade de carga (LINNAMO et al., 2003). Além disso, existem também unidades motoras

maiores e com maior velocidade de condução do estímulo sendo recrutadas com o aumento da intensidade de carga (MORITANI; MURO; NAGATA, 1986; LINNAMMO et al., 2003), geralmente estas unidades motoras são responsáveis pelo recrutamento de fibras do Tipo II, que estão presentes nas contrações de maior intensidade (KOMI, 1992). Sendo assim, intensidades de carga mais exigentes devem necessitar de maior número de fibras musculares se contraindo, bem como de fibras musculares que geram maior força, principalmente as fibras Tipo II, logo no início do movimento (FALLENTIN; JORGENSEN; ANDERSEN, 1993). Demonstra-se dessa forma que para intensidades de carga diferentes o comportamento da RMS ao longo do tempo parece ser semelhante de acordo com a semelhança dos *slopes*, entretanto, pelo comportamento dos interceptos evidencia-se maior recrutamento para as maiores intensidades de carga em ambos os tipos de contração.

Quanto ao  $EMG_{LF}$ , embora a metodologia para sua obtenção seja conhecida (DeVRIES, 1968; DeVRIES, 1982; HOUSH et al., 1995; CARDOZO; GONÇALVES et al., 2003; OLIVEIRA et al., 2005), apenas recentemente se verifica a obtenção deste índice em exercícios resistidos de membro superior (OLIVEIRA et al., 2005). Em estudos anteriores, verifica-se que o  $EMG_{LF}$  nos apresenta um índice aeróbio, visto que a intensidade de carga permite a realização do exercício por diversos minutos (HOUSH et al., 1995), e no presente estudo as intensidades de carga apresentam-se, em média, menores que 40% da CMI, indicando que este exercício poderá ser realizado por mais de 1 minuto nas condições experimentais utilizadas, apresentando um predomínio do metabolismo aeróbio (CAMPOS et al., 2002).

O  $EMG_{LF}$  é um parâmetro relacionado às condições de resistência muscular localizada de grande importância no diagnóstico de sua contribuição dentro de um grupo muscular, podendo inclusive representá-lo pela semelhança de valores entre si (MORITANI et al., 1993). No presente estudo, esta semelhança esteve presente entre os músculos bíceps do braço e braquiorradial, demonstrando que o sinergismo entre estes dois músculos pode também ser evidenciado pela resistência muscular.

Os parâmetros FC e a PE tem sido amplamente estudados (MORITANI et al., 1984; HUNTER; CRITCHLOW; ENOKA, 2005; HUNTER et al., 2005; MOTTRAM et al., 2005) com a FC estando diretamente relacionada à intensidade de carga utilizada para o exercício (WEINECK, 1999). Apesar disso, no presente estudo não foi encontrado efeito da intensidade de carga para este parâmetro, provavelmente pelo grupo muscular envolvido ser relativamente pequeno, juntamente com a pequena variação entre as intensidades de carga. Mesmo assim, maiores valores de FC foram encontrados ao final dos exercícios propostos, demonstrando a ligação deste parâmetro com a fadiga muscular, mesmo em um grupo muscular pequeno (HUNTER et al., 2005; MOTTRAM et al., 2005).

Interessante ressaltar a tendência a menores valores de FC para o exercício RS provavelmente devido o posicionamento sentado dos voluntários, exigindo assim menor atividade muscular para manutenção da postura. Além disso, os valores de PE foram menores para este exercício, demonstrando que este exercício pode também ser menos exigente em protocolos de resistência.

Por outro lado, a atividade eletromiográfica entre os exercícios não foi diferente, ou seja, o nível de ativação da musculatura flexora do cotovelo em diferentes posições é semelhante em uma mesma intensidade de carga relativa. Com isso, a execução do exercício RS acarreta menor exigência de estímulos centrais para aumento da FC, bem como menor sensação de fadiga ao longo do exercício com uma mesma ativação muscular. Levando-se em consideração os dados apresentados, seria possível apontar o exercício RS como mais indicado para o treinamento de resistência, mas são necessárias mais investigações para se conhecer as respostas aos treinamentos para estes exercícios.

Quanto aos indicadores de PE estes aumentaram com o aumento da intensidade de carga (LAGALLY et al., 2002) permitindo assim avaliar a dificuldade imposta pelos exercícios (HUNTER; CRITCHLOW; ENOKA, 2005; HUNTER et al., 2005). Este parâmetro também tem sido objeto de investigação sobre o seu uso para identificar uma possível intensidade de carga para utilização em treinamentos (GROSLAMBERT et al., 2001; ROBERTSON et al., 2003). A PE e a EMG tem apresentado resultados semelhantes na literatura (HUMMEL et al., 2005), assim como ocorreu no presente estudo uma vez que a RMS, FC e PE apresentaram modificações com a realização das séries nas diferentes intensidades de carga. Utilizando-se dos valores de PE obtivemos também, através da mesma técnica do  $EMG_{LF}$  valores de “limiaries” para a PE, os quais são menores que os valores obtidos para o  $EMG_{LF}$ , havendo ainda baixa correlação entre eles ( $r=0.34$ ,  $p=0.12$ ).

Sendo assim, conclui-se que a metodologia desenvolvida no presente estudo permite indução da fadiga muscular evidenciada por meio do aumento dos valores de *slope* da atividade EMG em função do tempo e conseqüente identificação do  $EMG_{LF}$  dos músculos bíceps do braço (BB) e braquiorradial (BR) em contrações concêntricas (CC) e excêntricas (CE) para os exercícios rosca bíceps (RB), rosca bíceps adaptado (RBA) e rosca *Scott* (RS).

Este indicador foi semelhante para todos os músculos e esteve abaixo de 40% da CM normalmente indicados para o treinamento de resistência muscular localizada que é o objetivo de sua identificação (WEINECK, 1999). Por fim, os parâmetros de FC e PE apresentaram-se sensíveis às variações da intensidade de carga. E especialmente para a PE, o tempo de execução apresentou importante efeito, assim como para a EMG, no entanto, ao obter-se um indicador de intensidade (limiar) por meio destas variáveis, os valores não se correlacionam.

### 3.3 Artigo 3

#### EXERCÍCIOS RESISTIDOS DE FLEXÃO DO COTOVELO: EFEITO SOBRE PARÂMETROS TEMPORAIS E ESPECTRAIS DA ATIVIDADE ELETROMIOGRÁFICA

##### RESUMO

O objetivo deste estudo foi verificar diferenças entre parâmetros de amplitude e frequência do sinal eletromiográfico dos músculos BB, BR, TB e MT, em contrações isométricas e durante os exercícios RB, RBA e RS em diferentes intensidades de carga. Vinte voluntários realizaram um teste de carga máxima isotônica (CMI), e em outra semana executou contrações isométricas de flexão do cotovelo, logo após, realizou-se os exercícios isotônicos com cargas de 25%, 30%, 35% e 40% da CMI por um minuto. Foram obtidos valores de RMS, FM e Fmed para as contrações isotônicas (analisando-se valores de *slope* e intercepto) e isométricas. Os resultados mostram diminuição da força muscular e da RMS após o protocolo, havendo comportamento típico de fadiga muscular para os músculos BB, BR e TB para a RMS, FM e Fmed durante as contrações isométricas submáximas. Os *slopes* e interceptos apresentaram efeito da carga principalmente para a RMS dos flexores do cotovelo, existindo também alterações para o intercepto da RMS para o TB e MT. Conclui-se que a RMS apresenta-se mais sensível que a FM e Fmed às alterações causadas pela fadiga, independente da carga utilizada.

Palavras-chaves: eletromiografia, amplitude, frequência, agonistas, antagonistas.

## INTRODUÇÃO

A atividade muscular durante contrações isométricas e isotônicas pode receber influência de diversos fatores, como a intensidade de carga utilizada, o comprimento muscular, do tipo e velocidade de movimento realizado (LINNAMO et al. 2000; LAGALLY et al. 2002; OLIVEIRA et al. 2005; 2006). Para a análise do efeito destas variáveis sobre a atividade muscular, a biomecânica utiliza-se da eletromiografia (EMG). Esta ferramenta foi utilizada para o entendimento da ação muscular nos exercícios resistidos com objetivo da melhora na resistência, força e hipertrofia muscular (OZMUN et al., 1994; McBRIDE; BLAAK; TRIPPLET-McBRIDE, 2003) em diferentes exercícios para extensão do joelho (TY HOPKINS et al., 1999), extensão de tronco (CLARK; MANINI; PLUTZ-SNYDER, 2003; CARDOZO; GONÇALVES, 2003) e flexão do cotovelo (POTVIN; BENT, 1997; LAGALLY et al., 2002; McBRIDE; BLAAK; TRIPPLET-McBRIDE, 2003). Em algumas investigações verifica-se que diferentes exercícios para um mesmo grupo muscular podem acarretar diferenças na ativação dos músculos motores principais (HOPKINS et al., 1999), e também acarretar ativação de músculos acessórios e antagonistas ao movimento (CLARK; MANINI; PLOUTZ-SNYDER, 2003). Estas diferenças nas ativações musculares podem ser definidas por parâmetros de amplitude (i.e. *root mean square* -RMS) e de frequência (i.e. frequência média - Fmed e frequência mediana - FM) do sinal eletromiográfico. Tais parâmetros podem apresentar comportamentos padrões (JORGENSEN, 1993; JENSEN et al., 2000; MAMAGHANI et al., 2001; SOGAARD et al., 2003), principalmente quando os músculos analisados estão submetidos à um protocolo fadigante.

Neste sentido, espera-se que durante a execução de diferentes exercícios isotônicos, e em diferentes intensidades de carga, podem existir diferenças entre os parâmetros de amplitude e frequência do sinal eletromiográfico.

A existência da fadiga muscular durante uma tarefa pode modificar o desempenho e assim a queda na produção de força (BENSON; DORCHERTY; BRANDENBURG, 2006). A exemplo disto destaca-se o aumento da proporção de ativação do músculo braquiorradial em relação ao bíceps do braço, devido à fadiga deste durante contrações isotônicas. Por outro lado, em contrações isométricas o padrão de ativação destes músculos ao longo do tempo pode manter-se semelhante (POTVIN; BENT. 1997; HUNTER, et al. 2005).

A ativação de músculos antagonistas em co-contração apresenta uma importante função na estabilidade da articulação envolvida (ENOKA, 2000). Durante a execução do exercício rosca bíceps a ação dos músculos extensores lombares pode ser aumentada (OLIVEIRA et al., 2006), sendo assim indicado sua execução na posição sentada, para evitar possíveis sobrecargas por possuir menor ativação dos músculos lombares (LEHMAN et al., 2005).

No sentido de melhor analisar a atividade muscular durante exercícios fadigantes resistidos de flexão do cotovelo e assim interpretá-la por diferentes procedimentos de análise, objetivamos no presente estudo analisar eletromiograficamente os músculos bíceps do braço, braquiorradial, tríceps do braço, e multifido durante a execução dos exercícios rosca bíceps realizado de forma livre, adaptada e no banco Scott com diferentes intensidades de carga.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Características da amostra**

Participaram do presente estudo 20 voluntários do gênero masculino, saudáveis, com idade entre 18 e 24 anos, ( $21,5 \pm 2,46$  anos), massa corpórea de  $75,92 (\pm 9,16)$  kg e altura de  $177,1 (\pm 3,93)$  cm, sem antecedentes de doenças músculo-esqueléticas na região lombar, ombros e cotovelos, e sem histórico de prática de treinamento de força para membros superiores nos últimos seis meses anteriores aos testes. O voluntário não seria incluído no experimento se este não possuísse entre 1,70 e 1,85 m. Antecipadamente ao experimento os voluntários foram orientados sobre as atividades a serem realizadas e assinaram um termo de consentimento em submeterem-se às mesmas. O presente projeto de pesquisa foi encaminhado e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa local.

### **Exercícios**

Para a realização deste protocolo, foram realizados 3 exercícios resistidos: rosca bíceps (RB), rosca bíceps adaptado (RBA) e rosca *Scott* (RS).

O rosca bíceps (RB), no qual os voluntários realizam ciclos de flexão/extensão do cotovelo na posição em pé, com os pés afastados, joelhos levemente flexionados (Figura 1A). O voluntário segura a barra com os antebraços em supinação e as mãos distantes aproximadamente 45cm.

Com intuito de controlar a postura e simetria dos movimentos, e verificar possíveis diferenças que limitações mecânicas podem acarretar nas variáveis do estudo, foi proposto o exercício rosca bíceps adaptado (RBA), em

que um sistema de hastes metálicas (OLIVEIRA et al., 2005) foi desenvolvido especialmente para este estudo (Figura 1B). Por meio deste sistema houve o limite dos movimentos dos membros superiores ântero-lateralmente por meio de uma fina tira de velcro, protegida com espuma colocada ao redor da articulação do cotovelo. Este equipamento também auxiliou na manutenção da posição do joelho em flexão de 15°.

Para a realização da flexão e extensão do cotovelo na posição sentada, foi utilizado um banco *Scott* (Figura 1C), no qual os voluntários foram posicionados com ajustes da altura do banco, fixação do tórax e parte posterior do braço em contato com o suporte do banco. A amplitude de movimento, para todos os exercícios foi de 110°, iniciando-se aos 15° de flexão (0° = extensão total) e terminando aos 125°.

### **Equipamentos**

Para a realização dos testes de carga máxima isotônica (CMI) dos exercícios RB, RBA e RS utilizou-se uma barra reta de 2 kg, na qual foram acopladas anilhas de 0,5kg, 1kg, 4kg, 5kg e 10kg de acordo com a intensidade de carga a ser sustentada. Para auxiliar na simetria durante a execução dos testes de CMI, bem como para os testes isotônicos em todos os exercícios, foi utilizado um espelho plano (150cm de altura, 70cm de largura), colocado 100cm à frente do voluntário.

Para padronizar o ritmo de execução dos exercícios isotônicos foi utilizado um metrônomo (Qwik Time QT-3, Pequim, China) calibrado a 40bpm. As imagens dos testes isotônicos foram registradas por meio de uma câmera

(JVC GR-AX910U, Tokio, Japão), posicionada a 360cm perpendicularmente ao plano sagital direito e as articulações envolvidas nos movimentos realizados, assim como as partes laterais da barra foram evidenciadas por meio de marcadores articulares (Figura 1).

A análise destas imagens permitiu a identificação das fases do movimento (concêntrica ou excêntrica), nas quais foram obtidos os registros eletromiográficos. A sincronização entre o início da aquisição das imagens e do sinal EMG foi realizada por meio de um sistema fotoeletrônico (TORTOZA; GONÇALVES, 1993).



**Figura 1.** Posições iniciais, intermediárias e finais do exercício rosca bíceps (A) realizado de forma livre, adaptada (B), e no banco Scott (C). Marcas passivas do ombro (1), cotovelo (2) e parte lateral da barra (3). Sistema de hastes para controle da postura do cotovelo (4), e joelhos (5). Controle da altura do acento (6) e suporte para o tórax e região posterior do braço (7).

## EMG

Para a captação dos sinais eletromiográficos foram utilizados eletrodos de superfície bipolares passivos de Ag/AgCl da marca MEDITRACE, de 3cm de diâmetro e com área efetiva de captação de 1cm de diâmetro. Previamente a colocação dos eletrodos foi realizada tricotomia, abrasão com lixa fina e limpeza da pele com álcool no nível dos músculos estudados. Os eletrodos foram posicionados aos pares com uma distância intereletrodos de 2cm sobre os músculos bíceps do braço (BB) de acordo com Hermens et al. (2002) no terço distal do braço na porção comum desse músculo; no músculo braquiorradial (BR) de acordo com Ervilha et al. (2004) no ventre muscular, 5cm distal a articulação do cotovelo; no músculo tríceps do braço (TB), a 50% entre o acrômio da escápula e o olecrano da ulna; e no músculo multifido (MT) segundo De Foa, Forrest e Biedermann (1989) no nível de L1, 3cm lateralmente. Todos os músculos analisados foram do lado direito dos voluntários e um eletrodo de referência foi posicionado no processo estilóide da ulna. Os pontos de colocação dos eletrodos foram marcados na pele dos voluntários com uma caneta demográfica, de modo que possibilite suas recolocações durante os outros dias de teste.

Foi utilizado um módulo de aquisição de sinais biológicos (Lynx<sup>®</sup>) de quatro canais, no qual foram conectados os eletrodos, configurado com o ganho de 1000 vezes, filtro de passa alta de 20 Hz e filtro passa baixa de 500 Hz. A conversão dos sinais analógicos para digitais foi realizada por uma placa A/D com faixa de entrada de -5 à +5 Volts (CAD 1026-Lynx<sup>®</sup>). Para a aquisição dos sinais foi utilizado um *software* específico (Aqdados-Lynx<sup>®</sup>) calibrado com a

freqüência de amostragem de 4000 Hz. O sistema possui uma razão de rejeição de modo comum maior que 80 dB. Para evitar a interferência da rede local no registro EMG foi utilizado um filtro *notch* de 60 Hz.

### **Procedimentos experimentais**

#### ***Teste de carga máxima isotônica (CMI).***

Os testes de CMI foram realizados em dois dias, sendo que no primeiro foi realizado o teste para o exercício RB, utilizando-se desse mesmo valor de CMI para o exercício RBA, uma vez que os valores de CMI para estes exercícios não diferiram em estudos piloto. Neste dia o voluntário se posicionou em pé, com os pés afastados, joelhos levemente flexionados e segurando a barra com os antebraços em supinação. A carga inicial do teste foi de 30Kg, determinada em estudo piloto. A amplitude do movimento de flexão do cotovelo foi completa a partir da extensão total, e sem realizar movimentos compensatórios como flexão do ombro ou hiper-extensão do tronco. Em outra data, com intervalo mínimo de 48hs, foi realizado o exercício RS, no qual o voluntário permaneceu sentado e realizou o mesmo procedimento do exercício RB, embora se utilizando 25kg de carga inicial. O movimento de flexão aconteceu sem tentativas de compensações de outras articulações da mesma forma como executado no exercício RB.

A cada movimento de flexão completa do cotovelo foram adicionados 5 kg à barra, até que o voluntário apresentasse impossibilidade de realizar o movimento na amplitude total e/ou no posicionamento proposto. Neste momento do teste foi diminuído 1kg de massa e realizou-se outra tentativa. O mesmo procedimento foi repetido até que o voluntário realizasse

um novo movimento completo, sendo considerado como a CMI do voluntário a carga desta última tentativa realizada com sucesso. Foi estabelecido um intervalo de 5 minutos entre cada tentativa.

Nos dias da realização dos testes de CMI, os voluntários foram familiarizados com as atividades executadas no dia dos testes com EMG, ou seja, os exercícios RB, RBA no primeiro dia de testes de CMI e o RS no segundo dia de testes de CMI. Os voluntários se familiarizaram com os movimentos isotônicos recebendo instruções sobre ritmo, postura e amplitude de movimento para os exercícios, bem como com a forma de execução das contrações isométricas propostas no protocolo.

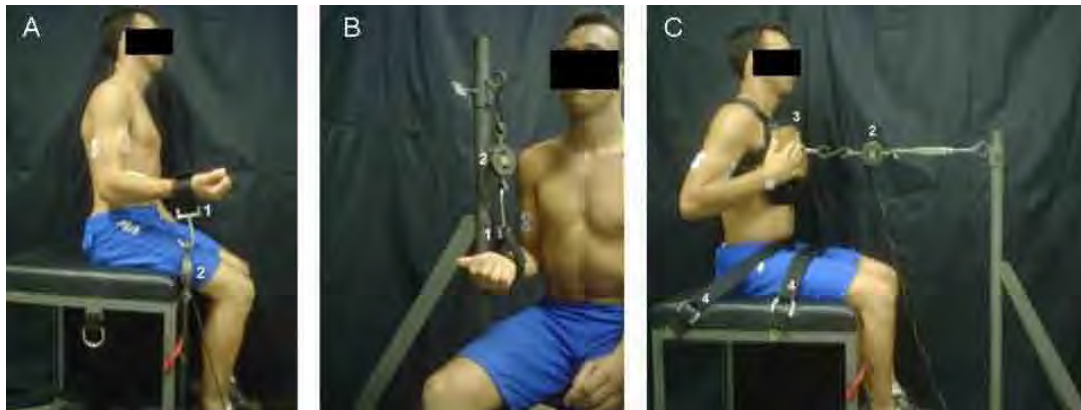
#### ***Testes de determinação do $EMG_{LF}$***

Na semana seguinte à determinação das CMIs, em três dias foram realizados os testes de  $EMG_{LF}$ , com a execução do exercício RB no primeiro dia de teste, o exercício RBA no segundo dia e o exercício RS no terceiro dia com um intervalo de 48 horas entre cada dia de teste. Em todos os dias, os voluntários realizaram, inicialmente, exercícios para alongamento dos músculos envolvidos nas articulações do cotovelo, ombro e da região lombar da coluna vertebral e a seguir executaram uma série de 30 a 60 segundos do exercício proposto nas condições impostas para o dia de teste, como adaptação ao ritmo e ao posicionamento.

### ***Contração isométrica voluntária Máxima (CIVM)***

Anteriormente ao exercício isotônico de cada dia de testes, foram realizadas três CIVMs de 5 segundos para cada posição, sendo respeitado um intervalo de 2 minutos entre cada CIVM. Para isso, utilizou-se de uma estação de testes isométricos que permitiu a realização destas contrações para a flexão e extensão do cotovelo direito, como também para extensão de tronco.

Para as flexões e extensões do cotovelo (Figuras 2A e 2B), os voluntários permaneceram em posição sentada, tronco ereto, cotovelo à 90° e braço ao longo do corpo. Uma tira de velcro foi colocada no punho dos voluntários para a realização da tração da célula de carga (Kratos Dinamômetros, modelo MM 200 Kgf). Para as extensões do tronco (Figura 2C), o voluntário estava também na posição sentada, sem manter contato dos pés com o solo, e com o quadril flexionado a 90°. O quadril e pernas estavam estabilizados por meio de tiras de velcro para evitar a possibilidade de movimentos compensatórios durante a extensão do tronco. Um colete específico foi utilizado para fixação da célula de carga na altura do peito do voluntário.



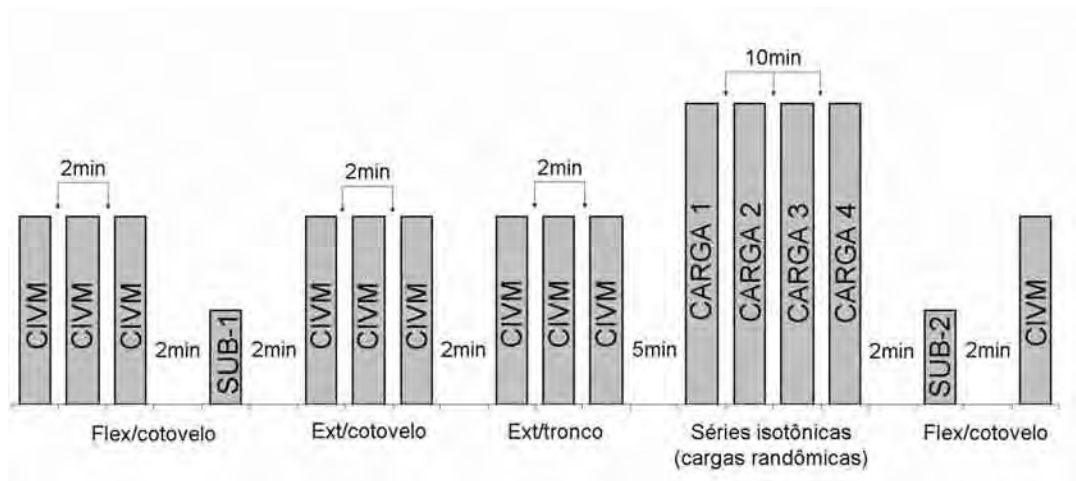
**Figura 2.** Posicionamento dos voluntários durante as contrações isométricas voluntárias máximas de flexão (A) e extensão (B) do cotovelo direito, e extensão do tronco (C). Tira de velcro (1). Célula de carga (2), colete de fixação da célula de carga (3) e cintos de fixação dos membros inferiores (4).

O valor de força isométrica máxima foi determinado pela CIVM que gerou o maior valor de força de tração da célula de carga foi utilizada para a normalização. Após a realização da terceira CIVM para flexão do cotovelo, e posterior determinação da força máxima, foi realizada uma contração isométrica de flexão do cotovelo (5 segundos) com intensidade de carga de 50% da CIVM de flexão do cotovelo.

### ***Testes isotônicos***

Para cada exercício os voluntários realizaram quatro séries de um minuto, com as cargas variando entre 25%, 30%, 35%, e 40% da CMI estabelecida para cada exercício e escolhidas aleatoriamente. Entre as séries houve um intervalo de 10 minutos que permitiram assim uma recuperação dos parâmetros eletromiográficos (KUORINKA, 1988, ESPOSITO; ORIZIO; VEICTEINAS, 1998). Imediatamente após o exercício, realizou-se uma nova contração isométrica a 50% da CIVM, e dois minutos após, uma nova CIVM

com os mesmos procedimentos utilizados na CIVM inicial. A realização destas contrações isométricas submáximas teve por objetivo comparar os valores dos parâmetros EMG antes e após o protocolo em valor fixo de carga, visto que após um exercício fadigante, os voluntários podem não representar efetivamente a mesma CIVM. Sendo assim, comparou-se as CIVMs e contrações isométricas submáximas antes e após o protocolo. A Figura 3 exemplifica os procedimentos realizados pelos voluntários em cada dia de teste.



**Figura 3.** Procedimentos experimentais *para cada dia de teste*, nos quais os voluntários realizam contrações isométricas voluntárias máximas (CIVM) e submáximas antes (SUB-1) e após (SUB-2) a realização do exercício isotônico, com os intervalos determinados.

Durante todas as execuções dos exercícios propostos, os voluntários foram estimulados verbalmente pelo pesquisador responsável a manter a execução do exercício, havendo orientações verbais sobre possíveis alterações na velocidade da execução, bem como da postura para a realização do exercício.

### Variáveis eletromiográficas

Para a análise dos sinais EMG foram utilizadas algoritmos específicos, criados em ambiente MatLab (MathWorks®). A partir das séries temporais da atividade EMG das contrações isométricas, foi determinado o valor da força máxima em janela única de 1 segundo que apresentava maior estabilidade nos valores de tração da célula de carga. Com este intervalo foram realizados os cálculos da amplitude do sinal retificado, por meio da *root mean square* (RMS), bem como foi realizada a análise espectral, por meio do algoritmo *Power Spectral Density* (PSD) do software MatLab (versão 6.5), da qual foram obtidos os valores de FM e Fmed.

Para as contrações isotônicas, o sinal eletromiográfico foi registrado durante todo o período de 1 minuto em que o voluntário realiza as contrações isotônicas. Os procedimentos de cálculos foram realizados, em cada intensidade de carga, nos instantes de tempo em que os voluntários posicionaram a articulação do cotovelo direito em aproximadamente 90° durante as contrações concêntricas. Esta angulação foi determinada por meio das imagens obtidas simultaneamente com os registros EMG. Fixando-se esta amplitude de movimento durante as contrações isotônicas, foi possível simular uma condição quasi-estática para cada contração concêntrica, e assim analisou-se a RMS, FM e Fmed da atividade eletromiográfica durante 250 milisegundos a partir do instante analisado.

A partir das variáveis de amplitude e de frequência do sinal EMG obtidos nos testes isotônicos, foram realizadas regressões lineares em função do tempo das quais se obteve seus coeficientes angulares (*Slopes*) e valores

Iniciais (onde  $x=0$ ), denominados aqui de interceptos (INT), das diferentes intensidades de carga para cada exercício realizado, obtidos no intercepto da reta de regressão linear no eixo da intensidade de carga (eixo Y).

### **Análises estatísticas**

Para avaliar as alterações na força máxima e nos valores de RMS, Fmed e FM das contrações submáximas antes e após a realização do protocolo, foram aplicados testes *T-student*. Por meio de testes de *Wilcoxon* foram realizadas as comparações entre as contrações concêntricas e excêntricas para os valores de *slope* e intercepto, já para a verificação de diferenças entre os valores de  $EMG_{LF}$  dos músculos bíceps do braço e braquiorradial, foi aplicado o teste de *Mann-Whitney*. A avaliação do efeito da intensidade de carga nos valores de *slope* e interceptos dos músculos bíceps do braço e braquiorradial foram realizadas por meio da análise de variância de *Friedman*. Para verificar o efeito dos diferentes tipos de exercícios nos valores de *slope* e intercepto, foi aplicada a análise de variância de *Kruskal-Wallis*. O nível de significância foi de  $p<0.05$  para todas as análises.

## RESULTADOS

### Força isométrica e isotônica

A CMI média dos voluntários foi de  $36.7 \pm 3.77$  kg e de  $32.7 \pm 4.46$  kg nos exercícios RB e RS respectivamente. A análise dos valores de força isométrica máxima de flexão do cotovelo demonstrou que as contrações realizadas antes dos exercícios isotônicos (RB= $29.35 \pm 3.38$ ; RBA= $29.27 \pm 2.93$ ; RS= $28.82 \pm 3.49$ ) foram significativamente maiores que aquelas obtidas após os exercícios (RB= $23.04 \pm 6.18$ ; RBA= $25.45 \pm 3.79$ ; RS= $26.45 \pm 4.22$ ).

Os valores de CIVM (em kgf) para a extensão do cotovelo e extensão de tronco nos dias do exercício RB ( $22.97 \pm 2.06$  e  $99.28 \pm 18.94$  respectivamente), RBA ( $24.17 \pm 3.47$  e  $96.76 \pm 12.34$ ) e RS ( $22.30 \pm 2.68$  e  $96.10 \pm 14.00$ ), não apresentaram diferenças entre si.

Verifica-se que os valores de RMS das contrações isométricas submáximas (Tabela 1) anteriores aos exercícios isotônicos (SUB-1) foram significativamente menores que os valores encontrados após os exercícios isotônicos (SUB-2) para os exercícios RB e RBA do músculo bíceps do braço, e para todos os exercícios para o músculo braquiorradial. Para os valores de Fmed, apenas houve diminuição significativa nos valores para o músculo braquiorradial no exercício RB, ao passo que para os valores de FM, houve diminuição significativa neste mesmo exercício para o bíceps do braço e o braquiorradial.

**Tabela 1.** Valores médios e desvios padrão (% da CIVM) da RMS, frequência mediana (Fmed) e frequência média (FM) dos músculos bíceps do braço (BB) e braquiorradial (BR), durante as contrações isométricas submáximas antes (SUB-1) e após (SUB-2) da realização dos exercícios rosca bíceps (RB), rosca bíceps adaptado (RBA) e rosca Scott (RS).

		BB			BR		
		RB	RBA	RS	RB	RBA	RS
RMS	SUB-1	<b>58.68*</b>	<b>53.47*</b>	<b>57.49</b>	<b>54.56*</b>	<b>58.77*</b>	<b>52.47*</b>
		25.35	31.38	23.81	11.81	28.92	14.94
	SUB-2	<b>72.38</b>	<b>66.75</b>	<b>63.79</b>	<b>78.32</b>	<b>79.64</b>	<b>66.61</b>
		26.83	22.05	15.84	21.20	34.21	18.20
Fmed	SUB-1	<b>45.19</b>	<b>50.29</b>	<b>49.33</b>	<b>51.62*</b>	<b>43.57</b>	<b>47.51</b>
		14.28	14.02	13.95	13.87	11.52	11.37
	SUB-2	<b>42.66</b>	<b>46.68</b>	<b>47.55</b>	<b>45.19</b>	<b>40.54</b>	<b>46.90</b>
		12.03	14.73	7.46	14.39	14.09	9.23
FM	SUB-1	<b>47.75*</b>	<b>53.15</b>	<b>52.97</b>	<b>48.57*</b>	<b>48.87</b>	<b>48.11</b>
		8.35	12.84	12.07	8.22	14.78	8.78
	SUB-2	<b>41.33</b>	<b>48.59</b>	<b>50.70</b>	<b>41.83</b>	<b>47.21</b>	<b>47.17</b>
		9.47	12.56	9.40	9.30	16.80	5.71

\* diferença significativa em relação à SUB-2

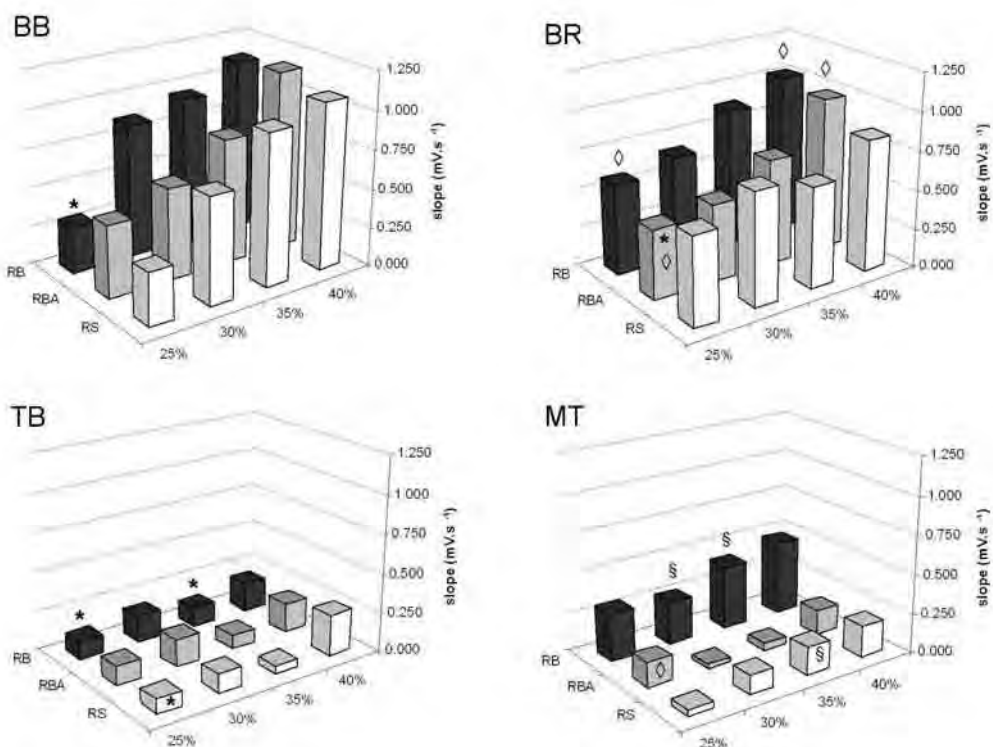
### Tríceps do braço - Atividade antagonista

Durante as contrações isométricas máximas e submáximas, o músculo tríceps do braço não apresentou diferenças entre os dias de teste para todos os exercícios (Figura 4). Foram encontradas diferenças para os valores de Fmed das contrações isométricas máximas, com menores valores após a realização de todos os exercícios. Quanto às contrações submáximas, verifica-se um aumento para os valores de RMS e diminuição para os valores de FM ( $p < 0.001$ ), em todos os exercícios e para a Fmed apenas para os exercícios RBA e RS ( $p < 0.001$ ).



***Exercícios isotônicos – Slopes e interceptos***

Para a variável RMS, os valores de *slope* foram predominantemente positivos (Figura 5) e para a FM e Fmed (Figuras 6 e 7 respectivamente) foram negativos para todos os músculos analisados. Para os músculos tríceps do braço e multifido os valores de *slope* apresentam-se menores em relação aos músculos bíceps do braço e braquiorradial, demonstrando um menor processo de fadiga ao longo da execução dos exercícios.



\* diferença significativa em relação à 40% da CMI

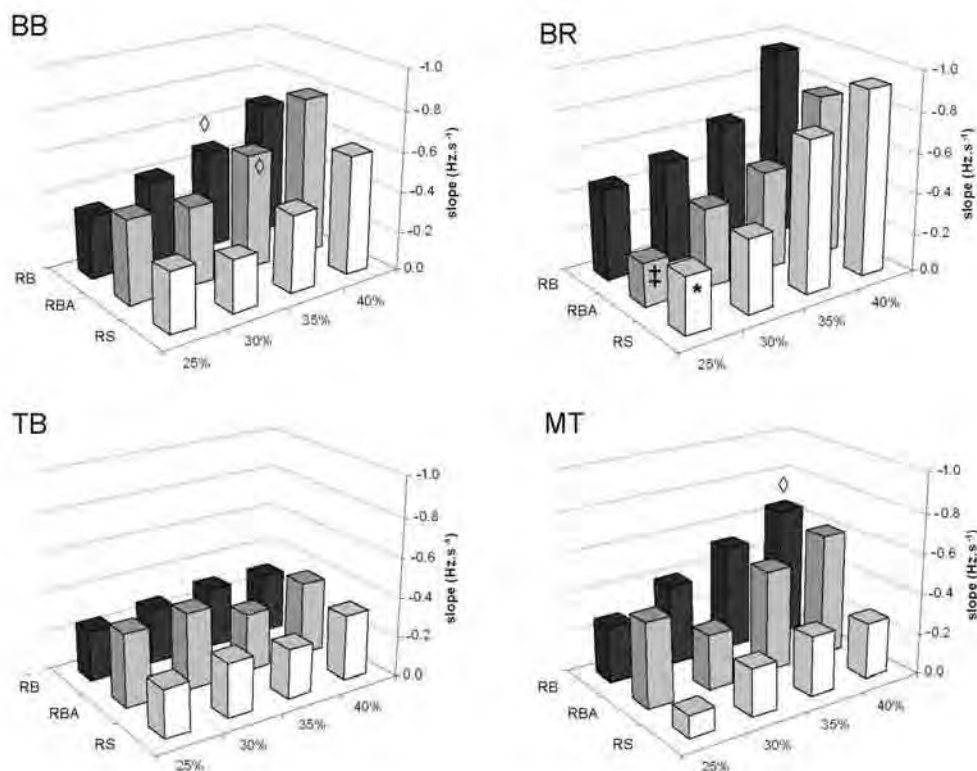
† diferença significativa em relação à 35% da CMI

‡ diferença significativa em relação à 30%, 35% e 40% da CMI

◇ diferença significativa em relação ao exercício RS na mesma intensidade de carga

§ diferença significativa em relação ao exercício RBA na mesma intensidade de carga

**Figura 5.** Valores médios de *slope* da *root mean square* dos músculos bíceps do braço (BB), braquiorradial (BR), tríceps do braço (TB) e multifido (MT), durante os exercícios rosca bíceps (RB), rosca bíceps adaptado (RBA) e rosca Scott (RS) nas quatro intensidades de carga (25%, 30%, 35% e 40% da CMI).

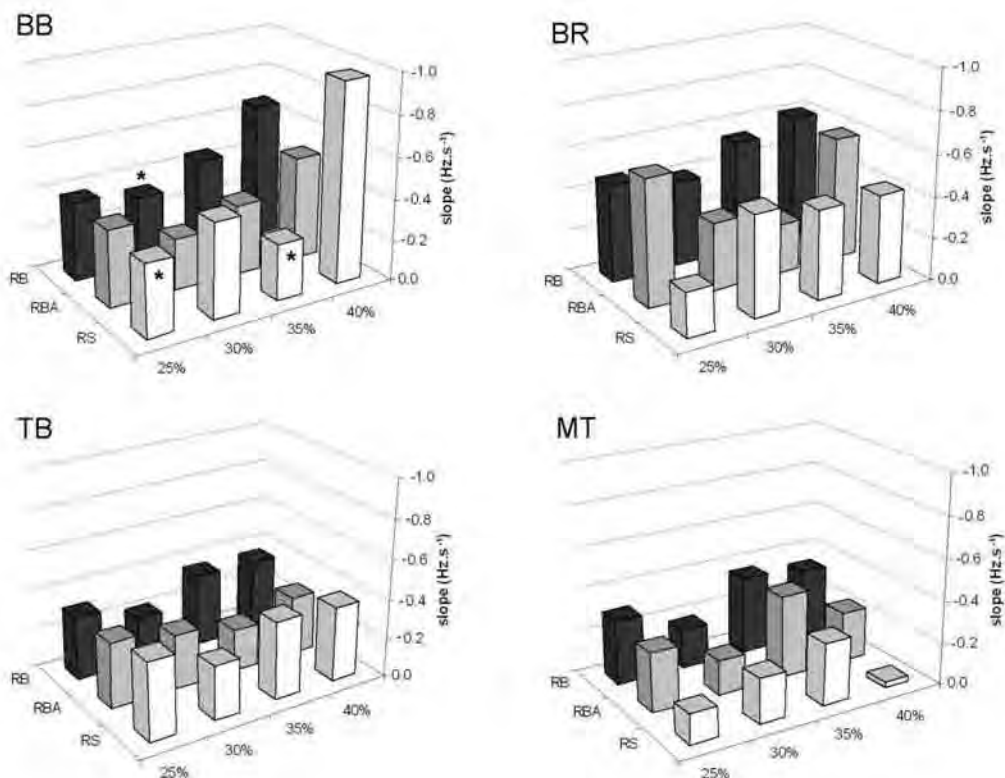


\* diferença significativa em relação à 40% da CMI

‡ diferença significativa em relação à 30%, 35% e 40% da CMI

◇ diferença significativa em relação ao exercício RS na mesma intensidade de carga

**Figura 6.** Valores médios de *slope* de freqüência mediana dos músculos bíceps do braço (BB), braquiorradial (BR), tríceps do braço (TB) e multifido (MT), durante os exercícios rosca bíceps (RB), rosca bíceps adaptado (RBA) e rosca Scott (RS) nas quatro intensidades de carga (25%, 30%, 35% e 40% da CMI).



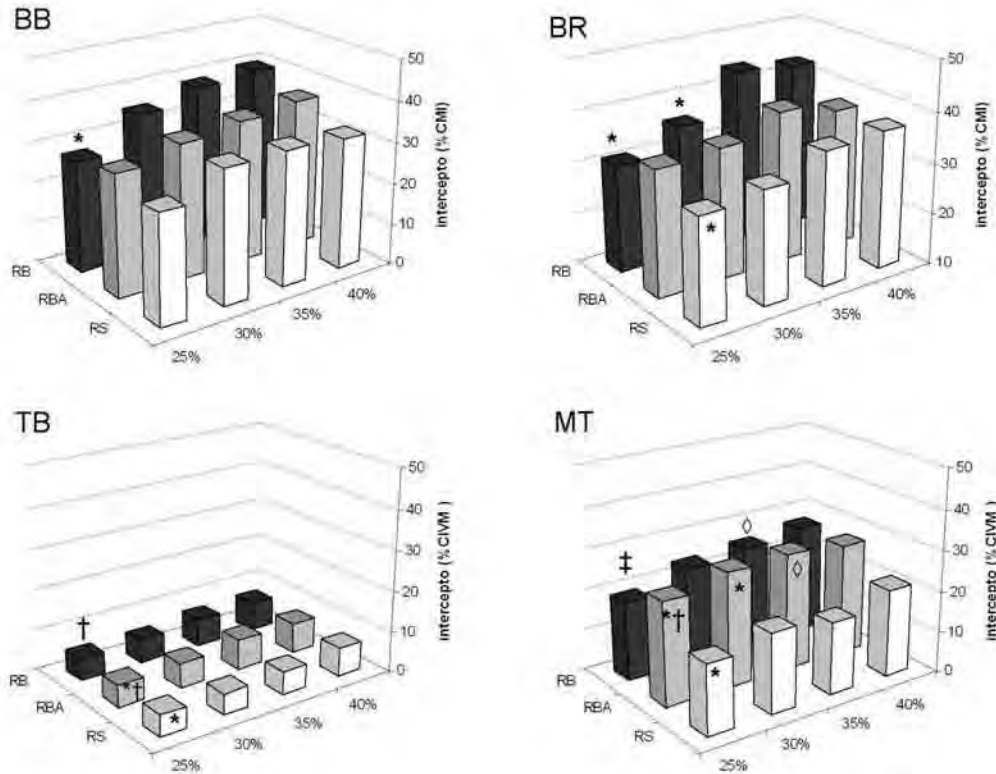
\* diferença significativa em relação à 40% da CMI

**Figura 7.** Valores médios de *slope* de frequência média dos músculos bíceps do braço (BB), braquiorradial (BR), tríceps do braço (TB) e multifido (MT), durante os exercícios rosca bíceps (RB), rosca bíceps adaptado (RBA) e rosca Scott (RS) nas quatro intensidades de carga (25%, 30%, 35% e 40% da CMI).

A análise dos valores de *slope* dos músculos bíceps do braço e braquiorradial encontrou predominantemente semelhanças tanto entre as intensidades de carga como entre os três exercícios analisados. A intensidade de carga apresentou pequeno efeito para os exercícios analisados, verificando-se principalmente alterações entre as cargas de 25% e 40% da CMI. Quanto aos músculos tríceps do braço e multifido, foi evidenciado efeito da intensidade de carga apenas para os *slopes* da RMS do músculo tríceps do braço (Figura 5). Para o exercício RB e RS os valores de 25% foram menores que para 40%

da CMI. Já para o exercício RS verificou-se que a carga de 35% foi menor que 40% da CMI.

Quando analisados os valores de intercepto das variáveis RMS, FM e Fmed (Figuras 8, 9 e 10 respectivamente), foi encontrado efeito da intensidade de carga para todos os músculos analisados na variável RMS, existindo aumento dos valores de intercepto com o aumento da intensidade de carga, encontrando-se predominantemente que a carga de 25% da CMI foi menor que 40% da CMI. Por outro lado, a Fmed e FM apresentaram efeito da intensidade de carga apenas para o músculo bíceps do braço, novamente com predominância de maiores valores na intensidade de 40% da CMI.

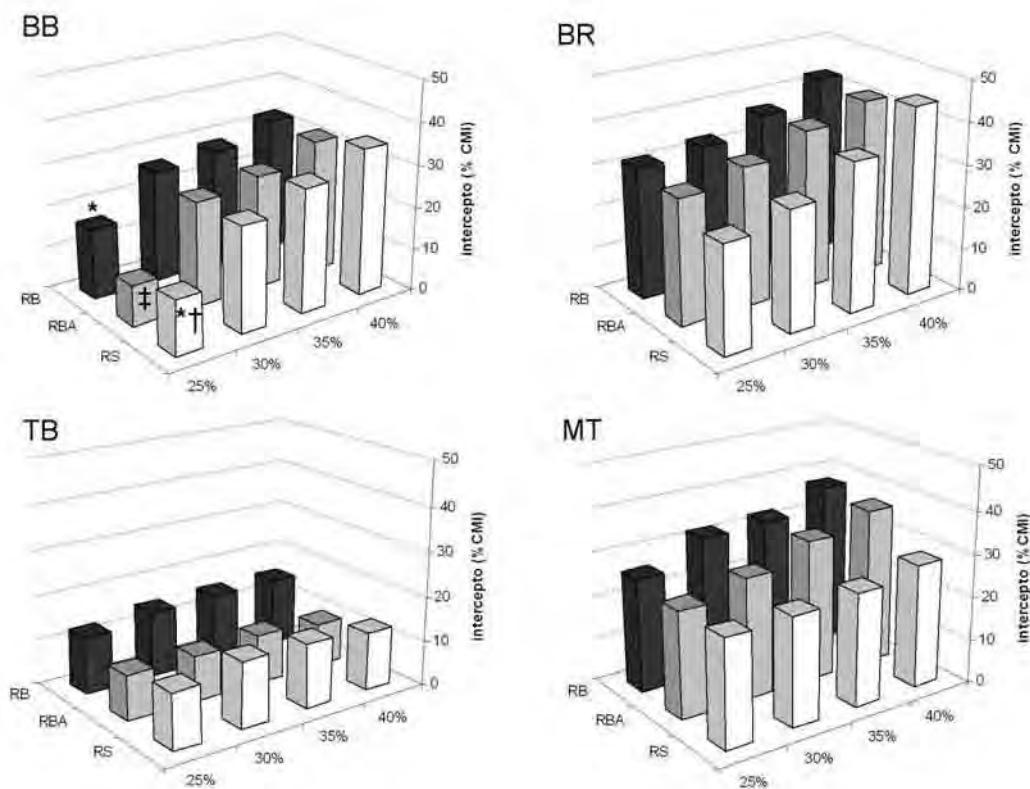


\* diferença significativa em relação à 40% da CMI

† diferença significativa em relação à 35% da CMI

‡ diferença significativa em relação à 30%, 35% e 40% da CMI

**Figura 8.** Valores médios de intercepto da *root mean square* dos músculos bíceps do braço (BB), braquiorradial (BR), tríceps do braço (TB) e multido (MT), durante a realização dos exercícios rosca bíceps (RB), rosca bíceps adaptado (RBA) e rosca Scott (RS) nas quatro intensidades de carga (25%, 30%, 35% e 40% da CMI).

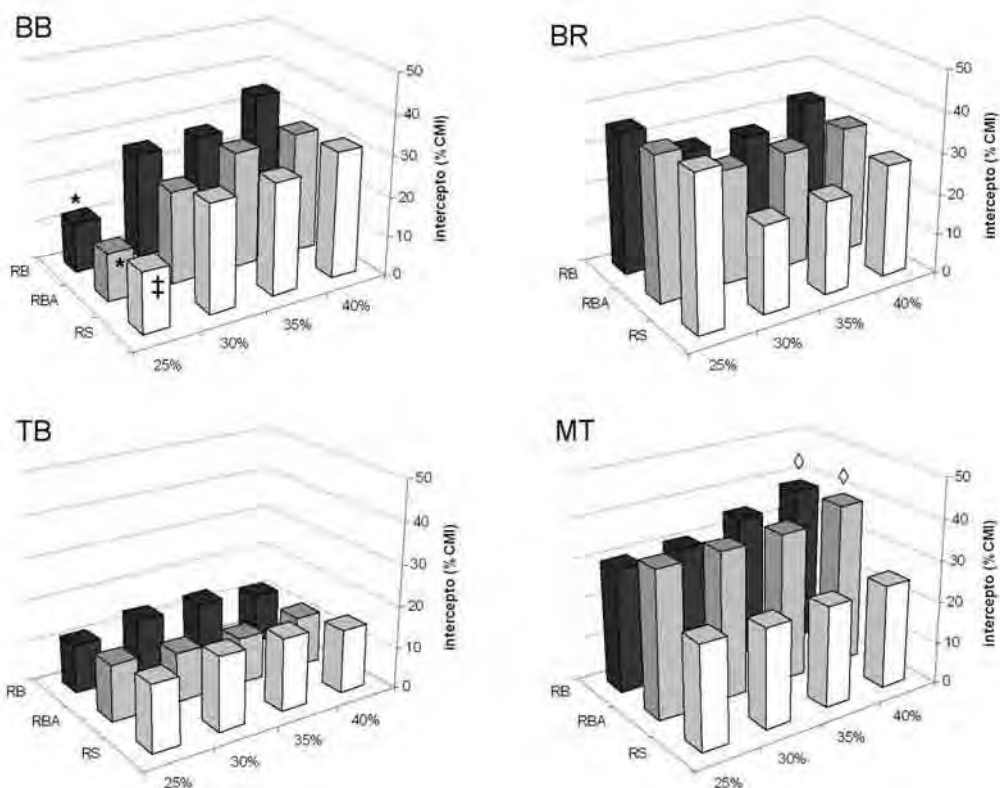


\* diferença significativa em relação à 40% da CMI

† diferença significativa em relação à 35% da CMI

‡ diferença significativa em relação à 30%, 35% e 40% da CMI

**Figura 9.** Valores médios de intercepto da frequência mediana dos músculos bíceps do braço (BB), braquiorradial (BR), tríceps do braço (TB) e multídeo (MT), durante a realização dos exercícios rosca bíceps (RB), rosca bíceps adaptado (RBA) e rosca Scott (RS) nas quatro intensidades de carga (25%, 30%, 35% e 40% da CMI).



\* diferença significativa em relação à 40% da CMI

‡ diferença significativa em relação à 30%, 35% e 40% da CMI

◇ diferença significativa em relação ao exercício RS na mesma intensidade de carga

**Figura 10.** Valores médios de intercepto da frequência média dos músculos bíceps do braço (BB), braquiorradial (BR), tríceps do braço (TB) e multídeo (MT), durante a realização dos exercícios rosca bíceps (RB), rosca bíceps adaptado (RBA) e rosca Scott (RS) nas quatro intensidades de carga (25%, 30%, 35% e 40% da CMI).

Em relação aos exercícios propostos, não foram verificadas alterações significativas da RMS, FM ou Fmed durante os exercícios RB, RBA e RS, para os músculos bíceps do braço e tríceps do braço. Quanto ao músculo braquiorradial foi evidenciado efeito do tipo de exercício apenas para os *slopes* da RMS ( $p < 0.01$ ), verificando-se maiores valores nos exercícios RB e RBA em relação ao RS (Figura 5).

De maneira interessante, tanto para os valores de *slope* quanto de intercepto do músculo multifido, apresentaram efeito dos exercícios para os valores de *slopes* da RMS (Figura 5), nos quais o exercício RBA apresenta os menores valores em relação aos outros exercícios realizados. Já para os *slopes* da FM (Figura 6), foram encontrados valores significativamente menores para o exercício RS em relação ao exercício RB. Para os valores de intercepto, verifica-se que para a RMS (em 35% da CMI) e FM (em 40% da CMI), os valores dos exercícios RB e RBA foram significativamente maiores que os valores do exercício RS.

## **DISCUSSÃO**

A proposta principal do presente estudo foi comparar a atividade eletromiográfica de músculos flexores e extensores do cotovelo e extensores do tronco em diferentes exercícios isotônicos resistidos de flexão do cotovelo. Além de verificar possíveis diferenças entre variáveis de amplitude e frequência da EMG destes músculos. O presente estudo demonstrou que a análise da fadiga muscular por meio de diferentes ferramentas pode apresentar resultados diferentes, ressaltando-se principalmente que a RMS apresentou maiores alterações nas contrações isométricas de flexão de cotovelo, principalmente para a RMS. Além disso, a RMS também se apresentou mais susceptível às alterações na intensidade de carga.

Verificou-se que a força máxima isométrica diminuiu apenas para a flexão do cotovelo após a realização do protocolo isotônico demonstrando assim a reprodutibilidade da indução da fadiga nos três dias de testes. A

promoção desta fadiga muscular tem sido relatada pela dificuldade no recrutamento das fibras musculares, principalmente as mais fortes (KOMI, 1992) devido a diminuição do pH e aumento das concentrações de metabólitos como o lactato e o fosfato inorgânico (GIANESINNI; COZZONE; BENDAHAN et al., 2003). Além disso, durante ou após contrações dinâmicas, ocorre redução na eficiência neuromuscular, principalmente por falhas no acoplamento excitação-contração, devido diminuições na demanda de cálcio para a contração, bem como de falhas no mecanismo contrátil (BYRNE; TWIST; ESTON, 2004).

Da mesma forma, contrações submáximas podem receber importantes influências da fadiga, neste caso a manutenção da tensão dejesada ocorre por maior excitação dos motoneurônios, que aumenta a taxa de disparo das unidades motoras (DeLUCA; FOLET; ERIM, 1996; DeRUITER et al., 2005). Em intensidade de cargas maiores que 30% da CIVM, existem ainda um maior recrutamento de fibras com altos valores de limiar excitatório (SOGAARD et al., 2006) as quais apresentam maiores valores de amplitude do sinal eletromiográfico, e ao mesmo tempo apresentam-se mais fadigáveis, com isso ocorrendo simultaneamente a queda das frequências e o aumento da RMS.

Os resultados do presente estudo sugerem que com o aumento da intensidade de carga existe alteração principalmente da amplitude do sinal eletromiográfico. Durante contrações isotônicas, diferentemente das contrações isométricas, unidades motoras com menor limiar são recrutadas durante a tarefa e sendo estas mais resistentes à fadiga muscular, menores são as

alterações promovidas nos componentes de frequência do sinal eletromiográfico (LINNAMO et al., 2003). Além disso, durante contrações isotônicas existe menor prejuízo ao fluxo sanguíneo nos músculos, o que atenua as alterações no pH, bem como do acúmulo de metabólitos, como o lactato,  $K^+$ , entre outros que são responsáveis pelo processo de fadiga muscular (MASUDA et al., 1999). Apesar disso, estudos anteriores encontraram alterações na FM entre intensidades de 50% , 80% e 100% da CMI (MERCER et al., 2006), sendo que Linnamo et al. (2003) verificou alterações de parâmetros de frequência apenas nas intensidades de carga acima de 40% da CMI. Com isso, pode-se hipotetizar que as intensidades de carga utilizadas no presente estudo podem não ter sido diferentes suficientemente para acarretar alterações significantes nos parâmetros de frequência.

Além das diferentes unidades motoras utilizadas em contrações isotônicas durante contrações fadigantes, a estratégia de recrutamento pode ser diferenciada com o aumento da intensidade de carga. Fallentin, Jorgensen e Simonsen (1993) verificaram que para a manutenção de 10% da carga máxima isométrica, o músculo bíceps do braço apresentava-se estritamente ligado ao recrutamento de novas unidades motoras, ao passo que para uma carga de 40% da máxima, existiam principalmente alterações na taxa de disparos das unidades motoras, visto que um maior número de fibras musculares estava sendo recrutado. Linnamo et al. (2003) verificou que com o aumento da intensidade de carga o princípio do tamanho das unidades motoras pode ocorrer, visto que em cargas menores, existe o recrutamento de unidades

motoras mais lentas, e que apresentam menores amplitudes e frequência de EMG. Com o aumento da intensidade de carga, estes autores encontraram o recrutamento de unidades motoras lentas inicialmente, sendo seguidas pelas unidades motoras rápidas, o que aumenta os valores de amplitude e diminui os valores de frequência com a instauração da fadiga. No presente estudo foram verificadas principalmente na RMS o efeito das diferentes intensidades (OLIVEIRA et al., 2005).

Na presente investigação verifica-se também que o músculo tríceps do braço, apresenta valores positivos de *slope* para a RMS e negativos para a FM e Fmed, típico comportamento de fadiga muscular. Apesar disso, os valores são muito próximos do zero, o que indica uma baixa modificação ao longo do tempo para os exercícios e intensidades de carga estudadas. Em contrapartida, a análise em contrações isométricas submáximas a 50% da CIVM aponta que o músculo tríceps do braço possui respostas evidentes de um músculo fadigando. Sendo assim, as pequenas alterações do músculo tríceps do braço nas contrações isotônicas ocorrem em função de uma ação puramente antagonista e de pouca influência para os exercícios propostos (ADAMS; DUVOISIN; DUDLEY, 1992), mas ao final do protocolo, o músculo apresenta-se com sinais de fadiga muscular pela análise das contrações isométricas.

Quanto ao músculo multifido, entre os exercícios estudados, o RS foi o que menos evidenciou atividade durante sua execução, principalmente para a análise da FM, que deve estar relacionada ao posicionamento sentado dos voluntários para a sua execução. Já no exercício RBA, a RMS do músculo

multifido apresentou menores valores, o que reflete o efeito das hastes de limitação prevenindo assim as flexões de ombro com a qual necessita de maior estabilidade do tronco.

Como conclusões do presente estudo, puderam-se evidenciar por meio da amplitude (RMS) da atividade EMG o desenvolvimento da fadiga muscular durante os exercícios RB, RBA e RS em contrações isométricas, principalmente para o músculo braquiorradial. Foram verificadas alterações nos valores de FM e Fmed apenas para as contrações isométricas após o exercício RB. Verificou-se também a existência da fadiga por meio da queda da força muscular após os exercícios propostos. As intensidades de carga utilizadas durante o período de contração dinâmica não apresentaram efeitos nos parâmetros de frequência da EMG. A realização de exercício resistido para flexão do cotovelo em diferentes posicionamentos (RB, RBA e RS) não acarretou alterações na atividade eletromiográfica, nas intensidades de carga estudadas, dos músculos motores principais. O músculo tríceps do braço apresentou pequenas alterações ao longo dos exercícios, bem como entre as intensidades de carga, apresentando indícios de fadiga muscular apenas por meio das contrações isométricas, o que pode se relacionar com a estabilização da articulação. Já o músculo multifido apresentou-se mais ativo durante o exercício RB, o qual não possuiu a estabilização do tronco (como o RS) e também do cotovelo (como o RBA), o que acarretou possivelmente maiores ações sinérgicas durante as execuções para o músculo multifido.

### 3.4 Artigo 4

#### TREINAMENTO DE RESISTÊNCIA MUSCULAR LOCALIZADA NO LIMAR DE FADIGA ELETROMIOGRÁFICO: EFEITOS NA ATIVIDADE MUSCULAR, FREQUÊNCIA CARDÍACA E PERCEPÇÃO DE ESFORÇO

##### RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito de um treinamento, baseado nos valores de  $EMG_{LF}$  para o exercício RBA, nos valores de RMS (*slopes* e interceptos) dos músculos bíceps do braço e braquiorradial, frequência cardíaca e percepção de esforço. Vinte voluntários, divididos em um grupo treinamento (GT, n=10) e um grupo controle (GC, n=10), realizaram o exercício RBA com cargas de 25%, 30%, 35% e 40% da CMI pelo período de um minuto (min), com intervalo de 10 minutos entre as cargas. Antes e após a realização do protocolo, foram executadas contrações isométricas máximas e submáximas de flexão do cotovelo. Durante as contrações isotônicas foram obtidos os valores de FC e PE a cada 15 segundos de execução. Foram utilizados os valores de  $EMG_{LF}$  do músculo bíceps do braço como intensidade de carga do treinamento para o GT (8 semanas, 2 sessões semanais, 3 séries até a exaustão, 2 minutos de intervalo entre elas). Houve queda na força isométrica máxima e aumento da RMS dos flexores do cotovelo em contrações submáximas após o protocolo, e este efeito não diminuiu com o treinamento. O treinamento acarretou aumento da força e da resistência muscular isotônica, havendo diminuição significativa dos *slopes* após o treinamento para o GT dos flexores do cotovelo. Os valores de FC não apresentaram efeito do treinamento, ao passo que a PE apresentou diminuição significativa. Conclui-se

que o treinamento proposto pode acarretar aumento da força e resistência muscular, além disso, parâmetros como a RMS e a PE apresentam-se semelhantes, principalmente com relação aos efeitos do tempo de execução do exercício, bem como do treinamento, embora a utilização da PE para determinação de um índice de intensidade de carga não apresente-se semelhante à EMG.

Palavras chaves: treinamento,  $EMG_{LF}$ , exercícios resistidos, flexão do cotovelo.

## INTRODUÇÃO

O treinamento resistido possui inúmeras formas de organização, que podem variar de acordo com a necessidade do praticante, como o aumento de força muscular, ganho de massa muscular (hipertrofia), perda de tecido adiposo e aumento da resistência muscular localizada (WEINECK, 1999; KRAEMER; RATAMESS, 2004). Estudos têm demonstrado que a hipertrofia muscular pode estar relacionada com a intensidade de carga (COLSON et al., 1999), o tipo e a velocidade da contração (SHEPSTONE et al., 2005) como também com o número de séries realizadas para determinado exercício (HASS et al., 2000; McBRIDE; BLAAK; TRIPLETT-McBRIDE, 2003). Quanto à resistência muscular, estudos anteriores encontraram aumentos substanciais do tempo de execução de contrações isotônicas, assim como se verifica na força muscular e hipertrofia (CAMPOS et al., 2002).

Para a articulação do cotovelo, verifica-se que após um treinamento, tanto de resistência quanto de força, a atividade eletromiográfica (EMG) do músculo bíceps do braço apresenta respostas divergentes, com aumentos nesta atividade eletromiográfica (COLSON et al., 1999; MACALUSO et al., 2000; McBRIDE; BLAAK; TRIPLETT-McBRIDE, 2003), ausência de alterações (MOORE et al., 2004) assim como diminuições (McBRIDE; BLAAK; TRIPLETT-McBRIDE, 2003). Estas divergências se devem aos diferentes protocolos que a literatura apresenta, nos quais as variações do volume, frequência, intensidade de carga e duração do treinamento acarretam diferentes adaptações (McBRIDE; BLAAK; TRIPLETT-McBRIDE, 2003; KRAEMER; RATAMESS, 2004).

A utilização da eletromiografia (EMG) como forma de avaliação dos efeitos de um treinamento tem sido freqüente (COLSON et al., 1999; McBRIDE; BLAAK; TRIPLETT-McBRIDE, 2003; MOORE et al., 2004), verificando-se alterações na amplitude do sinal eletromiográfico provocadas por adaptações neurais e estruturais dos músculos treinados (McBRIDE; BLAAK; TRIPLETT-McBRIDE, 2003; MOORE et al., 2004) como diminuições da atividade de músculos antagonistas após o treinamento resistido (POUSSON et al., 1999).

De forma a estabelecer parâmetros eletromiográficos que permitam demonstrar as adaptações musculares ao treinamento ao mesmo tempo que possa ser utilizado como indicador de intensidades de treinamento desenvolveu-se o conceito de limiar de fadiga eletromiográfico -  $EMG_{LF}$  (DEVRIES et al., 1982; MATSUMOTO et al., 1991) que corresponde a mais alta intensidade do exercício sustentável sem evidência de fadiga neuromuscular, isto é, nesta intensidade a atividade eletromiográfica não se altera com o passar do tempo.

Para sua determinação de índices é necessária a realização de atividades utilizando-se de diferentes intensidades de carga em diferentes dias, com o intuito de diminuir efeitos de testes anteriores (HOUSH et al, 1995; CARDOZO; GONÇALVES, 2003; OLIVEIRA et al., 2005). Este tipo de protocolo acarreta uma grande demanda de tempo para ser realizado. Neste sentido, Oliveira et al. (2005) demonstraram que a execução de exercício de flexão do cotovelo por 30 segundos, um minuto ou até exaustão possui resultados semelhantes entre os coeficientes de inclinação (*slopes*) da

correlação entre a atividade EMG e o tempo nas diferentes intensidades de carga utilizadas, bem como dos próprios valores de  $EMG_{LF}$  obtidos em cada protocolo, demonstrando a possibilidade de realizar-se o protocolo de determinação do  $EMG_{LF}$  em um menor período. Outros parâmetros fisiológicos com o objetivo de entender a fadiga muscular têm sido utilizados ao longo da execução de exercícios resistidos, como as escalas de percepção de esforço (PE) e a frequência cardíaca (FC) (LAGALLY et al. 2002, HUNTER et al. 2005; HUMMEL et al. 2005), os quais tem apresentado correlações com a atividade EMG (HUNTER; CRITCHLOW; ENOKA, 2005; HUNTER et al., 2005; MOTTRAM et al., 2005). No entanto, pode-se esperar que com o treinamento possam existir alterações na atividade eletromiográfica e possivelmente em parâmetros como a FC e PE.

Sendo assim, o objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito de um treinamento de resistência, baseado no  $EMG_{LF}$  do músculo bíceps do braço, no tempo de resistência isotônica, força e atividade eletromiográfica, assim como na FC e PE.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Características da amostra**

Vinte voluntários do gênero masculino, saudáveis, com idade entre 18 e 24 anos, sem antecedentes de doenças músculo-esqueléticas na região lombar, ombros e cotovelos, e sem histórico de prática de treinamento de força para membros superiores nos últimos seis meses anteriores aos testes. O voluntário não seria incluído no experimento se este não possuísse entre 1,70 e 1,85 m. Estes voluntários foram divididos em um grupo controle (GC, n=10) e um grupo treinado (GT, n=10). Foram realizadas medidas antropométricas de massa, altura e comprimentos de braço e antebraço para assegurar a homogeneidade da amostra. Antecipadamente ao experimento os voluntários foram orientados sobre as atividades a serem realizadas e assinaram um Termo de Consentimento ao participarem das mesmas. O presente projeto de pesquisa foi encaminhado e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa local.

### **Exercício rosca bíceps**

No presente estudo, foi investigada a execução do exercício rosca bíceps, de maneira adaptada (RBA). Os voluntários realizam ciclos de flexão/extensão do cotovelo na posição em pé segurando a barra com os antebraços em supinação e as mãos distantes aproximadamente 45cm, pés afastados e joelhos levemente flexionados. Com intuito de controlar a postura e simetria dos movimentos, foi utilizado um sistema de hastes metálicas (OLIVEIRA et al., 2005) desenvolvido especialmente para esta finalidade

(Figura 1). Por meio deste sistema houve o limite dos movimentos dos membros superiores ântero-lateralmente por meio de uma fina tira de velcro, protegida com espuma, que foi colocada ao redor da articulação do cotovelo. Este equipamento também auxiliou na manutenção da posição do joelho em flexão de  $15^{\circ}$ . A amplitude de movimento das flexões e extensões foi de aproximadamente  $110^{\circ}$ , iniciando-se aos  $15^{\circ}$  de flexão ( $0^{\circ}$  = extensão total) e terminando aos  $125^{\circ}$ .

### **Equipamentos**

Para a realização dos testes de carga máxima isotônica (CMI) dos exercícios RB, RBA e RS utilizou-se uma barra reta de 2 kg, na qual foram acopladas anilhas de 0,5kg, 1kg, 4kg, 5kg e 10kg de acordo com a intensidade de carga a ser sustentada. Para auxiliar na simetria durante a execução dos testes de CMI, bem como para os testes isotônicos em todos os exercícios, foi utilizado um espelho plano (150cm de altura, 70cm de largura), colocado 100cm à frente do voluntário.

Para padronizar o ritmo de execução dos exercícios isotônicos foi utilizado um metrônomo (Qwik Time QT-3, Pequim, China) calibrado a 40bpm. As imagens destes teste foram registradas por meio uma câmera JVC GR-AX910U, Tokio, Japão, posicionada a 360cm perpendicularmente ao plano sagital direito e as articulações envolvidas nos movimentos realizados, assim como as partes laterais da barra foram evidenciadas por meio de marcas passivas (Figura 1).

A análise destas imagens permitiu a identificação das fases do movimento (concêntrica ou excêntrica, porém só analisou-se a fase concêntrica neste estudo), nas quais foram obtidos os registros eletromiográficos. A sincronização entre o início da aquisição das imagens e do sinal EMG foi realizada por meio de um sistema fotoeletrônico (TORTOZA; GONÇALVES, 1993). Este sistema constitui-se de um ponto luminoso que foi ativado ao início da captação do sinal EMG e este momento seria posteriormente identificado nas imagens.



**Figura 1.** Posições inicial intermediária e final do exercício rosca bíceps adaptado, utilizando-se do sistema de hastes para controle do posicionamento do cotovelo (A), e joelho (B).

## EMG

Para a captação dos sinais eletromiográficos foram utilizados eletrodos de superfície bipolares passivos de Ag/AgCl da marca MEDITRACE, de 3cm de diâmetro e com área efetiva de captação de 1cm de diâmetro. Previamente a colocação dos eletrodos foi realizada tricotomia, abrasão com lixa fina e limpeza da pele com álcool no nível dos músculos estudados. Os eletrodos foram posicionados aos pares com uma distância intereletrodos de 2cm sobre os músculos bíceps do braço (BB) de acordo com Hermens et al. (2002) no terço distal do braço na porção comum desse músculo, e no músculo braquiorradial (BR) de acordo com Ervilha et al. (2004) no ventre muscular, 5cm distal a articulação do cotovelo. Os músculos analisados foram do lado direito dos voluntários e um eletrodo de referência foi posicionado no processo estilóide da ulna.

Foi utilizado um módulo de aquisição de sinais biológicos (Lynx<sup>®</sup>) de quatro canais, no qual foram conectados os eletrodos, configurado com o ganho de 1000 vezes, filtro de passa alta de 20Hz e filtro passa baixa de 500Hz. A conversão dos sinais analógicos para digitais foi realizada por uma placa A/D com faixa de entrada de -5 à +5 Volts (CAD 1026-Lynx<sup>®</sup>). Para a aquisição dos sinais foi utilizado um *software* específico (Aqdados-Lynx<sup>®</sup>) calibrado com a frequência de amostragem de 4000Hz. O sistema possui uma razão de rejeição de modo comum maior que 80dB. Para evitar a interferência da rede local no registro EMG foi utilizado um filtro *notch* de 60Hz.

## PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

### *Teste de carga máxima isotônica (CMI).*

Para o teste de CMI do exercício RBA, o voluntário se posicionou em pé, com os pés afastados, joelhos levemente flexionados e segurando a barra com os antebraços em supinação. A carga inicial do teste foi de 30kg. A amplitude do movimento de flexão do cotovelo deveria ser completa a partir da extensão total, e sem realizar movimentos compensatórios como flexão do ombro ou hiper-extensão do tronco, alcançar a flexão completa.

A cada movimento de flexão completa do cotovelo foram adicionados 5 kg à barra, até que o voluntário apresentasse impossibilidade de realizar o movimento na amplitude total e/ou no posicionamento proposto. Neste momento do teste foi diminuído 1kg de massa e realizou-se outra tentativa. O mesmo procedimento foi repetido até que o voluntário realizasse um novo movimento completo, sendo considerada como CMI do voluntário a carga desta última tentativa realizada com sucesso. Foi estabelecido um intervalo de 5 minutos entre cada tentativa.

No dia da realização do teste de CMI, os voluntários foram familiarizados com as atividades que foram executadas no dia dos testes com EMG, ou seja, os exercícios RB, RBA no primeiro dia de testes de CMI e o RS no segundo dia de testes de CMI. Os voluntários se familiarizaram com os movimentos isotônicos recebendo instruções sobre ritmo, postura e amplitude de movimento para os exercícios, bem como com a forma de execução das contrações isométricas propostas no protocolo. Houve a familiarização também

para a utilização da PE, sendo inicialmente explicada para o voluntário o objetivo desta mensuração, e a forma de interpretação da escala.

### ***Testes para determinação do $EMG_{LF}$***

Os voluntários realizaram inicialmente exercícios para alongamento dos músculos envolvidos nas articulações do cotovelo, ombro e da região lombar da coluna vertebral e a seguir executaram uma série de 30 a 60 segundos do exercício proposto, como adaptação ao ritmo e ao posicionamento.

### ***Contração isométrica voluntária Máxima (CIVM)***

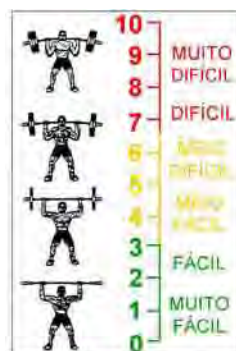
Anteriormente ao exercício isotônico, foram efetuadas três CIVMs de 5 segundos para a flexão do cotovelo direito, na posição sentada, com o cotovelo à 90° e braço ao longo do corpo. Uma tira de velcro foi colocada no punho dos voluntários e esta foi conectada à uma célula de carga (Kratos Dinamômetros, modelo MM 200 Kgf), a qual foi tracionada e os valores de força foram registrados. Foi respeitado um intervalo de 2 minutos entre cada CIVM. O valor de força isométrica máxima foi determinado pela CIVM que gerar o maior valor de força de tração da célula de carga foi utilizada para a normalização.

Após a realização da terceira CIVM para flexão do cotovelo, e posterior determinação da força máxima, foi realizada uma contração isométrica de flexão do cotovelo (5 segundos) com intensidade de carga de 50% da CIVM de flexão do cotovelo.

### **Testes isotônicos**

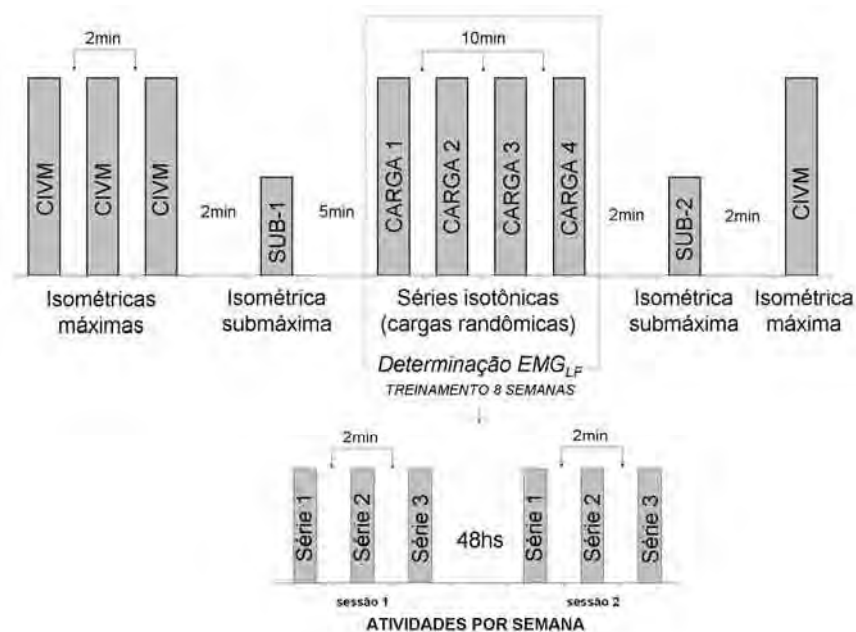
Os voluntários realizaram quatro séries de um minuto, com as cargas variando entre 25%, 30%, 35%, e 40% da CMI de forma aleatória. Entre as séries houve um intervalo de 10 minutos que permitem assim uma recuperação dos parâmetros eletromiográficos (KUORINKA, 1988, ESPOSITO; ORIZIO; VEICTEINAS, 1998; Estudo piloto realizado, dados em laboratório).

Durante a realização dos exercícios isotônicos, foram registrados os dados de EMG, FC por meio de um frequencímetro (Polar S150, Kempele, Finlândia), como também de PE por meio de uma escala subjetiva (adaptada de Robertson et al., 2003) que varia entre os números 0 (muito fácil) e o número 10 (muito difícil). Para a obtenção dos valores de PE, o voluntário foi solicitado a referir um número relacionado ao possível esforço percebido. Esta escala foi colocada fixa ao lado do espelho que os voluntários utilizaram durante as contrações isotônicas (Figura 2). Estes os dados de FC e PE foram obtidos a cada 15 segundos durante o tempo de um minuto de execução dos testes isotônicos, enquanto os dados de EMG foram obtidos durante todo o período de contração isotônica.



**Figura 2.** Escala de percepção de esforço utilizada nos testes isotônicos.

Imediatamente após o exercício, realizou-se uma nova contração isométrica a 50% da CIVM, e dois minutos após, uma nova CIVM com os mesmos procedimentos utilizados na CIVM inicial. A realização destas contrações isométricas submáximas tem por objetivo comparar os valores dos parâmetros EMG antes e após o protocolo em valor fixo de carga, visto que após um exercício fadigante, os voluntários podem não representar efetivamente a mesma CIVM. Sendo assim, comparou-se CIVM antes e após, e contrações isométricas submáximas antes e após o protocolo. A Figura 3 exemplifica os procedimentos realizados pelos voluntários em cada dia de teste.



**Figura 3.** Procedimentos experimentais. Contrações isométricas voluntárias máximas (CIVM) e submáximas antes (SUB-1) e após (SUB-2) a realização do exercício isotônico para a determinação do  $EMG_{LF}$ . Treinamento de 8 semanas utilizando-se do  $EMG_{LF}$ , constituído de duas sessões semanais constituídas de 3 séries até a exaustão, com dois minutos de intervalo foram executadas.

Durante todas as execuções das contrações isométricas, bem como dos exercícios isotônicos, os voluntários foram estimulados pelo pesquisador responsável a manter a execução do exercício, havendo orientações verbais sobre possíveis alterações na velocidade da execução, bem como da postura para a realização do exercício.

### **Análise dos dados eletromiográficos**

Para a análise dos sinais EMG foram utilizadas algoritmos específicos, criados em ambiente MatLab (MathWorks®). A partir das séries temporais da atividade EMG das contrações isométricas, foi determinado o valor da força máxima em janela única de 1 segundo que apresentar maior estabilidade nos valores de tração da célula de carga. Com este intervalo foram realizados os cálculos da amplitude do sinal retificado, por meio da *root mean square* (RMS).

Para as contrações isotônicas os procedimentos de cálculos foram realizados, em cada intensidade de carga, nos instantes de tempo em que os voluntários estivessem com a articulação do cotovelo direito em aproximadamente 90° durante as CC. Esta angulação foi determinada por meio das imagens obtidas simultaneamente com os registros EMG. Fixando-se esta amplitude de movimento durante as contrações isotônicas, permitiu simular uma condição quasi-estática para cada CC, e assim analisou-se a RMS da atividade eletromiográfica durante 250 milissegundos a partir do instante analisado.

Dos valores de RMS do sinal EMG obtidos nos testes isotônicos, foram realizadas regressões lineares em função do tempo para a obtenção dos coeficientes angulares (*Slopes*) valores Iniciais, denominados aqui de interceptos (INT), das diferentes intensidades de carga para cada exercício realizado, obtidos no intercepto da reta de regressão linear no eixo da intensidade de carga (eixo Y). Da mesma forma, com os dados de PE obtidos para cada intensidade de carga, foi utilizada a mesma estrutura matemática para a obtenção de um índice de intensidade de carga da PE.

#### **Determinação do $EMG_{LF}$ .**

Os valores de RMS foram associados com o tempo de exaustão dentro de cada uma das quatro porcentagens de carga para obtermos com as retas de regressão linear os coeficientes de correlação ( $r$ ), os níveis de significância ( $p$ ) e os *slopes*. Os *slopes* foram então correlacionados com as respectivas cargas, obtendo, então, novas retas de regressão linear, sendo o intercepto considerado o  $EMG_{LF}$  (deVRIES, 1982; CARDOZO; GONÇALVES, 2003).

#### **Protocolo de treinamento**

Os voluntários do GT foram submetidos a um protocolo de treinamento a partir da semana seguinte ao término dos testes isotônicos. Este treinamento ocorreu por um período de oito semanas, duas vezes por semana, respeitando-se um intervalo mínimo de 48 horas entre uma sessão e outra.

Em cada sessão de treinamento os voluntários realizaram três séries do exercício RBA até a exaustão, e entre cada série, os voluntários tiveram dois minutos de intervalo. Durante todas as séries os voluntários foram encorajados pelo pesquisador responsável a manter a execução do exercício. Foi considerado que o voluntário atingiu a exaustão, e, portanto não pode prosseguir a execução, se o mesmo não conseguir manter a amplitude e/ou a velocidade da execução do exercício na postura correta.

A intensidade de carga de treinamento dos voluntários correspondeu ao valor total do  $EMG_{LF}$  expresso em porcentagem da CMI (%CMI), sendo que na quinta semana de treinamento houve uma reavaliação da CMI do exercício RB, e com este novo valor da CMI houve um reajuste da carga utilizada como o  $EMG_{LF}$  de cada voluntário, porém no mesmo percentual do  $EMG_{LF}$  inicial.

Após o término do treinamento, foram repetidos os mesmos procedimentos descritos anteriormente (determinação da CMI, determinação do  $EMG_{LF}$  e registro dos valores de FC e PE).

### **Análises estatísticas**

Para avaliar as alterações na força máxima isotônica, foram realizados testes *t-Student* para avaliar o efeito do tipo de exercício (RB x RS), bem como o efeito do treinamento nestes valores. Com os valores de força das contrações isométricas máximas, foi realizada uma ANOVA *three-way* na qual os fatores foram o grupo (GC x GT), a condição de treinamento (0 semanas x 8 semanas) e a realização do protocolo (CIVM1 x CIVM2). Em relação aos

valores de RMS das contrações submáximas, foram realizadas análises pareadas de *Wilcoxon* entre os valores de SUB-1 e SUB-2 para cada exercício nos grupos GC e GT. Este mesmo teste foi utilizado para verificar possíveis diferenças entre 0 semanas e 8 semanas para os valores de SUB-1 e SUB-2. O teste de *Mann-Whitney* foi aplicado para analisar os valores das contrações submáximas entre GC e GT.

Para verificar o efeito dos diferentes tipos de exercícios nos valores de *slope* e intercepto da RMS, foi aplicada a análise de variância de *Kruskal-Wallis*. Já para as comparações entre a condição antes do treinamento e após o treinamento, foram aplicados testes de *Mann-whitney*. Com relação aos valores de FC e PE foi aplicada a análise de variância (ANOVA) *two-way*, para verificar o efeito da intensidade de carga (25% x 30% x 35% x 40%) e do tempo de execução (15s x 30s x 45s x 60s), com análise de *post-hoc* de *Tukey*. Para estes mesmos valores de FC e PE foram realizadas também ANOVAs *one-way*, para avaliar o efeito do treinamento no GC e GT (GC-pré x GC-pós x GT-pré x GT-pós). Para a verificação de diferenças entre os valores de  $EMG_{LF}$  dos músculos bíceps do braço e braquiorradial, e para os valores do índice de intensidade da PE foi aplicado o teste de *Mann-Whitney*. A avaliação do efeito da intensidade de carga nos valores de *slope* e interceptos dos músculos bíceps do braço e braquiorradial foram realizadas por meio da análise de variância de *Friedman*. O nível de significância foi de  $p < 0.05$  para todas as análises.

## RESULTADOS

As características dos voluntários do GC e GT são representadas na Tabela 1.

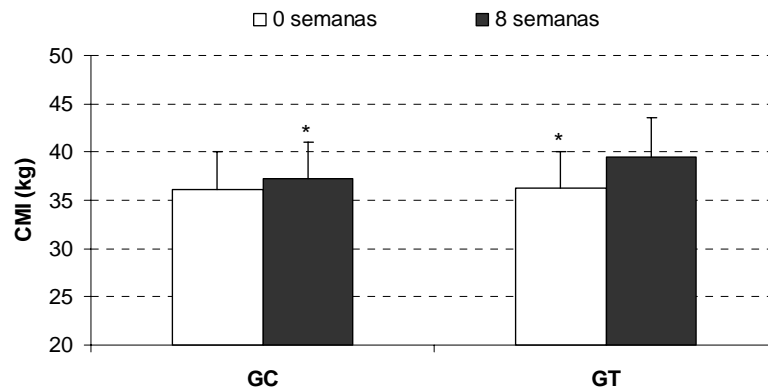
**Tabela 1.** Valores médios e desvios padrão da idade (anos), massa em (kg) e altura (cm) dos voluntários (n=20).

	idade	massa	altura
<b>GC</b>	20.8	73.76	177.95
	±1.2	±7.88	±3.90
<b>GT</b>	21.2	70.48	174.40
	±1.4	±7.73	±5.50

### Força isotônica – valores de CMI

Os valores de força obtidos no teste de CMI anterior e posterior à realização do treinamento são apresentados na Figura 4. A análise da CMI constatou que os valores de CMI do exercício RB são significativamente maiores que os valores do exercício RS ( $p < 0.05$ ) para ambos os grupos (GC e GT). Verificou-se que os valores iniciais de força ( $37.30 \pm 4.22\text{kg}$ ) aumentaram aproximadamente  $4.3(\pm 3.8)\%$  na quinta semana ( $38.9 \pm 4.18\text{kg}$ ), contudo, este aumento não foi significativo ( $p > 0.05$ ).

Ao final das oito semanas verificou-se um aumento da CMI em relação aos valores iniciais do GT ( $p < 0.05$ ) de  $5.9(\pm 4.2)\%$  em relação aos valores da semana inicial (Figura 4), Não foram identificadas alterações significativas nos valores de CMI do GC após o período de 8 semanas.



\* diferença significativa em relação ao teste de 8 semanas do GT

**Figura 4.** Valores de carga máxima isotônica (CMI) antes do período de treinamento (0 semanas, barras brancas) e após o treinamento (8 semanas, barras pretas), para o grupo controle (GC) e grupo treinamento (GT).

### Contrações isométricas

Quanto aos valores de força isométrica (Tabela 2) estes demonstraram não existir alterações significativas entre os grupos analisados (GC x GT), e entre as condições antes e após o treinamento (0 semanas x 8 semanas respectivamente). O efeito do exercício nos valores de CIVM foi encontrado apenas para o GC no teste inicial (0 semanas), havendo maiores valores de CIVM antes do teste em comparação com o final do teste.

Os valores de RMS dos músculos bíceps do braço e braquiorradial (Tabela 3) obtidos durante as contrações isométricas submáximas não apresentam diferenças quando analisados antes e após o treinamento entre o GC e o GT, como também não houveram alterações nos valores da RMS após o período de 8 semanas para o GC. Já para o GT, verifica-se que existe apenas uma tendência à menores valores da RMS para as contrações submáximas finais do protocolo.

**Tabela 2.** Valores médios e desvios padrão da força gerada durante as contrações isométricas voluntárias máximas anteriores (CIVM1) e posteriores (CIVM2) à realização dos exercícios rosca bíceps (RB), rosca bíceps adaptado (RBA) e rosca Scott (RS), para o grupo controle (GC) e treinamento (GT) antes (A8) e após (AP8) 8 semanas de realização do treinamento baseado no EMG<sub>LF</sub>.

Semanas/ Grupo	A8		AP8	
	CIVM1	CIVM2	CIVM1	CIVM2
GC	28.74 <sup>†</sup>	21.77	29.51	25.93
	±2.09	±2.35	±3.01	±3.14
GT	29.79	27.49	30.97	28.61
	±3.63	±3.54	±3.03	±2.21

<sup>†</sup> diferença significativa em relação à CIVM2

**Tabela 3.** Valores médios e desvios padrão da RMS do músculo bíceps do braço (BB) e braquiorradial (BR) (em % da CIVM), durante as contrações isométricas submáximas realizadas antes (SUB-1) e após (SUB-2) a execução do rosca bíceps adaptado, para os grupos controle (GC) e treinamento (GT) antes (A8) e após (AP8) a realização do treinamento (8 semanas).

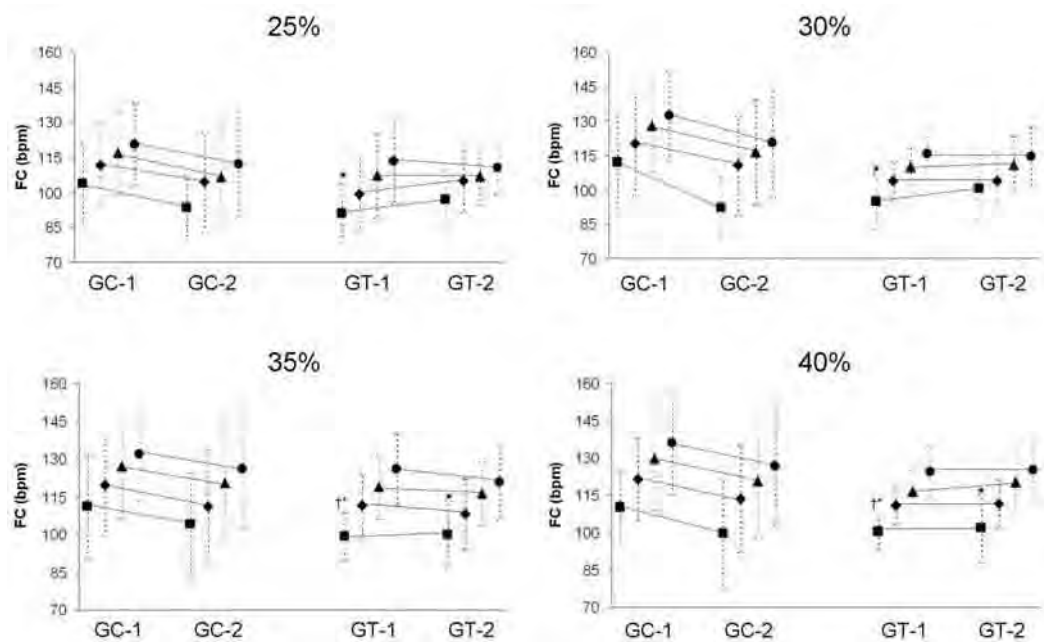
músculo	contração	GC		GT	
		A8	AP8	A8	AP8
BB	SUB-1	52.02*	54.72*	54.92	62.32
		±12.24	±7.35	±43.87	±21.21
	SUB-2	74.76	68.43	75.34	63.36
		±27.22	±14.02	±45.99	±25.42
BR	SUB-1	48.70*	41.15*	68.83*	56.78*
		±16.45	±6.62	±25.63	±16.53
	SUB-2	73.96	63.37	85.31	63.82
		±19.49	±15.45	±24.94	±19.05

\* diferença significativa em relação à SUB-2

## FC e EPE – efeito do treinamento

Os valores de FC apresentaram-se predominantemente semelhantes entre as cargas utilizadas para o presente estudo em ambos os grupos, tanto no pré-teste quanto no pós-teste (Figura 5). Já os valores de PE (Figura 6) apresentaram efeito da intensidade de carga no GC-2, verificando-se alterações apenas entre 25% e 40% aos 45s e 60s. Não foram verificadas alterações significativas para a intensidade de carga para o GT.

Quanto a verificação da FC nos diferentes tempos de execução do exercício, esta não foi influenciada no GC, ao passo que para o GT verificou-se diferença quando obtida a 15s e 60s tanto no GT-1 quanto no GT-2.



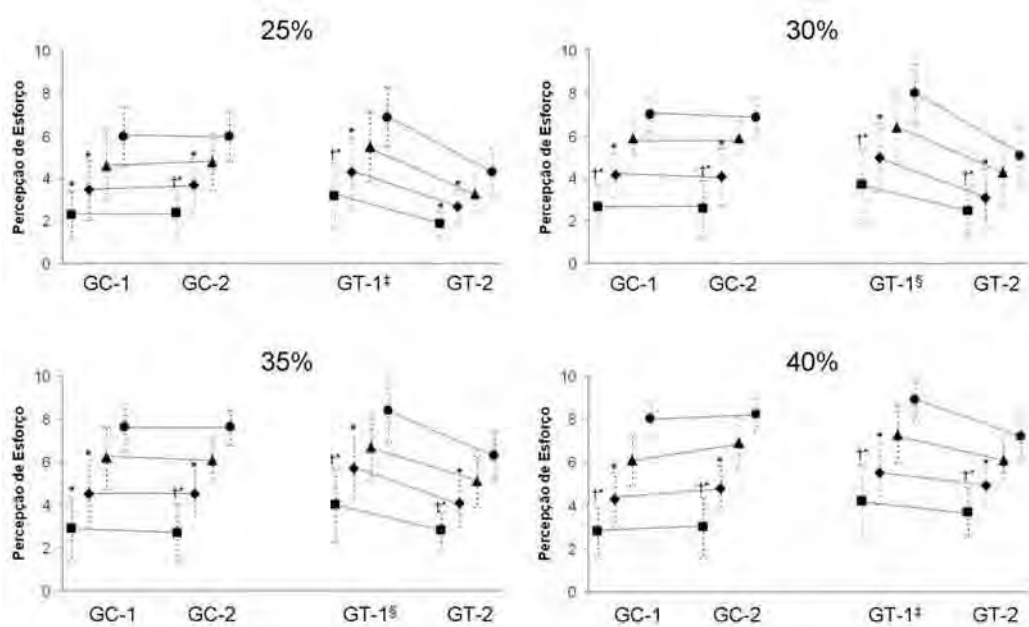
\* diferença significativa em relação à 60s

† diferença significativa em relação à 15s

**Figura 5.** Valores de frequência cardíaca (FC) obtidos durante o exercício rosca bíceps adaptado em quatro intensidades de carga, obtidos aos 15s (quadrados), 30s (losangos), 45s (triângulos) e 60s (círculos) para os grupos controle e treinamento antes (GC-1, GT-1) e após (GC-2, GT-2) o treinamento no EMG<sub>LF</sub>.

Quanto aos valores de PE, verificou-se predominantemente que os valores de 15s são menores que os valores de 45s e 60s, como também que os valores de 30s são menores que 60s (Figura 6) demonstrando a relação existente entre as PE e o desenvolvimento do processo de fadiga muscular durante as séries do exercício rosca bíceps adaptado.

O treinamento realizado no limiar de fadiga eletromiográfico não apresentou efeito sobre a FC, mas sim na PE, a qual demonstrou diminuição significativa durante a realização do exercício RBA principalmente a partir dos 30s de execução.



\* diferença significativa em relação à 60s;  
‡ diferença significativa para 45s e 60s do GT-2

† diferença significativa em relação à 45s  
§ diferença significativa para 30s, 45s e 60s do GT-2

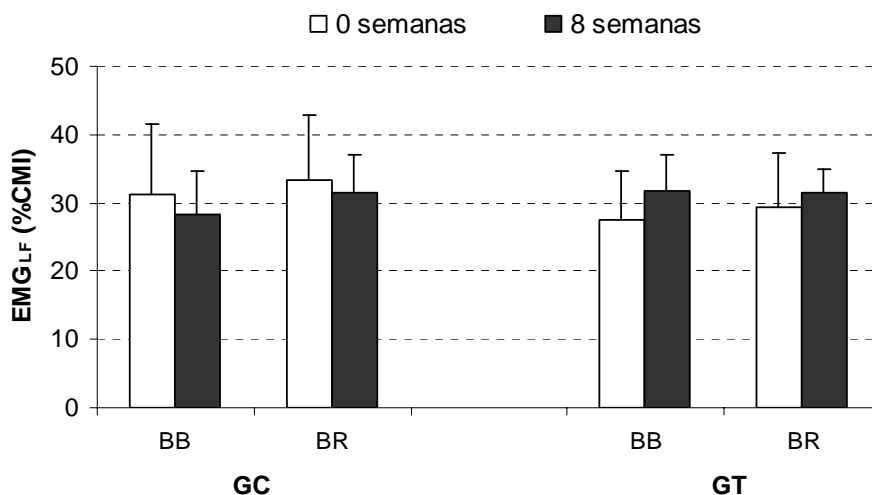
**Figura 6.** Valores de percepção de esforço (PE) do exercício rosca bíceps adaptado em quatro intensidades de carga, obtidos aos 15s (quadrados), 30s (losangos), 45s (triângulos) e 60s (círculos) para os grupos controle e treinamento antes (GC-1, GT-1) e após (GC-2, GT-2) do treinamento no EMG<sub>LF</sub>.

### Índice de intensidade de carga pela PE (limiar de PE)

Os valores de intensidade de carga obtidos por meio da PE para o GC e GT antes do treinamento (CG =  $14.21 \pm 9.62$ ; GT =  $17.30 \pm 6.23$ ) não foram diferentes dos valores obtidos após o treinamento (GC =  $16.34 \pm 5.78$ ; GT =  $17.18 \pm 9.9$ ). Além disso, foram encontradas baixas correlações entre os valores de  $EMG_{LF}$  e do índice da PE para ambos os grupos (GC –  $r=0.21$ ,  $p=0.3$ ; GT –  $r = 0.24$ ,  $p=0.34$ ).

### $EMG_{LF}$

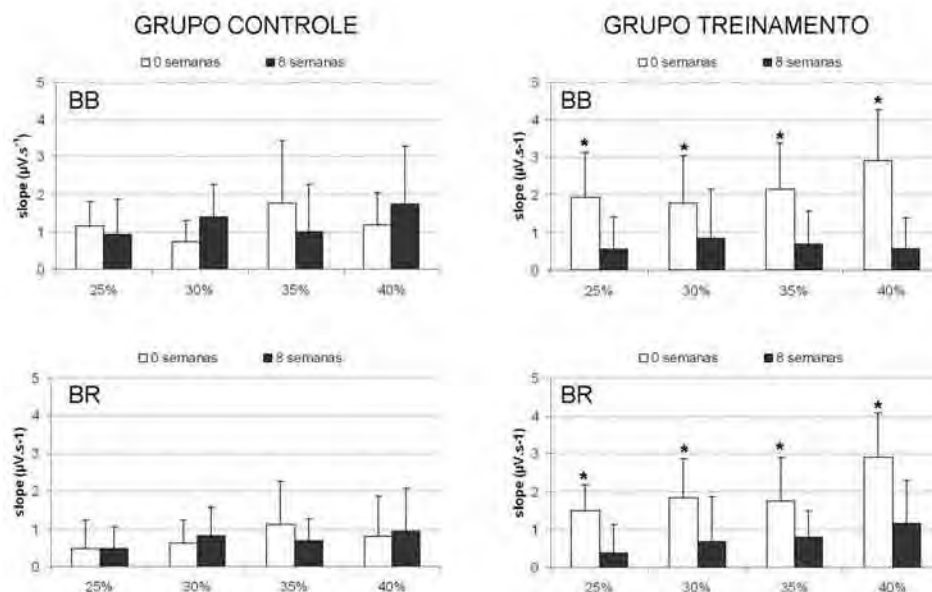
Os valores de  $EMG_{LF}$  (Figura 8) embora apresentem uma tendência a um aumento após o treinamento estes não apresentaram diferenças entre os músculos bíceps do braço e braquiorradial bem como entre os grupos.



**Figura 8.** Valores de limiar de fadiga eletromiográfico ( $EMG_{LF}$ ) dos músculos bíceps do braço (BB) e braquiorradial (BR) para o grupo controle (GC) e treinamento (GT) antes (0 semanas) e após (8 semanas) o período de treinamento.

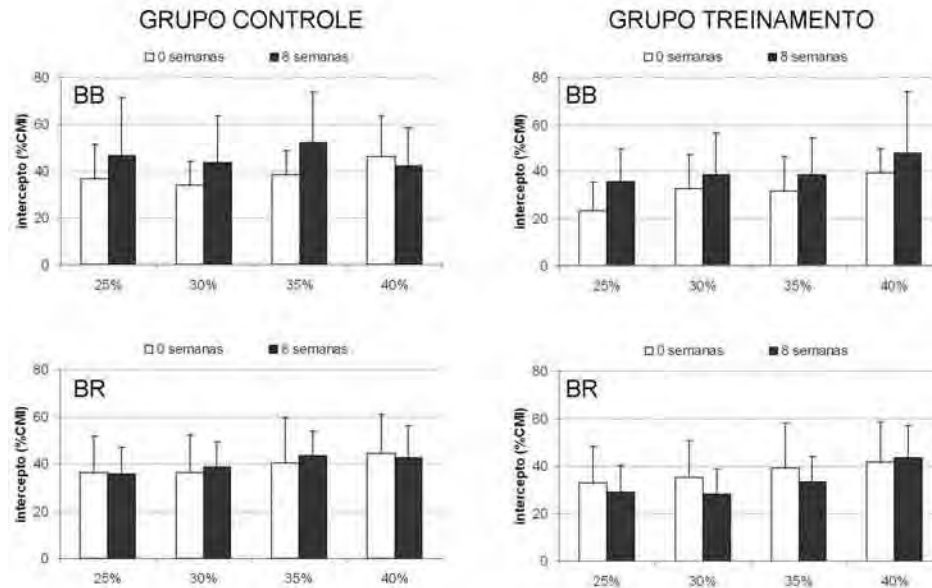
### Slopes e interceptos – efeito do treinamento

Com a intensidade de carga referente ao  $EMG_{LF}$  do músculo bíceps do braço realizou-se o treinamento de resistência para os flexores do cotovelo durante oito semanas sendo em seguida realizada uma nova avaliação da atividade eletromiográfica. Esta atividade foi correlacionada com o tempo de execução e assim foram obtidos os valores de *slope* (Figura 9) e intercepto (Figura 10). Verifica-se que os *slopes*, não apresentaram alterações significativas para o GC ao passo que para o GT diminuíram significativamente para todas as intensidades de carga ( $p < 0.05$ ). Quanto aos valores de interceptos (Figura 10), houve ausência de alterações significativas para o GC e GT para ambos os músculos.



\* diferença em relação a 8 semanas

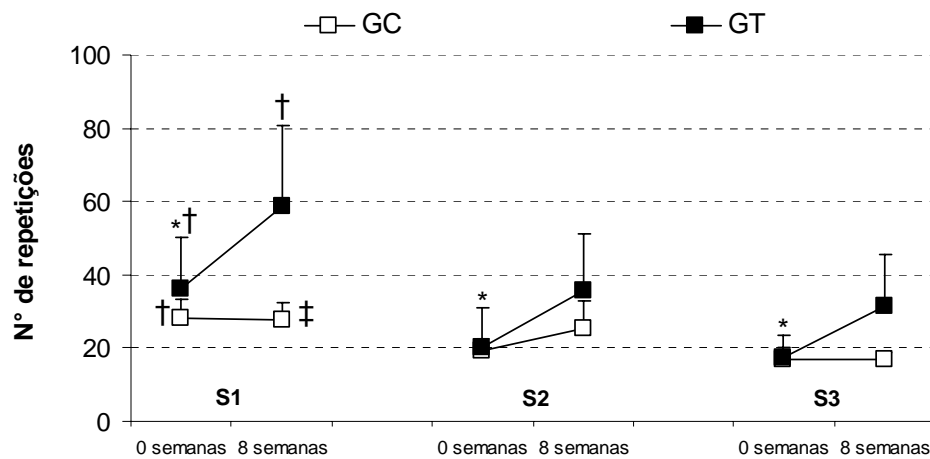
**Figura 9.** Valores de *slope* dos músculos bíceps do braço (BB) e braquiorradial (BR) nas quatro intensidades de carga (25%, 30%, 35% e 40% da CMI), para os grupos controle e treinamento, antes (0 semanas) e após (8 semanas) o treinamento.



**Figura 10.** Valores de intercepto dos músculos bíceps do braço (BB) e braquiorradial (BR) nas quatro intensidades de carga (25%, 30%, 35% e 40% da CMI), para os grupos controle e treinamento antes (0 semanas) e após (8 semanas) o treinamento.

### ***Exercício de resistência isotônica***

A realização do treinamento de oito semanas pelo GT acarretou um aumento significativo no número de repetições do exercício RBA ( $p < 0.001$ ) para todos os voluntários (Figura 11) com aumento de  $68.66(\pm 46.62)\%$  para a primeira série,  $81.96(\pm 43.35)\%$  para a segunda série e  $78.97(\pm 38.91)\%$  para a terceira série na última sessão do treinamento. Verificou-se também que a realização de diversas séries acarretou diminuição do número de repetições, pois na primeira série foram alcançados os maiores números de repetições em comparação com as outras séries. O grupo controle não apresentou alterações significativas quanto ao número de repetições antes e após o período de treinamento, mas apresentou também diminuição do número de repetições nas séries finais.



\* diferença significativa em relação à 8 semanas

† diferença significativa em relação à S2 e S3

‡ diferença significativa em relação à S3

**Figura 11.** Valores médios de repetições do exercício rosca bíceps adaptado, para a série 1 (S1), série 2 (S2) e série 3 (S3) antes (0 semanas) e após o período de treinamento (8 semanas), para o grupo controle (GC) e o grupo treinamento (GT).

## DISCUSSÃO

O propósito do presente estudo foi avaliar as respostas de parâmetros eletromiográficos, de intensidade de esforço (FC e PE) após um treinamento de resistência utilizando o  $EMG_{LF}$  como indicador da intensidade do treinamento dos músculos bíceps do braço e braquiorradial. A aplicação de treinamentos resistidos vem sendo amplamente utilizada devido a benefícios como o aumento da força, hipertrofia e resistência muscular (KRAEMER; RATAMESS, 2004), porém com a utilização do  $EMG_{LF}$  como indicador de intensidade nada foi encontrada na literatura.

Neste estudo, a intensidade de carga referente ao  $EMG_{LF}$  obtida foi relativamente baixa, em média 30% da CMI e não se alterou com o treinamento. Entretanto, a CMI aumentou significativamente como em estudos anteriores que realizaram treinamento resistido para flexão do cotovelo

(CAMPOS et al., 2002; McBRIDE; BLAAK; TRIPLETT-McBRIDE, 2003). A avaliação das contrações isométricas máximas, no entanto, não apresentou alteração com o treinamento, e este fato pode estar relacionado com o princípio da especificidade da tarefa (WEINECK, 1999), pois todo o treinamento foi baseado na execução de contrações isotônicas, demonstrando que pode não haver relação entre o aumento da força isotônica com a força isométrica (KOMI, 1992; WEINECK, 1999).

A análise da fadiga muscular, por meio de contrações isométricas submáximas, demonstrou que o treinamento de resistência causou efeito nas contrações isométricas dos músculos flexores do cotovelo após a realização do protocolo de determinação do  $EMG_{LF}$ . Por outro lado, as contrações máximas apresentaram-se similares antes e após o protocolo de determinação do  $EMG_{LF}$ , possivelmente pela execução da contração máxima final ser quatro minutos após o término do exercício, enquanto as contrações submáximas finais foram realizadas dois minutos após o exercício. Sendo assim, pode ter ocorrido a recuperação da musculatura avaliada após a contração submáxima (KROON; NAEIJE, 1991; KROGH-LUND; JORGENSEN, 1993; ELFVING et al., 2002; LARIVIÉRE et al., 2003; De RUITER et al., 2005).

Diferentemente das contrações isométricas, as contrações isotônicas apresentaram alterações com a aplicação do treinamento. Foram encontrados menores valores de *slope* após o treinamento para as intensidades de carga utilizadas. Em contrapartida, os valores de intercepto não apresentaram alterações em decorrência do treinamento, indicando que os valores iniciais do recrutamento permaneceram semelhantes, embora ao longo

do tempo de execução do exercício, houve menor recrutamento após o treinamento.

As possíveis adaptações que levam a este comportamento podem estar relacionadas tanto ao aumento da força muscular, que acarreta menor esforço para a realização das repetições, como também da parte metabólica dos músculos em questão, pois pode haver melhora na oxigenação dos músculos, por meio de capilarização, além de uma maior eficiência na remoção de metabólitos que se acumulam em decorrência da fadiga muscular (lactato, potássio, fosfato inorgânico, entre outros) (KOMI, 1992; WESTERBLAD, 2002; GIANNESINNI; COZZONE; BENDAHAN, 2003).

O treinamento imposto aos voluntários aumentou o número de repetições do exercício. Tal resposta foi alcançada pela exigência do esforço até a exaustão voluntária em todas as séries de todas as sessões de treinamento. Verifica-se na literatura que este tipo de treinamento acarreta melhorias no de fluxo sanguíneo e reabsorção de metabólitos, o que pode causar melhoras no tempo de execução (WESTERBLAD, 2002). Análises anteriores sobre o efeito de treinamentos resistidos sobre parâmetros eletromiográficos verificaram também queda nos valores de RMS em contrações isométricas (KOLLMITZER et al., 2000; MARSON; GONÇALVES, 2003) que foram justificadas por melhorias no recrutamento das unidades motoras, como também por um possível aumento na força dos voluntários (McBRIDE; BLAAK; TRIPLED-McBRIDE, 2003). Este aumento da força (principalmente a isotônica) pode ter relação com o aumento da massa

muscular envolvida no treinamento (McCALL et al., 1996; McBRIDE; BLAAK; TRIPLED-McBRIDE, 2003).

A determinação do  $EMG_{LF}$  necessita da utilização de diferentes intensidades de carga, e o treinamento imposto no presente estudo apesar de apresentar efeito nos valores de *slope* tanto do músculo bíceps do braço quanto do músculo braquiorradial, não acarretou alteração nos valores de  $EMG_{LF}$  obtidos após o treinamento para estes dois músculos. Verificou-se aumento substancial no número de repetições do exercício rosca bíceps, em virtude principalmente da característica aeróbia que o  $EMG_{LF}$  possui, visto que as intensidades de carga possuem a característica de um treinamento de resistência e não de força muscular.

As alterações fisiológicas que ocorrem durante uma atividade física são inúmeras, e um dos parâmetros mais utilizados é a FC para o conhecimento do condicionamento do indivíduo (O'LEARY, 1996). No presente estudo os valores de FC, embora se observe uma progressão com o aumento da carga, não foi significativo, o que pode estar relacionado à proximidade existente entre as cargas (HOUSH et al., 1995). Quanto ao tempo de execução dentro de cada série de um minuto, ao final da execução a FC aumenta como resposta ao estímulo da atividade muscular que exige maior oxigenação, remoção dos metabólitos ao final das séries e devido ao processo de fadiga muscular que pode ocorrer, mesmo utilizando-se de baixas intensidades de carga (O'LEARY, 1996).

Ao utilizar-se da escala de percepção de esforço, esta permitiu demonstrar os efeitos tanto da intensidade de carga utilizada, do tempo de

execução assim como do treinamento, após o qual, os valores da PE foram menores. No sentido de identificar a possibilidade da percepção de esforço prever as respostas EMG (HUMMELL, et al., 2005), estes resultados apresentam uma correspondência, visto que foram observadas diminuições no *slope* da RMS para ambos os músculos analisados. Este fato pode estar relacionado pelo modo comum com que estas variáveis são controladas. A PE apresenta-se regulada pelo sistema nervoso central, havendo também importantes influências de eventos periféricos na determinação da intensidade do esforço (HUMMEL et al. 2005; HUNTER; CRITCHLOW; ENOKA, 2005; HUNTER et al., 2005). Da mesma forma, as contrações musculares são controladas pelo sistema nervoso, embora eventos periféricos possam alterar de maneira importante a EMG (SOGAARD et al., 2006), existindo estímulos sendo enviados simultaneamente para o controle da PE e da atividade muscular. Apesar disso, quando foi obtido um índice de PE, da mesma maneira que para os dados eletromiográficos, os valores obtidos são diferentes para as duas variáveis, e em ambas não são encontrados efeitos do treinamento.

Sendo assim, pode-se concluir com o presente estudo que o treinamento resistido para flexão do cotovelo, baseado nos valores de  $EMG_{LF}$  desenvolveu a força e resistência dos músculos bíceps do braço e braquiorradial, acompanhada de diminuição do recrutamento de UM ao longo da execução do exercício RBA. Verifica-se que os valores de  $EMG_{LF}$  (por volta de 30% da CMI) propiciam um treinamento de resistência, evidente pelo grande aumento do número de repetições. Além disso, verifica-se que a PE, mais que a FC, apresenta respostas semelhantes aos verificados por meio da EMG,

principalmente com relação aos efeitos do tempo de execução do exercício, bem como do treinamento. Demonstrando que pode existir ligação entre parâmetros que possuem controle central e que também podem receber influências periféricas, como a EMG e a PE.

### 3.5 Artigo 5

#### PARÂMETROS DE AMPLITUDE E FREQUÊNCIA DA ATIVIDADE MUSCULAR: EFEITO DO TREINAMENTO DE RESISTÊNCIA NO LIMAR DE FADIGA ELETROMIOGRÁFICO

##### RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito de um treinamento, baseado nos valores de  $EMG_{LF}$  para o exercício RBA, nos valores de amplitude (RMS) e frequência (Fmed) do sinal eletromiográfico dos músculos BB, BR, TB e MT. Vinte voluntários, (grupo treinamento [GT], n=10; grupo controle [GC], n=10), realizaram o exercício RBA com cargas de 25%, 30%, 35% e 40% da CMI pelo período de um minuto (min), com intervalo de 10 minutos entre as cargas. Realizou-se contrações isométricas máximas de flexão, extensão do cotovelo e extensão do tronco antes da execução do exercício isotônico. Foram utilizados os valores de  $EMG_{LF}$  do músculo BB como intensidade de carga do treinamento para o GT (8 semanas, 2 sessões semanais, 3 séries até a exaustão, 2 minutos de intervalo entre elas). Não foram encontradas alterações nos valores de força das contrações isométricas, por outro lado, os valores de RMS das contrações máximas foi significativamente maior para o músculo BR e significativamente menor para o músculo BB após o treinamento. Os valores de *slope* da RMS apresentaram diminuição significativa após o treinamento para os músculos BB, BR e também para o músculo TB. Não houve alteração nos valores de intercepto para os músculos analisados. Conclui-se que o treinamento baseado nos valores de  $EMG_{LF}$  acarretou mais alterações no parâmetro de amplitude eletromiográfica (RMS), mais relacionado com os

padrões de recrutamento dos músculos analisados, embora os músculos extensores do tronco apresentem alterações nos parâmetros de frequência, demonstrando adaptação ao treinamento para membros superiores.

Palavras chaves: treinamento,  $EMG_{LF}$ , exercícios resistidos, RMS, Fmed

## INTRODUÇÃO

Adaptações dos músculos agonistas ao treinamento são esperadas, sejam elas do ponto de vista da força, trofismo ou resitência, e este mesmo efeito tem sido encontrado em músculos antagonistas àqueles que estão sendo treinados. Esta transferência tem sido observada também na atividade eletromiográfica, como ocorre na diminuição da atividade eletromiográfica do músculo tríceps do braço (TB) após treinamento para flexão do cotovelo (POUSSON et al., 1999). O mesmo também foi observado durante extensões do tronco onde ocorreram grandes transferências de atividade da musculatura para músculos extensores do quadril (CLARK et al., 2003). Nielsen et al. (1998) verificaram que os músculos extensores do tronco, como o multifido (MT), apresentam diferentes respostas eletromiográficas à aplicação de cargas anteriores ao tronco, dependendo da altura que esta se encontra. Mais recentemente, Oliveira et al. (2006) verificaram o aumento da atividade eletromiográfica dos extensores do tronco ao longo do tempo de execução do exercício rosca bíceps (RB), alertando aos praticantes que a região lombar apresenta importante ativação durante exercícios realizados em pé.

De forma geral, treinamentos dinâmicos contra resistência acarretam aumentos substanciais na força e hipertrofia muscular (McCALL et al., 1996; HUBAL et al., 2005), estas alterações têm sido acompanhadas por aumentos na amplitude do sinal EMG em contrações máximas (COLSON et al., 1999; POUSSON et al., 1999; BRIDE; BLAAK; TRIPLETT-McBRIDE, 2003) enquanto parâmetros de frequência não se alteram (MACALUSO et al., 2000). Apesar das importantes informações que a EMG oferece em virtude do efeito

de determinados tipos de treinamento muscular, pouco se estudou sobre a utilização de um índice eletromiográfico para a prescrição da intensidade de um treinamento de resistência ou mesmo como indicador do efeito de um treinamento, como é o caso do limiar de fadiga eletromiográfico ( $EMG_{LF}$ ). Este índice baseia-se na obtenção de coeficientes de inclinação (*slopes*) da atividade eletromiográfica em diferentes intensidades de carga, e é definido como uma intensidade na qual se pode realizar o exercício pelo maior tempo possível, sem apresentar alterações na atividade eletromiográfica, (PAVLAT et al., 1993; HOUSH et al., 1995; CARDOZO; GONÇALVES, 2003).

Sendo assim, o objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito de um treinamento de resistência, baseado no  $EMG_{LF}$  do músculo bíceps do braço, nos parâmetros de amplitude e frequência dos músculos motores principais (bíceps do braço - BB e braquiorradial - BR), antagonistas (TB) e estabilizadores do tronco (MT) em contrações isométricas e isotônicas.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Características da amostra**

Vinte voluntários do gênero masculino, saudáveis, com idade entre 18 e 24 anos, sem antecedentes de doenças músculo-esqueléticas na região lombar, ombros, cotovelos e punhos, e sem histórico de prática de treinamento de força para membros superiores nos últimos seis meses anteriores aos testes. Estes voluntários foram divididos em um grupo controle (GC, n=10 - idade=20,8±1,2 anos; massa=73,76±7,88 kg; altura=177,95±3,90 cm) e um grupo treinado (GT, n=10 - idade=21,2±1,4 anos; massa=70,48±7.3 kg; altura=174,40±5.50 cm). Foram realizadas medidas antropométricas de massa, altura e comprimentos de braço e antebraço para assegurar-se a homogeneidade da amostra. Antecipadamente ao experimento os voluntários foram orientados sobre as atividades a serem realizadas e assinaram um termo de consentimento em submeterem-se às mesmas como aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa local.

### **Exercícios rosca bíceps (RB)**

No presente estudo, foi analisado o exercício rosca bíceps, de maneira adaptada (RBA), onde os voluntários realizam ciclos de flexão/extensão do cotovelo na posição em pé segurando a barra com os antebraços em supinação e as mãos distantes aproximadamente 45cm, pés afastados e joelhos levemente flexionados. Com intuito de controlar a postura e simetria dos movimentos, foi utilizado um sistema de hastes metálicas (OLIVEIRA et al., 2005) desenvolvido especialmente para esta finalidade

(Figura 1A). Por meio deste sistema houve o limite dos movimentos dos membros superiores ântero-lateralmente por meio de uma fina tira de velcro, protegida com espuma, que será colocada ao redor da articulação do cotovelo. Este equipamento também auxiliou na manutenção da posição do joelho em flexão de 15°. A amplitude de movimento de flexão e extensão do cotovelo nestes dois exercícios foi de aproximadamente 110°, iniciando-se aos 15° de flexão (0° = extensão total) e terminando aos 125°.

### **Equipamentos**

Para a realização dos testes de carga máxima isotônica (CMI) utilizou-se uma barra reta de 2kg, na qual foram acopladas anilhas de 0,5Kg, 1Kg, 4Kg, 5Kg e 10Kg de acordo com a intensidade de carga a ser sustentada. Para auxiliar na simetria durante a execução dos testes de carga máxima, bem como para os testes isotônicos em todos os exercícios, foi utilizado um espelho plano (150cm de altura, 70cm de largura), colocado 100cm à frente do voluntário.

Para padronizar o ritmo de execução dos exercícios isotônicos foi utilizado um metrônomo (Qwik Time QT-3, Pequim, China) calibrado a 40bpm. As imagens destes teste foram registradas por meio uma câmera JVC GR-AX910U, Tokio, Japão, posicionada a 360cm perpendicularmente ao plano sagital direito e as articulações envolvidas nos movimentos realizados, assim como as partes laterais da barra foram evidenciadas por meio de marcas passivas (Figura 1).

A análise destas imagens permitiu a identificação das fases do movimento nas quais foram obtidos os registros eletromiográficos. A sincronização entre o início da aquisição das imagens e do sinal EMG foi realizada por meio de um sistema fotoeletrônico (TORTOZA; GONÇALVES, 1993).



**Figura 1.** Posições inicial, intermediária e final do exercício rosca bíceps adaptado (A), utilizando-se do sistema de hastes para controle do posicionamento do cotovelo (A), e joelho (B).

## EMG

Para a captação dos sinais eletromiográficos foram utilizados eletrodos de superfície bipolares passivos de Ag/AgCl da marca MEDITRACE, de 3cm de diâmetro e com área efetiva de captação de 1cm de diâmetro. Previamente a colocação dos eletrodos foi realizada tricotomia, abrasão com lixa fina e limpeza da pele com álcool no nível dos músculos estudados. Os eletrodos foram posicionados aos pares com uma distância intereletrodos de

2cm sobre os músculos bíceps do braço (BB) de acordo com Hermens et al. (2002) no terço distal do braço na porção comum desse músculo; no músculo braquiorradial (BR) de acordo com Ervilha et al. (2004) no ventre muscular, 5cm distal a articulação do cotovelo; no músculo tríceps do braço (TB), a 50% entre o acrômio da escápula e o olecrano da ulna; e no músculo multifido (MT) segundo De Foa, Forrest e Biedermann (1989) no nível de L1, 3cm lateralmente. Os músculos analisados foram do lado direito dos voluntários e um eletrodo de referência foi posicionado no processo estilóide da ulna.

Foi utilizado um módulo de aquisição de sinais biológicos (Lynx<sup>®</sup>) de quatro canais, no qual foram conectados os eletrodos, configurado com o ganho de 1000 vezes, filtro de passa alta de 20Hz e filtro passa baixa de 500Hz. A conversão dos sinais analógicos para digitais foi realizada por uma placa A/D com faixa de entrada de -5 à +5 Volts (CAD 1026-Lynx<sup>®</sup>). Para a aquisição dos sinais foi utilizado um *software* específico (Aqdados-Lynx<sup>®</sup>) calibrado com a frequência de amostragem de 4000Hz. O sistema possui uma razão de rejeição de modo comum maior que 80dB. Para evitar a interferência da rede local no registro EMG foi utilizado um filtro *notch* de 60Hz.

## **Procedimentos experimentais**

### ***Teste de carga máxima isotônica (CMI)***

Para o teste de CMI do exercício RBA, o voluntário se posicionou em pé, com os pés afastados, joelhos levemente flexionados e segurando a barra com os antebraços em supinação. A carga inicial do teste foi de 30Kg. A amplitude do movimento de flexão do cotovelo deveria ser completa a partir da extensão total, e sem realizar movimentos compensatórios como flexão do ombro ou hiper-extensão do tronco, alcançar a flexão completa.

A cada contração realizada com sucesso foram adicionados 5 kg à barra, até que o voluntário não fosse capaz de realizar o movimento na amplitude total e/ou no posicionamento proposto. Neste momento do teste foi diminuído 1 kg de massa e realizou-se outra tentativa. O mesmo procedimento foi repetido até que o voluntário realizasse uma nova contração completa, sendo considerada como CMI do voluntário a carga desta última tentativa realizada com sucesso. Foi estabelecido um intervalo de 5 minutos entre cada tentativa.

No dia da realização do teste de CMI, os voluntários foram familiarizados com as atividades que foram executadas no dia dos testes de determinação do  $EMG_{LF}$ . Os voluntários se familiarizaram com os movimentos isotônicos recebendo instruções sobre ritmo, postura e amplitude de movimento para os exercícios, bem como com a forma de execução das contrações isométricas propostas no protocolo.

***Testes de determinação do EMG<sub>LF</sub>***

Os voluntários realizaram inicialmente exercícios para alongamento dos músculos envolvidos nas articulações do cotovelo, ombro e da região lombar da coluna vertebral e a seguir executaram uma série de 30 a 60 segundos do exercício proposto, para adaptação ao ritmo e ao posicionamento.

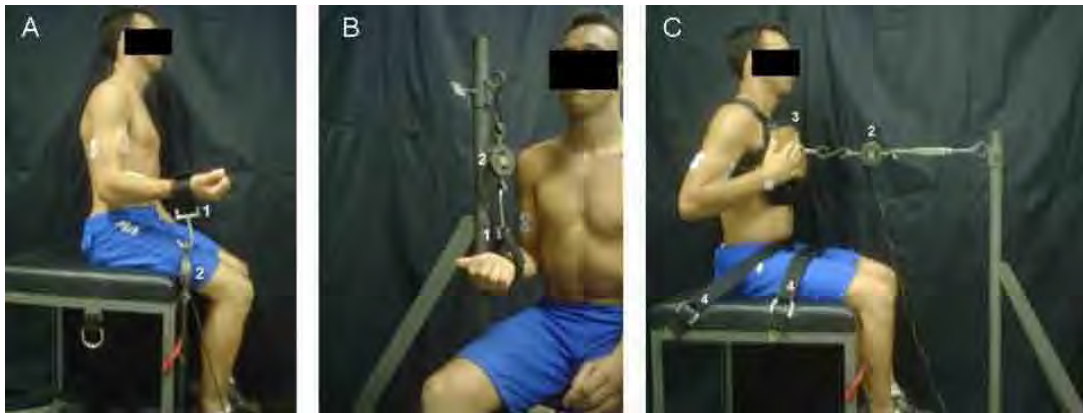
***Contração isométrica voluntária Máxima (CIVM)***

Anteriormente ao exercício isotônico de cada dia de testes, foram realizadas três CIVMs de 5 segundos com intervalo de 2 minutos entre elas, com o objetivo de normalizar os dados eletromiográficos das contrações isotônicas. Para isso, utilizou-se de uma estação de testes isométricos que permitiu a realização destas contrações para a flexão do cotovelo, extensão do cotovelo direito, como também para extensão de tronco respectivamente.

Para as flexões e extensões do cotovelo (Figuras 2A e 2B), os voluntários permaneceram em posição sentada, tronco ereto, cotovelo à 90° e braço ao longo do corpo. Uma tira de velcro foi colocada no punho dos voluntários para a realização da tração da célula de carga (Kratos Dinamômetros, modelo MM 200 Kgf). Após a realização da terceira CIVM e posterior determinação da força máxima, foi realizada uma flexão isométrica do cotovelo de 5 segundos a 50% da CIVM.

Para as extensões do tronco (Figura 2C), o voluntário foi posicionado sentado, sem manter contato dos pés com o solo, e com o quadril flexionado a 90°. O quadril e pernas foram estabilizados por meio de tiras de

velcro para evitar a possibilidade de movimentos compensatórios durante a extensão do tronco. Um colete específico foi utilizado para fixação da célula de carga na altura do peito do voluntário.



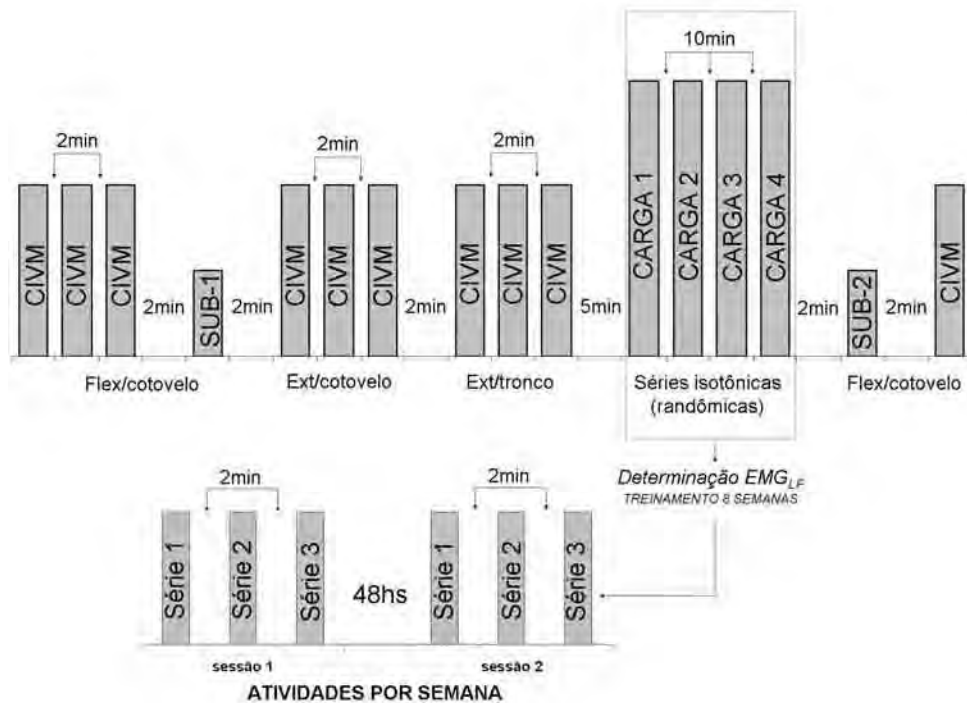
**Figura 2.** Posicionamento dos voluntários durante as contrações isométricas voluntárias máximas de flexão (A) e extensão (B) do cotovelo direito, e extensão do tronco (C). Tira de velcro (1). Célula de carga (2), colete de fixação da célula de carga (3) e cintos de de fixação dos membros inferiores (4).

### ***Testes isotônicos***

Os voluntários realizaram quatro séries de um minuto, com as cargas variando entre 25%, 30%, 35%, e 40% da CMI de forma aleatória. Entre as séries houve um intervalo de 10 minutos que permitiram assim uma recuperação dos parâmetros eletromiográficos (KUORINKA, 1988, ESPOSITO; ORIZIO; VEICTEINAS, 1998)

Imediatamente após o exercício, realizou-se uma nova contração isométrica a 50% da CIVM, e dois minutos após, uma nova CIVM com os mesmos procedimentos utilizados na CIVM inicial. A realização destas contrações isométricas submáximas tem por objetivo verificar os parâmetros EMG em valor fixo que foi comparada com a CIVM que após um exercício

fadigante pode não representar efetivamente a CIVM. A Figura 3 exemplifica os procedimentos realizados pelos voluntários em cada dia de teste.



**Figura 3.** Procedimentos experimentais, nos quais os voluntários realizaram contrações isométricas voluntárias máximas (CIVM) de flexão e extensão do cotovelo, como também de extensão do tronco. As submáximas antes (SUB-1) e após (SUB-2) a realização do exercício isotônico (RBA) que determinou o  $EMG_{LF}$ . A seguir, o treinamento de 8 semanas utilizando-se do  $EMG_{LF}$ , constituído de duas sessões semanais constituídas de 3 séries até a exaustão, com dois minutos de intervalo foram executadas.

Durante todas as execuções das contrações isométricas, bem como dos exercícios isotônicos, os voluntários foram estimulados verbalmente pelo pesquisador a manter a execução do exercício, havendo orientações verbais sobre possíveis alterações no ritmo da execução, bem como da postura para a realização do exercício.

### **Análise das variáveis eletromiográficas**

Para a análise dos sinais EMG foram utilizadas algoritmos específicos, criados em ambiente MatLab (MathWorks®). A partir das séries temporais da atividade EMG das contrações isométricas, foi determinado o valor da força máxima em janela única de 1 segundo que apresentar maior estabilidade nos valores de tração da célula de carga. Com este intervalo foram realizados os cálculos da amplitude do sinal retificado, por meio da *root mean square* (RMS), bem como foi realizada a análise espectral, por meio do algoritmo *Power Spectral Density* (PSD) do *software* MatLab (versão 6.5), da qual foram obtidos os valores de FM e Fmed.

Para as contrações isotônicas, todo o período de 1 minuto de realização das cargas foi registrado. Os procedimentos de cálculos foram realizados, em cada intensidade de carga, nos instantes de tempo em que os voluntários posicionassem a articulação do cotovelo direito em aproximadamente 90° durante as CC. Esta angulação foi determinada por meio das imagens obtidas simultaneamente com os registros EMG. Fixando-se esta amplitude de movimento durante as contrações isotônicas, permitiu simular uma condição quasi-estática para cada CC, na qual se analisou a RMS, Fmed e FM da atividade EMG durante 250 milisegundos.

Dos valores de RMS, Fmed e FM do sinal EMG obtidos nos testes isotônicos, foram realizadas regressões lineares em função do tempo para a obtenção dos coeficientes angulares (*Slopes*) e interceptos (INT), que são os valores Iniciais, das diferentes intensidades de carga para cada exercício

realizado, obtidos no intercepto da reta de regressão linear no eixo da intensidade de carga (eixo Y).

### **Determinação do $EMG_{LF}$ .**

Os valores de RMS e FM foram associados com o tempo de exaustão dentro de cada uma das quatro porcentagens de carga para obtermos com as retas de regressão linear os coeficientes de correlação ( $r$ ), os níveis de significância ( $p$ ) e os *slopes*. Os *slopes* foram então correlacionados com as respectivas cargas, obtendo, então, novas retas de regressão linear, sendo o intercepto considerado o  $EMG_{LF}$  (CARDOZO; GONÇALVES, 2003).

### **Protocolo de treinamento**

Os voluntários do GT foram submetidos a um protocolo de treinamento a partir da semana seguinte ao término dos testes isotônicos. Este treinamento ocorreu por um período de oito semanas, duas vezes por semana, respeitando-se um intervalo mínimo de 48 horas entre uma sessão e outra.

Em cada sessão de treinamento os voluntários realizaram três séries do exercício RBA até a exaustão, e entre cada série, os voluntários tiveram dois minutos de intervalo. Durante todas as séries os voluntários foram encorajados pelo pesquisador a manter a execução do exercício, a qual foi identificada quando o voluntário não conseguia manter a amplitude e/ou o ritmo de execução do exercício na postura correta.

A intensidade de carga de treinamento dos voluntários corresponderá ao valor do  $EMG_{LF}$  expresso em porcentagem da CMI (%CMI),

sendo que na quinta semana de treinamento houve uma reavaliação da CMI do exercício RB, e com este novo valor da CMI houve um reajuste da carga utilizada como o  $EMG_{LF}$  de cada voluntário, porém no mesmo percentual do  $EMG_{LF}$  inicial.

Após o término do treinamento, foram repetidos os mesmos procedimentos descritos anteriormente (determinação da CMI e determinação do  $EMG_{LF}$ ).

### **Análises estatísticas**

Para avaliar as alterações na força máxima isotônica, foram realizados testes *t-Student* para avaliar o efeito do treinamento nestes valores. Com os valores de força das contrações isométricas máximas, foi realizada uma ANOVA *three-way* na qual os fatores foram o grupo (GC x GT), a condição de treinamento (0 semanas x 8 semanas) e a realização do protocolo (CIVM1 x CIVM2). Para verificar o efeito dos diferentes tipos de exercícios nos valores de *slope* e intercepto da RMS, foi aplicada a análise de variância de *Kruskal-Wallis*.

Já para as comparações entre a condição antes do treinamento x após o treinamento, foram aplicados testes de *Mann-whitney*. Para a verificação de diferenças entre os valores de  $EMG_{LF}$  dos músculos BB e BR, foram aplicados o teste de *Mann-Whitney*. O nível de significância foi de  $p < 0.05$  para todas as análises. A avaliação do efeito da intensidade de carga nos valores de *slope* e interceptos dos músculos BB e BR foram realizadas por meio da análise de variância de *Friedman*.

## RESULTADOS

### ***Força isotônica – valores de CMI***

Foram encontrados inicialmente (0 semanas) valores médios de  $36,10 \pm 3,90$ kg e  $37,30 \pm 3,74$ kg para o GC e GT respectivamente, na quinta semana de treinamento, para o GT os valores foram de  $38,9 \pm 4,18$ kg, indicando um aumento de  $4,3 \pm 3,8\%$  na CMI, não sendo realizado este teste de CMI para o GC nesta semana. Ao final das oito semanas de treinamento, alcançaram-se valores de  $36,2 \pm 3,91$ kg e  $39,5 \pm 4,12$ kg para o GT e GC respectivamente, indicando um aumento significativo de  $5,9 \pm 4,2\%$  em relação aos valores iniciais ( $p < 0,05$ ) para o GT. Os valores de oito semanas do GC foram significativamente menores que os valores do GT ( $p < 0,05$ ). Para o GC não foram identificadas alterações significativas nos valores de CMI após o período de oito semanas.

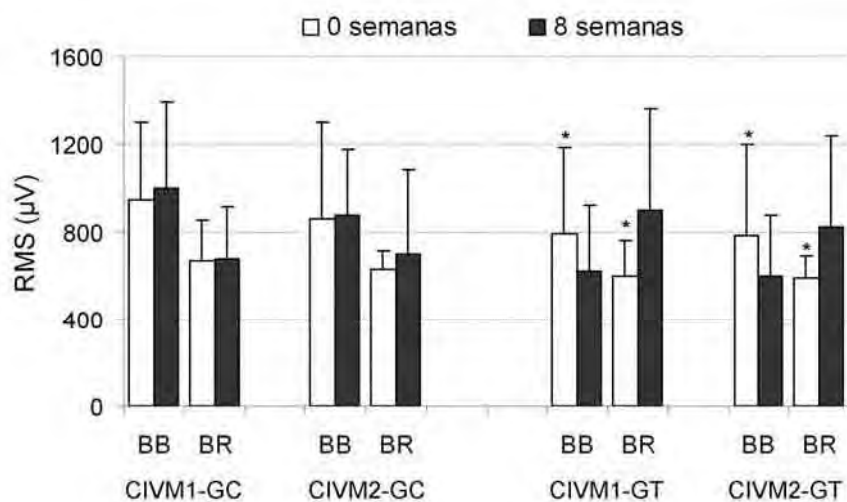
### ***Contrações isométricas máximas***

Os valores de força para a extensão do cotovelo foram de  $23,11 \pm 2,69$  e  $25,22 \pm 1,70$  para o GC e GT respectivamente, e para a extensão de tronco foram de  $91,81 \pm 19,06$  e  $101,71 \pm 24,46$  no início do protocolo do estudo (0 semanas). E estes valores não variaram significativamente tanto para a extensão de cotovelo ( $22,74 \pm 1,70$  e  $23,99 \pm 3,34$ ) para GC e GT respectivamente, quanto para a extensão de tronco ( $98,76 \pm 20,36$  e  $99,44 \pm 16,69$ ) para GC e GT respectivamente) após o treinamento.

Ao início do protocolo, os valores de força de flexão do cotovelo foram de  $28,74 \pm 2,09$ kg e  $29,79 \pm 3,63$ kg para a CIVM1 do GC e GT

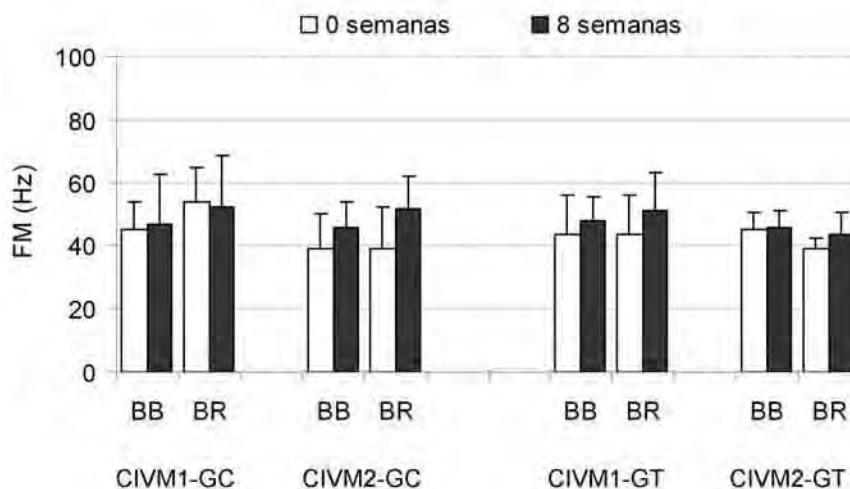
respectivamente, ao final do exercício (CIVM2) os valores foram de  $21,77 \pm 2,35$ kg e  $27,49 \pm 3,54$ kg respectivamente para o GC e GT. Verificou-se que a CIVM2 do GC foi significativamente menor que a CIVM1 deste mesmo grupo ( $p < 0,05$ ). Quanto ao teste realizado após 8 semanas, os valores de CIVM1 do GC  $29,51 \pm 3,01$ kg e GT  $30,97 \pm 3,03$ kg não diferiram do início do experimento, como também os valores de CIVM2 do GC  $25,93 \pm 3,14$ kg e GT  $28,61 \pm 2,21$ kg não foram diferentes dos valores de CIVM1 após 8 semanas.

Da mesma forma que os valores de força, os valores de RMS e Fmed apresentaram-se predominantemente semelhantes tanto entre os grupos, quanto entre CIVM1 e CIVM2 para ambos os músculos (Figuras 4 e 5). Em relação ao GT, verificou-se após o treinamento que os músculos BB apresentaram diminuição da RMS tanto na CIVM1 quanto na CIVM2 ( $p < 0,05$ ), enquanto os valores do BR aumentaram. Para os valores de FM não foram evidenciadas alterações significativas.



\* diferença significativa em relação a 8 semanas

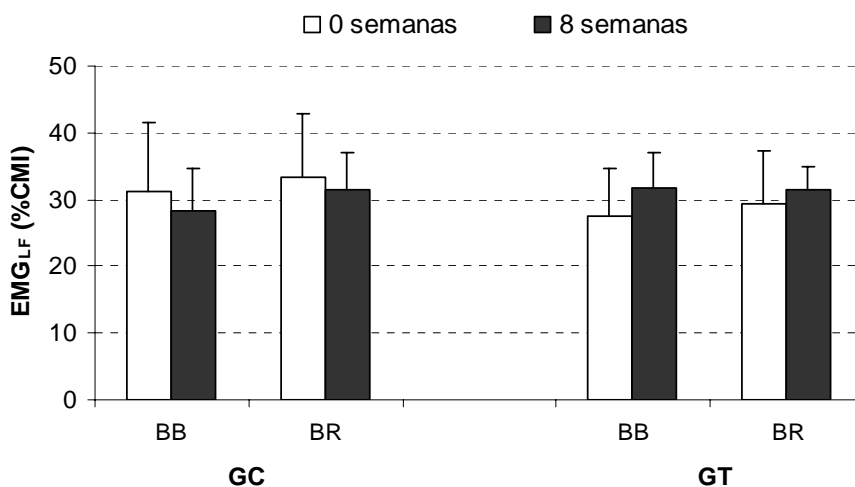
**Figura 4.** Valores de *root mean square* (RMS) dos músculos bíceps do braço (BB) e braquiorradial (BR) durante as contrações isométricas voluntárias máximas antes (CIVM1) e após (CIVM2) o exercício rosca bíceps adaptado, para os grupos controle (GC) e treinamento (GT) ao início do teste (0 semanas) e ao término (8 semanas).



**Figura 5.** Valores de frequência mediana (FM) dos músculos bíceps do braço (BB) e braquiorradial (BR) durante as contrações isométricas voluntárias máximas antes (CIVM1) e após (CIVM2) o exercício rosca bíceps adaptado, para os grupos controle (GC) e treinamento (GT) ao início do teste (0 semanas) e ao término (8 semanas).

**EMG<sub>LF</sub>**

Os valores de EMG<sub>LF</sub> (Figura 6) não apresentaram diferenças entre os músculos BB e BR, entre os grupos e em relação ao treinamento, embora exista uma tendência a um aumento nos valores de intercepto após o treinamento.



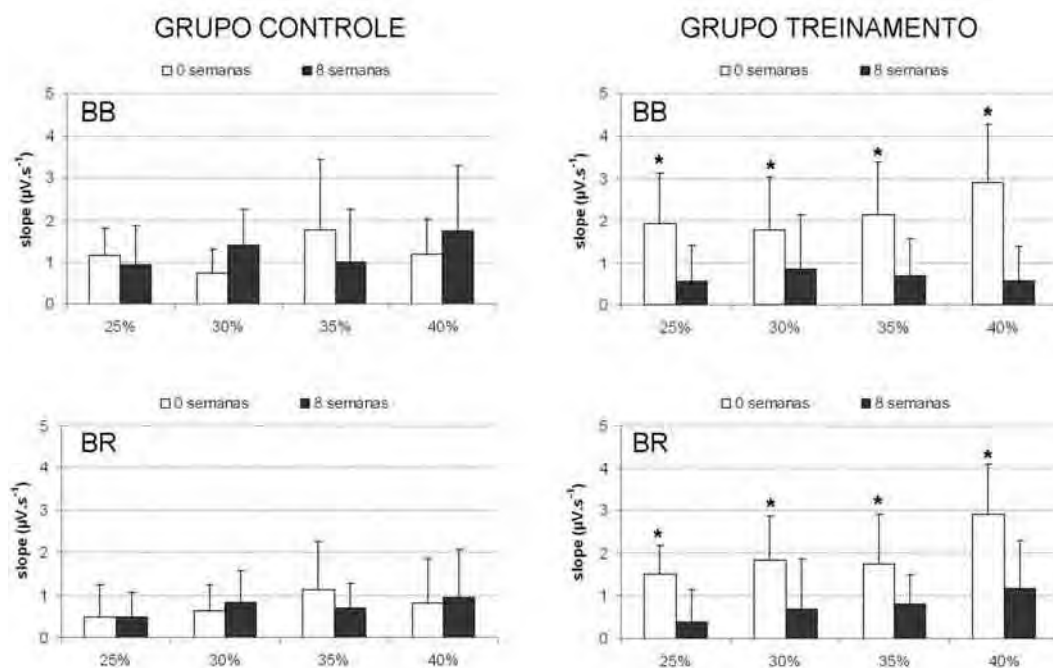
**Figura 6.** Valores de limiar de fadiga eletromiográfico (EMG<sub>LF</sub>) dos músculos bíceps do braço (BB) e braquiorradial (BR) para o grupo controle (GC) e treinamento (GT) antes e após o período de treinamento.

**Slopes e interceptos – efeito do treinamento nos músculos BB e BR**

Os valores de EMG<sub>LF</sub> do músculo BB foram utilizados como referência para a intensidade de carga do treinamento, e os valores de *slope* e intercepto da execução do exercício RBA foram novamente registrados após o treinamento. Verifica-se que não houve alterações significativas no *slope* da RMS para o GC após o período de oito semanas, ao passo que para o GT os valores de *slopes* diminuíram significativamente para todas as intensidades de carga dos músculos BB e BR ( $p < 0.05$ ). Já em relação à FM, não foram

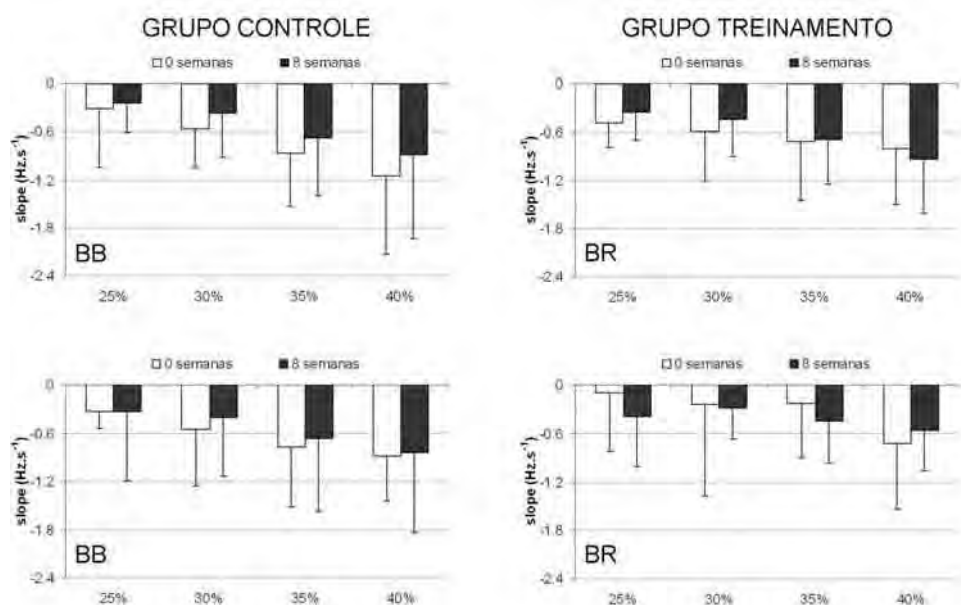
identificadas alterações significativas nos valores de *slope* para ambos os grupos e músculos.

Quanto aos valores de interceptos tanto para a RMS quanto para a FM não foram encontradas alterações para o GC, e neste caso também para os músculos BB e BR do GT.

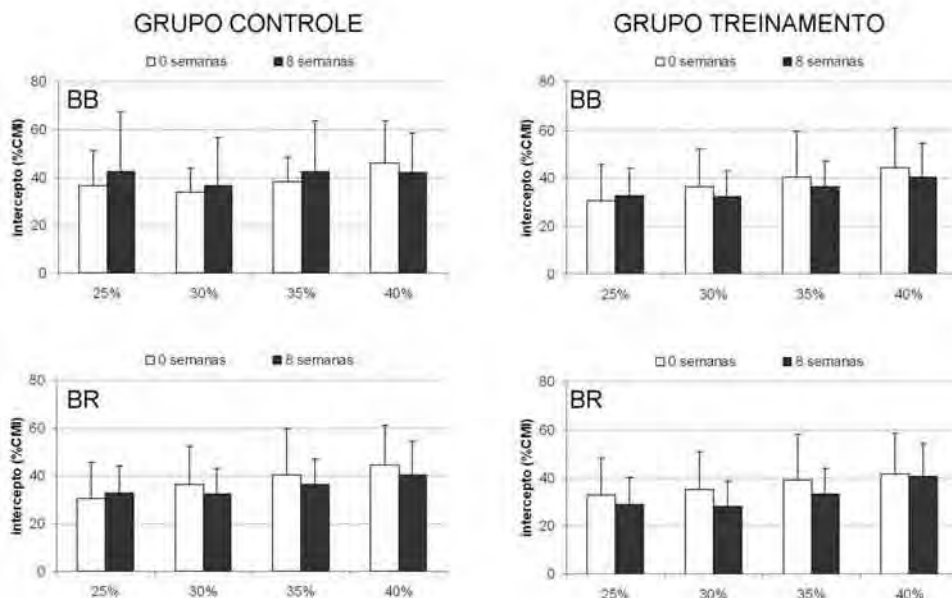


\* diferença em relação a 8 semanas

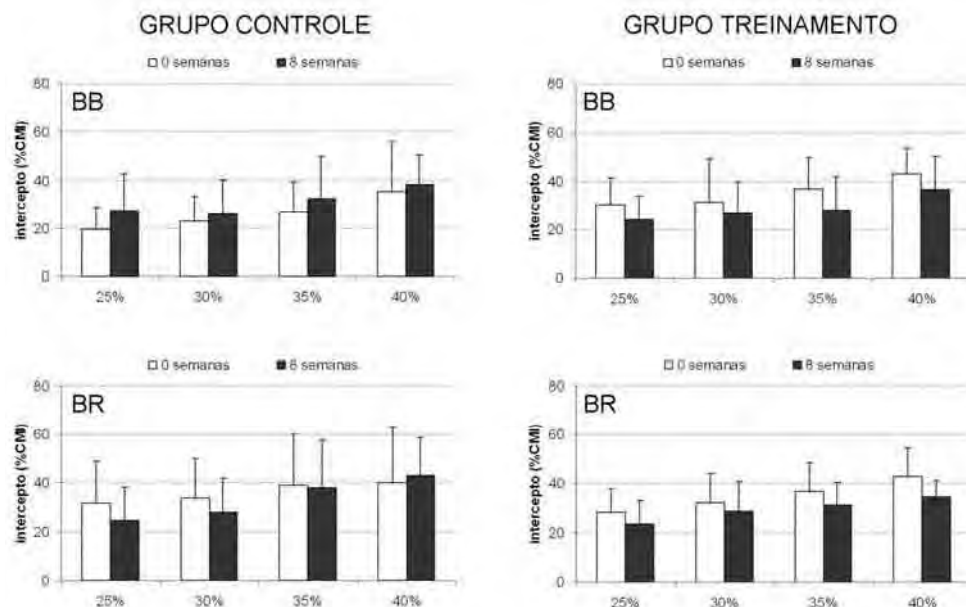
**Figura 7.** Valores de *slope* da *root mean square* (RMS) dos músculos bíceps do braço (BB) e braquiorradial (BR) nas quatro intensidades de carga (25%, 30%, 35% e 40% da CMI), para os grupos controle e treinamento em 0 semanas e 8 semanas após o treinamento.



**Figura 8.** Valores de *slope* da frequência mediana (FM) dos músculos bíceps do braço (BB) e braquiorradial (BR) nas quatro intensidades de carga (25%, 30%, 35% e 40% da CMI), para os grupos controle e treinamento em 0 semanas e 8 semanas após o treinamento.



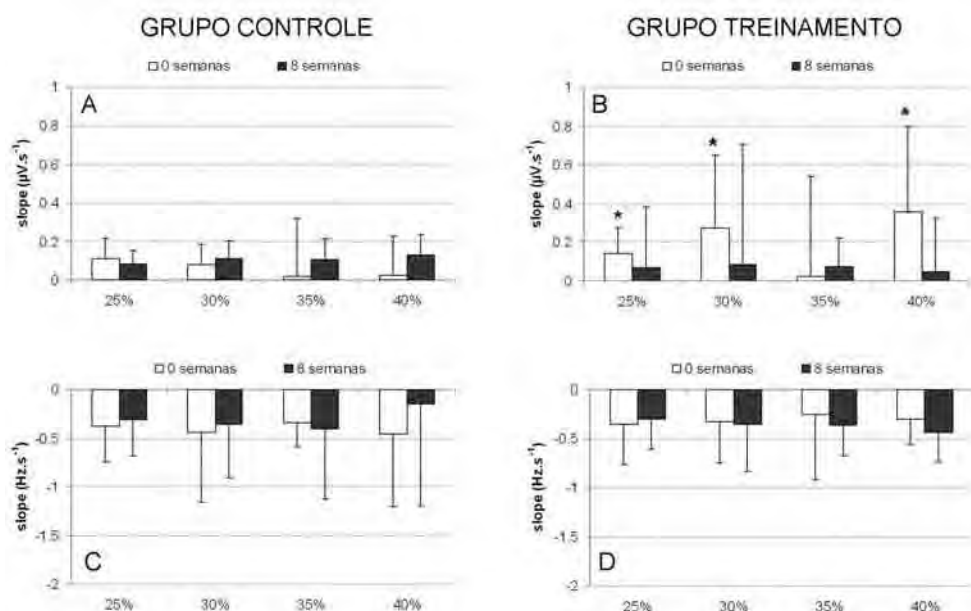
**Figura 9.** Valores de intercepto da *root mean square* (RMS) dos músculos bíceps do braço (BB) e braquiorradial (BR) nas quatro intensidades de carga (25%, 30%, 35% e 40% da CMI), para os grupos controle e treinamento em 0 semanas e 8 semanas após o treinamento.



**Figura 10.** Valores de intercepto da frequência mediana (FM) dos músculos bíceps do braço (BB) e braquiorradial (BR) nas quatro intensidades de carga (25%, 30%, 35% e 40% da CMI), para os grupos controle e treinamento em 0 semanas e 8 semanas após o treinamento.

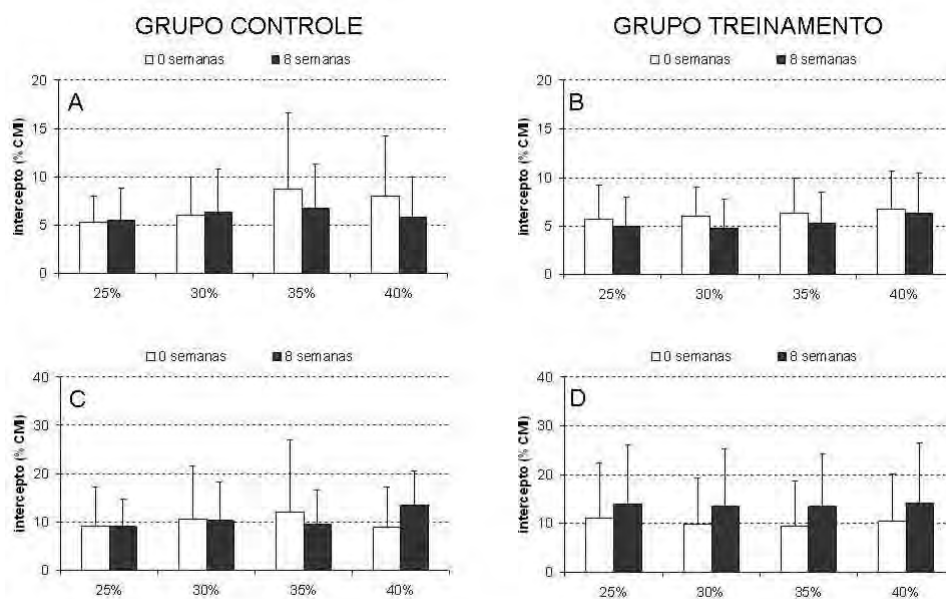
### ***Slopes e interceptos – efeito do treinamento no músculo TB***

De maneira interessante, foram verificadas algumas alterações nos valores de *slope* da RMS do músculo TB para o GT, havendo diminuições significativas para todas as cargas (exceto 30% da CMI) após o treinamento (Figura 11). Para os valores de *slope* da FM verifica-se diminuição significativa para o GC após o período de 8 semanas para o TB em 40%, não havendo alterações para o GT. Para os valores de intercepto do músculo TB, verifica-se que não existem alterações significativas tanto para a RMS quanto para a FM (Figura 12).



\* diferença em relação a 8 semanas

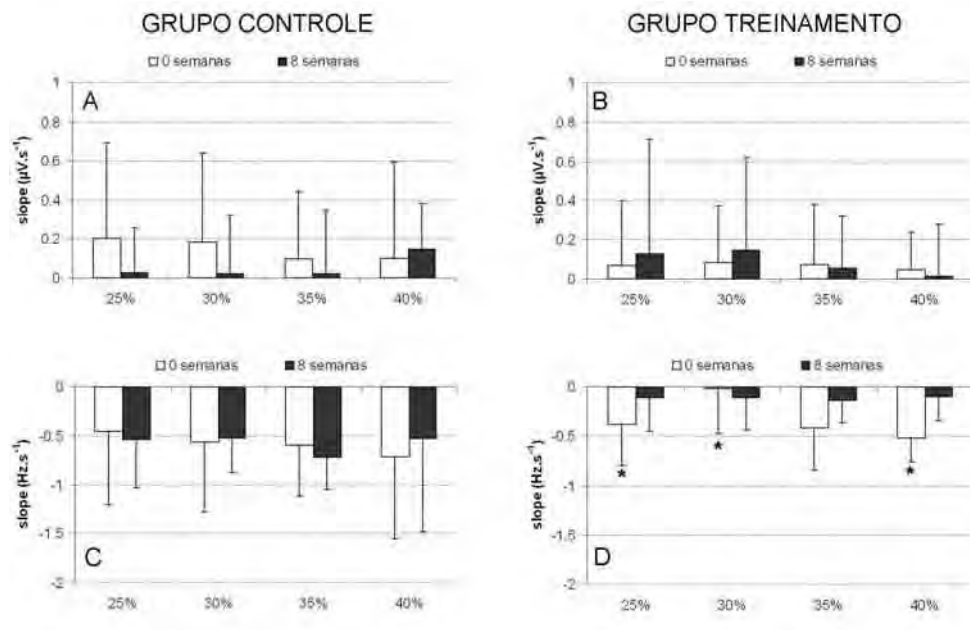
**Figura 11.** Valores de *slope* da *root mean square* (A, B) e da frequência mediana (C, D) do músculo tríceps do braço nas quatro intensidades de carga (25%, 30%, 35% e 40% da CMI), para os grupos controle e treinamento em 0 semanas e 8 semanas após o treinamento.



**Figura 12.** Valores de intercepto da *root mean square* (A, B) e da frequência mediana (C, D) do músculo tríceps do braço nas quatro intensidades de carga (25%, 30%, 35% e 40% da CMI), para os grupos controle e treinamento em 0 semanas e 8 semanas após o treinamento.

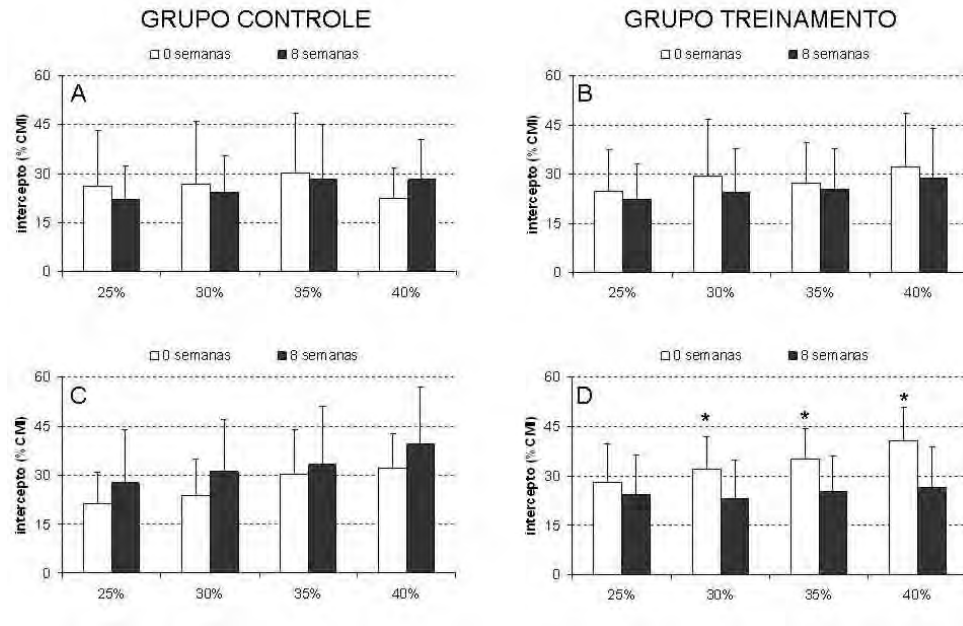
### **Slopes e interceptos – efeito do treinamento no músculo MT**

O músculo MT não apresentou alterações significativas nos valores de *slope* da RMS, enquanto para os *slopes* da FM existem diminuições para o GT (exceto em 30% da CMI - Figura 13). Para os valores de intercepto do músculo MT (Figura 14), não são verificadas alterações nos valores de RMS, enquanto existem diminuições significativas para o intercepto da FM a partir de 30% da CMI para o GT.



\* diferença em relação a 8 semanas

**Figura 13.** Valores de *slope* da *root mean square* (A, B) e da frequência mediana (C, D) do músculo multifido nas quatro intensidades de carga (25%, 30%, 35% e 40% da CMI), para os grupos controle e treinamento em 0 semanas e 8 semanas após o treinamento.



\* diferença em relação a 8 semanas

**Figura 14.** Valores de intercepto da *root mean square* (A, B) e da frequência mediana (C,D) do músculo multifido nas quatro intensidades de carga (25%, 30%, 35% e 40% da CMI), para os grupos controle e treinamento em 0 semanas e 8 semanas após o treinamento.

Para os valores de intercepto do músculo MT, observa-se uma tendência a diminuições nos valores de RMS, sendo significativas para a FM a partir de 30% da CMI.

## DISCUSSÃO

O foco principal do presente estudo foi analisar as respostas eletromiográficas dos músculos agonistas e acessórios da flexão do cotovelo após o treinamento. Ao analisar a amplitude verifica-se o efeito do treinamento na RMS para os músculos agonistas da flexão do cotovelo, por outro lado, a frequência não demonstrou alterações importantes no protocolo proposto.

No presente estudo verificou-se que o comportamento da RMS obtida durante a flexão isométrica do cotovelo apresentou-se diferente para os músculos BB e BR, sendo que houve diminuição para o BB (KOLLMITZER et al., 2000; MARSON; GONÇALVES, 2003) e aumento para o BR (OZMUN et al., 1994; McBRIDE; BLAAK; TRIPLETT-McBRIDE, 2003). As alterações na RMS podem estar associadas como aumento da sincronia das UM, consequência da aprendizagem motora, que podem diminuir a atividade eletromiográfica (ENOKA, 2000). Por outro lado, pode haver maior envolvimento neural frente às adaptações decorrentes de uma resposta hipertrófica e ao curto período de aplicação do treinamento, que pode causar aumento da RMS em contrações máximas (McBRIDE; BLAAK; TRIPLETT-McBRIDE, 2003; KRAEMER; RATAMESS, 2004). No presente estudo, no entanto, foram verificados resultados diferentes para as contrações isométricas dos dois músculos analisados, havendo um maior recrutamento para o músculo BR durante as CIVMs após o treinamento. Estudos anteriores que discutem a função dos músculos flexores do cotovelo apontam maior envolvimento do músculo braquial durante a flexão, seguido do bíceps do braço e braquiorradial (BASMAJIAN; DeLUCA, 1985; HUNTER et al., 2005).

Embora não tenham sido verificadas alterações nos valores de  $EMG_{LF}$  com o treinamento, houve um pequeno, porém significativo aumento nos valores de CMI para o GT, como encontrado por outros autores sobre treinamento resistido de flexão do cotovelo (CAMPOS et al., 2002; McBRIDE; BLAAK; TRIPLETT-McBRIDE, 2003). Por outro lado, a avaliação isométrica não apresentou alterações na força, e este fato pode estar relacionado com o

princípio da especificidade da tarefa (WEINECK, 1999), pois todo o treinamento foi baseado na execução de contrações isotônicas, demonstrando a fraca relação entre os aumentos na força isométrica e isotônica (KOMI, 1992; WEINECK, 1999).

Quanto aos valores de *slope*, estes apresentaram efeito do treinamento, causado possivelmente pelo aumento da força (CAMPOS et al., 2002), e à aprendizagem do movimento, o que pode causar menor recrutamento de unidades motoras em determinada carga (WEINECK, 1999; LAY et al., 2002). Quanto aos valores de intercepto, não foram verificadas alterações significativas para os músculos dos membros superiores, apenas para a FM do músculo multífido. Os interceptos são definidos como os valores iniciais do recrutamento de determinado músculo em tarefas fadigantes (HUMMEL et al., 2005), e a partir deles obtém-se os valores de  $EMG_{LF}$ . Sendo assim, para os músculos flexores e extensores do cotovelo, verifica-se que após o treinamento existe uma diminuição da RMS ao longo do tempo de execução do exercício, mas verifica-se nos valores de intercepto que a ativação inicial destes músculos permanece inalterada pelo treinamento.

Apesar das alterações nos valores de *slope*, não houve efeito do treinamento nos valores de  $EMG_{LF}$ . Estudos anteriores também não encontraram alterações nos valores de  $EMG_{LF}$ , embora o tempo de resistência tenha aumentado (BARBOSA, 2005; CARDOZO, 2006). Tal fato demonstra que o aumento do tempo de execução, relacionado à queda do *slope*, pode não se relacionar com possíveis alterações no  $EMG_{LF}$ .

Quanto aos parâmetros de amplitude e frequência do sinal eletromiográfico, o *slope* da RMS dos músculos BB e BR foram diminuídos com o treinamento, enquanto os valores de *slope* da FM não se alteraram. As diminuições nos valores de *slope* da RMS, relacionadas com o aumento da força, e aprendizagem do movimento como citado anteriormente (CAMPOS et al., 2002; LAY et al., 2002), enquanto os *slopes* da FM podem receber menores influências destes fatores, sendo mais influenciados por variações na concentração de metabólitos derivados da fadiga muscular (DeLUCA, 1997; MASUDA et al., 1999), bem como do tipo de fibras utilizadas para a execução da tarefa (LINNAMMO et al., 2003; MERCER et al., 2006).

A atividade do músculo TB durante a realização do exercício rosca bíceps demonstra que, pela função de antagonista ao movimento, este músculo apresentou também adaptações ao treinamento. Esta adaptação apresenta-se por um menor *slope*, ou seja, um menor recrutamento de unidades motoras ao longo da execução das séries como obtido por POISSON et al. (1999) que a justifica pelo fato do treinamento promover um aprendizado motor, diminuindo o recrutamento de unidades motoras desnecessárias (OSU, et al., 2002),

Quanto ao músculo MT, inúmeras investigações abordam sua ação durante a execução de tarefas na posição em pé (MOSELEY; HODJES; GANDEVIA, 2002; OLIVEIRA et al., 2006; ZEDKA; PROCHASKA, 1997). No presente estudo, durante a realização do exercício RB o músculo MT não apresentou modificações na RMS, ao passo que para a FM tanto seu *slope* quanto no intercepto o treinamento acarretou menores valores, demonstrando

que a utilização dos valores de  $EMG_{LF}$  causou adaptação do músculo MT, diminuindo sua resposta de fadiga (diminuição dos *slopes* e interceptos), o que é muito importante principalmente para iniciantes em treinamento resistido, pois a execução de exercícios na posição em pé podem causar lesões se mal orientadas (AAGARD, 2001; BONO, 2004).

Conclui-se com o presente estudo que a especificidade do treinamento acarreta diferentes respostas entre contrações isométricas e isotônicas, havendo alterações apenas para o tipo de contração utilizada para o treinamento (isotônica). O treinamento baseado nos valores de  $EMG_{LF}$  acarretou diminuições da RMS dos músculos flexores e extensores do cotovelo, demonstrando que parâmetros de amplitude podem ser mais efetivos para a avaliação do treinamento resistido, visto que estes parâmetros possuem diferentes mecanismos de regulação. Os parâmetros de frequência, apesar de estarem intimamente relacionados com a fadiga, não apresentaram efeito do treinamento. Por outro lado, os músculos extensores do tronco apresentaram alterações nos parâmetros de frequência, demonstrando também uma possível adaptação para maior resistência à fadiga ao utilizar-se da intensidade do  $EMG_{LF}$ , mesmo não existindo treinamento específico para este grupo muscular.

#### **4 CONCLUSÃO GERAL**

Como conclusões, o presente estudo verificou que existe a recuperação dos parâmetros eletromiográficos RMS, FM, Fmed, PP, FPP e CZ em um período de menos de 3 minutos após a execução do exercício rosca bíceps, reforçando os conceitos que indicam intervalos entre 1 e 3 minutos para a execução de várias séries deste exercício.

A metodologia desenvolvida permite a obtenção do  $EMG_{LF}$  para os músculos flexores do cotovelo, encontrando-se intensidades de carga condizentes com treinamentos de resistência e não havendo diferenças entre os músculos BB e BR, bem como entre os valores de  $EMG_{LF}$  entre os diferentes exercícios. Os parâmetros de FC e PE apresentaram-se sensíveis às variações da intensidade de carga. Especialmente para a PE, o tempo de execução apresentou importante efeito, assim como para a EMG, no entanto, ao obter-se um indicador de intensidade (limiar) por meio destas variáveis, os valores não se correlacionam.

A análise das contrações dinâmicas por meio da EMG dos músculos flexores do cotovelo permitiu verificar efeitos de intensidade de carga

apenas para parâmetros de amplitude (RMS), enquanto parâmetros de frequência (FM e Fmed) apresentaram diferenças apenas ao avaliar-se as contrações isométricas. O músculo TB apresenta pequenas alterações ao longo da execução do exercício isotônico, bem como entre as intensidades de carga, provavelmente relacionadas com a estabilização da articulação. O músculo MT apresenta maiores ativações no exercício RB, o qual não possuiu a estabilização do tronco (como o RS) e também do cotovelo (como o RBA), o que acarretou possivelmente maiores ações sinérgicas durante as execuções.

A aplicação do treinamento baseado nos valores de  $EMG_{LF}$  se mostrou eficaz para o desenvolvimento da resistência muscular, também acarretando alteração na força isotônica e diminuição da atividade eletromiográfica dos músculos flexores do cotovelo em função do tempo. Além disso, verifica-se que a PE, mais que a FC, apresenta respostas semelhantes aos verificados por meio da EMG, principalmente com relação aos efeitos do tempo de execução do exercício, bem como do treinamento.

O treinamento baseado nos valores de  $EMG_{LF}$  promoveu diminuição da atividade dos músculos flexores e extensores do cotovelo durante contrações isotônicas, demonstrando que parâmetros de amplitude podem ser mais sensíveis que parâmetros de frequência para a avaliação do efeito do treinamento resistido, pelos diferentes mecanismos de regulação. O músculo multifido apresenta maior resistência à fadiga com o treinamento para os flexores do cotovelo quando analisados os parâmetros de frequência.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AABERG, E. **Musculação**, biomecânica e treinamento. São Paulo: Manole, 2001. 216p.

ACSM - American College of Sports Medicine Position Stand on Progression Models in Resistance Training for Healthy Adults. **Med. Sci. Sports Exerc.**, Madison, v. 34, n. 2, p. 364–380, 2002.

ADAMS, G.R.; DUVOISIN, M.R.; DUDLEY, G.A. Magnetic resonance imaging and electromyography as indexes of muscle function. **J. Appl. Physiol.**, Washington, v. 73, n. 4, p. 1578-1583, 1992.

BARBOSA, F.S.S. **Atividade eletromiográfica dos músculos eretores da espinha durante contrações isométricas contínuas em diferentes intensidades**: efeito de um protocolo de treinamento de resistência isométrica. 2005. 118 f. Dissertação (Mestrado – Ciências da Motricidade) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

BASMAJIAN, J.V., DE LUCA, C.J. **Muscle alive**. Their function revealed by electromyography. Williams and Wilkins. 1985. 561p.

BAWA, P.; PANG, M.Y.; OLESEN, K.A.; CALANCIE, B. Rotation of Motoneurons During Prolonged Isometric Contractions in Humans. **J. Appl. Physiol.**, Washington, v. 96, p. 1135-1140, 1996.

BENSON, C.; DOCHERTY, D.; BRANDENBURG, J. Acute neuromuscular responses to resistance training performed at different loads. **J. Sci. Med. Sport**, v. 9, p. 135-142, 2006.

BISHOP, D.; JENKINS, D.G. The influence of recovery duration between periods of exercise on the critical power function. **Eur. J. Appl. Physiol.**, Berlin, v. 72, p. 115-120, 1995.

BOMPA, T., CORNACCHIA, L.J. **Treinamento de força consciente**. São Paulo: Phorte, 2000. 302p.

BONO, C.M. Low-back pain in athletes. **J. Bone Joint Surg.**, Boston, v. 86-A, n. 2, p. 382-396, 2004.

BYRNE, C.; TWIST, C.; ESTON, R. Neuromuscular function after exercise-induced muscle damage. *Sports Med.*, v. 34, n. 1, 49-69, 2004.

CAMPOS, G.E.R.; LUECKE, T.J.; WENDELN, H.K.; TOMA, K.; HAGERMAN, F.C.; MURRAY, T.F.; RAGG, K.E.; RATAMESS, N.A.; KRAEMER, W.J.; STARON, R.S. Muscular adaptations in response to three different resistance-training regimens: specificity of repetition maximum training zones. **Eur. J. Appl. Physiol.** Berlin, v. 88, p. 50–60, 2002.

CARDOZO, A. C.; GONÇALVES, M. Electromyographic fatigue threshold of erector spinae muscle induced by muscular endurance test in health men. **Electromyogr. Clinical Neurophysiol.**, Louvain, v. 43, n. 6, p. 377-380, 2003.

CARDOZO, A. C.; GONÇALVES, M.; GAUGLITZ, A. C. F. Spectral analysis of the electromyograph of erector spinae muscle before and after a dynamic manual load-lifting test. **Braz. J. Med. Biol. Res.**, São Paulo, v. 37, n. 7, p. 1081-1085, 2004.

CARDOZO, A.C. **Análise de parâmetros eletromiográficos durante testes de contrações isométricas fatigantes e do efeito de um treinamento de resistência de curta duração.** 2006. 285 f. TESE (Doutorado – Ciências da Motricidade) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

CARTER, H.; GRICE Y.; DEKERLE, J.; BRICKLEY, G.; HAMMOND, A.J.P.; PRINGLE, J.S.M. Effect of Prior Exercise above and below Critical Power on Exercise to Exhaustion. **Med. Sci. Sports Exerc.**, Madison, v. 37, n. 5, p. 775-781, 2005.

CHRISTOVA, P.; KOSSEV, A. Human motor unit recruitment and derecruitment during long lasting intermittent contractions. **J. Electromyogr. Kinesiol.**, New York, v. 11, p. 189-196, 2001.

CLARK, B.C.; MANINI, T.M.; PLOUTZ-SNYDER, L.L. Derecruitment of the Lumbar Musculature With Fatiguing Trunk Extension Exercise. **Spine**, Hagerstown, v. 28, n. 3, p. 282–287, 2003.

COLSON, S.; POUSSON, M.; MARTIN, A.; van HOECKE, J. Isokinetic elbow flexion and coactivation following eccentric training. **J. Electromyogr. Kinesiol.**, New York, v. 9, 13-20, 1999.

CORCOS, D.M.; JIANG, H.Y.; WILDING, J.; GOTTLIEB, G.L. Fatigue induced changes in phasic muscle activation patterns for fast elbow flexion movements. **Exp. Brain Res.**, Berlin, v. 142, n. 1, p. 1-12, 2002.

Da SILVA, S.R.D.; GONÇALVES, M. Dynamic and isometric protocols of knee extension: effect of fatigue on the EMG signal. **Electromyogr. Clin. Neurophysiol.**, Louvain, v. 46, n. 1, p. 35-42.

DE FOA, J. L.; FORREST, W.; BIEDERMANN, H. J. Muscle fibre direction of longuissimus, iliocostalis and multifidus: landmark-derived reference lines. **J. Anat.**, London, v. 163, p. 243-247, 1989.

DE LUCA, C. J. The use of surface electromyography in biomechanics. **J. Appl. Biomech.**, Champaign, v. 13, n. 2, p. 135-163, 1997.

DE LUCA, C.J.; FOLET, P.; ERIM, Z. Motor unit properties in constant-force isometric contractions. **J. Neurophysiol.**, Washington, v. 76, n. 3, p. 1503-1516, 1996.

DeRUITER, C.J.; ELZINGA, M.J.H.; VERDIJK, P.W.L.; Van MECHELEN, W.; de HAAN, A. Changes in force, surface and motor unit EMG during post-exercise development of low frequency fatigue in vastus lateralis muscle. **Eur. J. Appl. Physiol.**, Berlin, v. 94, p. 659-669, 2005.

DEVRIES, H. A. Method for evaluation of muscle fatigue and endurance from electromyographic fatigue curves. **Am. J. Phys. Med.**, v. 47, p. 125-135, 1968.

DeVRIES, H.A., MORITANI, T., NAGATA, A., MAGNUSSEN, K. The relation between critical power and neuromuscular fatigue as estimated from electromyographic data. **Ergonomics**, London, v. 25, p. 783-791, 1982.

ELFVING, B.; LILJEQUIST, D.; DEDERING, A.; NÉMETH, G. Recovery of electromyograph median frequency after lumbar muscle fatigue analysed using an exponential time dependence model. **Eur. J. Appl. Physiol.**, Berlin, v. 88, p. 85-93, 2002.

ENOKA, R.M. **Bases Neuromecânicas da Cinesiologia**. São Paulo: Manole, 2000. 450p.

ERVILHA, U.F.; ARENDT-NIELSEN, L.; DUARTE, M.; GRAVEN-NIELSEN, T. The effect of muscle pain on elbow flexion and coactivation tasks. **Exp. Brain Res.**, Berlin, v. 156, n. 2, p. 174-182, 2004.

ESPOSITO, F.; ORIZIO, C.; VEICTEINAS, A. Electromyogram and mechanomyogram changes in fresh and fatigued muscle during sustained contraction in men. **Eur. J. Appl. Physiol.**, Berlin, v. 78, p. 494-501, 1998.

FALLENTIN, N.; JORGENSEN, K.; SIMONSEN, E.B. Motor unit recruitment during prolonged isometric contractions. **Eur. J. Appl. Physiol.**, Berlin, v. 67, p. 335-341, 1993.

FERRI, A.; NARICI, M.; GRASSI, B.; POUSSON, M. Neuromuscular recovery after a strength training session in elderly people. **Eur. J. Appl. Physiol.**, Berlin, v. 97, p. 272-279, 2006.

FINSTERER, J. EMG-interference pattern analysis. **J. Electromyogr. Kinesiol.**, New York, v. 11, p. 231–246, 2001.

FLECK, S.J.; KRAEMER, W.J. **Fundamentos do treinamento de força muscular**. 2. ed. Porto Alegre, Artes Médicas, 1999. 247p.

GIANNESINI, B.; COZZONE, P.J.; BENDAHAN, D. Non-invasive investigations of muscular fatigue: metabolic and electromyographic components. **Biochimie**, v. 85, p. 873-883, 2003.

GONÇALVES, M. Limiar de Fadiga Eletromiográfica, In: DENADAI, B.S. Avaliação aeróbia: Determinação indireta da resposta do lactato sanguíneo. Rio Claro: **Motrix**, 2000. Cap. 7. p. 131-148.

GONÇALVES, M. Variáveis Biomecânicas Analisadas Durante o Levantamento Manual de Carga. **Motriz: Revista de Educação Física**. v.4, n.2, p.85-90, 1998.

GROSLAMBERT, A.; HINTZY, F.; HOFFMAN, M.D.; DUGUÉ, B.; ROUILLON, J.D. Validation of a Rating Scale of Perceived Exertion in Young Children. **Int. J. Sports Med.**, Stuttgart, v. 22, p. 116-119, 2001.

HAKKINEN, K.; KOMI, P.V. Effects of fatigue and recovery on electromyographic and isometric force and relaxation time characteristics of human skeletal muscle. **Eur. J. Appl. Physiol.**, Berlin, v. 55, p. 588-596, 1988.

HASS, C.J.; GARZARELLA, L.; DE HOYOS, D.; POLLOCK, M.L. Single versus multiple sets in long-term recreational weightlifters. **Med. Sci. Sports Exerc.**, Madison, v. 32, n. 1, p 235-242. 2000.

HERMENS, H.J.; FRERIKS, B.; DISSELHORST-KLUG, C.; RAU, G. **The SENIAM Project**: Surface electromyography for non-invasive assessment of muscle. In: Congresso ISEK. Áustria, 2002. CD-ROM.

HORITA, T.; ISHIKO, T. Relationships between muscle lactate accumulation and surface EMG activities during isokinetic contractions in man. **Eur. J. Appl. Physiol.**, v. 56, n.1, p. 18-23, 1987.

HOUSH, T.J.; DeVRIES, H.A.; JOHNSON, G.O.; HOUSH, D.J.; EVANS, S.A.; STOUT, J.R.; EVETOVICH, T.K.; BRADWAY, R.M. Electromyographic fatigue thresholds of the superficial muscles of the quadriceps muscles. **Eur. J. Appl. Physiol.**, Berlin, v. 71, p. 131-136, 1995.

HUBAL, M.J.; GORDISH-DRESSMAN, H.; THOMPSON, P.D.; PRICE, T.B.; HOFFMAN, E.P.; ANGELOPOULOS, T.J.; GORDON, P.M.; MOYNA, N.M.; PESCATELLO, L.S.; VISICH, P.S.; ZOELER, R.F.; SEIP, R.L.; CLARKSON, P.M. Variability in Muscle Size and Strength Gain after Unilateral Resistance Training. **Med. Sci. Sports Exerc.**, Madison, v. 37, n. 6, p. 964-972, 2005.

HUMMEL, A.; LAUBLI, T.; POZZO, M.; SCHENK, P.; SPILLMANN, S.; KLIPSTEIN, A. Relationship between perceived exertion and mean power frequency of the EMG signal from the upper trapezius muscle during isometric shoulder elevation. **Eur. J. Appl. Physiol.**, Berlin, v. 95, p. 321-326, 2005.

HUNTER, S.K.; CRITCHLOW, A.; ENOKA, R.M. Muscle endurance is greater for old men compared with strengthmatched young men. **J. Appl. Physiol.**, Washington, v. 99, p. 890–897, 2005.

HUNTER, S.K.; ENOKA, R.M. Sex differences in the fatigability of arm muscles depends on absolute force during isometric contractions. **J. Appl. Physiol.**, Washington, v. 91, p. 2686–2694, 2001.

HUNTER, S.K.; ROCHETTE, L.; CRITCHLOW, A.; ENOKA, R.M. Time to task failure differs with load type when old adults perform a submaximal fatiguing contraction. **Muscle Nerve**, New York, v. 31, p. 730–740, 2005.

ISHIKAWA, M.; DOUSSET, E.; AVELA, J.; KYROLAINEN, H.; KALLIO, J.; LINNAMO, V.; KUITUNEN, S.; NICOL, C.; KOMI, P.V. Changes in the soleus muscle architecture after exhausting stretch-shortening cycle exercise in humans. **Eur. J. Appl. Physiol.**, Berlin, v. 97, p. 298-306, 2006.

IZQUIERDO, M.; HAKKINEN, K.; IBAÑEZ, J.; KRAEMER, W.J.; GOROSTIAGA, E.M. Effects of combined resistance and cardiovascular training on strength, power, muscle cross-sectional area, and endurance markers in middle-aged men. **Eur. J. Appl. Physiol.**, Berlin, v. 94, p. 70-75, 2005.

JENSEN, B.R.; PILEGAARD, M.; SJOGAARD, G. Motor unit recruitment and rate coding in response to fatiguing shoulder abductions and subsequent recovery. **Eur. J. Appl. Physiol.**, Berlin, v. 83, p. 190-199, 2000.

KOLLMITZER, J.; EBENBICHLER, G.R.; SABO, A.; KERSCHAN, A.; BOCHDANSKY, T. Effects of back extensor strength training versus balance training on postural control. **Med. Sci. Sports Exerc.**, Madison, v. 32, n. 10, p. 1770–1776, 2000.

KOMI, P.V. **Strength and power in Sports**. Blackwell Scientifics Publications, Oxford, 1992. 456p.

KRAEMER, W.J.; RATAMESS, N.A. Fundamentals of Resistance Training: Progression and Exercise Prescription. **Med. Sci. Sports Exerc.**, Madison, v. 36, n. 4, p. 674-688, 2004.

KROGH-LUND, C. Myo-electric fatigue and force failure from submaximal static elbow flexion sustained to exhaustion.. **Eur. J. Appl. Physiol.**, Berlin, v. 67, p. 389-401, 1993.

KROGH-LUND, C.; JORGENSEN, K. Myo-electric fatigue manifestations revisited: power spectrum, conduction velocity, and amplitude of human elbow

flexors muscles during isolated and repetitive endurance contractions at 30% maximal voluntary contraction. **Eur. J. Appl. Physiol.**, Berlin, v. 66, p.161-173. 1993.

KROON, G.W.; NAEIJE, M. recovery following exhaustive dynamic exercise in the human biceps brachii muscle. **Eur. J. Appl. Physiol.**, Berlin, v. 58, p. 228-232, 1988.

KROON, G.W.; NAEIJE, M. Recovery of the human biceps electromyogram after heavy eccentric, concentric or isometric exercise. **Eur. J. Appl. Physiol.**, Berlin, v. 63, p. 444-448, 1991.

KUMAR, S.; NARAYAN, Y. Spectral measures of trunk muscles during fatiguing isometric axial rotation in neutral position. **J. Electromyogr. Kinesiol.**, New York, v. 8, 257-267, 1998.

KUMAR, S.; NARAYAN, Y.; AMELL, T. Power spectra of sternocleidomastoids, splenius capitis, and upper trapezius in oblique exertions. **Spine J.**, v. 3, p. 339-350. 2003.

KUORINKA, I. Restitution of EMG spectrum after muscular fatigue. **Eur. J. Appl. Physiol.**, Berlin, v. 57, p. 311-315. 1988.

LAGALLY, K.M.; ROBERTSON, R.J.; GALLAGHER, K.I.; GOSS, F.L.; JAKICIC, J.M.; LEPHART, S.M.; McCRAW, S.T.; GOODPASTER, B. Perceived exertion, electromyography, and blood lactate during acute bouts of resistance training. **Med. Sci. Sports Exerc.**, Madison, v. 34, n. 3, p. 552-559, 2002

LARIVIÈRE, C.; ARSENAULT, A.B.; GRAVEL, D.; GAGNON, D.; LOISEL, P. Surface electromyography assessment of back muscle intrinsic properties. **J. Electromyogr. Kinesiol.**, New York, v. 13, 305-318, 2003.

LAY, B. S.; SPARROW, W. A.; HUGHES, K.M.; O'DWYER, N. J. Practice effects on coordination and control, metabolic energy expenditure, and muscle activation. **Hum. Mov. Sci.**, Amsterdam, n. 21, p. 807-830, 2002.

LEHMAN, G.J.; GORDON, T.; LANGLEY, J.; PEMROSE, P.; TREGAKIS, S. Replacing a Swiss ball for an exercise bench causes variable changes in trunk muscle activity during upper limb strength exercises. **Dyn. Med.**, London, v. 4, n. 6, p. 1-7, 2005.

LINDEMAN, E.; SPAANS, F.; REULEN, J.; LEFFERS, P.; DRUKKER, J. Progressive resistance training in neuromuscular patients. Effects on force and surface EMG. **J. Electromyogr. Kinesiol.**, New York, v. 9, p. 379-384, 1999.

LINNAMO, V.; BOTTAS, R.; KOMI, P.V. Force and EMG power spectrum during and after eccentric and concentric fatigue. **J. Electromyogr. Kinesiol.**, New York, v. 10, p. 293-300, 2000.

LINNAMO, V.; MORITANI, T.; NICOL, C.; KOMI, P.V. Motor unit patterns during isometric, concentric and eccentric actions at different force levels. **J. Electromyogr. Kinesiol.**, New York, v. 13, p. 93-101, 2003.

MACALUSO, A.; DeVITO, G.; FELICI, F.; NIMMO, M.A. Electromiogram changes during sustained contraction after resistance training in women in their 3<sup>rd</sup> and 8<sup>th</sup> decades. **Eur. J. Appl. Physiol.**, Berlin, v. 82p. 418-424, 2000.

MACALUSO, A.; DeVITO, G.; FELICI, F.; NIMMO, M.A. Electromiogram changes during sustained contraction after resistance training in women in their 3<sup>rd</sup> and 8<sup>th</sup> decades. **Eur. J. Appl. Physiol.**, Berlin, v. 82p. 418-424, 2000.

MAISETTI, O.; GUÉVEL, A.; LEGROS, P.; HOGREL, J.-Y. SEMG power spectrum changes during a sustained 50% Maximum Voluntary Isometric Torque do not depend upon the prior knowledge of the exercise duration. **J. Electromyogr. Kinesiol.**, New York, v. 12, p. 103–109, 2002.

MAMAGHANI, N.K.; SHIMOMURA, Y.; IWANAGA, K.; KATSUURA, C. Changes in surface EMG and acoustic myogram parameters during static contractions until exhaustion: influence of elbow joint angles. **J. Physiol. Anthropol.**, Madison, v. 20, n. 2, 131-140. 2001.

MARSON, R. A.; GONÇALVES, M. Efeito do treinamento isométrico no limiar de fadiga eletromiográfico do músculo semitendinosus. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMECÂNICA, 10., 2003, Ouro Preto. **Anais...** Belo Horizonte: Imprensa Universitária UFMG. v.2, p.310 – 313.

MASUDA, K.; MASUDA, T.; SADOYAMA, T.; INAKI, M.; KATSUTA, S. Changes in surface EMG parameters during static and dynamic fatiguing contractions. **J. Electromyogr. Kinesiol.**, New York, v. 9, p.39–46, 1999.

McBRIDE, J.M.; BLAAK, J.B.; TRIPLETT-McBRIDE, T. Effect of resistance exercise volume and complexity on EMG, strength, and regional body composition. **Eur. J. Appl. Physiol.**, Berlin, v. 90, p. 626–632, 2003.

McCALL, G.E.; BYRNES, W.C.; DINCKINSON, A.; PATTANY, P.M.; FLECK, S.J. Muscle fiber hypertrophy, hyperplasia, and capillary density in college men after resistance training. **J. Appl. Physiol.**, Washington, v. 81, n. 5, p. 2004-2012, 1996.

MERCER, J.A.; BEZODIS, N.; DeLION, D.; ZACHRY, T.; RUBLEY, M.D. EMG sensor location: Does it influence the ability to detect differences in muscle contraction conditions? **J. Electromyogr. Kinesiol.**, New York, v. 16, p. 198-204, 2006

MICHAUT, A.; POUSSON, M.; BALLAY, Y.; Van HOECKE, J. Effects of an eccentric exercise session short-term recovery of muscle contractility. **J. Soc. Biol.**, Paris, v. 194, n. 3-4, p. 171-176, 2000.

MOORE, D.R.; BURGOMASTER, K.A.; SCHOFIELD, L.M.; GIBALA, M.J.; SALE, D.G.; PHILLIPS, S.M. Neuromuscular adaptations in human muscle following low intensity resistance training with taining with vascular occlusion. **Eur. J. Appl. Physiol.**, Berlin, v. 92, p. 399-406, 2004.

MORITANI, T., TAKAISHI, T., MATSUMOTO, T. Determination of maximal power output at neuromuscular fatigue threshold. **J. Appl. Physiol.** Washington, v. 74, n. 4, p. 1729-34, 1993.

MORITANI, T.; DeVRIES, H.A. Reexamination of the relationship between the surface integrated electromyogram (IEMG) and force of isometric contraction. **Am. J. Phys. Med.**, Baltimore, v. 57, n. 6, p. 263-77, 1978.

MORITANI, T.; MURO, M.; NAGATA, A. Intramuscular and surface electromyogram changes during muscle fatigue. **J. Appl. Physiol.**, Washington, v. 60, n. 4, p. 1179-1185, 1986.

MORITANI, T.; TANAKA, H.; TOSHIDA, T.; ISHII, C.; YOSHIDA, T.; SHINDO, T. Relationship between myo-electric signals and blood lactate during incremental forearm exercise. **Am. J. Phys. Med.**, Baltimore, v. 63, n. 3, p. 122-132. 1984.

MORITANI, T.; TANAKA, H.; TOSHIDA, T.; ISHII, C.; YOSHIDA, T.; SHINDO, T. Relationship between myo-electric signals and blood lactate during incremental forearm exercise. **Am. J. Phys. Med.**, Baltimore, v. 63, n. 3, p. 122-132. 1984.

MOSELEY, G.L.; HODJES, P.W.; GANDEVIA, S.C. Deep and superficial fibers of the lumbar multifidus muscle are differentially active during voluntary arm movements. **Spine**, Hagerstown, v. 27, n. 2, p. E29–E36, 2002.

MOTTRAM, C.J.; JAKOBI, J.M.; SEMMLER, J.G.; ENOKA, R.M. Motor-unit activity differs with load type during a fatiguing contraction. **J. Neurophysiol.**, Washington, v. 93, p. 1381–1392, 2005.

NIELSEN, P.K.; ANDERSEN, L.; JORGENSEN, K. The muscular load on the lower back and shoulders due to lifting at different lifting heights and frequencies. **Appl. Ergon.**, London, v. 29, n. 6, p. 445-450, 1998.

O'LEARY, D.S. Heart rate control during exercise by baroreceptors and skeletal muscle afferents. **Med. Sci. Sports Exerc.**, Madison, v. 28, n. 2, p. 210-217, 1996.

OLIVEIRA, A.S.C.; BARBOSA, F.S.S.; CARDOZO, A.C.; GONÇALVES, M. Identificação eletromiográfica da fadiga muscular no exercício "rosca bíceps". In: Simpósio Internacional de Ciências do Esporte, 26., 2003, São Paulo. **Rev. Bras. Ci. Mov.**, São Paulo, p. 245, 2003, Edição especial.

OLIVEIRA, A.S.C.; CARDOZO, A.C.; BARBOSA, F.S.S.; GONÇALVES, M. Exercício rosca bíceps: influência do tempo de execução e intensidade de

carga na atividade eletromiográfica de músculos lombares. **Rev. Port. Ci. do Desp.**, Porto, v. 6. n. 2. p. 170-178, 2006.

OLIVEIRA, A.S.C.; GONÇALVES, M. Resistance elbow flexion: electromyographic fatigue threshold, differences related to load level and different exercises. In: ISEK CONGRESS, 16., 2006, Torino. **Annals...** Torino: 2006. p. 204.

OLIVEIRA, A.S.C.; GONÇALVES, M.; CARDOZO, A.C.; BARBOSA, F.S.S. Electromyographic fatigue threshold of the biceps brachii muscle during dynamic contraction. **Electromyogr. Clin. Neurophysiol.**, Louvain, v. 45, n. 3, p. 167-75, 2005.

OSU, R.; FRANKLIN, D.W.; KATO, H.; GOMI, H.; DOMEN, K.; YOSHIKA, T.; KAWATO, M. Short- and long-term changes in joint co-contraction associated with motor learning as revealed from surface EMG. **J Neurophysiol.**, Washington, v. 88, p. 991–1004, 2002.

OZMUN, J.C.; MIKESKY, A.E., SURBURG, P.R. Neuromuscular adaptations following prepubescent strength training. **Med. Sci. Sports Exerc.**, Madison, v. 26, n. 4, p. 510–514, 1994.

PAVLAT, D.J., HOUSH, T.J., JOHNSON, G.O., ECKERSON, J.M. Electromyographic responses at the neuromuscular fatigue threshold. **J Sports Méd. Phys. Fitness.** v. 35, n. 1, p. 31-37, 1993.

POLLOCK, M.L., LEGGETT, S.H., GRAVES, J.E., JONES, A., FULTON, M., CIRULLI, J. Effect of resistance training on lumbar extension strength. **American Journal of Sports Medicine.** v. 17, n. 5, p. 624-629. 1989.

POTVIN, J.R.; BENT, L.R. A validation of techniques using surface EMG signals from dynamic contractions to quantify muscle fatigue during repetitive tasks. **J. Electromyogr. Kinesiol.**, New York, v. 7, n. 2, p. 131-139, 1997.

POUSSON, M.; AMIRIDIS, L.G.; COMETTI, G.; Van HOECKE, J. Velocity-specific training in elbow flexors. **Eur. J. Appl. Physiol.**, Berlin, v. 80, p. 367-372, 1999.

ROBERTSON, R. J.; GOSS, F. L.; RUTKOWSKI, J.; LENZ, B.; DIXON, C.; TIMMER, J.; FRAZEE, K.; DUBE, J.; ANDREACCI, J. Concurrent Validation of the OMNI Perceived Exertion Scale for Resistance Exercise. **Med. Sci. Sports Exerc.**, Madison, v. 35. n. 2, p. 333-341, 2003.

ROY, S.H.; DE LUCA, C.J.; SNYDER-MACKLER, L.; EMLEY, M.S.; CRENSHAW, R.L.; LYONS, J.P. Fatigue, recovery, and low back pain in varsity rowers. **Med. Sci. Sports Exerc.**, Madison, v. 22, n. 4, p. 463-469, 1990.

SBRICCOLI, P.; FELICI, F.; ROSPONI, A.; ALIOTTA, A.; CASTELLANO, V.; MAZZA, C.; BERNARDI, M.; MARCHETTI, M. Exercise induced muscle damage and recovery assessed by means of linear and non-linear sEMG

analysis and ultrasonography. **J. Electromyogr. Kinesiol.**, New York, v. 11, 73-83, 2001.

SHEPSTONE, T.N.; TANG, J.E.; DALLAIRE, S.; SCHUENKE, M.D.; STARON, R.S.; PHILLIPS, S.M. Short-term high- vs. low-velocity isokinetic lengthening training results in greater hypertrophy of elbow flexors in young men. **J. Appl. Physiol.**, Washington, v. 98, p. 1768-1776, 2005.

SØGAARD, K.; BLANGSTED, A.K.; JØRGENSEN, L.V.; MADELEINE, P.; SJØGAARD, G. Evidence of long term muscle fatigue following prolonged intermittent contractions based on mechano- and electromyograms. **J. Electromyogr. Kinesiol.**, New York, v. 13, p. 441-450, 2003.

SØGAARD, K.; GANDEVIA, S.C.; TODD, G.; PETERSEN, N.T.; TAYLOR, J.L. The effect of sustained low-intensity contractions on supraspinal fatigue in human elbow flexor muscles. **J. Physiol.**, London, v. 573, n. 2, p. 511-523, 2006.

STEWART, D.; MACALUSO, A.; De VITO, G. The effect of an active warm-up on surface EMG and muscle performance in healthy humans. **Eur. J. Appl. Physiol.**, Berlin, v. 89, p. 509-513, 2003.

TORTOZA, C.; GONÇALVES, M. Montagem de um sistema de sinalização para aquisição simultânea de sinais eletromiográficos e cinematográficos. In: I Simpósio de Iniciação Científica,; Encontro Interno de Trabalhos Científicos da UNESP, 5., 1993, Rio Claro. **Anais...** Rio Claro: UNESP/PET/CAPES, 1993. p.12.

TY HOPKINS, J.; INGERSOLL, C.D.; SANDREY, M.A.; BLEGGI, S.D. An electromyographic comparison of 4 closed chain exercise. **J. Athl. Train.**, New York, v. 34, n. 4, p. 353-357, 1999.

WEINECK, J. **Treinamento ideal**. 9. ed. São Paulo: Manole, 1999. 740p.

WESTERBLAD, H.; ALLEN, D.G. Recent advances in the understanding of skeletal muscle fatigue. **Curr. Opin. Rheumatol.**, Philadelphia, v. 14, n. 648-652, 2002.

ZEDKA, M.; PROCHASKA, A. Phasic activity in the human erector spinae during repetitive hand movements. **J. Physiol.**, London, v. 504, n. 4, p. 727-734, 1997.

**ABSTRACT**

The aim of this study was to analyze the behaviour of electromyographic (EMG) amplitude and frequency of the biceps brachii (BB), brachioradialis (BR), triceps brachii (TB) and multifidus (MT) in different isotonic resistance elbow flexion exercises, and to evaluate the 8 weeks training effect based in the EMG fatigue threshold ( $EMG_{FT}$ ) in the EMG variables, heart rate (HR), and perceived exertion (PE). 20 healthy males subjects was divided in a control group (CG, n=10) and a training group (TG, n=10). Initially, the one repetition maximum (1RM) isotonic force for biceps curl (BC) and Scott preacher curl (SC), was obtained. On the next week, in three different days, they was perform the BC, adapted biceps curl (ABC) and SC, with 25%, 30%, 35% e 40% of 1RM for one minute, one exercise per day. With the slope values of each load level, the  $EMG_{FT}$  was calculated. Before and after the isotonic exercises, was performed isometric maximum voluntary contractions (IMVC) and submaximal (50% of IMVC). During the isotonic exercises, HR and PE was record. Once the BB  $EMG_{FT}$  values were obtained, the TG performs training in the ABC exercise (8 weeks, 2 sessions, 3 exhaustive sets with 2 minutes rest). The HR, PE, isometric and isotonic force, as well as the EMG amplitude and frequency in maxima and submaximal isometric and isotonic contractions. Isotonic

contractions were analysed by slope and intercept values so linear regressions pre and post training. The results showed after 1 minute rest, there was recovery for BB muscle in EMG amplitude and frequency during the BC (except for total power). There was load level effect for all exercises, mainly for EMG amplitude (root mean square – RMS) for BB and BR, with fatigue-induced immediately after the protocol. The  $EMG_{FT}$  values for BB and BR were not different and can be used as index for endurance training (values approximately 30% of 1RM). The HR and PE values showed sensible mainly for execution time. The training did not decrease the fatigue-induced in the protocol, and did not change the RMS and Fmed values for TB muscle, although the BB and BR RMS for all load levels has decrease, as well as the MT Fmed. However, there was increase in the 1RM and number of repetitions on ABC after the training. In conclusion, the  $EMG_{FT}$  founded can be a parameter for resistance training protocols (values around 30% of 1RM), there is difference between amplitude and frequency EMG parameters in relation to load level and training, and although the PE shows similar results that EMG, it don't reveals similar results about possible index for load levels

Key words: biomechanics, electromyography, fatigue, resistance exercises.