

DANIELA CRISTINA DE OLIVEIRA SILVA

***AVALIAÇÃO ELETROMIOGRÁFICA E FORÇA DE
MÚSCULOS DO MEMBRO SUPERIOR EM INDIVÍDUOS
SUBMETIDOS À SUPLEMENTAÇÃO DE CREATINA***

Tese apresentada a Faculdade de Odontologia de Piracicaba da Universidade Estadual de Campinas (FOP/UNICAMP), para obtenção do Título de Doutor em Biologia Buco-Dental, área de concentração em Anatomia.

Orientador: Prof. Dr. Fausto Bérzin

PIRACICABA
2009

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA**

Bibliotecária: Marilene Girello – CRB-8ª. / 6159

Si38a	Silva, Daniela Cristina de Oliveira. Avaliação eletromiográfica e força de músculos do membro superior em indivíduos submetidos à suplementação de creatina. / Daniela Cristina de Oliveira Silva. -- Piracicaba, SP: [s.n.], 2009. Orientador: Fausto Bérzin. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Odontologia de Piracicaba. 1. Eletromiografia. 2. Suplemento ergogênico. 3. Flexão do antebraço. I. Bérzin, Fausto. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Odontologia de Piracicaba. III. Título. (mg/fop)
-------	---

Título em Inglês: Strength and electromyographic evaluation of upper limb muscles in men undergoing creatine supplementation

Palavras-chave em Inglês (Keywords): 1. Electromyography, 2. Ergogenic aid, 3. Forearm flexion.

Área de Concentração: Anatomia

Titulação: Doutor em Biologia Buco-Dental

Banca Examinadora: Fausto Bérzin, Gilmar da Cunha Sousa, Ruben de Faria Negrão Filho, Cristiane Rodrigues Pedroni, Mirian Hideko Nagae

Data da Defesa: 24-04-2009

Programa de Pós-Graduação em Biologia Buco-Dental



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA



A Comissão Julgadora dos trabalhos de Defesa de Tese de DOUTORADO, em sessão pública realizada em 24 de Abril de 2009, considerou a candidata DANIELA CRISTINA DE OLIVEIRA SILVA aprovada.

PROF. DR. FAUSTO BERZIN

PROF. DR. GILMAR DA CUNHA SOUZA

PROF. DR. RUBEN DE FÁRIA NEGRÃO FILHO

PROFa. DRa. CRISTIANE RODRIGUES PEDRONI

PROFa. DRa. MIRIAN HIDEKO NAGAE

*Aos meus pais,
ZENON e DEISE,
exemplos de vida, dedicação e amor,
e responsáveis pelo meu crescimento pessoal e profissional.*

*À minha filha,
NATHÁLIA,
minha força e estímulo para continuar na caminhada...*

AGRADECIMENTOS

*Ao meu orientador, **Prof. Dr. Fausto Bérzin**, Departamento de Morfologia da Faculdade de Odontologia de Piracicaba da Universidade Estadual de Campinas, pela orientação, ensinamentos, convivência e extrema dedicação profissional dispensada e, acima de tudo, pela amizade.*

Obrigada pela confiança e oportunidade!

*Ao meu amigo, **Prof. Dr. Gilmar da Cunha Sousa**, Departamento de Anatomia do Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade Federal de Uberlândia, pela prazerosa convivência, orientação e apoio durante todos estes anos, e especialmente, pela disponibilidade do Laboratório de Eletromiografia para a realização da parte prática deste trabalho.*

Deus colocou você no meu caminho!

*Ao meu pai, **Prof. Dr. Zenon Silva**, Laboratório de Anatomia da Universidade Federal de Goiás (Campus Catalão), meu eterno incentivador e mentor profissional, pelos ensinamentos em minha formação acadêmica, no meu envolvimento com a pesquisa científica, e sobretudo, pelo exemplo de competência e amor a profissão.*

Cheguei até aqui por sua causa!

*À minha mãe, **Prof. Dra. Deise Aparecida de Oliveira Silva**, Área de Imunologia do Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade Federal de Uberlândia, pela valiosa colaboração na redação do trabalho, sempre solícita e verdadeira amiga, obrigada pelas horas dedicadas.*

Você sempre será meu exemplo de vida!

À Prof. Dra. Cristiane Rodrigues Pedroni e Prof. Dra. Darcy de Oliveira Tosello pelas valiosas sugestões no exame de qualificação.

À Prof. Dra. Mirian Hideko Nagae, pelo aprendizado e auxílio sempre dispensados.

Aos meus irmãos, Gustavo, Breno e Laura, minhas cunhadas Flávia e Olívia, e meus sobrinhos Guilherme e Fabiana, por tudo que representam ao meu coração.

À minha segunda família, Fabio Franceschini Mitri Luiz, Gilberto Mitri Luiz e Adelina Rosa Fransceschini Mitri Luiz, pelo imenso amor, compreensão, companheirismo e prazerosa convivência.

Aos meus queridos amigos, Karina, Luiz Fernando e Roseâmely, pelo apoio e incentivo durante todos estes anos de convivência.

Aos amigos pós-graduandos do Departamento de Morfologia da FOP/UNICAMP, Camila, Cláudia, Cristiano, Cynthia, Fabiana, Felipe, Marcelo, Maria Fernanda, Patrícia, Roberta, Rosário, pelo carinho e companheirismo concedidos durante nossa convivência.

Aos funcionários do Departamento de Morfologia da FOP-UNICAMP, João Defunto, Joelma, Paulinho e Susete, pela dedicação e auxílio nos momentos necessários.

*Aos amigos do Departamento de Anatomia da Universidade Federal de Uberlândia, **Anivanda, Facury, Frederico, José Wilson, Lazinho, Rade, Roberto, Sílvio e Vandercir**, por todos estes anos de convivência profissional e pessoal.*

*Aos amigos do Laboratório de Anatomia do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM), **Ana Paula, Balduína, Carlinhos, Cássia, Dulcinéia, Eliene, Eveline, Fabiano, Franciele, Gabriela, Geizibel, Henrique, Jader, Jaqueline, José Luiz, Lorayne, Lucélia, Luciana, Luiz Fernando, Marcos Leandro, Maria Rejane, Mariluce, Mônica, Patrícia, Paulinho, Priscila, Sabrina, Thiago, Walquíria**, pelo companheirismo e colaboração profissional.*

*Aos **Voluntários**, pela imprescindível participação no procedimento experimental, pela atenção e respeito ao compromisso.*

*Ao **Centro Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico (CNPq)** pelo auxílio financeiro concedido.*

A todas as pessoas que, de alguma forma, colaboraram na realização deste trabalho.

RESUMO

A eletromiografia de superfície é um instrumento potencial para estudos anatômicos, clínicos e cinesiológicos da atividade elétrica muscular e tem sido aplicada para identificar padrões de ativação muscular associados com força e fadiga muscular. A suplementação de creatina tem sido utilizada para aumentar a força e eficiência muscular, bem como diminuir o início da fadiga muscular. Assim, o objetivo deste trabalho foi analisar a atividade eletromiográfica e força dos músculos bíceps braquial (BB), braquiorradial (BR) e flexor ulnar do carpo (FUC) em indivíduos submetidos à suplementação aguda e crônica de creatina. Vinte indivíduos do sexo masculino, idade 18-35 anos, treinados em exercícios resistidos (musculação), foram selecionados para este estudo duplo-cego, randomizado, placebo-controlado. Os voluntários foram divididos em dois grupos: creatina (5 g de creatina e 5 g de maltodextrina, n=10) e placebo (5 g de celulose e 5 g de maltodextrina, n=10). A suplementação foi ingerida quatro vezes ao dia durante os primeiros 7 dias, e uma vez ao dia durante os 49 dias subsequentes. Cada voluntário realizou contração voluntária isométrica máxima (CVIM) de flexão do antebraço e com 30% e 60% da CVIM, antes e após 7 e 56 dias de suplementação. Os sinais eletromiográficos foram captados utilizando eletrodos de superfície passivos conectados a um pré-amplificador, registrados em um eletromiógrafo computadorizado, e analisados pelo software *Myosystem-Br1*. Uma célula de carga foi empregada para medir a força isométrica máxima durante os testes. Os dados eletromiográficos foram calculados pelos valores de amplitude (RMS – *root mean square*) e frequência mediana (FM), e analisados por meio de curva de regressão linear, gerando coeficientes angulares de RMS e FM que foram considerados índices de eficiência e fadiga muscular, respectivamente. Os resultados mostraram que o grupo creatina exibiu aumento da força somente após 56 dias de suplementação ($p < 0,05$), enquanto nenhuma diferença foi encontrada no grupo placebo. Os músculos BB e BR mostraram decréscimo nos valores de coeficientes angulares de RMS após 7 e 56 dias de suplementação de creatina com 60% da CVIM ($p < 0,05$). Nenhuma diferença significativa foi observada nos valores de coeficientes angulares de FM entre os tempos de suplementação para todos os músculos, em ambos os grupos e cargas. Assim, pode ser concluído que a suplementação crônica de creatina aumenta a força isométrica de flexão do antebraço. Além disso, tanto a suplementação aguda como a crônica de creatina melhoram a eficiência muscular de BB e BR apenas com cargas maiores, porém não tem efeito benéfico na redução da fadiga muscular de BB, BR e FUC, em qualquer intensidade de carga.

Palavras-chave: Eletromiografia, Suplemento ergogênico, Flexão do antebraço.

ABSTRACT

Surface electromyography is a potential tool for anatomic, clinic and kinesiological studies of muscle electric activity and it has been employed to identify muscular activation levels associated with force and muscular fatigue. Creatine supplementation has been used to augment the strength and muscular efficiency as well to decrease the onset of muscular fatigue. This study aimed to analyze the force and electromyographic activity of *biceps brachii* (BB), *brachioradialis* (BR) and *flexor carpi ulnaris* (FCU) muscles in subjects submitted to acute and chronic creatine supplementation. Twenty resistance-trained male volunteers, aged 18 to 35 years, were selected for this double-blind, controlled-placebo, randomized study. Volunteers were placed into two groups: creatine (5 g creatine and 5 g maltodextrine, n=10) and placebo (5 g cellulose and 5 g maltodextrine, n=10). Oral supplementation was given 4 times per day during the first 7 days and once a day in the 49 subsequent days. Volunteers performed maximum isometric voluntary contraction (MIVC) of forearm flexion and with 30% and 60% MIVC, before and after 7 and 56 days of supplementation. Electromyographic signs were captured using passive surface electrodes joined to a pre-amplifier, recorded in a computer-connected electromyography and analyzed by the Myosystem-Br1 software. A load cell was used to measure the maximum isometric strength during the tests. Electromyographic data were calculated by values of amplitude (RMS – *root mean square*) and median frequency (MF) and analyzed by linear regression curve, generating RMS and MF slopes that were considered muscular efficiency and fatigue indices, respectively. Results showed that creatine group exhibited an increase of strength only after 56 days of supplementation ($p < 0.05$), while no significant difference was found in placebo group. BB and BR muscles showed a decrease of RMS slopes after 7 and 56 days of creatine supplementation with 60% MIVC ($p < 0.05$). No significant difference was observed in MF slopes among times of supplementation for all muscles in both loads and groups. It can be concluded that the chronic creatine supplementation increases the isometric strength of forearm flexion. Also, both acute and chronic creatine supplementation improve the BB and BR muscular efficiency only with high loads, but do not have beneficial effect on reducing muscular fatigue of BB, BR and FCU, whichever the load.

Keywords: Electromyography, Ergogenic aid, Forearm flexion.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	01
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	04
2.1 ASPECTOS MORFOLÓGICOS DOS MÚSCULOS BÍCEPS BRAQUIAL, BRAQUIORRADIAL E FLEXOR ULNAR DO CARPO.....	04
2.1.1 Músculo Bíceps Braquial.....	04
2.1.2 Músculo Braquiorradial.....	05
2.1.3 Músculo Flexor Ulnar do Carpo.....	05
2.2 ESTUDO DA FUNÇÃO MUSCULAR - ELETROMIOGRAFIA.....	06
2.3 SUPLEMENTAÇÃO ALIMENTAR – CREATINA	09
2.4 SUPLEMENTAÇÃO ORAL DE CREATINA E ATIVIDADE MUSCULAR.....	10
2.5 SUPLEMENTAÇÃO ORAL DE CREATINA E ELETROMIOGRAFIA.....	19
3. PROPOSIÇÃO.....	24
3.1 GERAL.....	24
3.2 ESPECÍFICAS.....	24
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	25
4.1 CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO.....	25
4.2 POPULAÇÃO E AMOSTRA.....	25
4.3 INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS.....	26
4.3.1 Eletromiógrafo e <i>Software</i>	26
4.3.2 Eletrodos.....	28
4.3.3 Plataforma e Barra.....	28
4.3.4 Célula de carga.....	30
4.3.5 Goniômetro.....	31
4.3.6 Materiais Adicionais.....	31
4.4 PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS.....	32
4.4.1 Dieta alimentar.....	32
4.4.2 Programa de suplementação.....	32
4.4.3 Programa de treinamento.....	33

4.4.4	Protocolo experimental.....	33
4.4.4.1	Preparação dos voluntários.....	34
4.4.4.2	Exercícios.....	36
4.5	ANÁLISE DOS DADOS.....	39
4.6	ANÁLISE ESTATÍSTICA	41
5.	RESULTADOS	43
5.1	FORÇA.....	43
5.2	AMPLITUDE ELETROMIOGRÁFICA (RMS).....	44
5.2.1	Efeito dos tempos de suplementação.....	47
5.2.2	Efeito dos grupos.....	47
5.2.3	Efeito dos músculos.....	48
5.3	FREQUÊNCIA MEDIANA (FM).....	52
5.3.1	Efeito dos tempos de suplementação.....	55
5.3.2	Efeito dos grupos.....	55
5.3.3	Efeito dos músculos.....	56
6.	DISCUSSÃO.....	60
6.1	FORÇA.....	60
6.2	EFICIÊNCIA MUSCULAR	62
6.3	FADIGA MUSCULAR.....	67
7.	CONCLUSÕES	72
	REFERÊNCIAS	73
	ANEXOS.....	85

1. INTRODUÇÃO

Ao longo da história, a atividade física sempre esteve presente na rotina da humanidade, comumente associada ao estilo da época, como por exemplo, na caça dos homens das cavernas para a sobrevivência, na Grécia Antiga como prática desportiva em busca de um corpo perfeito, ou no militarismo através da formação de legiões romanas com suas longas marchas e treinamentos. Atualmente, essa relação entre a atividade física e o homem em sua rotina diária está aumentando intensamente, pois pessoas de todas as idades, incluindo aquelas inativas fisicamente, buscam melhorar sua saúde e bem-estar praticando atividade física moderadamente regular (PORTO, 2007).

A busca de um corpo esteticamente perfeito e a falta de uma cultura corporal saudável tem levado alguns indivíduos a usar, de forma abusiva, substâncias que possam potencializar os seus objetivos no menor espaço de tempo possível. Dentre estas substâncias, os macros e micronutrientes ergogênicos têm sido utilizados visando melhorar o desempenho atlético e intensificar a capacidade de trabalho em indivíduos saudáveis, eliminando a sensação de sintomas como cansaço e fadiga muscular ou mental (SANTOS; SANTOS, 2002).

Neste contexto, o aprofundamento de conhecimentos sobre a organização anatomofisiológica do corpo humano, principalmente relacionada ao comportamento do sistema muscular, constitui tema de várias pesquisas que buscam investigar o efeito da suplementação alimentar sobre vários parâmetros, tais como, a massa corporal e o diâmetro das fibras musculares (VOLEK *et al.*, 1999; MACHADO; CAMERON, 2002); a adaptação muscular (STEVENSON; DUDLEY, 2001a,b); o desempenho físico (MUJICA *et al.*, 2000); as doenças neurodegenerativas (MAZZINI *et al.*, 2001; KOMURA *et al.*, 2003); a força e/ou potência, a fadiga, a recuperação e a resistência muscular (JAKOBI *et al.*, 2000; STOUT *et al.*, 2000; JAKOBI *et al.*, 2001; ALTIMARI *et al.*, 2006; FERGUSON; SYROTUIK, 2006; STOUT *et al.*, 2006; STOUT *et al.*, 2007).

Um dos suplementos alimentares mais estudados na última década é a creatina, e por não estar incluída na “Lista de Substâncias e Métodos Proibidos” (Código antidopagem) do Comitê Olímpico Internacional, muitos atletas e indivíduos fisicamente

treinados fazem uso desta substância devido aos seus possíveis efeitos ergogênicos sobre a massa muscular e o desempenho motor (BROUNS, 2005). Outro fator que aumenta o consumo desta substância entre os atletas é a vigência de uma legislação não rigorosa que autoriza a sua venda sem receita médica, ou porque as indústrias constantemente lançam no mercado produtos, ditos ergogênicos, que prometem efeitos imediatos e eficazes (SANTOS; SANTOS, 2002).

Atualmente, há uma enorme quantidade destas substâncias comercialmente disponíveis que prometem efeitos sobre o desempenho motor e a estética, porém nem todas possuem propriedades realmente ergogênicas ou fenômenos supostamente ergogênicos (FOX *et al.*, 1988). Uma substância para ser legitimamente classificada como ergogênica, deve comprovadamente melhorar o desempenho (WILMORE; COSTILL, 1999). Assim, estudos científicos nesta área são essenciais para diferenciar resposta ergogênica verdadeira de resposta pseudoergogênica, na qual o desempenho motor simplesmente melhora porque o indivíduo espera a melhora (SANTOS; SANTOS, 2002). Além disso, o conhecimento pormenorizado da anatomofisiologia do corpo humano proporciona maior possibilidade de utilizá-lo e obter dele o máximo rendimento, porém preservando a sua integridade física.

A maioria dos estudos relacionados com a suplementação oral de creatina tem apresentado relatos controversos com relação à atividade muscular, fadiga neuromuscular e força (FEBBRAIO *et al.*, 1995; SNOW *et al.*, 1998; BELLINGER *et al.*, 2000; MUJICA *et al.*, 2000; STOUT *et al.*, 2000; FERGUSON; SYROTUIK, 2006; STOUT *et al.*, 2006; CRAMER *et al.*, 2007a). Estes resultados contraditórios podem ser devido à grande variação na metodologia utilizada, como por exemplo, o tempo e/ou quantidade de suplementação, o tipo de exercício executado e, principalmente, as técnicas empregadas para mensurar estes parâmetros.

Várias técnicas são utilizadas para avaliar o comportamento dos diversos grupos musculares sob efeito de suplementação alimentar. Entre elas, a eletromiografia de superfície, que é um instrumento de avaliação clínica e cinesiológica da função muscular, tem mostrado ser uma nova e avançada tecnologia para quantificar a atividade total de trabalho muscular, além de estimar a fadiga simultaneamente com a força muscular (MÄESTU *et al.*, 2006). Além disso, a eletromiografia é uma técnica bastante aceita por ser

um método não-invasivo e por possibilitar a análise simultânea de diferentes músculos em um mesmo movimento, e por avaliar a fadiga desde o início do esforço muscular (BASMAJIAN; DE LUCA, 1985; MERLETTI; PARKER, 2004; MÄESTU *et al.*, 2006).

Segundo Bierman e Yamshon (1948), a eletromiografia de superfície pode ser empregada com o objetivo de direcionar o estudo da cinesiologia, pois permite uma avaliação quantitativa e mais detalhada das contrações musculares do que qualquer outro método. Avaliações de um músculo normal pela eletromiografia podem fornecer um guia para a aplicação de exercícios terapêuticos ou para treinamento. Isto também pode servir como base de comparação com observações eletromiográficas em estados patológicos do sistema neuromotor, assim como o padrão de reabilitação neuromuscular (PORTNEY, 1993; AVILA *et al.*, 2002).

Entretanto, a literatura sobre a avaliação da atividade muscular, fadiga e força por meio da eletromiografia de superfície durante a suplementação de creatina é bastante escassa. Nesta perspectiva, a análise eletromiográfica de músculos do membro superior em indivíduos fisicamente treinados submetidos à suplementação de creatina poderá trazer contribuições resultando em modificações importantes na conduta e desempenho do atleta, com benefícios refletidos em seu resultado final na competição bem como no seu estado de saúde geral.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 ASPECTOS MORFOLÓGICOS DOS MÚSCULOS BÍCEPS BRAQUIAL, BRAQUIORRADIAL E FLEXOR ULNAR DO CARPO

2.1.1 Músculo Bíceps Braquial

O músculo bíceps braquial é um grande músculo fusiforme situado no compartimento flexor da parte superior do braço. Possui, em geral, duas “cabeças” ou partes, fixadas separadamente. A cabeça curta está fixada por um espesso tendão achatado no ápice do processo coracóide junto com o músculo coracobraquial. A cabeça longa começa na articulação do ombro, com um longo tendão estreito, correndo do tubérculo supraglenoidal, no ápice da cavidade glenóide, e contínuo com o lábio glenoidal. O tendão, envolvido em uma lâmina tubular dupla, curva-se sobre a cabeça do úmero, emerge atrás do ligamento transversal do úmero e desce no sulco intertubercular, mantido aí pelo ligamento e por uma expansão fibrosa proveniente do tendão do músculo peitoral maior (TESTUT; LATARJET, 1979; WILLIAMS *et al.*, 1995).

Ambos os tendões do bíceps braquial conduzem a ventres alongados que, embora intimamente justapostos, podem ser separados até 7 cm, ou pouco mais, da articulação do cotovelo. Aqui eles terminam em tendão único achatado, fixado na área rugosa posterior da tuberosidade do rádio. O tendão possui uma larga expansão medial, a aponeurose bicipital, que desce medialmente transversal à artéria braquial para fundir-se com a fáscia profunda sobre os músculos flexores do antebraço. O tendão pode ser dividido para a tuberosidade, suas lâminas anterior e posterior correspondendo às cabeças curtas e longa, respectivamente. Uma terceira cabeça (10%) pode se estender da parte súpero-medial do músculo braquial até à aponeurose bicipital e lado medial do tendão (WILLIAMS *et al.*, 1995).

O bíceps braquial é um supinador poderoso, especialmente em movimentos rápidos ou contra a resistência. Ele flete o antebraço mais efetivamente na posição supinada e, menos efetivamente, o ombro. Sua aponeurose bicipital puxa a extremidade distal da ulna medialmente na supinação. A cabeça longa ajuda a controlar a translação da cabeça do

úmero para cima, durante a contração do deltóide. Quando o antebraço é fletido forçadamente, o tendão e a aponeurose bicipital são conspícuos (TESTUT; LATARJET, 1979; WILLIANS *et al.*, 1995).

2.1.2 Músculo Braquiorradial

O músculo braquiorradial é um músculo fusiforme que se situa superficialmente na face ântero-lateral do antebraço e forma a margem lateral da fossa cubital (TESTUT; LATARJET, 1979).

Ele se origina dos dois terços proximais da crista supra-epicondilar lateral e da face anterior do septo intermuscular lateral. Suas fibras musculares terminam proximais ao nível médio do antebraço em um tendão achatado que se estende para fixar lateralmente na extremidade do rádio, proximal a seu processo estilóide. Próximo de sua terminação distal, o tendão é cruzado por aqueles do músculo abductor longo do polegar e do músculo extensor curto do polegar. O músculo braquiorradial está frequentemente fundido proximalmente com o músculo braquial. Seu tendão pode dividir-se em dois ou três feixes e raramente ele é duplo ou ausente. Sua inserção radial pode ser bem proximal (WILLIANS *et al.*, 1995).

O braquiorradial tem a função de flexionar o antebraço, mais efetivamente na posição semipronado, quando ele se salienta proeminentemente, sobretudo quando agindo contra a resistência. Ele é pouco ativo na flexão suave e lenta, ou com o antebraço em supinação, mas desenvolve uma manifestação poderosa de atividade tanto na flexão quanto na extensão rápidas; durante estas atividades ele é principalmente um músculo de ação rápida, fornecendo força centrípeta em direção ao cotovelo para equilibrar a força centrífuga das oscilações rápidas em qualquer direção (TESTUT; LATARJET, 1979; WILLIANS *et al.*, 1995).

2.1.3 Músculo Flexor Ulnar do Carpo

O músculo flexor ulnar do carpo é, entre os flexores superficiais, o de localização mais medial, estendendo-se desde o cotovelo até a primeira fila dos ossos do carpo. Possui duas cabeças, umeral e ulnar, unidas por um arco tendíneo. A pequena cabeça

umeral origina-se do epicôndilo medial por meio do tendão comum; a cabeça ulnar é uma extensa fixação na margem medial do olécrano e nos dois terços proximais da margem posterior da ulna por meio de uma aponeurose comum, compartilhada com os músculos extensor ulnar do carpo e flexor profundo dos dedos (TESTUT; LATARJET, 1979; WILLIANS *et al.*, 1995).

As duas cabeças se unem intimamente e terminam em um forte tendão que se forma ao longo da margem anterolateral da metade distal do músculo, o qual, por sua vez, se fixa no osso pisiforme; fibras laterais se fixam na aponeurose palmar e no hâmulos do osso hamato e fibras mediais no quinto osso metacarpal.

Juntamente com os músculos flexor radial do carpo, palmar longo e flexor superficial dos dedos, o músculo flexor ulnar do carpo flete o carpo; já com o extensor ulnar do carpo ele aduz a mão e ambos são sinergistas, impedindo a abdução quando o polegar é estendido. O músculo flexor ulnar do carpo também fixa o osso pisiforme durante a abdução e/ou flexão do dedo mínimo (TESTUT; LATARJET, 1979; WILLIANS *et al.*, 1995).

2.2 ESTUDO DA FUNÇÃO MUSCULAR – ELETROMIOGRAFIA

A metodologia tradicional utilizada para determinar a ação muscular tem sido, ao longo da história, meramente dedutiva, pois considera, fundamentalmente, as observações de origem, inserção e posicionamento do músculo em relação ao segmento sobre o qual o músculo vai exercer a sua ação. Evidentemente, estes fatores são importantes, mas é impossível considerar o músculo como simples tirante elástico preso a um sistema de alavancas esqueléticas, como parece sugerir alguns autores clássicos, cada qual em sua época e utilizando recursos disponíveis em seu tempo e laboratório (FICK, 1910; MAIR, 1935, 1937; EBERT, 1939; HOEPKE, 1949; TUCKER, 1955). Desta forma, LORD (1913), analisando modelos esqueléticos, substituiu os músculos por cordões ou molas com o objetivo de simular a ação muscular. Atualmente, tais procedimentos conservam-se apenas como valores referenciais e históricos.

Não se pode negar a importância de estudos mecânicos e dedutivos quando o objetivo é determinar a ação de músculos esqueléticos. Todavia, estes estudos, geralmente, consideram a ação de um músculo de cada vez e não a ação sinérgica de um grupo muscular em movimentos naturais e voluntários (MAIR, 1935; DUCHENNE, 1949), assim como não consideram, com exatidão, a ação muscular para contrapor à gravidade (MAIR, 1937).

Embora se saiba que nenhum músculo trabalhe sozinho, senão em grupos ou em funções sinérgicas, estes estudos baseados em métodos mecânicos foram de grande importância para a evolução da metodologia utilizada atualmente (BUCHANAN *et al.*, 1986; ARAÚJO; AMADIO, 1996). Além disso, mesmo quando um grupo muscular desenvolve, em sinergismo, uma determinada ação, os músculos não exibem exatamente o mesmo padrão de atividade, em termos de intensidade e duração, pois cada músculo possui origem e inserção próprias e, portanto, diferentes ângulos e momentos de força ideais, mesmo que sua inervação seja comum.

Neste contexto, Sousa (1958/59) relatou que os métodos tradicionais de estudos musculares não mostram em que fase do movimento um determinado músculo entra em ação, a duração de sua participação e o momento em que cessa a sua atividade. Elze (1937) já preconizava a necessidade de provas para confirmar as ações musculares descritas através de métodos mecânicos e dedutivos.

Embora o estudo puramente mecânico dos músculos tenha sido um procedimento utilizado por várias décadas, as raízes do estudo por estimulações elétricas encontram-se em um passado longínquo. Assim, Beever (1903) e Duchenne (1949) aplicaram estimulação elétrica em músculos vivos ou logo após a morte, na tentativa de descobrir as suas ações em determinados movimentos.

A eletromiografia, como método moderno, tem se concretizado como principal instrumento de investigação cinesiológica. Estudos de Imman *et al.* (1944), que analisaram a ação de músculos do ombro, constituem o marco inicial dos estudos eletromiográficos modernos. Desde então, a interpretação, a decomposição e a aplicação de sinais biológicos emanados de músculos esqueléticos têm fascinado muitos pesquisadores. Decodificar e extrair a informação contida nestes sinais é uma tarefa tentadora que muitos engenheiros e

profissionais da saúde empreendem com prazer e determinação (MERLETTI; PARKER, 2004).

Rasch e Burke (1977) descrevem eletromiografia como o registro da excitação muscular pelo sistema nervoso. Para Basmajian e De Luca (1985), que reúnem os mais importantes estudos eletromiográficos realizados com os principais músculos do corpo humano, a eletromiografia é o estudo da função muscular através da averiguação do sinal elétrico que emana de um músculo em atividade. Portney (1993) considera a eletromiografia como o estudo da atividade da unidade motora, enquanto Merletti e Parker (2004) definem o sinal eletromiográfico como uma manifestação bioelétrica gerada por músculos esqueléticos, que são os motores que realizam o movimento.

A estimulação elétrica e a captação de potenciais elétricos produzidos pelos músculos durante contração voluntária são consideradas como fundamentais para estudos anatômicos, cinesiológicos e clínicos da atividade muscular, já que fornecem mais informações sobre a fisiologia de um músculo ou grupo muscular, e também possibilitam conclusões mais claras da sua Anatomia (BASMAJIAN; DE LUCA, 1985).

O registro de sinais mioelétricos captados na superfície da pele que cobre os músculos, denominado eletromiografia de superfície, é um procedimento comum em vários estudos de função muscular e tem sido aplicado para avaliar diferentes parâmetros, tais como, limiar anaeróbico (PAAVOLAINEN *et al.*, 1994; GLASS *et al.*, 1997; LUCÍA *et al.*, 1999), biomecânica muscular (RODRIGUES *et al.*, 2003; MAFFIULETTI *et al.*, 2006; DON *et al.*, 2007), aprendizagem motora (YIU, *et al.*, 2005; VAN DIJK, *et al.*, 2006; CRAMER, *et al.*, 2007b), relaxamento neuromuscular (SHIN *et al.*, 2004; VOERMAN *et al.*, 2004; LABYT *et al.*, 2006), fraqueza muscular (HJORTSKOV *et al.*, 2005; NIE *et al.*, 2007), doenças neuromusculares (VORGERD *et al.*, 2000; SHABO *et al.*, 2007; STÜBGEN, 2007) e atividades de unidades motoras (LOCHYNSKI *et al.*, 2007; SABOISKY *et al.*, 2007).

A eletromiografia de superfície registra os potenciais elétricos de ação muscular que disseminam através do sarcolema e são captados por eletrodos colocados na superfície da pele, registrando áreas durante uma ação muscular esquelética. O sinal eletromiográfico de superfície contém informações fisiológicas no domínio do tempo (amplitude) e no

domínio da frequência (média, mediana ou moda) (CRAMER *et al.*, 2007a). Tem sido sugerido que o domínio do tempo representa a ativação muscular, a qual pode ser afetada pelo número de unidades motoras recrutadas e pela taxa de disparo das unidades motoras ativas (BASMAJIAN; DE LUCA, 1985), enquanto o domínio da frequência pode ser afetado pela forma, velocidade de condução e taxa de disparo dos potenciais de ação muscular (HERMENS, 1992).

A amplitude e frequência do sinal eletromiográfico de superfície tem sido utilizadas para identificar padrões de ativação muscular, com diferentes intensidades de força, associados com a fadiga muscular esquelética (JAKOBI *et al.*, 2000; STOUT *et al.*, 2000; JAKOBI *et al.*, 2001; STEVENSON; DUDLEY, 2001a,b; STOUT *et al.*, 2006; CRAMER *et al.*, 2007a). Tais parâmetros são muito influenciados por suplementos alimentares que prometem efeitos imediatos na redução da fadiga, aumento de força e melhora no desempenho físico geral do indivíduo (WILMORE; COSTILL, 1999).

2.3 SUPLEMENTAÇÃO ALIMENTAR - CREATINA

Os suplementos alimentares são considerados substâncias ergogênicas que visam melhorar o desempenho físico e, concomitantemente, a estética (SANTOS; SANTOS, 2002). O auxílio ergogênico é observado desde a antiguidade, com base em superstição e atos ritualísticos, quando atletas e soldados eram preparados com dietas constituídas de partes específicas de animais com o intuito de conferir agilidade, velocidade e força (APPLEGATE; GRIVETTI, 1997).

O conhecimento fisiológico do organismo do atleta promoveu o surgimento e a utilização de substâncias químicas de diferentes origens e formas de ação, com o objetivo de aumentar a capacidade de força e a resistência orgânica. Creatina, carnitina, bicarbonato de sódio, cafeína, ginseng, esteróides anabólicos, picolinato de cromo, ioimbina, bebidas hiperprotéicas, entre outras, têm sido utilizadas, muitas vezes de forma indiscriminada e sem orientação especializada (CLARKSON, 1996). Entretanto, pouco se sabe sobre seu real valor no organismo.

A creatina é a substância ergogênica mais estudada na última década (BROUNS, 2005). Ela é um composto orgânico nitrogenado, sintetizado no corpo humano a partir dos aminoácidos arginina, glicina e metionina. Ela está presente nos alimentos em pequenas quantidades, como por exemplo, carne vermelha, aves e peixes, que contêm aproximadamente de 4 a 5 g de creatina por quilo de alimento. O corpo sintetiza apenas cerca de 1 g por dia deste composto orgânico, principalmente nos rins, fígado e pâncreas, e a quantidade total no corpo é estimada em 120 g. Aproximadamente 95% da creatina total do corpo encontra-se armazenada no músculo esquelético, cerca de 45% como creatina livre e o resto é combinado com o fosfato para formar a fosfocreatina (McARDLE *et al.*, 2001; MACHADO; CAMERON, 2004; BROUNS, 2005).

No músculo esquelético, a fosfocreatina desempenha papel proeminente em inúmeras funções metabólicas importantes: (1) funciona como “reservatório de energia” das células para fornecer energia rápida para a ressíntese do ATP (adenosina trifosfato), mais rapidamente que o ATP gerado pela glicólise; (2) facilita o transporte de fosfato intramuscular de alta energia entre a mitocôndria e os locais das pontes cruzadas onde se inicia a contração muscular; e (3) reduz a acidose nas células musculares pelo tamponamento dos íons hidrogênio. Assim, o aumento na disponibilidade de fosfocreatina no músculo deveria (1) contribuir para uma taxa de renovação mais rápida do ATP para manter o rendimento de potência durante o esforço muscular de curta duração; (2) retardar a depleção de fosfocreatina; (3) retardar a dependência excessiva da glicólise anaeróbica com subsequente formação de ácido lático; e (4) facilitar a recuperação após sessões repetidas de esforço intenso e rápido, através do aumento na taxa de ressíntese de ATP e fosfocreatina, permitindo um nível mais alto no rendimento de potência (McARDLE *et al.*, 2001; BROUNS, 2005).

2.4 SUPLEMENTAÇÃO ORAL DE CREATINA E ATIVIDADE MUSCULAR

A suplementação oral de creatina vem sendo intensamente estudada, enfatizando o aumento na concentração de creatina muscular, o que levou ao incremento do consumo desta substância por praticantes de diversas modalidades esportivas

(VANDENBERGHE *et al.*, 1997; ROPERO-MILLER *et al.*, 2000; TERJUNG *et al.*, 2000; MACHADO; CAMERON, 2004).

O efeito da suplementação oral de creatina tem sido estudado em diferentes parâmetros, tais como, a massa muscular corporal (MACHADO; CAMERON, 2002), o diâmetro das fibras musculares (VOLEK *et al.*, 1999), o desempenho motor geral, (SNOW *et al.*, 1998; McKENNA *et al.*, 1999; MUJICA *et al.*, 2000), a força e/ou potência (BECQUE *et al.*, 2000; FERGUNSON; SYROTUIK, 2006), a ativação muscular (JAKOBI *et al.*, 2001; KINUGASA *et al.*, 2004) e, especialmente, a fadiga muscular (STOUT *et al.*, 2006, 2007; SMITH *et al.*, 2007; HADJICHARALAMBOUS *et al.*, 2008).

A fadiga é uma experiência da vida diária, mas sua definição é muito complexa e controversa. Em linguagem comum, a fadiga pode ser descrita como sensação de fraqueza ou dor muscular, ou diminuição do desempenho, difícil de ser quantificada ou mensurada (MERLETTI *et al.*, 2004). O conceito de fadiga é aplicado para avaliar a deterioração do desempenho do músculo, ou seja, o “ponto de falha”, no qual o músculo não é mais capaz de sustentar a força requerida (MORITANI; YOSHITAKE, 1998).

Alguns índices correlacionados com a fadiga podem ser mensurados através de alterações metabólicas como a concentração de lactato intramuscular e sérico, pH, concentração de amônia (intra e extracelular) e glicogênio muscular (MACHADO; CAMERON, 2004). Outro método que atualmente está sendo utilizado para medir quantitativamente a fadiga muscular é a eletromiografia de superfície, na qual as manifestações mioelétricas de fadiga muscular são definidas com base na evolução temporal das características do sinal eletromiográfico durante a contração muscular (MERLETTI *et al.*, 2004).

Os efeitos ergogênicos da suplementação oral de creatina são bastante discutidos e controversos entre os pesquisadores, especialmente com relação à fadiga muscular localizada e força.

Urbanski *et al.* (1999) avaliaram o desempenho motor de dez indivíduos fisicamente ativos e não-treinados sob o efeito de 5 dias de suplementação de creatina (20 g/dia) durante contrações isométricas máximas e submáximas de extensão da perna e flexão do carpo. Os autores encontraram significativo aumento na força isométrica máxima de

extensão da perna, mas não de flexão do carpo, após o período de suplementação de creatina, além de aumento no tempo para o início de fadiga durante contrações submáximas em ambos os exercícios. Os resultados permitiram concluir que a suplementação de creatina pode aumentar a força máxima e melhorar a resistência à fadiga durante exercícios resistidos isométricos, porém este efeito parece estar restrito a movimentos realizados com uma grande massa muscular.

Rawson *et al.* (1999) analisaram a composição corporal, a força dos músculos flexores do antebraço e a fadiga dos músculos extensores da perna em 20 homens idosos sob o efeito de 30 dias de suplementação oral de creatina. A suplementação foi administrada em duas fases: superdosagem (10 dias: 20 g/dia) e manutenção (20 dias: 4 g/dia). A fadiga dos músculos da coxa foi determinada usando um dinamômetro isocinético durante contrações voluntárias máximas de extensão da perna, enquanto a força de flexão do antebraço foi mensurada utilizando uma célula de carga durante exercícios em um aparelho “Rosca Scott”. Nenhuma diferença significativa foi observada sobre a massa corporal e a força após a suplementação de creatina, porém foi verificado um significativo aumento no limiar de fadiga dos músculos extensores da perna. Os autores concluíram que a suplementação de creatina por 30 dias pode ter um efeito benéfico na redução da fadiga muscular em homens idosos, mas não afetam a composição corporal e a força.

Tarnopolsky e MacLennan (2000) estudaram o efeito da suplementação de creatina (4 dias, 20 g/dia) sobre o desempenho físico durante exercícios de alta intensidade. Para avaliar a força e a fadiga muscular, 24 voluntários realizaram testes na bicicleta ergométrica e exercícios de contração voluntária máxima de dorsiflexão, extensão isocinética da perna e flexão dos dedos. Foram encontrados efeitos significantes no grupo tratado com creatina, que mostrou aumento na força de dorsiflexão e aumento no lactato sanguíneo. Os autores concluíram que a suplementação de creatina em curto prazo pode melhorar alguns índices do desempenho físico durante exercícios de alta intensidade, como por exemplo, a força voluntária máxima de dorsiflexão, porém não tem efeito sobre a fadiga muscular.

Rawson e Clarkson (2000) hipotetizaram que a ingestão de creatina em curto prazo (5 dias, 20 g/dia) poderia aumentar a massa corporal e desempenho atlético de idosos.

Dezessete voluntários entre 60-78 anos realizaram exercícios em um aparelho “Rosca Scott” para avaliar a força isométrica dos flexores do antebraço por meio de uma célula de carga, e exercícios isocinéticos de extensão da perna para avaliar a fadiga muscular dos músculos da coxa. Após a suplementação de creatina, foi verificado pequeno aumento, mas estatisticamente significativo, na massa corporal e ligeiro aumento no limiar de fadiga durante extensão da perna, porém sem diferença significativa. Além disso, não houve diferenças significantes na força isométrica de flexão do antebraço. Os resultados permitiram concluir que a suplementação aguda de creatina não aumenta a força isométrica e apenas produz pouco aumento no desempenho isocinético e massa corporal em homens idosos.

Burke *et al.* (2000) examinaram o efeito de baixas doses de suplementação de creatina (aproximadamente 7,7 g/dia) por 21 dias combinados com treinamento resistido sobre o desempenho motor de atletas universitários. Os voluntários realizaram exercícios concêntricos em um aparelho supino reto isocinético até a fadiga (exaustão), enquanto a força, potência, duração do pico da potência e o trabalho total foram avaliados. Os resultados mostraram que os indivíduos suplementados com creatina realizaram maior trabalho total até a fadiga e apresentaram maiores valores de força e potência, além de manterem o pico de potência por um período mais longo, comparados aos indivíduos suplementados com placebo. Assim, os autores concluíram que a suplementação de creatina pode melhorar significativamente alguns fatores associados com atividades de alta intensidade e curta duração, como por exemplo, a fadiga, a força e a potência muscular.

Hamilton *et al.* (2000) investigaram a influência da creatina monohidratada sobre as respostas anaeróbicas do membro superior em mulheres treinadas em força. Vinte e quatro voluntárias, praticantes de esportes que envolvem a rotação medial do braço, foram divididas em dois grupos e receberam 25 g de creatina ou placebo durante 7 dias. As voluntárias realizaram exercícios de flexão do antebraço e rotação medial do braço e os parâmetros analisados envolveram pico de força isocinética concêntrica e excêntrica, uma repetição máxima (1 RM) dinâmica, fadiga e peso corporal. O grupo creatina apresentou aumento na capacidade de trabalho até a fadiga comparado ao grupo placebo, porém somente durante os movimentos de flexão do antebraço. Nenhuma diferença significativa

foi encontrada para a força de flexão do antebraço ou de rotação medial do braço, bem como para o peso corporal. Desta forma, os autores concluíram que a creatina monohidratada pode aumentar a capacidade de trabalho do membro superior, mas este aumento pode não se estender aos músculos primariamente responsáveis pelo desempenho em esportes que envolvem rotação da articulação do ombro.

Becque *et al.* (2000) avaliaram o efeito da suplementação oral de creatina sobre a composição corporal e força dos músculos flexores do antebraço durante 6 semanas de um programa periodizado de treinamento de força do membro superior. A suplementação de creatina ou placebo foi administrada em 23 voluntários durante as fases de superdosagem (5 dias: 20 g/dia) e de manutenção (37 dias: 2 g/dia). A força dos flexores do antebraço durante testes de 1 RM, a composição corporal e a antropometria do membro superior foram avaliadas antes e após a suplementação. Foi verificado significativo aumento na força após a suplementação em ambos os grupos, placebo e creatina, porém este aumento foi maior no grupo creatina. Além disso, o grupo creatina apresentou significativo aumento na massa corporal, na massa magra e na área muscular, enquanto nenhuma diferença significativa foi encontrada para o percentual de gordura corporal após o período de suplementação em ambos os grupos. Os autores concluíram que a suplementação de creatina durante um programa de treinamento de força do membro superior proporciona maior aumento na força muscular dos flexores do antebraço, bem como na área muscular e massa magra, do que somente o treinamento.

Bemben *et al.* (2001) estudaram o efeito da suplementação de creatina monohidratada sobre os parâmetros de força isométrica de jovens sedentários. Dezenove voluntários ingeriram 20 g/dia de creatina ou placebo durante 5 dias (fase de superdosagem) seguido por 5 g/dia durante 5 dias (fase de manutenção). A força isométrica máxima e a resistência muscular foram avaliadas em quatro grupos musculares (flexores e extensores do antebraço, flexores e extensores da perna). Foi observado significativo aumento na força isométrica após a suplementação de creatina, apenas nos flexores da perna, enquanto a resistência apresentou melhora em todos os grupos musculares após a suplementação de creatina. Assim, os autores concluíram que a suplementação de creatina em jovens não-treinados não influencia positivamente a força isométrica máxima dos

flexores e extensores do antebraço, bem como dos extensores da perna, porém pode melhorar a resistência isométrica muscular.

Skare *et al.* (2001) avaliaram o efeito da suplementação de creatina (4 dias, 20 g/dia) em velocistas fisicamente treinados, cujos treinos, nos últimos dois anos, consistiram de séries de corrida de velocidade máxima (*sprint*) com períodos curtos de descanso, para melhorar a resistência à fadiga. Os voluntários foram avaliados durante 1 *sprint* de 100 metros e 6 *sprints* de 60 metros intermitentes. Foi observado que a suplementação de creatina aumentou a velocidade no *sprint* de 100 metros e reduziu o tempo total dos *sprints* de 60 metros, enquanto nenhuma alteração foi encontrada no grupo placebo. Além disso, os níveis de lactato e creatina plasmáticos, bem como de creatinina sérica, aumentaram após a suplementação de creatina. Os autores concluíram que a melhora no desempenho durante os *sprints* sugere maior disponibilidade de substrato energético para realização do trabalho, possivelmente como resultado do aumento de fosfocreatina no músculo esquelético.

Finn *et al.* (2001) analisaram o efeito da suplementação de creatina (5 dias, 20 g/dia) durante *sprints* em bicicleta ergométrica. Um grupo de 16 triatletas homens realizou 4 *sprints* de 20 segundos, com intervalo de 20 segundos de recuperação, e os parâmetros de potência, fadiga e conteúdo de creatina intramuscular total foram avaliados. Foi verificado aumento significativo no conteúdo de creatina intramuscular total após a suplementação de creatina, porém não houve alterações no conteúdo de fosfocreatina. Além disso, houve uma tendência para melhorar o pico de potência e o índice de fadiga após a suplementação de creatina, porém sem significância. Desta forma, os autores concluíram que a suplementação de creatina eleva o estoque intramuscular de creatina livre, contudo isto não tem um efeito ergogênico sobre *sprints* de 4 x 20 segundos, com intervalos de 20 segundos.

Izquierdo *et al.* (2002) determinaram os efeitos da suplementação de creatina (5 dias, 20 g/dia) sobre a força máxima, potência muscular e resistência de jogadores de handebol. Dezenove voluntários realizaram testes de força durante 1 RM e testes com 60% e 70% de 1 RM até a exaustão durante exercícios de agachamento e supino reto, além de *sprints* (6 repetições de 15 metros). Após a suplementação de creatina, foi verificado significativo aumento no número de repetições realizadas até a fadiga, em ambas as intensidades de carga (60% e 70% 1 RM) e em ambos os exercícios (supino reto e

agachamento). Além disso, a suplementação de creatina aumentou a força de 1 RM somente durante os exercícios de agachamento, e aumentou o tempo durante os *sprints*. Os autores concluíram que a suplementação de creatina em curto prazo induz uma significativa melhora na força máxima do membro inferior e na resistência à fadiga dos membros superior e inferior. No entanto, a suplementação de creatina não resulta em nenhuma melhora na força do membro superior.

Brose *et al.* (2003) investigaram se a suplementação com creatina monohidratada combinada com um programa de 14 semanas de exercícios resistidos, poderia aumentar a força e a massa magra em idosos. Vinte e oito voluntários acima de 65 anos receberam 5 g/dia de creatina durante o programa de treinamento e foram avaliados durante testes de força de 1 RM de extensão isométrica da perna, de flexão dos dedos e de dorsiflexão. A área muscular foi também avaliada, bem como a massa corporal total, a massa magra e o conteúdo de creatina intramuscular. Após a suplementação de creatina, foi encontrado significativo aumento na força de extensão da perna e de dorsiflexão, além de aumento na massa magra, massa corporal total, área muscular e conteúdo de creatina intramuscular. Assim, os autores concluíram que o treinamento resistido supervisionado pode, seguramente, aumentar a força muscular em idosos e a adição de suplementação de creatina a este treinamento pode potencializar este efeito.

Delecluse *et al.* (2003) examinaram o impacto da suplementação oral de creatina em curto prazo com altas doses sobre o desempenho físico de velocistas. Nove voluntários receberam 0,35 g/kg/dia de creatina monohidratada ou placebo durante 7 dias e foram avaliados durante *sprints* intermitentes de 40 metros, com intervalo de 30 segundos. Os resultados mostraram que a fadiga no fim do exercício, a recuperação, bem como a velocidade permaneceram inalteradas após a suplementação de creatina. Assim, os autores concluíram que nenhum efeito ergogênico da suplementação de creatina pode ser atribuído sobre *sprints* de 40 metros em atletas intensamente treinados.

Selsby *et al.* (2004) analisaram 31 voluntários fisicamente treinados (treinamento resistido) sob o efeito de 10 dias de baixas doses de suplementação de creatina (2,5 g/dia). Os voluntários realizaram testes de 1 RM e com 70% de 1 RM até a fadiga utilizando o aparelho supino reto. Os resultados mostraram que os indivíduos

suplementados com creatina apresentaram significativo aumento no trabalho comparado ao grupo placebo. Assim, os autores concluíram que estes dados sustentam a possibilidade de que baixas doses de creatina podem ser efetivas para aumentar o conteúdo de creatina da fibra muscular e, conseqüentemente, o desempenho motor.

Anomasiri *et al.* (2004) pesquisaram o efeito da suplementação de creatina em curto prazo (7 dias, 10 g/dia) sobre o tempo de *sprints* em competições de natação. Trinta e oito nadadores foram divididos em dois grupos (creatina e placebo) e realizaram nado livre de 400 metros, enquanto o esforço foi avaliado nos últimos 50 metros. Foi verificado que o grupo que recebeu suplemento de creatina diminuiu o tempo do *sprint* nos últimos 50 metros, comparado ao grupo placebo. Além disso, a potência anaeróbica, capacidade anaeróbica e resistência à fadiga aumentaram após a suplementação de creatina. Os autores concluíram que a suplementação de creatina em nadadores amadores melhora o desempenho físico até a capacidade máxima.

Kinugasa *et al.* (2004) estudaram a influência da suplementação de creatina em curto prazo (5 dias, 20 g/dia) sobre o tempo de relaxamento e desempenho em *sprints* usando uma técnica funcional de imagem de ressonância magnética muscular. Doze voluntários realizaram *sprints* intermitentes em bicicleta ergométrica e imagens de ressonância magnética de músculos da coxa foram coletadas no repouso e imediatamente após 2, 3 e 10 *sprints* de 6 segundos, com 30 segundos de recuperação. Houve significativo ganho na massa corporal no grupo que ingeriu creatina, enquanto o grupo placebo não apresentou alterações significativas. O tempo de relaxamento, os níveis de lactato sanguíneo e o desempenho durante os *sprints* não foram afetados pela suplementação de creatina. Assim, os autores concluíram que a suplementação de creatina em curto prazo não influencia a ativação muscular, o desempenho motor e o estado metabólico durante *sprints* de curta duração em bicicleta.

Ahmun *et al.* (2005) analisaram a efetividade da suplementação aguda de creatina (5 dias, 20 g/dia) durante *sprints* em jogadores de *rugby* intensamente treinados. Os voluntários realizaram duas séries de *sprints* em bicicleta ergométrica em dias separados, uma com curta (10 x 6 segundos) e outra com longa (10 x 40 metros) duração, antes e após a suplementação. Não foram constatadas diferenças significativas na potência,

velocidade de corrida e índice de fadiga após a suplementação de creatina, bem como na massa corporal e percentual de gordura corporal, em ambos os exercícios (curta e longa duração). No entanto, foi observada pequena melhora no desempenho físico, que pode ser benéfica aos jogadores de *rugby*.

Hoffman *et al.* (2005) examinaram a eficácia de baixas doses de suplementação aguda de creatina (6 dias, 6 g/dia) em 40 indivíduos fisicamente ativos. Os voluntários realizaram testes de potência anaeróbica na bicicleta ergométrica com duração de 15 segundos. Nenhum efeito significativo de grupo (placebo e creatina) e tempo de suplementação (pré e pós) foi encontrado para a massa corporal, potência e trabalho muscular total. No entanto, foi verificada diminuição no índice de fadiga do trabalho muscular total nos indivíduos suplementados com creatina, comparado ao grupo placebo. Assim, os autores concluíram que baixas doses de suplementação de creatina em curto prazo melhora a resistência à fadiga durante *sprints* intermitentes de alta intensidade.

Glaister *et al.* (2006) investigaram os efeitos da suplementação de creatina monohidratada (5 dias, 20 g/dia) sobre o desempenho motor durante múltiplos *sprints*. Quarenta e dois voluntários fisicamente ativos realizaram *sprints* em bicicleta ergométrica (15 x 30 metros, 35 segundos de intervalo) e o tempo dos *sprints* foi avaliado. Além disso, o índice de fadiga foi determinado por meio da concentração do lactato em amostras sanguíneas. Os autores não encontraram diferenças significantes entre os grupos creatina e placebo com relação ao tempo e velocidade dos *sprints*, bem como ao índice de fadiga, e concluíram que a suplementação de creatina monohidratada não traz benefícios no desempenho físico durante testes múltiplos de *sprints*.

Ferguson e Syrotuik (2006) investigaram os efeitos de 10 semanas de suplementação de creatina monohidratada, combinada com um programa de treinamento resistido, pelo menos 4 vezes por semana, sobre a composição corporal e força em mulheres treinadas. A suplementação foi administrada durante as fases de superdosagem (7 dias: 0,3 g/kg) e de manutenção (63 dias: 0,03 g/kg). Os resultados demonstraram significativo aumento na massa magra corporal e força de 1 RM durante os exercícios supino reto e *leg press* inclinado, independente da suplementação de creatina. Além disso, não houve diferença significativa no número total de repetições até a exaustão com 70% de

1 RM. Os autores concluíram que a suplementação de creatina combinada com 10 semanas de treinamento resistido pode não aumentar a força ou a massa magra além do aumento proporcionado pelo treinamento somente. Os autores comentaram ainda que estes achados podem ser resultado de indivíduos “não-respondedores” à captura de creatina para o interior do músculo esquelético, devido às diferenças no gênero ou potenciais biológicos variáveis.

Hadjicharalambous *et al.* (2008) avaliaram o desempenho motor durante exercícios de resistência em ambientes com alta temperatura sob o efeito de suplementação de creatina. Vinte e um voluntários realizaram testes com carga constante até a exaustão em ambiente com aproximadamente 30° C, antes e após 7 dias de suplementação de creatina (20 g/dia). Os resultados mostraram que a suplementação de creatina reduziu a fadiga dos músculos da perna, mas não contribuiu em melhorar o desempenho de resistência. No entanto, após a separação dos voluntários em “respondedores” e “não-respondedores” à captura de creatina intramuscular, o desempenho foi maior no grupo de respondedores. Assim, os autores concluíram que a suplementação de creatina produz efeitos benéficos durante exercícios de resistência em ambientes com alta temperatura.

2.5 SUPLEMENTAÇÃO ORAL DE CREATINA E ELETROMIOGRAFIA

Pesquisas que avaliam os efeitos ergogênicos da suplementação oral de creatina por meio de estimulação elétrica ou da eletromiografia de superfície são escassas, especialmente relacionadas aos parâmetros de ativação muscular e fadiga muscular localizada.

Stout *et al.* (2000) avaliaram o efeito da suplementação de creatina (5 dias, 20 g/dia) sobre o início da fadiga neuromuscular por meio de um monitoramento de curvas eletromiográficas de fadiga do músculo vasto lateral, aplicando um teste de capacidade de trabalho físico no limiar da fadiga. Quinze mulheres realizaram um teste incremental contínuo, em bicicleta ergométrica, até a exaustão, e a atividade eletromiográfica foi registrada 6 vezes (10 segundos de duração) a cada 2 minutos. Os autores encontraram que os valores da capacidade de trabalho físico no limiar de fadiga eletromiográfica do grupo suplementado com creatina foram significativamente maiores comparados àqueles do grupo

placebo, sugerindo que a suplementação de creatina pode retardar o início da fadiga neuromuscular.

Deutekom *et al.* (2000) avaliaram o efeito agudo de suplementação oral de creatina (6 dias, 20 g/dia) sobre a ativação, fadiga e recuperação muscular durante estimulação elétrica e sobre o desempenho motor durante *sprints* em bicicletas. Estimulação elétrica foi aplicada ao músculo quadríceps femoral de 23 remadores fisicamente treinados, durante movimentos de flexão e extensão do ciclo em bicicleta ergométrica. Os resultados mostram aumento na massa corporal após a suplementação de creatina, porém nenhum efeito foi verificado sobre a ativação muscular, torque isométrico voluntário máximo, fadiga e recuperação de exercícios dinâmicos. Assim, os autores concluíram que a suplementação aguda de creatina melhora a massa corporal, mas não o desempenho muscular durante *sprints* em bicicletas.

Jakobi *et al.* (2000) analisaram as propriedades contráteis, fadiga e recuperação muscular por meio de contrações estimuladas e voluntárias sob o efeito de suplementação de creatina em curto prazo. Quatorze voluntários ingeriram 20 g/dia de creatina ou placebo durante 5 dias, e os parâmetros de contração voluntária isométrica máxima, ativação muscular, tempo de resistência e recuperação da fadiga foram mensurados por eletromiografia de superfície nos músculos flexores do antebraço. Após a suplementação, houve significativo ganho de peso no grupo que ingeriu creatina, porém o tempo de recuperação, a força isométrica máxima e a ativação muscular ao longo do protocolo de fadiga foram similares em ambos os grupos placebo e creatina, e não sofreram alterações após a suplementação. Assim, os autores concluíram que a suplementação de creatina, em curto prazo, não influencia a força isométrica de flexão do antebraço e a ativação muscular, bem como não retarda o aparecimento de fadiga ou melhora a recuperação.

Jakobi *et al.* (2001) avaliaram as propriedades neuromusculares e a fadiga em idosos após 5 dias (20 g/dia) de suplementação de creatina. Doze voluntários realizaram movimentos de flexão do antebraço com a força máxima e com 50% da contração voluntária máxima até a exaustão, enquanto a força e a atividade eletromiográfica de superfície foram avaliadas. Foi verificado significativo aumento na massa muscular após a suplementação de creatina, porém as medidas antropométricas do braço não foram

alteradas. Além disso, a força isométrica máxima, a ativação muscular, a recuperação e o tempo para alcançar a fadiga não foram afetados pela suplementação de creatina. Assim, os autores concluíram que a suplementação de creatina, em curto prazo, em homens idosos não influencia o desempenho isométrico dos músculos flexores do antebraço.

Stevenson e Dudley (2001a) avaliaram a força isométrica e as propriedades contráteis do músculo quadríceps femoral em indivíduos fisicamente treinados (treinamento resistido) sob o efeito de suplementação de creatina monohidratada (7 dias, 20 g/dia). Dezoito voluntários foram avaliados por meio de estimulação elétrica do músculo quadríceps femoral durante movimentos de extensão da perna, em teste de 1 RM e de repetições máximas. Os resultados mostraram ligeiro aumento no desempenho do teste de 1 RM e no número de repetições, independente da suplementação de creatina. Além disso, não foi observada diferença significativa no torque isométrico voluntário máximo e no tempo de recuperação muscular, após a suplementação de creatina. Assim, os autores concluíram que a suplementação de creatina não aumenta a força unilateral e o desempenho motor dos músculos extensores da perna durante exercícios resistidos.

Stevenson e Dudley (2001b) pesquisaram a influência de suplementação alimentar com creatina sobre as respostas hipertróficas e mecânicas do membro inferior à estimulação elétrica. Dezoito voluntários praticantes de atividade física receberam suplementação de creatina ou placebo durante as fases de superdosagem (7 dias: 20 g/dia) e de manutenção (56 dias: 5 g/dia) e realizaram um programa de treinamento resistido não-supervisionado. Durante a suplementação, eletroestimulação foi aplicada ao músculo quadríceps femoral, e a força e resistência à fadiga muscular foram avaliadas. Foi encontrado aumento no torque máximo após o treinamento, melhor recuperação muscular e menor fadiga, independente da suplementação de creatina. Assim, os autores concluíram que a suplementação de creatina não aumenta as respostas hipertróficas ou mecânicas à estimulação elétrica que atenuou, mas não melhorou a fadiga. Portanto, os autores sugerem que a melhora na resistência à fadiga pode não explicar o efeito ergogênico da creatina durante treinamento voluntário.

Stout *et al.* (2006) examinaram o efeito de 28 dias de suplementação de creatina monohidratada sobre a capacidade de trabalho físico no limiar da fadiga. Cinquenta e um

homens não-treinados foram suplementados com creatina ou placebo durante as fases de superdosagem (6 dias: 21 g/dia) e de manutenção (22 dias: 10,5 g/dia). Os voluntários realizaram teste incremental contínuo em bicicleta ergométrica, enquanto o sinal eletromiográfico de superfície do músculo vasto lateral foi registrado. Os resultados demonstraram que não houve diferenças no limiar de fadiga entre o grupo creatina e placebo, sugerindo que a suplementação de creatina parece não retardar o aparecimento de fadiga neuromuscular em homens não treinados.

Stout *et al.* (2007) avaliaram o efeito de 14 dias de suplementação de creatina monohidratada sobre a capacidade de trabalho físico no limiar da fadiga muscular e força em idosos. Quinze homens e mulheres foram suplementados com creatina ou placebo durante as fases de superdosagem (7 dias: 20 g/dia) e de manutenção (7 dias: 10 g/dia) e realizaram teste incremental descontínuo em bicicleta ergométrica, além de testes de força isométrica máxima de flexão dos dedos. Após a suplementação de creatina, foi verificado significativo aumento na força isométrica máxima e no limiar de fadiga, sugerindo que a suplementação de creatina durante 14 dias pode aumentar a força isométrica do membro superior e a capacidade de trabalho físico por meio do retardo na fadiga neuromuscular em idosos.

Cramer *et al.* (2007a) analisaram os efeitos da suplementação de creatina sobre a força e função neuromuscular combinada com 3 dias de treinamento resistido. Vinte e cinco voluntários realizaram treinamento resistido isocinético durante 3 dias alternados, combinado com 8 dias de suplementação de creatina monohidratada ou placebo. Nos seis primeiros dias foi realizada a superdosagem (21 g/dia) e nos dois últimos dias procedeu-se a manutenção (10,5 g/dia). A eletromiografia de superfície, a força e o tempo de aceleração foram mensurados do músculo vasto lateral durante movimento de extensão isocinética máxima da perna. Foi verificada diminuição significativa no tempo de aceleração e aumento na força após a suplementação, em ambos os grupos placebo e creatina. Não houve alterações na amplitude eletromiográfica, embora a frequência mediana tenha aumentado após a suplementação, em ambos os grupos. Assim, os autores concluíram que o treinamento resistido isocinético por 3 dias foi suficiente para induzir pequena melhora,

embora significativa, na força e aceleração, mas não na atividade eletromiográfica, independente da suplementação de creatina.

Smith *et al.* (2007) avaliaram os efeitos de 5 dias de suplementação de creatina sobre o limiar eletromiográfico de fadiga em mulheres jovens. Quinze voluntárias ingeriram 20 g/dia de creatina ou placebo, e o músculo vasto lateral foi avaliado durante um teste incremental descontínuo na bicicleta ergométrica. Após a suplementação com creatina, houve significativo aumento no limiar da fadiga, sugerindo que a suplementação de creatina em mulheres pode ser uma estratégia eficaz para retardar o início da fadiga neuromuscular durante exercício na bicicleta ergométrica.

Apesar da extensa literatura relacionada à suplementação oral de creatina e atividade muscular, há informação limitada sobre a análise da força e das manifestações mioelétricas da ativação e fadiga de músculos do membro superior sob o efeito desta substância, especialmente com tempo prolongado de suplementação e durante exercícios isométricos com diferentes intensidades de carga. Desta forma, a análise eletromiográfica de músculos do membro superior em indivíduos fisicamente treinados submetidos à suplementação oral de creatina poderá trazer contribuições no sentido de elucidar dúvidas sobre a real eficiência desta substância no desempenho motor de atletas e praticantes de atividade física em geral, colaborando para obter melhor avaliação e consequentemente progresso no treinamento destes indivíduos.

3. PROPOSIÇÃO

3.1 GERAL

Analisar a atividade eletromiográfica dos músculos bíceps braquial (BB), braquiorradial (BR) e flexor ulnar do carpo (FUC) em indivíduos fisicamente treinados submetidos à suplementação de creatina.

3.2 ESPECÍFICAS

- Verificar o efeito da suplementação aguda e crônica de creatina sobre a força isométrica máxima de flexão do antebraço;
- Verificar o efeito da suplementação aguda e crônica de creatina sobre a eficiência dos músculos BB, BR e FUC durante contrações submáximas de flexão do antebraço com diferentes intensidades de carga;
- Verificar o efeito da suplementação aguda e crônica de creatina sobre a fadiga dos músculos BB, BR e FUC durante contrações submáximas de flexão do antebraço com diferentes intensidades de carga.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa sobre atividade eletromiográfica dos músculos bíceps braquial (BB), braquiorradial (BR) e flexor ulnar do carpo (FUC) em indivíduos fisicamente treinados submetidos à suplementação de creatina é um estudo de caráter experimental e foi desenvolvido no Laboratório de Eletromiografia, Departamento de Morfologia, Faculdade de Odontologia de Piracicaba (FOP-UNICAMP), em colaboração com o Laboratório de Pesquisa em Eletromiografia Cinesiológica (LAPEC), Instituto de Ciências Biomédicas, Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Uberlândia, MG.

4.2 POPULAÇÃO E AMOSTRA

Foram selecionados para este estudo 20 voluntários saudáveis, do sexo masculino, freqüentadores de academias de musculação da cidade de Uberlândia, MG, idade entre 18 e 35 anos ($22,9 \pm 4,8$ anos), altura entre 1,60 e 1,90 m ($1,80 \pm 0,10$ m) e peso entre 68 e 91 kg ($76,4 \pm 6,6$ kg).

Como critérios de inclusão, os voluntários deveriam ser fisicamente treinados em treinamento resistido, com no mínimo quatro sessões semanais há pelo menos três meses, e apresentar compleição física semelhante quanto à circunferência e comprimento de braço e antebraço do membro dominante, para garantir a uniformidade do braço de alavanca. A circunferência variou de 26,5 a 39,0 cm ($32,4 \pm 3,5$ cm) para o braço e de 24,5 a 33,0 cm ($28,5 \pm 2,4$ cm) para o antebraço, tomando como referência a parte média de cada segmento. O comprimento do membro superior variou de 31 a 42 cm ($36,4 \pm 2,7$ cm) para o braço e de 24 a 31 cm ($28,0 \pm 1,7$ cm) para o antebraço, considerando os seguintes pontos ósseos: acrômio da escápula até o epicôndilo lateral do úmero, e olécrano da ulna até o processo estilóide do rádio, respectivamente.

Os critérios de exclusão envolveram a suplementação de creatina ou qualquer outra substância ergogênica farmacológica, nutricional ou química nos últimos três meses,

alcoolismo, tabagismo, hábitos vegetarianos, diabetes, miopatias ou neuromiopatias, e enfermidades osteomioarticulares que pudessem influenciar a atividade muscular.

Este estudo foi aprovado pela Comissão de Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos da FOP-UNICAMP (Protocolo nº 107/2007, Anexo 1), e um termo de consentimento livre e esclarecido foi assinado por cada voluntário participante do estudo (Anexo 2).

4.3 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

4.3.1 Eletromiógrafo e *Software*

Os registros foram obtidos utilizando-se um eletromiógrafo computadorizado (DataHominis Tecnologia Ltda., Uberlândia, MG, Brasil) com as seguintes características (Figura 1A):

- oito canais diferenciais para eletromiografia;
- quatro canais auxiliares para células de carga e eletrogoniômetros;
- um canal para eletrodo de referência, comum a todos os canais de eletromiografia;
- filtros *Butterworth* com faixa de passagem para eliminação de ruídos de 15 Hz a 1 kHz para os canais de eletromiografia;
- taxa de amostragem de 4 kHz.
- ajuste de ganho programável por *software* (576 níveis) possibilitando ganhos entre 0.625 a 800 vezes;
- isolamento galvânico entre os circuitos de entrada (em contato com o indivíduo) e os circuitos de potência (1,5 kV a 60 Hz);
- impedância de entrada de 10 G Ω , para os canais de eletromiografia;
- 12 bits de resolução;
- taxa máxima de conversão de 120 kHz para um canal de eletromiografia;
- faixa de entrada de -12 V a +12 V.

O sinal eletromiográfico analógico, captado através do eletromiógrafo, foi convertido para sinal digital através de uma Placa conversora A/D (modelo PCI-DAS 1200, *Myosystem*, Prosecon Ltda, Uberlândia, MG, Brasil) que foi acoplada a um computador

Pentium 4 (Intel®). O computador foi ligado a um filtro de linha *no break* e estabilizador, utilizados para minimizar a interferência de componentes de 60 Hz e suas harmônicas, presentes na rede elétrica.

Os sinais eletromiográficos foram coletados simultaneamente e processados posteriormente usando um aplicativo de *software Myosystem Br1* (versão 2.22) para coleta, visualização em tempo real, processamento e armazenamento de dados (DataHominis Tecnologia Ltda., Uberlândia, MG, Brasil) com *biofeedback* visual e auditivo para os canais auxiliares e processamento no domínio do tempo e da frequência (Figura 1B).

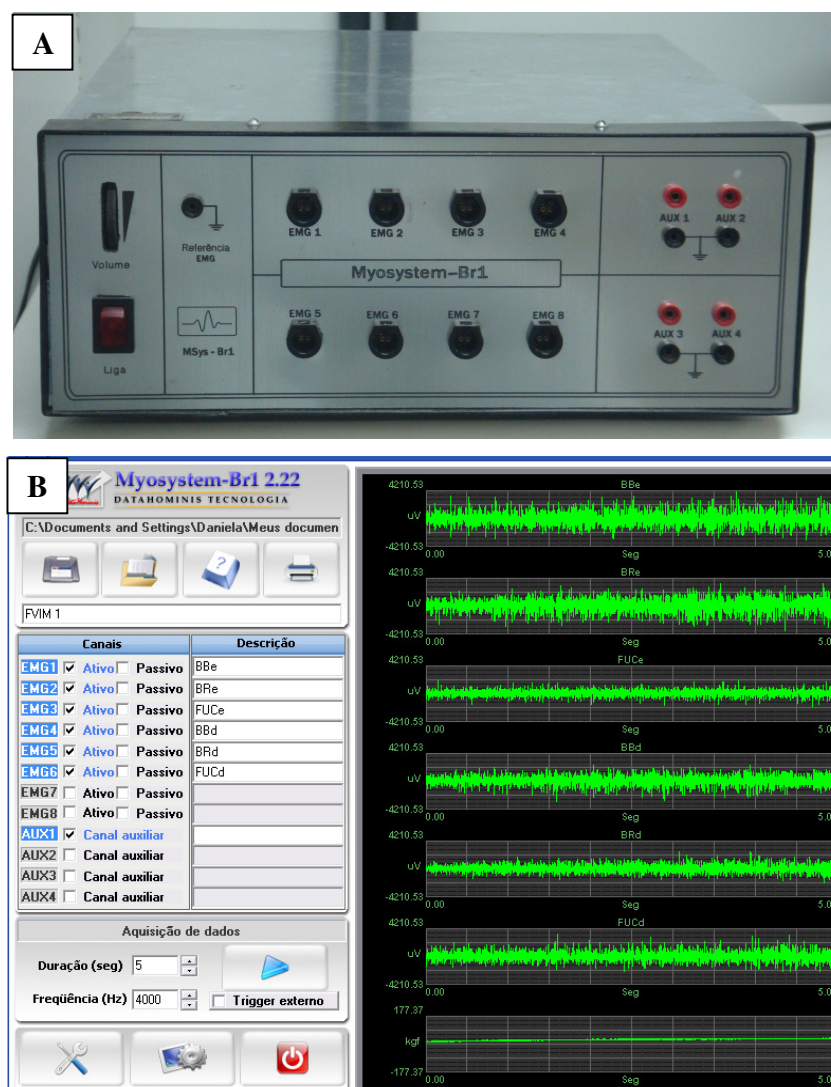


Figura 1. Eletromiógrafo (A) e tela do *software* (B) *Myosystem-Br1* (versão 2.22).

4.3.2 Eletrodos

Para captação dos sinais eletromiográficos foram utilizados eletrodos de superfície passivos para eletromiografia (Hal Indústria e Comércio Ltda., São Paulo, SP, Brasil) constituídos por dois discos de Ag/AgCl (diâmetro de 10 mm) distanciados 10 mm entre si, acoplados em uma espuma de polietileno com adesivo medicinal hipoalergênico descartável, e com gel sólido aderente na superfície de contato com o indivíduo (Figura 2A). Estes eletrodos foram acoplados a um pré-amplificador diferencial (modelo PA 1010-VA, Lynx Tecnologia Eletrônica Ltda., São Paulo, SP, Brasil) através de cabos de 12 cm de comprimento e conectados ao eletromiógrafo por outro cabo de 2 m de comprimento (Figura 2B). O sinal foi pré-amplificado com ganho de 20 vezes, impedância de entrada de 10 G Ω e razão de rejeição em modo comum (CMRR - *Common Mode Rejection Ratio*) de 90 db a 60 Hz.

Como referência, foi utilizado outro eletrodo (*Bio-logic Systems* - SP Médica, Científica e Comercial Ltda., São Paulo, SP, Brasil), constituído por um disco de aço inoxidável (30 mm de diâmetro x 1,5 mm de espessura) anexado a um cabo de 1 m de comprimento (Figuras 2C e 2D).

Os eletrodos de superfície foram conectados ao eletromiógrafo em três canais, separadamente para cada músculo, como segue: Canal 1 - músculo BB; Canal 2 – músculo BR; Canal 3 – músculo FUC.

4.3.3 Plataforma e Barra

Os exercícios foram realizados em uma plataforma de metalon (1 m² x 20 cm de altura) com superfície emborrachada (Figura 3A). Além disso, foi utilizada uma barra para exercícios de musculação (1 m de comprimento e 3 kg de peso) (Figura 3B). Próximo ao centro da superfície da plataforma bem como no centro da barra, foram fixados ganchos de ferro para intersecção de uma célula de carga. Todo este material foi confeccionado especialmente para a realização do estudo.

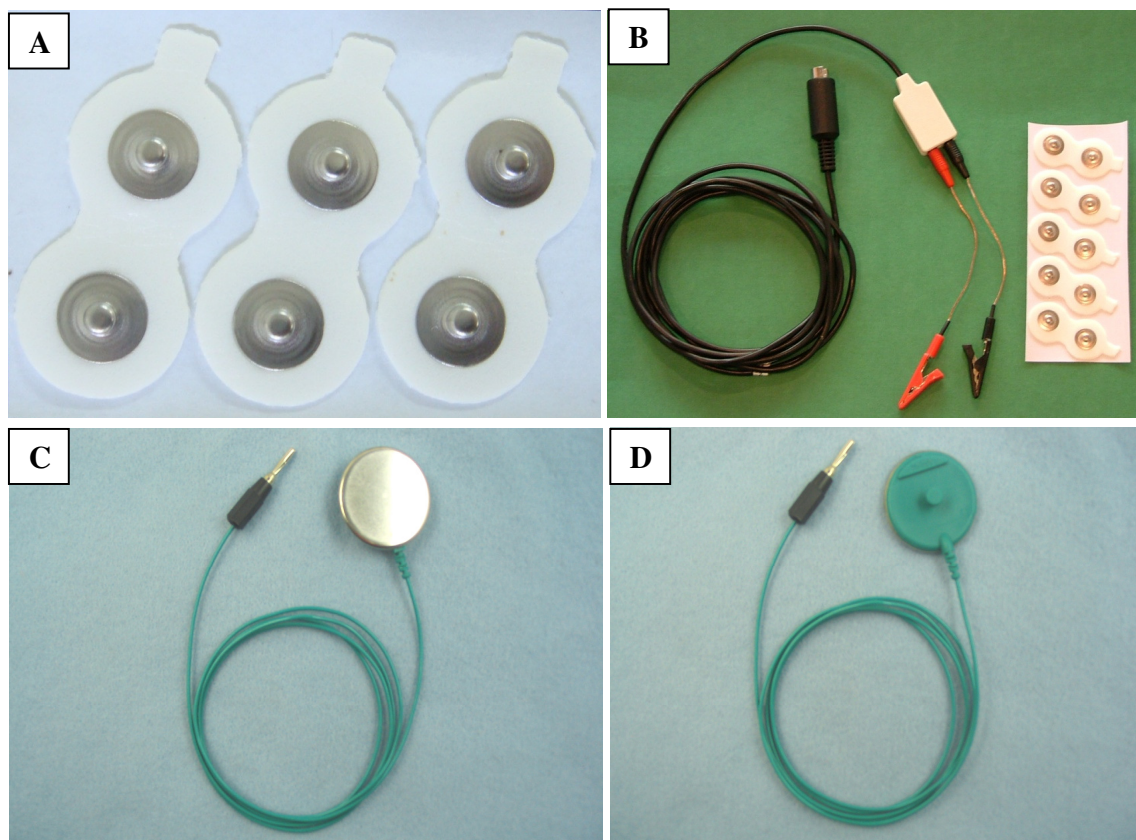


Figura 2. Eletrodo de superfície passivo (A); Pré-amplificador diferencial com cabos (B); Eletrodo de referência, vista ventral (C) e vista dorsal (D).

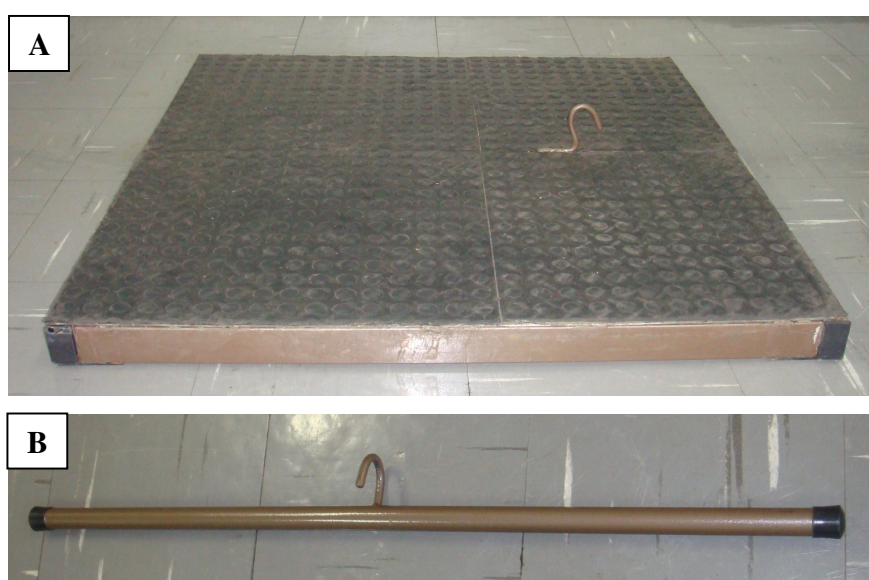


Figura 3. Plataforma para realização das tarefas (A); Barra para exercícios de musculação (B).

4.3.4 Célula de carga

Para determinar a força produzida durante a contração voluntária isométrica máxima (CVIM) e realizar os exercícios com contração voluntária isométrica submáxima (30% e 60% da CVIM), utilizou-se uma célula de carga (KRATOS - Dinamômetros, modelo MM/100, Kratos Equipamentos Industriais Ltda., São Paulo, SP, Brasil) com capacidade de 0 a 100 kgf de tração ou compressão (Figura 4A). A célula de carga foi conectada entre os ganchos de ferro na superfície da plataforma e no centro da barra, por meio de uma corrente de aço (Figura 4B).

Os sinais emitidos pela célula de carga foram amplificados e calibrados por um condicionador de sinais específico (Laboratório de Engenharia Biomédica, Faculdade de Engenharia Elétrica, UFU, Uberlândia, MG, Brasil), o qual foi conectado a um dos canais auxiliares do eletromiógrafo. Os sinais de força foram processados utilizando o *software* para coleta eletromiográfica, que forneceu valores numéricos expressos em kgf.

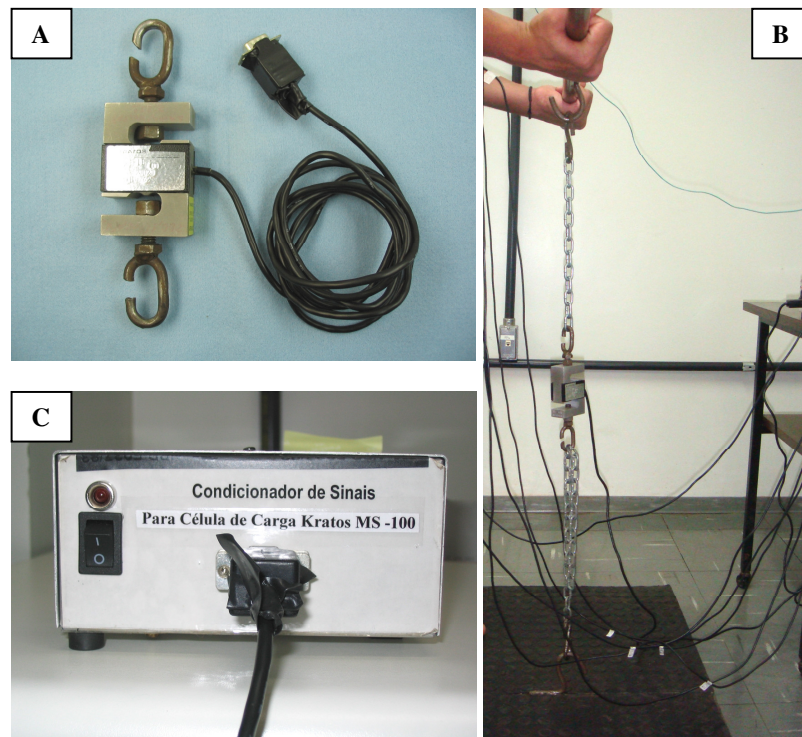


Figura 4. Célula de carga (A) conectada entre os ganchos da plataforma e da barra (B) e acoplada ao condicionador de sinais (C).

4.3.5 Goniômetro

Para determinar o ângulo de flexão entre o braço e o antebraço foi utilizado um goniômetro universal (CARCI, Indústria e Comércio de Aparelhos Cirúrgicos e Ortopédicos Ltda., São Paulo, SP, Brasil), comumente empregado em medidas biomecânicas (ARAÚJO; AMADIO, 1996) (Figura 5).

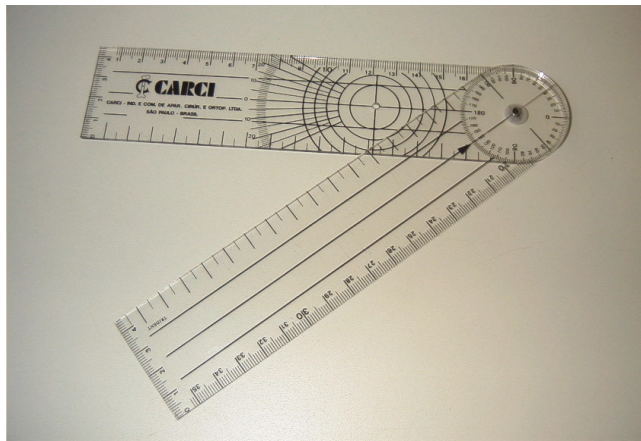


Figura 5. Goniômetro universal.

4.3.6 Materiais Adicionais

- Aparelho para barbear (BIC *Sensitive Shaver*, Bic Amazônia S.A., Manaus, AM, Brasil) para tricotomia da pele da área de fixação dos eletrodos;
- Álcool 70% e algodão para limpeza da pele da área de fixação dos eletrodos;
- Fita hipoalergênica microporosa (Cremer, Cremer S.A. Têxtil, Blumenau, SC, Brasil) para fixação do eletrodo de referência e dos cabos dos eletrodos de superfície na região próximo aos músculos.

4.4 PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

O estudo foi conduzido durante oito semanas, como um experimento duplo-cego, randomizado, placebo-controlado, no qual os 20 voluntários foram distribuídos aleatoriamente em dois grupos: creatina (n = 10) e placebo (n = 10).

Inicialmente, uma explicação sucinta sobre o experimento foi proferida para cada voluntário no Laboratório de Pesquisa em Eletromiografia Cinesiológica (LAPEC, UFU), enfatizando a preocupação com a dieta alimentar, o protocolo de suplementação, o programa de treinamento e o protocolo experimental.

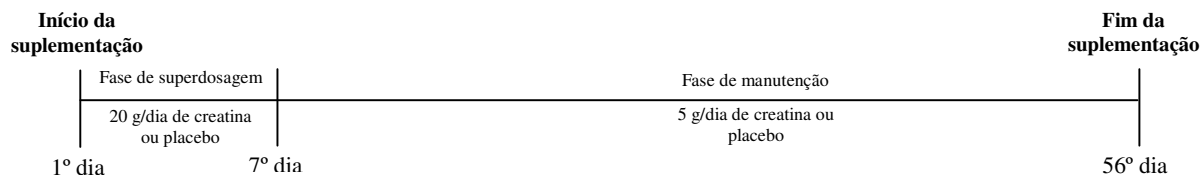
4.4.1 Dieta alimentar

Todos os voluntários mantiveram seus hábitos alimentares de rotina e se abstiveram de qualquer suplemento nutricional, drogas não-prescritas e cafeína durante o curso da pesquisa, uma vez que a cafeína altera as propriedades contráteis (FRYER; NEERING, 1989; NEHLIG; DEBRY, 1994) e pode diminuir o efeito ergogênico da creatina (VANDENBERGHE *et al.*, 1996). A ingestão de água foi livre.

4.4.2 Protocolo de suplementação

O grupo creatina recebeu 5 g de creatina em pó monohidratada com 100% de pureza (Farmácia Universitária de Patos de Minas, UNIPAM, Patos de Minas, MG, Brasil) em combinação com 5 g de maltodextrina (Integralmédica Suplementos Nutricionais, Embu Guaçu, SP, Brasil), enquanto o grupo placebo recebeu 5 g de celulose (Farmácia Universitária, UNIPAM) em combinação com 5 g de maltodextrina (Integralmédica). As substâncias foram pré-pesadas e acondicionadas em saches individuais (77 para cada voluntário) e tiveram gosto e aparência (cor e textura) aproximadamente idênticos.

Conforme organograma a seguir, os saches foram dissolvidos em aproximadamente 250 mL de água e ingeridos oralmente, quatro vezes ao dia, em intervalos de 3-4 horas, durante os primeiros 7 dias da fase de suplementação (fase de superdosagem); e nos 49 dias subseqüentes, um único sache por dia foi consumido, preferencialmente 30 minutos antes do treinamento (fase de manutenção).



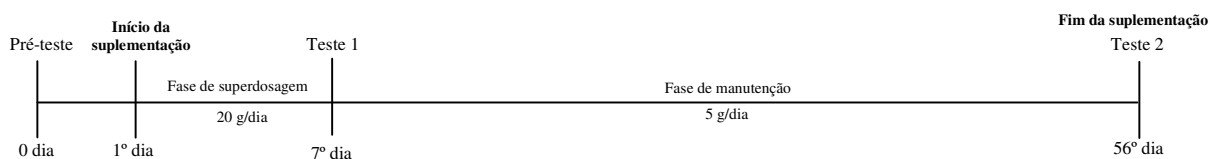
4.4.3 Programa de treinamento

Os voluntários receberam um formulário (Anexo 3), no qual informaram os exercícios resistidos que praticavam há pelo menos três meses, bem como a frequência e a intensidade dos mesmos, com o objetivo de homogeneizar o tipo de treinamento durante o período de suplementação. Todos os voluntários executaram um programa de treinamento com pesos (treinamento resistido ou musculação para hipertrofia) não-supervisionado, durante o período total do experimento (8 semanas), com a finalidade de manter a força e resistência muscular já adquirida e minimizar qualquer tipo de interferência da condição física sobre o desempenho (SNOW; MURPHY, 2003).

Os voluntários foram orientados a não realizarem nenhum outro tipo de atividade física regular sistematizada (natação, ciclismo, corrida e outros) e não alterarem seus treinamentos durante o período do estudo. Vinte e quatro horas antes de qualquer uma das sessões experimentais, foi solicitado ao voluntário repouso do membro superior, especialmente dos músculos a serem estudados, para evitar fadiga muscular cumulativa.

4.4.4 Protocolo experimental

A coleta de dados foi realizada em três sessões, onde todos os voluntários foram convocados a comparecer ao laboratório em dias e horários pré-estabelecidos. A primeira sessão consistiu de um pré-teste que foi realizado um dia antes do início da suplementação de creatina ou placebo, e foi considerada dia 0 (zero). As demais sessões foram realizadas após o início da suplementação, com um intervalo de 7 e 56 dias, perfazendo um total de oito semanas, conforme organograma a seguir.



Os horários das sessões experimentais foram escolhidos pelos próprios voluntários, respeitando a individualidade biológica de cada um, sendo preferidos, em geral, os horários que estavam acostumados a praticar atividades físicas ou executarem seus treinamentos.

4.4.4.1 Preparação dos voluntários

A preparação dos voluntários consistiu em tricotomia e limpeza da pele com álcool 70%, visando retirar a oleosidade e/ou qualquer elemento que possa interferir nos resultados e diminuição da impedância elétrica da pele. Os eletrodos foram posicionados sobre a pele que recobre os músculos BB, BR e FUC do membro superior dominante, precisamente na linha média do ventre muscular entre o centro da zona de inervação (ponto motor) e o tendão de inserção do músculo (BASMAJIAN; DE LUCA, 1985; RAINOLDI *et al.*, 1999). A colocação dos eletrodos foi realizada considerando a especificidade biotípica de cada voluntário e de acordo com as recomendações europeias para eletromiografia de superfície (*Surface electromyography for the non-invasive assessment of muscles, SENIAM*) (HERMENS *et al.*, 2000): (1) sobre o músculo BB, a uma distância média de $10,3 \pm 1,2$ cm acima da linha transepicondilar da fossa cubital; (2) sobre o músculo BR, a uma distância média de $3,2 \pm 0,9$ cm abaixo da linha transepicondilar da fossa cubital; (3) sobre o músculo FUC, a uma distância média de $4,7 \pm 1,1$ cm abaixo da linha transepicondilar da fossa cubital.

Manobras específicas de contração voluntária máxima foram realizadas para garantir a exata localização dos músculos, a fim de facilitar a colocação do eletrodo. A Figura 6 ilustra a posição dos eletrodos nos músculos do voluntário e a respectiva representação esquemática dos músculos estudados.

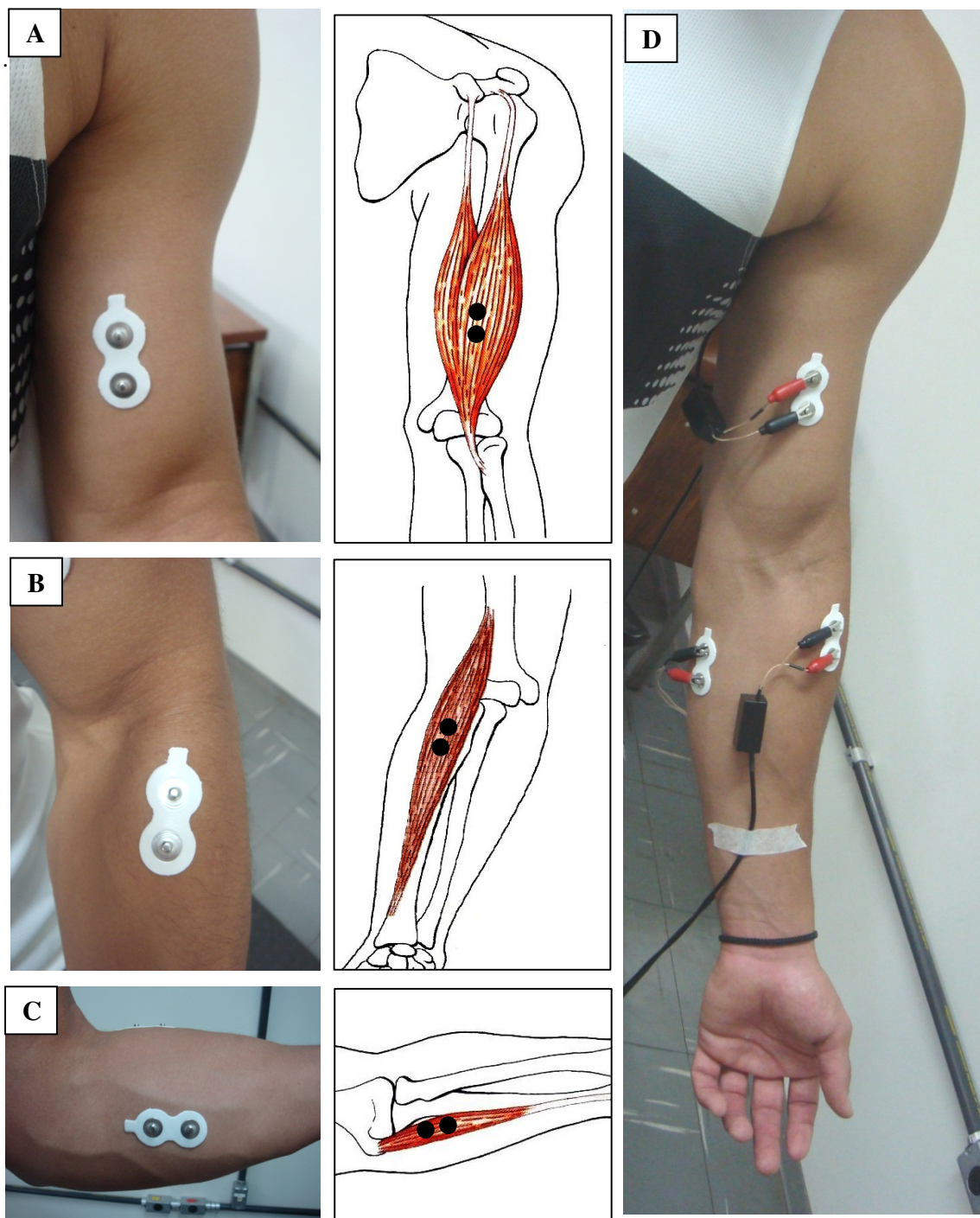


Figura 6. Posição dos eletrodos nos músculos do voluntário com a respectiva representação esquemática dos músculos. (A) Bíceps Braquial; (B) Braquiorradial; (C) Flexor Ulnar do Carpo; (D) Posição dos eletrodos acoplados ao pré-amplificador e cabos. (Fonte da representação esquemática dos músculos: MARQUES, 2000).

O eletrodo de referência foi fixado, com auxílio de fita adesiva, na pele sobre o manúbrio do osso esterno, por ser considerado uma superfície óssea plana, próximo aos músculos examinados. O referido eletrodo foi untado com pasta gel eletrocondutora (*Electron*, Hal Indústria e Comércio Ltda., São Paulo, SP, Brasil) para melhorar a condutibilidade entre a pele e o eletrodo, minimizando eventuais interferências (Figura 7).



Figura 7. Eletrodo de referência fixado no manúbrio do osso esterno.

4.4.4.2 Exercícios

Na primeira sessão (pré-teste) foi realizada a apresentação dos aparelhos utilizados para a execução dos exercícios e seus respectivos funcionamentos. Todos os exercícios foram realizados com o voluntário em pé sobre a plataforma, com o tronco ereto, segurando a barra com o antebraço e mão supinados, a uma distância equivalente àquela da largura do tronco, e o ângulo entre o braço e antebraço flexionados a 120° (considerando a extensão total do membro superior como 180°) determinado por um goniômetro universal (Figura 8).

Antes do início do teste, foram realizadas simulações dos exercícios a serem executados, para assegurar conforto e familiaridade e, por conseguinte, obter sinal de melhor qualidade durante a coleta de dados. Um curto período de treinamento foi permitido, e incluiu uma sessão de aquecimento por cinco minutos, utilizando uma bicicleta ergométrica.

Em cada sessão o voluntário realizou três exercícios:

1. No primeiro exercício o voluntário realizou três sequências de CVIM de flexão do antebraço durante 5 segundos, com intervalo de 3 minutos. Neste exercício, foi utilizada a célula de carga, a qual foi conectada entre o gancho de ferro na plataforma e a parte média da barra para exercícios de musculação. Uma corrente de aço foi ajustada no comprimento de modo que quando o voluntário realizou o exercício, o ângulo entre o braço e o antebraço permaneceu a 120°, e a CVIM foi realizada contra a resistência desta corrente (Figura 8). Os voluntários foram encorajados verbalmente com comandos, tais como: Atenção! Prepara! Força! Força! Força! Relaxa! emitidos por um dos pesquisadores para determinar o começo e o final de cada contração, e para garantir que o voluntário atingisse sua força máxima. A CVIM foi mantida por um período de estabilização (2-3 segundos) mais o tempo de aquisição (5 segundos). Para análise, foi considerada a média destas três sequências.
2. Após 10 minutos de intervalo, foi realizado o segundo exercício, que consistiu de contração voluntária isométrica submáxima de flexão do antebraço com 30% da CVIM. Esta contração foi realizada até a exaustão, ou seja, momento em que o voluntário não consegue mais sustentar a carga exigida por mais de 5 segundos.
3. Após 10 minutos de intervalo, foi realizado o terceiro exercício, que consistiu de contração voluntária isométrica submáxima de flexão do antebraço com 60% da CVIM. Esta contração também foi realizada até a exaustão.

Nos dois últimos exercícios foi permitida a observação visual (*biofeedback* visual e auditivo para força) na tela do computador para garantir que o voluntário alcançasse e permanecesse com 30% ou 60% da CVIM. A célula de carga também foi utilizada nas mesmas condições da primeira tarefa, e o ângulo entre o braço e o antebraço permaneceu a 120°. Encorajamento verbal foi dado aos voluntários para garantir o nível de força exigido.

Em todos os exercícios a postura do voluntário foi observada por um dos pesquisadores e não foram permitidos movimentos do quadril e do membro inferior, bem como a flexão do tronco durante a execução de qualquer um dos exercícios.



Figura 8. Posição do voluntário durante os exercícios.

4.5 ANÁLISE DOS DADOS

Os valores de força foram calculados como a média das três sequências de CVIM. Os sinais eletromiográficos obtidos durante a CVIM e contrações com 30% e 60% da CVIM foram submetidos a um filtro passa-alta de 20 Hz e passa-baixa de 500 Hz, a fim de se eliminar possíveis interferências mecânicas, uma vez que frequências abaixo de 20 Hz são estocásticas e acima de 500 Hz as unidades motoras não se despolarizam (KONRAD, 2005).

Os sinais eletromiográficos obtidos durante as três sequências de CVIM foram calculados durante os 5 segundos de registro, no domínio do tempo utilizando os valores da amplitude eletromiográfica (RMS - *root mean square*), que é um algoritmo capaz de refletir a média da potência do sinal ao longo do ciclo de estudo (KONRAD, 2005). Os valores de RMS dos sinais eletromiográficos obtidos durante a CVIM foram utilizados somente para normalização dos sinais obtidos com 30% e 60% da CVIM.

Os sinais eletromiográficos obtidos durante as contrações com 30% e 60% da CVIM foram calculados no domínio do tempo, por meio dos valores de RMS, e no domínio da frequência, utilizando os valores de frequência mediana (FM), que é um algoritmo relacionado com a velocidade de condução do potencial de ação (CRAMER *et al.*, 2007a). Em cada um destes sinais, foram eliminados os primeiros cinco segundos, tempo no qual o voluntário gastou para atingir o nível de força exigido, e os últimos cinco segundos, tempo no qual o nível de força exigido diminuiu. O restante do sinal foi processado, no qual foram realizados três janelamentos com 5 segundos de duração cada, no início (5-10 s), meio (50% do sinal eletromiográfico) e fim (100% do sinal eletromiográfico) (Figura 9).

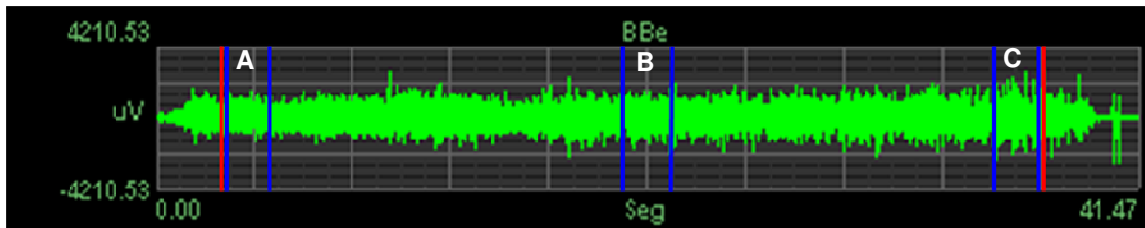


Figura 9. Sinal eletromiográfico representativo do músculo bíceps braquial (BB) obtido durante contração com 60% da contração voluntária isométrica máxima (CVIM). As barras vermelhas representam os primeiros e últimos 5 segundos que foram eliminados do processamento; as barras azuis representam os 3 janelamentos com 5 segundos de duração cada, no início (A), meio (B) e fim (C) do sinal eletromiográfico que foram processados.

Para normalização dos valores brutos de RMS obtidos das contrações com 30% e 60% da CVIM, foram calculados o pico máximo, o valor médio e a CVIM do sinal EMG (MARCHETTI; DUARTE, 2006). Como a CVIM mostrou o menor coeficiente de variação, os valores brutos de RMS foram normalizados como a porcentagem do maior valor bruto de RMS obtido das três sequências de CVIM, para cada indivíduo e músculo analisado. O maior valor bruto de RMS obtido na CVIM representou 100% da atividade eletromiográfica e foi utilizado como referência para a normalização dos dados. Após a normalização, os valores brutos de RMS, expressos em μV , foram então substituídos por valores normalizados de RMS, expressos em porcentagem da contração voluntária isométrica máxima (% CVIM), pela seguinte fórmula:

$$\text{RMS (\% CVIM)} = \frac{\text{Valor de RMS bruto } (\mu\text{V}) \text{ com 30\% ou 60\% CVIM}}{\text{Valor máximo de RMS bruto } (\mu\text{V}) \text{ com 100\% CVIM}} \times 100$$

Para analisar a variação dos valores de RMS normalizados e FM em função do tempo de contração (início, meio e fim do sinal eletromiográfico) para cada tempo de suplementação, grupo e músculo, foi realizada uma análise de regressão linear (*GraphPad Prism*, versão 4.0 – *Graphpad Software, Inc.* San Diego, CA, EUA), que gerou uma equação matemática da reta: $y = ax + b$, na qual a representa a inclinação (*slope*) da reta ou coeficiente angular e b representa a intercepção (*intercept*) da reta ou coeficiente linear.

A análise dos coeficientes angulares das retas dos valores da amplitude (RMS) do sinal eletromiográfico determinou a eficiência muscular, enquanto a análise dos coeficientes angulares das retas dos valores da frequência mediana (FM) do sinal eletromiográfico foi correlacionada com a fadiga muscular. Como o protocolo experimental do presente estudo exigiu manutenção constante da força (30% ou 60% da CVIM), quanto maior for o coeficiente angular de RMS (inclinações positivas mais íngremes na curva de RMS em função do tempo), maior será a variação da ativação muscular e, conseqüentemente, menor a eficiência muscular, ou seja, o músculo estará trabalhando mais para cumprir a mesma função. Da mesma forma, quanto menor for o coeficiente angular de FM (inclinações negativas mais íngremes na curva de FM em função do tempo), maior será a variação da FM e, conseqüentemente, menor a resistência à fadiga muscular (SMITH *et al.*, 2007; BASSANI *et al.*, 2008).

4.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Todos os valores eletromiográficos e de força obtidos foram submetidos à análise estatística utilizando-se o programa computadorizado *GraphPad Prism* (versão 4.0 – *Graphpad Software, Inc.* San Diego, CA, EUA), incluindo cálculos de média, desvio padrão, regressão linear e confecção dos gráficos. Os dados foram primeiramente submetidos à análise de normalidade pelo teste de Kolmogorov-Smirnov e, como os valores apresentaram distribuição normal (Gaussiana), testes paramétricos foram empregados em todas as análises.

Os valores de força foram comparados entre os grupos (creatina e placebo) pelo teste *t* de *Student* não-pareado e entre os tempos de suplementação (0, 7 e 56 dias) pela análise de variância (ANOVA *One-Way*) de medidas repetidas, seguido pelo teste de comparação múltipla de Tukey para verificar onde havia diferença.

Os coeficientes angulares de RMS e FM foram analisados separadamente para verificar:

- Efeito dos tempos de suplementação (0, 7 e 56 dias) – por ANOVA de medidas repetidas, seguida pelo teste de Tukey.
- Efeito dos grupos (creatina e placebo) – pelo teste *t* de *Student* não-pareado.
- Efeito dos músculos (BB, BR e FUC) – por ANOVA de medidas repetidas, seguida pelo teste de Tukey.

Todos os resultados foram considerados significativos a um nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

5. RESULTADOS

5.1 FORÇA

Os valores de força foram calculados a partir da média das três sequências de CVIM, realizadas em cada tempo de suplementação (0, 7 e 56 dias) para os grupos placebo e creatina, e estão demonstrados na Figura 10.

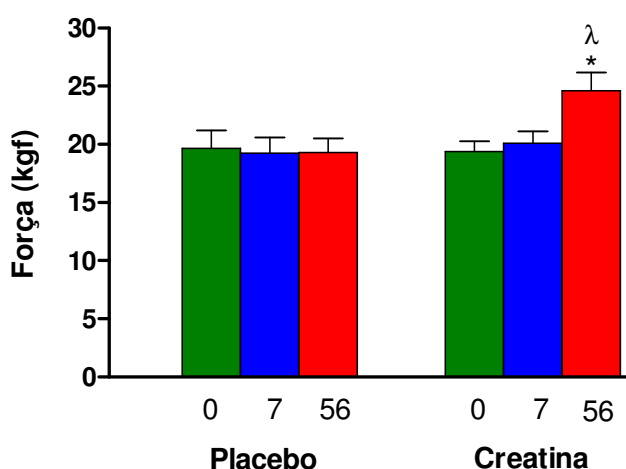


Figura 10. Valores de força (kgf) isométrica de flexão do antebraço de indivíduos dos grupos placebo e creatina após 0, 7 e 56 dias de suplementação. As barras representam a média e o desvio padrão de 10 voluntários. * Significativamente diferente dos dias 0 e 7 de suplementação, no mesmo grupo ($p < 0,05$; testes ANOVA e Tukey); ^λ Significativamente diferente do grupo placebo, no mesmo dia de suplementação ($p < 0,05$; teste t de Student).

Observou-se que o grupo placebo apresentou valores de força isométrica de flexão do antebraço similares em todos os tempos de suplementação (0 dia: $19,67 \pm 4,85$ kgf; 7 dias: $19,24 \pm 4,38$ kgf; 56 dias: $19,30 \pm 3,87$ kgf). Em contraste, o grupo creatina apresentou valores de força significativamente maiores aos 56 dias de suplementação ($24,61 \pm 4,91$ kgf) comparados aos dias 0 ($19,39 \pm 2,80$ kgf; $p < 0,01$) e 7 ($20,12 \pm 3,16$; $p < 0,05$) de suplementação. Quando comparando os valores de força entre os grupos creatina e placebo, a força foi maior no grupo creatina somente aos 56 dias após a suplementação, comparado ao grupo placebo ($p < 0,05$) (Figura 10).

5.2 AMPLITUDE ELETROMIOGRÁFICA (RMS)

A análise de regressão linear dos valores de RMS normalizados em função do tempo de contração (janelas 1, 2 e 3 do sinal eletromiográfico) para cada intensidade de carga, músculo, tempo de suplementação e grupo está representada nas Figuras 11 e 12.

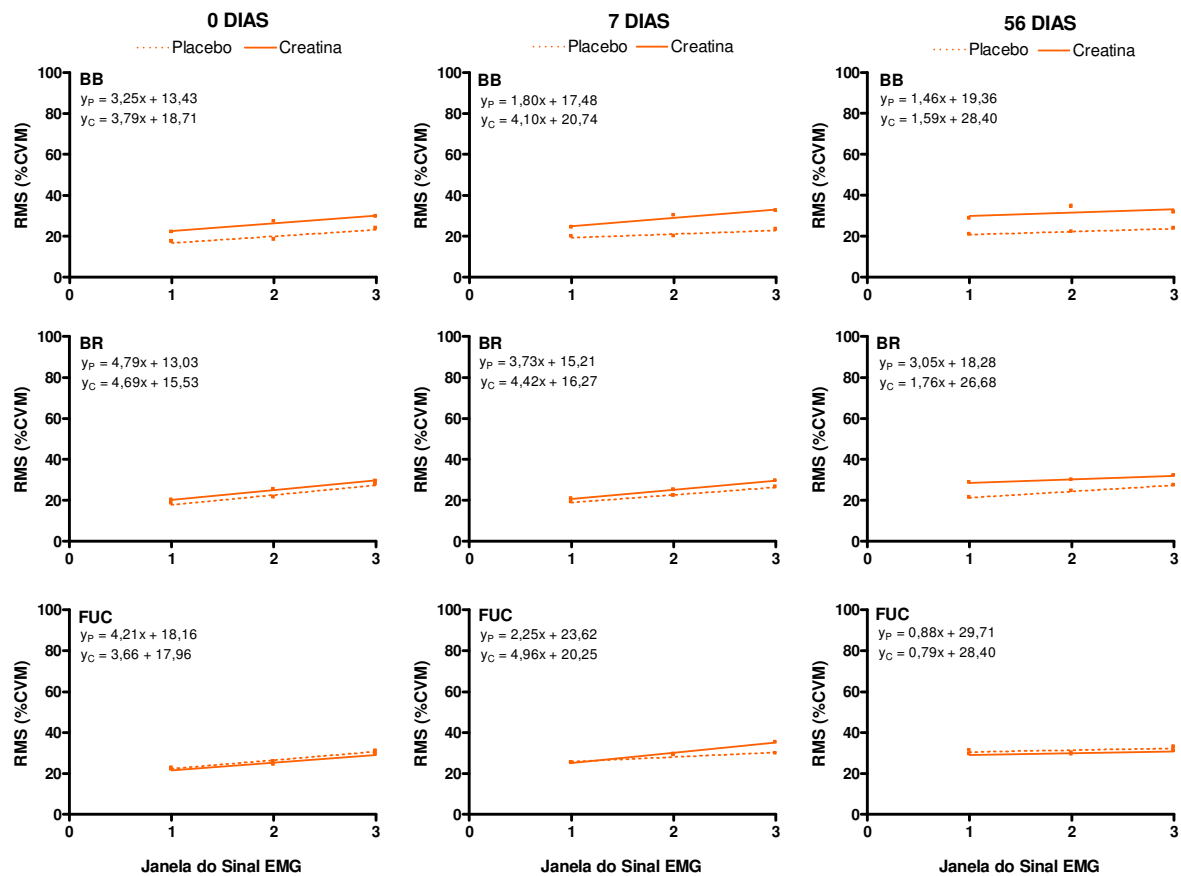


Figura 11. Análise de regressão linear dos valores de RMS (% CVIM) em função do tempo de contração (janelas 1, 2 e 3 do sinal eletromiográfico) dos músculos bíceps braquial (BB), braquiorradial (BR) e flexor ulnar do carpo (FUC) durante flexão do antebraço com 30% CVIM em indivíduos dos grupos placebo e creatina, após 0, 7 e 56 dias de suplementação. Equação linear está representada como $y = ax + b$, onde “ y_P ” representa o grupo placebo, “ y_C ” representa o grupo creatina, “ a ” representa o coeficiente angular e “ b ” representa o coeficiente linear ($n = 10$).

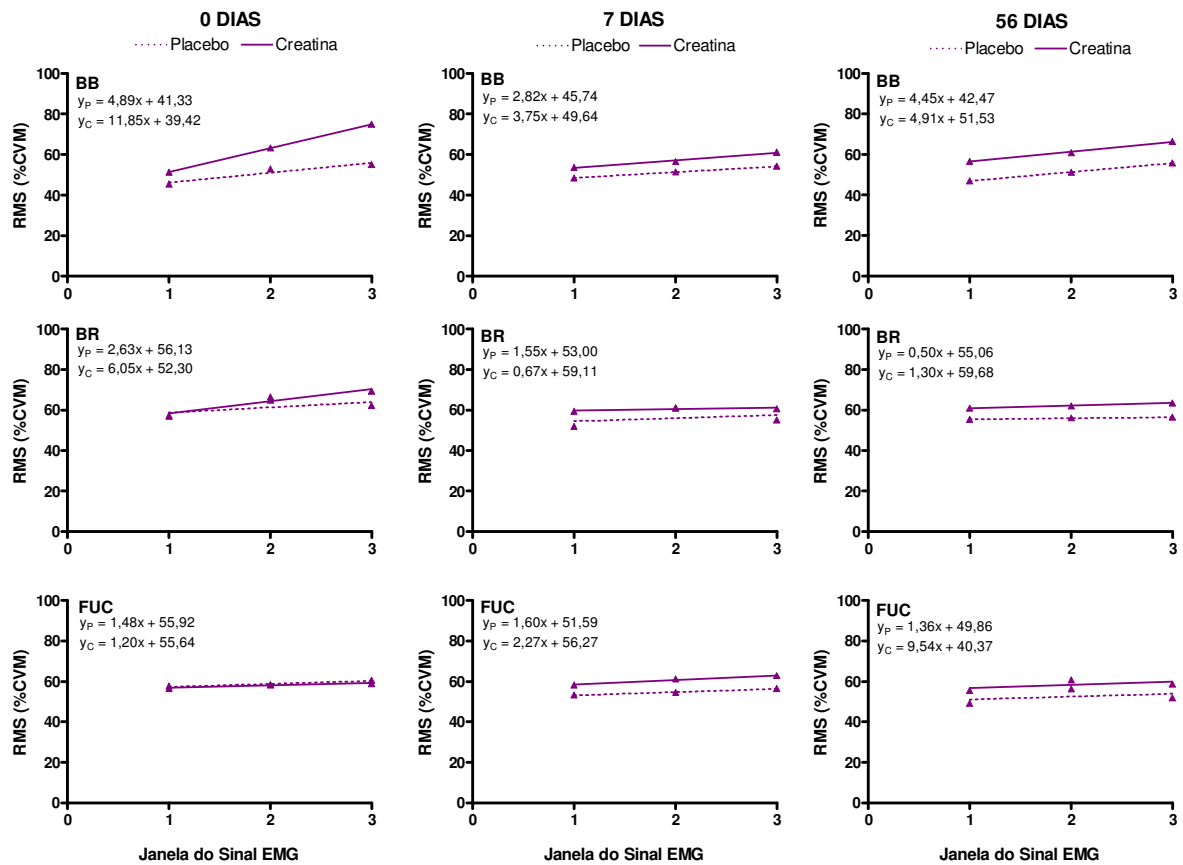


Figura 12. Análise de regressão linear dos valores de RMS (% CVIM) em função do tempo de contração (janelas 1, 2 e 3 do sinal eletromiográfico) dos músculos bíceps braquial (BB), braquiorradial (BR) e flexor ulnar do carpo (FUC) durante flexão do antebraço com 60% CVIM em indivíduos dos grupos placebo e creatina, após 0, 7 e 56 dias de suplementação. Equação linear está representada como $y = ax + b$, onde “ y_P ” representa o grupo placebo, “ y_C ” representa o grupo creatina, “ a ” representa o coeficiente angular e “ b ” representa o coeficiente linear ($n = 10$).

Os valores dos coeficientes angulares (*slopes*) de RMS dos músculos BB, BR e FUC durante a flexão do antebraço com 30% e 60% CVIM em indivíduos dos grupos placebo e creatina, após 0, 7 e 56 dias de suplementação estão demonstrados na Tabela 1. Os coeficientes angulares de RMS foram analisados separadamente para verificar os efeitos dos tempos de suplementação, grupos e músculos sobre a eficiência muscular.

Tabela 1. Valores dos coeficientes angulares de RMS (% CVIM.s⁻¹) dos músculos bíceps braquial (BB), braquiorradial (BR) e flexor ulnar do carpo (FUC) durante flexão do antebraço com 30% e 60% CVIM para o grupo placebo (PL) e grupo creatina (CR), antes (0 dia), durante (7 dias) e após (56 dias) a suplementação (n = 10).

Coeficiente angular de RMS (% CVIM.s ⁻¹)						
	0 dia		7 dias		56 dias	
	30%	60%	30%	60%	30%	60%
PL						
BB	3,25 ± 2,40	4,89 ± 7,60	1,80 ± 5,00	2,81 ± 12,30	1,46 ± 4,10	4,44 ± 5,60
BR	4,79 ± 6,40	2,62 ± 7,20	3,72 ± 6,20	1,55 ± 9,90	3,05 ± 3,50	0,50 ± 4,00
FUC	4,21 ± 5,20	1,47 ± 5,00	2,24 ± 6,40	1,62 ± 9,60	0,88 ± 4,20	1,35 ± 5,40
CR						
BB	3,79 ± 3,80	11,85 ± 9,10	4,10 ± 4,00	3,75 ± 11,10	1,59 ± 6,30	4,91 ± 12,60
BR	4,69 ± 4,60	6,04 ± 9,40	4,42 ± 4,50	0,67 ± 4,90	1,76 ± 6,20	1,31 ± 5,90
FUC	3,66 ± 6,20	1,20 ± 12,00	4,96 ± 5,50	2,27 ± 9,10	0,79 ± 9,20	1,61 ± 10,00

5.2.1 Efeito dos tempos de suplementação

A comparação dos valores do coeficiente angular de RMS entre os tempos 0, 7 e 56 dias de suplementação, para os músculos BB, BR e FUC durante flexão do antebraço com 30% e 60% CVIM em indivíduos dos grupos placebo e creatina está demonstrada na Figura 13.

Os músculos BB e BR apresentaram valores do coeficiente angular de RMS significativamente menores aos 7 e 56 dias de suplementação de creatina comparados ao tempo 0 somente com 60% CVIM ($p < 0,05$). Nenhuma diferença significativa foi encontrada nestes valores entre os tempos 0, 7 e 56 dias de suplementação para o grupo placebo em ambas as intensidades de carga ($p > 0,05$).

Para o músculo FUC, nenhuma diferença significativa nos valores do coeficiente angular de RMS foi encontrada entre os tempos 0, 7 e 56 dias de suplementação, em ambas as intensidades de carga e grupos ($p > 0,05$).

Em todos os músculos, foi observada uma tendência para menores valores do coeficiente angular de RMS somente aos 56 dias de suplementação de creatina com 30% CVIM, embora sem diferenças estatisticamente significantes ($p > 0,05$).

5.2.2 Efeito dos grupos

A Figura 14 mostra a comparação dos valores do coeficiente angular de RMS entre os grupos placebo e creatina, para os músculos BB, BR e FUC durante flexão do antebraço com 30% e 60% CVIM após 0, 7 e 56 dias de suplementação.

Para os músculos BB e BR, com 60% CVIM, os valores do coeficiente angular de RMS foram significativamente maiores no grupo creatina comparados ao grupo placebo antes da suplementação ($p = 0,0323$ e $p = 0,0498$, respectivamente), enquanto nenhuma diferença significativa foi encontrada aos 7 e 56 dias após a suplementação ($p > 0,05$). Com 30% CVIM, não houve diferenças significantes nos valores do coeficiente angular de RMS entre os grupos placebo e creatina em todos os tempos de suplementação.

O músculo FUC não apresentou diferenças significantes nos valores do coeficiente angular de RMS entre os grupos creatina e placebo, em todos os tempos de suplementação e ambas as intensidades de carga ($p > 0,05$).

5.2.3 Efeito dos músculos

A comparação dos valores do coeficiente angular de RMS entre os músculos BB, BR e FUC durante flexão do antebraço com 30% e 60% CVIM em indivíduos dos grupos placebo e creatina, após 0, 7 e 56 dias de suplementação está representada na Figura 15.

Antes da suplementação (tempo 0) com 60% CVIM, os músculos BR e FUC apresentaram valores do coeficiente angular de RMS significativamente menores comparados ao músculo BB no grupo creatina ($p < 0,05$), enquanto nenhuma diferença significativa foi observada para o grupo placebo ($p > 0,05$), embora uma tendência para valores menores tenham sido observados para os músculos BR e FUC. Com 30% CVIM, nenhuma diferença significativa foi encontrada nos valores do coeficiente angular de RMS entre os músculos BB, BR e FUC em ambos os grupos placebo e creatina ($p > 0,05$).

Após 7 e 56 dias de suplementação, não houve diferença significativa nos valores do coeficiente angular de RMS entre os músculos BB, BR e FUC em ambos os grupos e as intensidades de carga ($p > 0,05$).

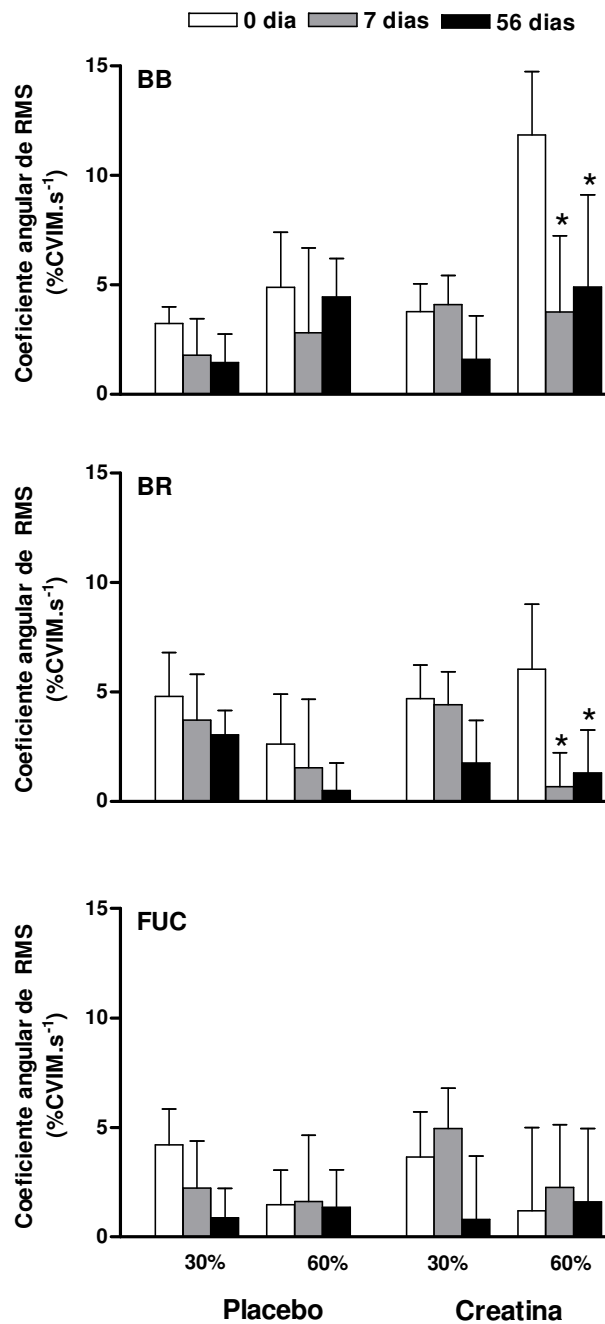


Figura 13. Comparação dos valores do coeficiente angular de RMS (% CVIM.s⁻¹) entre os tempos 0, 7 e 56 dias de suplementação, para os músculos bíceps braquial (**BB**), braquiorradial (**BR**) e flexor ulnar do carpo (**FUC**) durante flexão do antebraço com 30% e 60% da CVIM em indivíduos dos grupos placebo e creatina (n = 10). * Significativamente diferente do tempo 0 de suplementação, para a mesma carga e mesmo grupo (ANOVA de medidas repetidas e teste de Tukey).

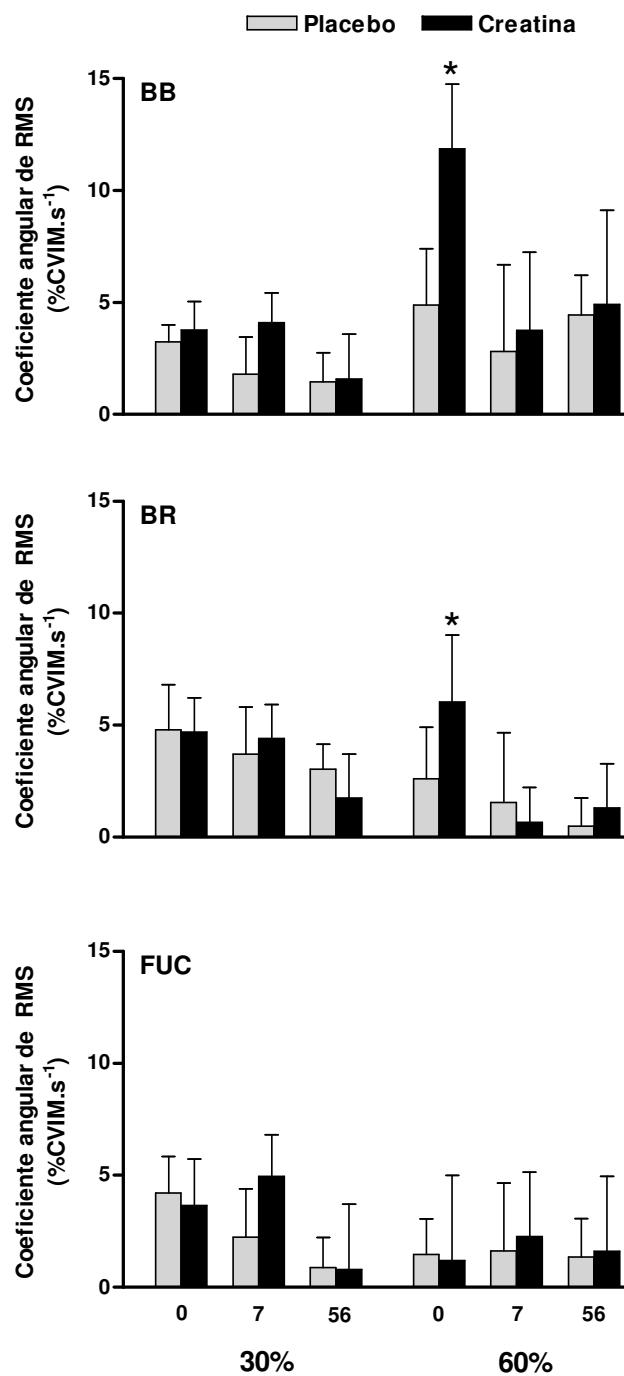


Figura 14. Comparação dos valores do coeficiente angular de RMS (% CVIM.s⁻¹) entre os grupos placebo e creatina, para os músculos bíceps braquial (**BB**), braquiorradial (**BR**) e flexor ulnar do carpo (**FUC**) durante flexão do antebraço com 30% e 60% CVIM após 0, 7 e 56 dias de suplementação (n = 10). * Significativamente diferente do grupo placebo, para o mesmo tempo de suplementação e mesma carga (teste *t* de Student pareado).

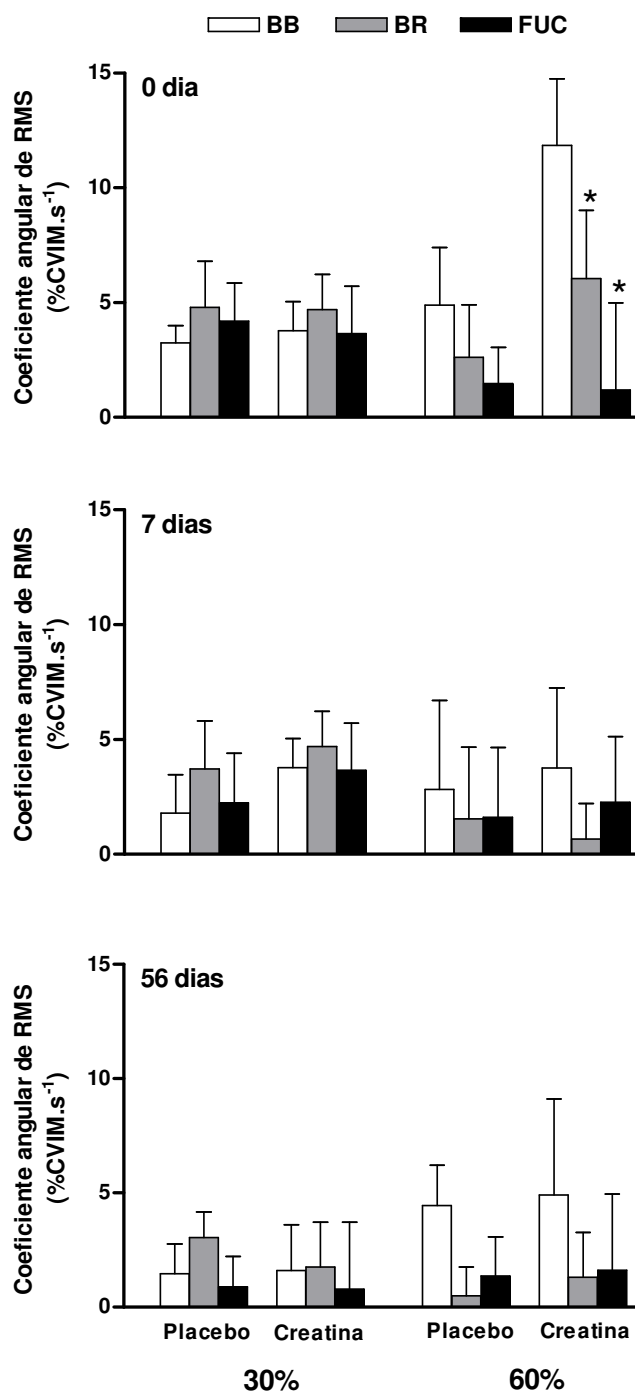


Figura 15. Comparação dos valores do coeficiente angular de RMS (% CVIM.s⁻¹) entre os músculos bíceps braquial (BB), braquiorradial (BR) e flexor ulnar do carpo (FUC) durante flexão do antebraço com 30% e 60% da CVIM em indivíduos dos grupos placebo e creatina, após 0, 7 e 56 dias de suplementação (n = 10). * Significativamente diferente do músculo BB, para a mesma carga e mesmo grupo (ANOVA de medidas repetidas e teste de Tukey).

5.3 FREQUÊNCIA MEDIANA (FM)

A análise de regressão linear dos valores de FM em função do tempo de contração (janelas 1, 2 e 3 do sinal eletromiográfico) para cada intensidade de carga, músculo, tempo de suplementação e grupo está representada nas Figuras 16 e 17.

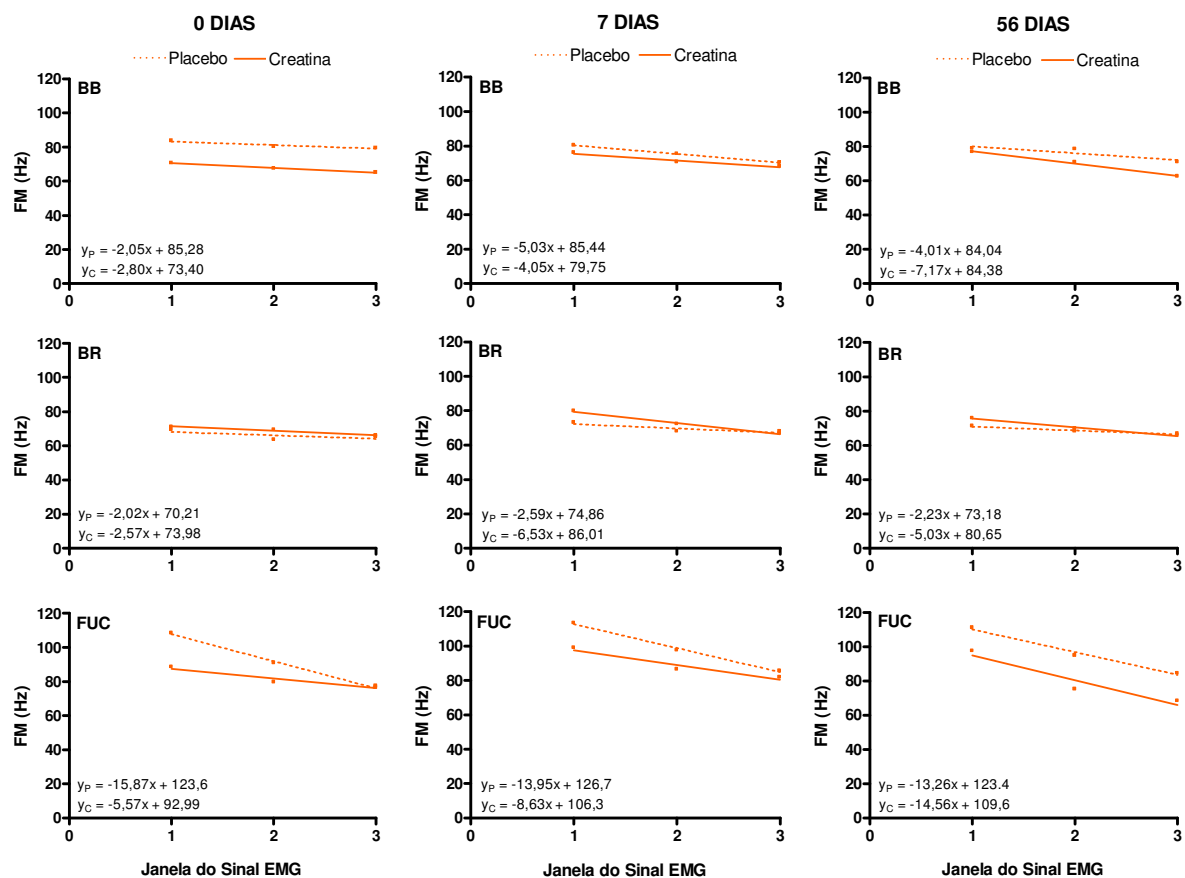


Figura 16. Análise de regressão linear dos valores de FM (Hz) em função do tempo de contração (janelas 1, 2 e 3 do sinal eletromiográfico) dos músculos bíceps braquial (BB), braquiorradial (BR) e flexor ulnar do carpo (FUC) durante flexão do antebraço com 30% CVIM em indivíduos dos grupos placebo e creatina, após 0, 7 e 56 dias de suplementação. Equação linear está representada como $y = ax + b$, onde “ y_P ” representa o grupo placebo, “ y_C ” representa o grupo creatina, “ a ” representa o coeficiente angular e “ b ” representa o coeficiente linear ($n = 10$).

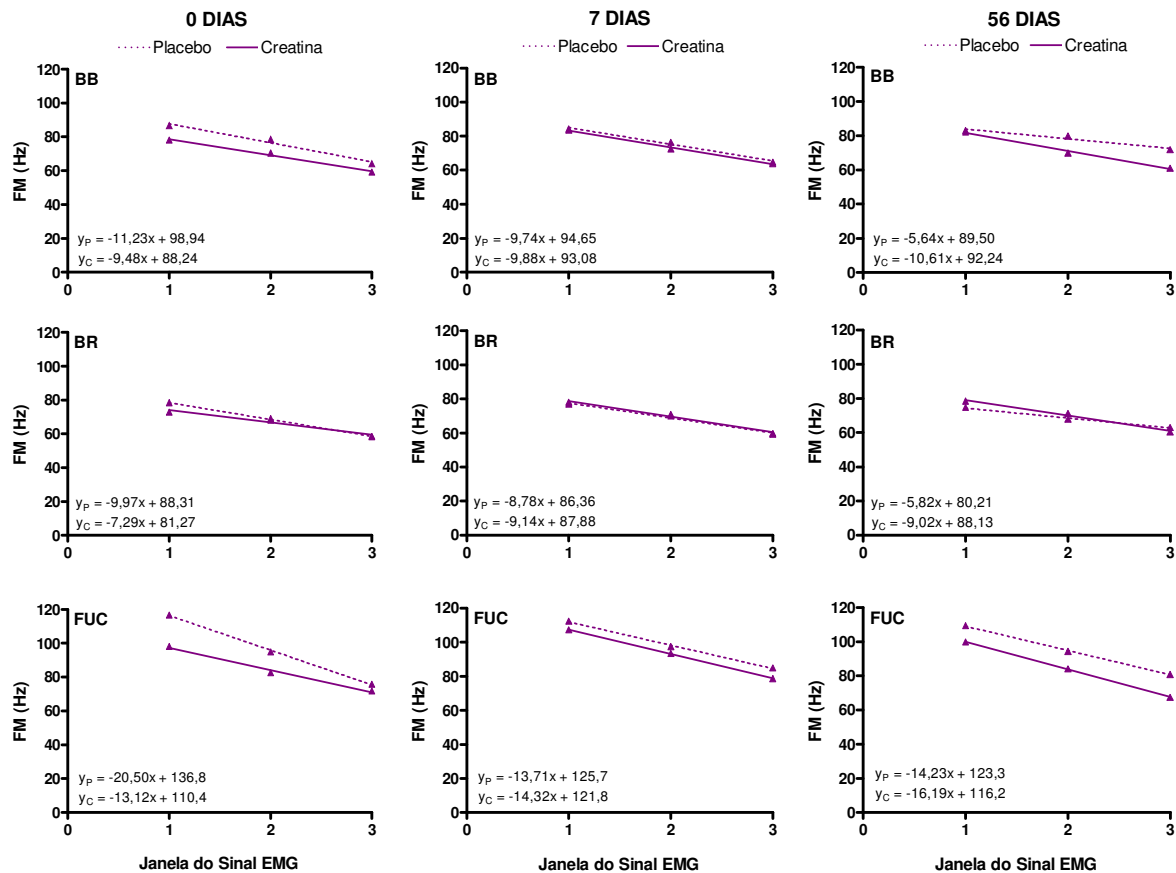


Figura 17. Análise de regressão linear dos valores de FM (Hz) em função do tempo de contração (janelas 1, 2 e 3 do sinal eletromiográfico) dos músculos bíceps braquial (**BB**), braquiorradial (**BR**) e flexor ulnar do carpo (**FUC**) durante flexão do antebraço com **60%** CVIM em indivíduos dos grupos placebo e creatina, após 0, 7 e 56 dias de suplementação. Equação linear está representada como $y = ax + b$, onde “ y_P ” representa o grupo placebo, “ y_C ” representa o grupo creatina, “ a ” representa o coeficiente angular e “ b ” representa o coeficiente linear ($n = 10$).

Os valores dos coeficientes angulares (*slopes*) de FM dos músculos BB, BR e FUC durante a flexão do antebraço com 30% e 60% CVIM em indivíduos dos grupos placebo e creatina, após 0, 7 e 56 dias de suplementação estão demonstrados na Tabela 2. Os coeficientes angulares de FM foram analisados separadamente para verificar os efeitos dos tempos de suplementação, grupos e músculos sobre a fadiga muscular localizada.

Tabela 2. Valores dos coeficientes angulares de FM (Hz.s^{-1}) dos músculos bíceps braquial (BB), braquiorradial (BR) e flexor ulnar do carpo (FUC) durante flexão do antebraço com 30% e 60% CVIM para o grupo placebo (PL) e grupo creatina (CR), antes (0 dia), durante (7 dias) e após (56 dias) a suplementação (n = 10).

	Coeficiente angular de FM (Hz.s^{-1})					
	0 dia		7 dias		56 dias	
	30%	60%	30%	60%	30%	60%
PL						
BB	-2,05 ± 3,70	-11,23 ± 3,60	-5,03 ± 4,00	-9,74 ± 4,00	-4,01 ± 7,40	-5,64 ± 12,4
BR	-2,02 ± 2,30	-9,97 ± 4,50	-2,58 ± 1,40	-8,78 ± 3,40	-2,23 ± 3,70	-5,82 ± 2,20
FUC	-15,87 ± 6,80	-20,50 ± 11,00	-13,94 ± 7,20	-13,71 ± 8,90	-13,26 ± 8,90	-14,23 ± 9,00
CR						
BB	-2,79 ± 5,90	-9,49 ± 5,00	-4,05 ± 3,90	-9,88 ± 2,80	-7,17 ± 7,10	-10,61 ± 7,50
BR	-2,57 ± 3,20	-7,29 ± 3,00	-6,52 ± 4,40	-9,14 ± 5,40	-5,03 ± 5,30	-9,02 ± 6,00
FUC	-5,57 ± 9,40	-13,12 ± 5,50	-8,63 ± 9,50	-14,32 ± 6,90	-14,56 ± 9,50	-16,19 ± 7,20

5.3.1 Efeito dos tempos de suplementação

A comparação dos valores do coeficiente angular de FM entre os tempos 0, 7 e 56 dias de suplementação, para os músculos BB, BR e FUC durante flexão do antebraço com 30% e 60% CVIM em indivíduos dos grupos placebo e creatina está demonstrada na Figura 18.

Todos os músculos analisados não apresentaram diferenças significantes nos valores do coeficiente angular de FM entre os tempos de suplementação em ambas as intensidades de carga e grupos ($p > 0,05$). Entretanto, foi observada uma tendência para diminuição no coeficiente angular de FM do tempo 0 para 56 dias no grupo creatina, em ambas as intensidades de carga, enquanto no grupo placebo este efeito foi ao contrário, com tendência para aumento destes coeficientes do tempo 0 para 56 dias de suplementação somente com a maior intensidade de carga, embora sem diferenças estatisticamente significantes ($p > 0,05$).

5.3.2 Efeito dos grupos

A Figura 19 mostra a comparação dos valores do coeficiente angular de FM entre os grupos placebo e creatina, para os músculos BB, BR e FUC durante flexão do antebraço com 30% e 60% CVIM após 0, 7 e 56 dias de suplementação.

Para os músculos BB e BR, nenhuma diferença significativa foi encontrada nos valores do coeficiente angular de FM entre os grupos placebo e creatina, em todos os tempos de suplementação e ambas as intensidades de carga ($p < 0,05$).

O músculo FUC apresentou valores do coeficiente angular de FM significativamente maiores no grupo creatina comparados ao placebo antes da suplementação, tanto com 30% como 60% CVIM ($p = 0,0131$ e $p = 0,0431$, respectivamente). Não houve diferenças significantes nos valores do coeficiente angular de FM entre os grupos creatina e placebo após 7 e 56 dias de suplementação, para ambas as intensidades de carga ($p > 0,05$).

5.3.3 Efeito dos músculos

A comparação dos valores do coeficiente angular de FM entre os músculos BB, BR e FUC durante flexão do antebraço com 30% e 60% CVIM em indivíduos dos grupos placebo e creatina, após 0, 7 e 56 dias de suplementação está representada na Figura 20.

Antes e após 7 dias da suplementação, os músculos BB e BR apresentaram valores do coeficiente angular de FM significativamente maiores comparados ao músculo FUC no grupo placebo, tanto para 30% ($p < 0,001$) como 60% CVIM ($p < 0,05$ e $p < 0,01$, respectivamente). No grupo creatina, nenhuma diferença significativa foi observada nos valores do coeficiente angular de FM entre os músculos BB, BR e FUC em ambas as intensidades de carga ($p > 0,05$).

Após 56 dias de suplementação, os músculos BB e BR continuaram a apresentar valores do coeficiente angular de FM significativamente maiores comparados ao músculo FUC no grupo placebo, tanto para 30% ($p < 0,05$ e $p < 0,01$, respectivamente) como 60% CVIM ($p < 0,05$). Por outro lado, no grupo creatina, os músculos BB e BR passaram a apresentar valores do coeficiente angular de FM maiores comparados ao músculo FUC em ambas as intensidade de carga ($p < 0,05$).

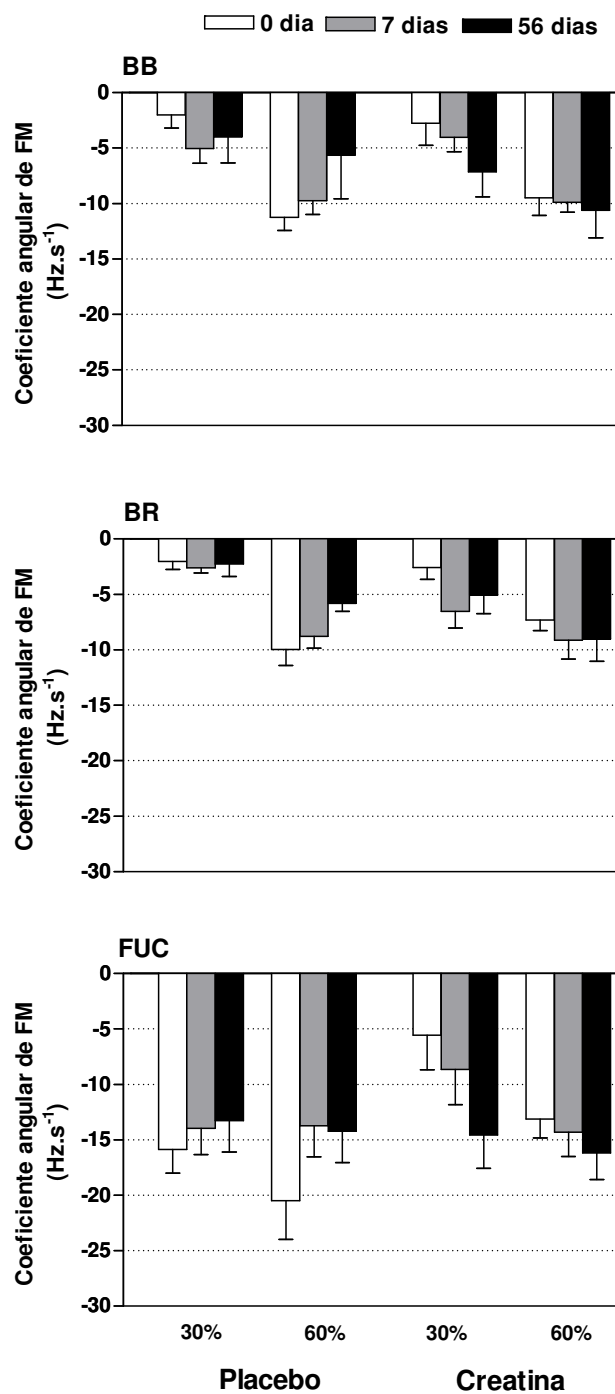


Figura 18. Comparação dos valores do coeficiente angular de FM (Hz.s^{-1}) entre os tempos 0, 7 e 56 dias de suplementação, para os músculos bíceps braquial (**BB**), braquiorradial (**BR**) e flexor ulnar do carpo (**FUC**) durante flexão do antebraço com 30% e 60% da CVIM em indivíduos dos grupos placebo e creatina ($n = 10$).

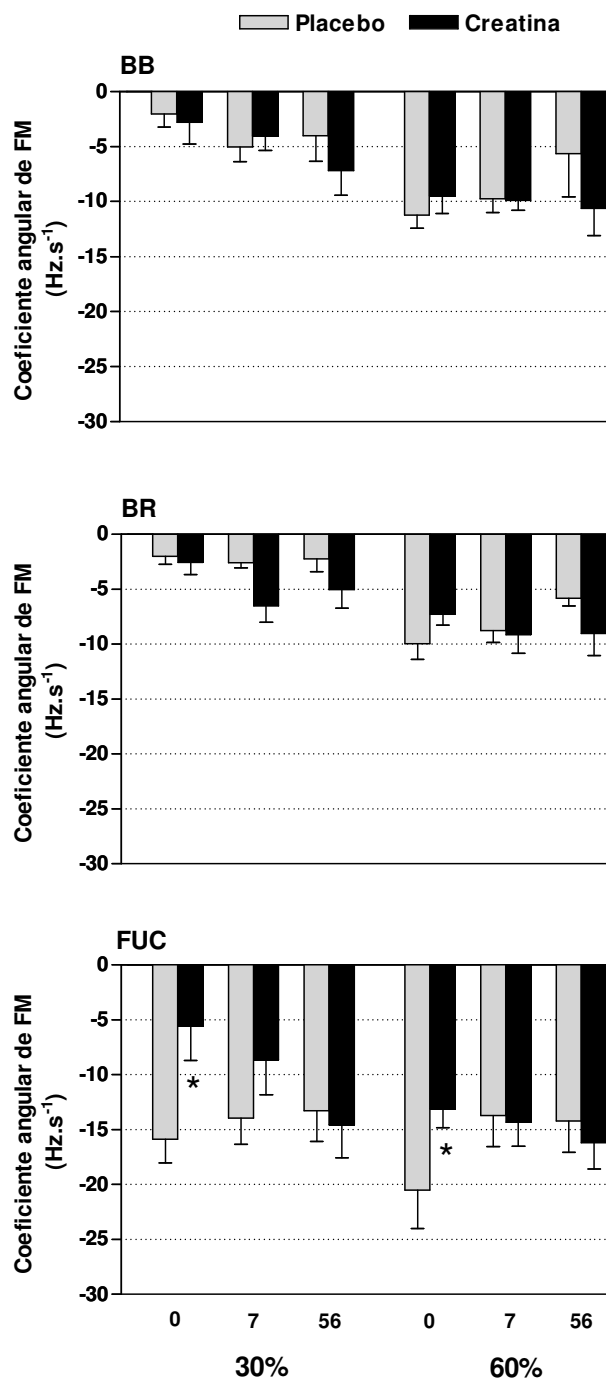


Figura 19. Comparação dos valores do coeficiente angular de FM ($\text{Hz}\cdot\text{s}^{-1}$) entre os grupos placebo e creatina, para os músculos bíceps braquial (**BB**), braquiorradial (**BR**) e flexor ulnar do carpo (**FUC**) durante flexão do antebraço com 30% e 60% CVIM após 0, 7 e 56 dias de suplementação ($n = 10$).
 * Significativamente diferente do grupo placebo, para o mesmo tempo de suplementação e mesma carga (teste t de Student pareado).

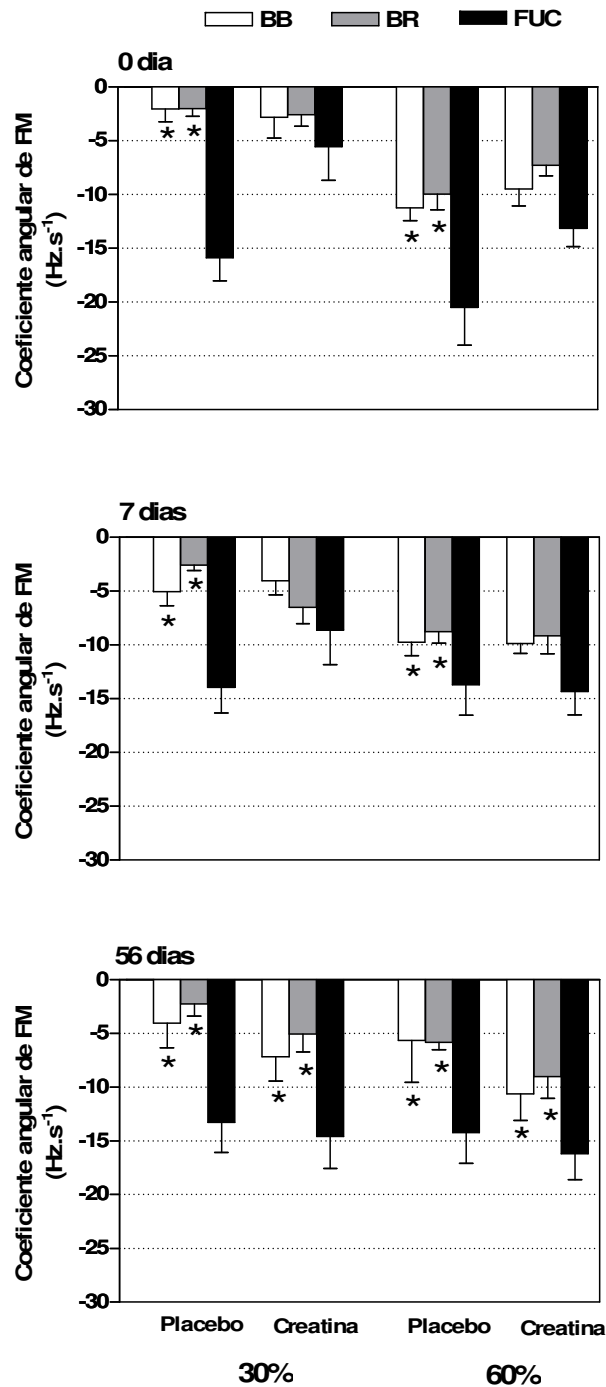


Figura 20. Comparação dos valores do coeficiente angular de RMS ($\%CVIM.s^{-1}$) entre os músculos bíceps braquial (BB), braquiorradial (BR) e flexor ulnar do carpo (FUC) durante flexão do antebraço com 30% e 60% da CVIM em indivíduos dos grupos placebo e creatina, após 0, 7 e 56 dias de suplementação ($n = 10$). * Significativamente diferente do músculo FUC, para a mesma carga e mesmo grupo (ANOVA de medidas repetidas e teste de Tukey).

6. DISCUSSÃO

Nos tempos modernos, a suplementação alimentar tem assumido parte importante do programa de treinamento de atletas, os quais procuram melhorar o desempenho atlético e a capacidade de trabalho, eliminando a sensação de sintomas como o cansaço e a fadiga muscular (SANTOS; SANTOS, 2002). Estudos sugerem que a suplementação oral de creatina pode melhorar o desempenho motor em atividades de alta intensidade e de curta duração, e a maioria destes estudos têm utilizado atividades aeróbicas como meio de avaliar a eficácia desta substância (SKARE *et al.*, 2001; FINN *et al.*, 2001; DELECLUSE *et al.*, 2003; ANOMASIRI *et al.*, 2004; KINUGASA *et al.*, 2004; AHMUN *et al.*, 2005; GLAISTER *et al.*, 2006). A eficácia da suplementação oral de creatina, em longo prazo, durante programas de treinamento resistido (musculação) ainda não está bem determinada, principalmente no que se refere aos seus efeitos ergogênicos sobre a fadiga e a força muscular, avaliadas por ferramentas não invasivas como a eletromiografia de superfície. Desta forma, no presente estudo, foi avaliada a eficácia da suplementação oral de creatina sobre a força, a eficiência e a fadiga muscular em indivíduos fisicamente treinados em musculação, por meio da análise eletromiográfica de músculos do membro superior.

6.1 FORÇA

A análise dos dados de força mostrou efeito significativo do tempo de suplementação somente no grupo creatina, cujos valores de força após 56 dias de suplementação foram maiores comparados àqueles obtidos antes e após 7 dias de suplementação de creatina. Estes resultados sugerem que a suplementação aguda de creatina (7 dias), administrada com uma superdosagem (20 g/dia), não teve efeito sobre a força isométrica de flexão do antebraço, concordando com outros relatos que também não encontraram efeito significativo da suplementação de creatina em curto prazo (4-7 dias) sobre a força de contração isométrica de músculos do membro superior durante a flexão do carpo (URBANSKI *et al.*, 1999), flexão dos dedos (TARNOPOLSKY; MACLENNAN,

2000), flexão do antebraço (HAMILTON *et al.*, 2000; RAWSON; CLARKSON, 2000; JAKOBI *et al.*, 2000, 2001), rotação medial do braço (HAMILTON *et al.*, 2000) e durante o exercício supino reto (IZQUIERDO *et al.*, 2002).

Outros estudos que avaliaram a força de músculos do membro inferior também não constataram efeitos da suplementação aguda de creatina em indivíduos fisicamente treinados em musculação, durante exercícios de extensão da perna e exercícios com velocidade máxima (*sprints*) em bicicletas ergométricas (STEVENSON; DUDLEY, 2001a; DEUTKOM *et al.*, 2000; CRAMER *et al.*; 2007a). Por outro lado, o efeito agudo da suplementação de creatina sobre a força muscular foi observado em exercícios de extensão da perna (URBANSKI *et al.*, 1999), dorsiflexão (TARNOPOLSKY; MACLENNAN, 2000), e agachamento (IZQUIERDO *et al.*, 2002), porém estes estudos foram realizados em indivíduos não-treinados.

No presente estudo, efeito significativo da suplementação de creatina foi observado sobre a força muscular, porém somente após 56 dias de suplementação, com o grupo creatina apresentando valores de força maiores comparados ao placebo. Estes achados sugerem que períodos prolongados de suplementação de creatina, com fase de superdosagem (7 dias, 20 g/dia) seguida por fase de manutenção (49 dias, 5 g/dia), induzem aumento da força de contração isométrica de flexão do antebraço. Estes resultados concordam com estudos que encontraram aumento na força muscular de flexores do antebraço após 42 dias de suplementação de creatina, em fases de superdosagem e de manutenção (BECQUE *et al.*, 2000; SOUZA-JÚNIOR *et al.*, 2007). Em contraste, outros estudos que administraram suplementação oral de creatina durante 10 ou 30 dias (em fases de superdosagem e manutenção) não observaram aumento na força de flexão do antebraço (RAWSON *et al.*, 1999; BEMBEN *et al.*, 2001). Portanto, em uma análise conjunta, pode-se inferir que somente períodos prolongados de suplementação de creatina (maiores que 42 dias) induzem aumento na força isométrica de contração muscular em movimentos de flexão do antebraço.

Os resultados do presente estudo, entretanto, foram discordantes de Fergunson e Syrotuik (2006) que relataram nenhum efeito da suplementação crônica de creatina (70 dias) sobre a força de músculos do membro superior, durante exercícios de 1 RM em

aparelho supino reto. Esta discrepância pode ser explicada pela dosagem de suplementação que os autores utilizaram, considerando o peso corporal dos voluntários (superdosagem: 0,3 g/kg, manutenção: 0,03 g/kg) e não um valor pré-determinado independente do peso corporal, como utilizado no presente estudo. Outra explicação poderia ser atribuída ao tipo de exercício realizado, pois o supino reto é um exercício bi-articular que envolve um número maior de músculos, com diferentes braços de alavancas, sendo a força dividida entre os músculos, enquanto o movimento de flexão do antebraço é uni-articular, envolvendo a participação de poucos músculos e a força é concentrada nos mesmos. Brose *et al.* (2003) também não constataram aumento de força muscular após 98 dias de suplementação de creatina, porém seu estudo analisou exercícios de flexão dos dedos, em idosos, e a substância foi administrada em uma única fase (5 g/dia). Estudos analisando a força durante exercícios de extensão da perna (STEVENSON; DUDLEY, 2001b) e *leg press* inclinado (FERGUNSON; SYROTUIK, 2006) também não indicaram efeito de suplementação crônica de creatina (64-70 dias), administrada em fases de superdosagem seguida por manutenção, sobre a força de contração isométrica.

A análise geral dos dados de força mostra que o efeito da suplementação crônica de creatina parece estar restrito a movimentos realizados com pequena massa muscular, enquanto que a suplementação aguda parece ser mais eficaz em movimentos realizados com grande massa muscular. Desta forma, é provável que a creatina se incorpore às cadeias protéicas dos músculos, provavelmente produzindo aumento no diâmetro das fibras musculares que, por sua vez, está diretamente relacionado à força muscular (VANDENBERGHE *et al.*, 1997). Assim, músculos com maior massa protéica podem ter resposta mais eficaz em menor tempo de suplementação de creatina, enquanto músculos com menor massa protéica necessitam de tempo maior de suplementação de creatina para um resultado eficaz.

6.2 EFICIÊNCIA MUSCULAR

A análise conjunta dos coeficientes angulares de RMS mostrou efeito significativo do tempo de suplementação de creatina com 60% da CVIM para os músculos

BB e BR, cujos valores dos coeficientes angulares foram menores após 7 e 56 dias de suplementação. Estes dados indicam que a suplementação aguda de creatina, bem como a crônica, diminuem a variação da ativação muscular em função do tempo de contração, refletindo em melhora da eficiência muscular para o BB e BR, mas não para o FUC, durante exercícios de flexão isométrica do antebraço com maior intensidade de carga. Esta análise vem corroborar com a idéia de que a creatina possa interferir diretamente sobre a atividade das proteínas musculares. Assim, músculos com maior massa protéica, como BB e BR, respondem melhor à suplementação de creatina do que músculos com menor massa muscular, como o FUC.

Estes resultados concordam com outros estudos que encontraram efeito significativo da suplementação aguda e/ou crônica de creatina durante exercícios resistidos do membro superior com alta intensidade. Assim, Hamilton *et al.* (2000) relataram aumento da eficiência e capacidade de trabalho muscular em contrações máximas de flexão do antebraço, após 7 dias de suplementação; Burke *et al.* (2000) encontraram maior eficiência muscular durante exercícios concêntricos isocinéticos no aparelho supino reto, após 21 dias de suplementação; Izquierdo *et al.* (2002) verificaram melhora significativa na eficiência muscular em contrações com 60% e 70% de 1 RM até a fadiga no aparelho supino reto, após 5 dias de suplementação; Selsby *et al.* (2004) mostraram melhora no desempenho motor em contrações com 70% de 1RM no aparelho supino reto, após 10 dias de suplementação.

A eficácia da suplementação aguda e/ou crônica de creatina durante exercícios de alta intensidade também foi relatada em outros estudos, com resultados similares aos encontrados no presente trabalho, porém utilizando outros tipos de atividades, por exemplo, exercícios com velocidade máxima (*sprints*) em pista ou em bicicleta ergométrica. Desta forma, Aaserud *et al.* (1998) encontraram melhora na eficiência muscular e aumento na velocidade durante *sprints* de 40 metros, após 5 dias de suplementação; Skare *et al.* (2001) relataram melhora no desempenho motor durante *sprints* de 60 e 100 metros, após 4 dias de suplementação; Anomasari *et al.* (2004) referiram melhora no desempenho físico até a capacidade máxima durante *sprints* de 50 metros de natação, após 7 dias de suplementação; Hoffman *et al.* (2005) afirmaram que suplementação de creatina em curto prazo melhora a

capacidade muscular durante *sprints* de 15 segundos em bicicleta ergométrica; Altimari *et al.* (2006) verificaram melhora no trabalho relativo total durante testes de alta intensidade e curta duração em bicicleta ergométrica; Hadjicharalambous *et al.* (2008) mostraram que 7 dias de suplementação de creatina contribuem para melhorar o desempenho de resistência durante exercícios máximos na bicicleta ergométrica, com carga constante, até a exaustão.

Apesar de todas estas investigações terem avaliado grupos musculares do membro superior ou do membro inferior, e não um único músculo em movimento isolado, como no presente estudo, comparações parecem ser válidas e sugestivas da existência de um efeito ergogênico relacionado à suplementação oral de creatina. Assim, a melhora na eficiência muscular, após a suplementação oral de creatina, talvez possa ser explicada pela maior disponibilidade de substrato energético necessário para realização do trabalho, possivelmente como resultado do aumento de fosfocreatina no músculo esquelético.

Com menor intensidade de carga (30% CVIM), não foi verificado efeito significativo do tempo de suplementação de creatina sobre a eficiência muscular dos três músculos analisados, embora tenha sido observada tendência para diminuição na variação da ativação muscular após 56 dias de suplementação. Estes achados sugerem que a suplementação aguda de creatina não produz efeito sobre eficiência muscular durante exercícios com baixas intensidades, possivelmente porque o músculo é pouco exigido e, conseqüentemente, não ocorrem redução substancial de fosfocreatina intramuscular, alta produção de lactato ou queda do ATP muscular. Assim, durante exercícios com baixas intensidades, o conteúdo de fosfocreatina e de creatina livre no músculo é abundante para atender de maneira apropriada o transporte da fosfocreatina; a glicólise será menor e resultará em valores ligeiramente elevados de lactato sanguíneo, como já relatado por Brouns (2005).

A tendência observada para diminuição na variação da ativação muscular após suplementação crônica de creatina durante exercícios resistidos com menor intensidade de carga pode ser explicada possivelmente pelo efeito do treinamento físico, já que ambos os grupos experimentais mostraram comportamento semelhante.

Poucos estudos avaliaram o efeito da suplementação de creatina em longo prazo durante exercícios com baixa intensidade de carga, no entanto, Smith *et al.* (1998)

estudaram o efeito da suplementação de creatina monohidratada sobre o tempo de trabalho muscular em exercícios de potência, com diferentes intensidades de carga, e encontram efeito significativo somente com altas intensidades.

Analisando o efeito da suplementação de creatina sobre a eficiência muscular de BB, BR e FUC em cada tempo experimental, não houve efeito significativo de suplementação aguda ou crônica de creatina para todos os músculos analisados em ambas as intensidades de carga (30% e 60% CVIM) comparativamente ao placebo. No entanto, com a maior intensidade de carga, os músculos BB e BR já exibiram maior variação na ativação muscular antes da suplementação (tempo 0) no grupo creatina comparado ao placebo. Estes dados indicam que a intensidade da carga influenciou a variação da ativação muscular de BB e BR antes da suplementação no grupo creatina. Com isso, tanto a suplementação aguda como a crônica de creatina foram capazes de modificar este efeito, diminuindo a variação na ativação elétrica destes músculos e, conseqüentemente, refletindo em melhora na eficiência muscular após a suplementação, confirmando os resultados anteriores. Vale ressaltar que esse efeito não foi observado para o músculo FUC, confirmando os resultados prévios de que a suplementação aguda e/ou crônica de creatina não influencia a eficiência muscular de FUC.

A ausência do efeito ergogênico ou desvantagem sobre a eficiência muscular de FUC no presente estudo pode estar relacionada ao tipo de composição da fibra muscular ou à pequena área de secção transversal de suas fibras musculares. Syrotuik e Bell (2004) relataram que músculos com grande porcentagem de fibras de contração rápida e maior área de secção transversal capturaram quantidade de creatina significativamente maior após 7 dias de suplementação, comparado aos músculos com poucas fibras de contração rápida ou menor área de secção transversal muscular. Estes relatos sustentam novamente a idéia de que músculos com menor massa protéica capturam menor quantidade de creatina. Casey *et al.* (1996) também sugeriram que fibras do tipo II (contração rápida) seriam mais beneficiadas pelo aumento na disponibilidade de creatina, especialmente durante o exercício. No entanto, estudos futuros são necessários para comprovar a relação entre o diâmetro e tipo de fibra muscular e os benefícios da creatina.

A análise comparativa dos coeficientes angulares de RMS entre os músculos BB, BR e FUC nos diferentes tempos de suplementação revelou que não houve efeito significativo da suplementação aguda e/ou crônica de creatina entre os músculos analisados, em ambas as intensidades de carga (30% e 60% CVIM). Entretanto, com a maior intensidade de carga, os músculos BR e FUC apresentaram menor variação na ativação muscular comparado ao BB antes da suplementação, particularmente no grupo creatina. Estes dados demonstram novamente que a maior intensidade de carga influenciou diferentemente a variação da atividade elétrica entre os músculos antes da suplementação, com o músculo BB sempre apresentando a maior variação na ativação muscular e, portanto, menor eficiência muscular.

A menor eficiência apresentada pelo músculo BB em relação ao BR e FUC, pode ser explicada pelo fato de que, em contração isométrica de flexão do antebraço, o músculo BB possa estar desempenhando um papel secundário para manutenção da força constante. Uma vez que a força de um músculo é diretamente proporcional ao comprimento do braço de alavanca (WILMORE; COSTILL, 1999), o músculo BB, que possui braço de alavanca menor em relação ao BR e FUC, estaria em desvantagem mecânica e, portanto, apresentando menor eficiência muscular.

Este comportamento foi observado antes da suplementação e somente com maiores intensidades de cargas, possivelmente porque com baixas cargas todos os músculos são igualmente exigidos, porém com cargas mais altas os músculos com desvantagem mecânica são mais requeridos. Após a suplementação aguda e/ou crônica de creatina, entretanto, os efeitos da intensidade de carga foram amenizados, sugerindo que estes períodos de suplementação tendem a igualar a eficiência muscular entre todos os músculos analisados, embora o músculo BB mantivesse uma tendência para menor eficiência muscular comparativamente aos músculos BR e FUC. Estes dados confirmam nossos resultados sugerindo que músculos com maior massa protéica, como o BB em relação ao BR e FUC, respondem melhor à suplementação de creatina e tendem a melhorar sua eficiência muscular.

6.3 FADIGA MUSCULAR

A análise conjunta dos coeficientes angulares de FM não revelou efeito significativo do tempo de suplementação de creatina para todos os músculos analisados e em ambas as intensidades de carga. Estes dados sugerem que a suplementação aguda e/ou crônica de creatina não interferiu na resistência à fadiga muscular localizada, independente da intensidade de carga.

Estes resultados estão de acordo com outras investigações que relataram nenhum efeito da suplementação aguda de creatina sobre a fadiga de músculos do membro superior durante exercícios resistidos máximos de flexão dos dedos (TARNOPOLSKY; MACLENNAN, 2000), bem como sobre a fadiga de músculos do membro inferior durante exercícios resistidos máximos de extensão isocinética da perna e dorsiflexão (TARNOPOLSKY; MACLENNAN, 2000; RAWSON; CLARKSON, 2000). A melhora na resistência à fadiga após a suplementação aguda de creatina também não foi observada durante *sprints* máximos e submáximos em pista (COOKE *et al.*, 1995; MUJKA *et al.*, 2000; FINN *et al.*, 2001; DELECLUSE *et al.*, 2003; AHMUN *et al.*, 2005; GLAISTER *et al.*, 2006) e em bicicleta ergométrica (FEBBRAIO *et al.*, 1995; COOKE; BARNES, 1997). O efeito da suplementação crônica (70 dias) também não foi observado sobre a fadiga muscular durante exercícios com 70% de 1 RM no aparelho supino reto e *leg-press* inclinado (FERGUSON; SYROTUIK, 2006).

Os resultados do presente estudo, entretanto, foram discordantes de alguns estudos que encontraram melhora na resistência à fadiga, após a suplementação aguda e/ou crônica, durante exercícios resistidos isométricos submáximos de flexão do carpo (URBANSKI *et al.*, 1999), de extensão da perna (URBANSKI *et al.*, 1999; RAWSON *et al.*, 1999), de flexão e extensão do antebraço e da perna (BEMBEN *et al.*, 2001) e durante exercícios em bicicleta ergométrica (SMITH *et al.*, 1998; STOUT *et al.*, 2000; SMITH *et al.*, 2007; STOUT *et al.*, 2007). Esta discrepância pode estar relacionada a diferenças de gênero, faixa etária ou grau de aptidão física, pois tais pesquisas analisaram indivíduos não-treinados, ou sedentários, ou idosos, ou ainda mulheres. Assim, é possível que haja uma

relação entre a captura de creatina e o treinamento físico, bem como entre a captura de creatina e o ciclo hormonal.

Alterações na atividade eletromiográfica em resposta à suplementação de creatina têm sido pouco avaliadas e, portanto, comparações entre estudos são difíceis já que diferentes técnicas são empregadas. Deutekom *et al.* (2000) e Stevenson e Dudley (2001a,b) relataram que a suplementação de creatina (aguda e/ou crônica) não aumenta as respostas hipertróficas ou mecânicas do músculo quadríceps femoral à estimulação elétrica, que atenua, mas não melhora a fadiga. Stout *et al.* (2006) também não encontraram diferenças no limiar eletromiográfico de fadiga do músculo vasto lateral durante teste incremental descontínuo em bicicleta ergométrica, após 28 dias de suplementação de creatina. Estes dados estão concordantes com os achados do presente estudo, no qual nenhuma alteração foi encontrada na variação da FM em resposta à suplementação aguda e/ou crônica de creatina em exercício isométrico submáximo de flexão do antebraço.

Esta resposta não-ergogênica da suplementação de creatina sobre a fadiga de músculos do membro superior pode ser explicada de duas maneiras. Greenhalf *et al.* (1994) sugeriu que um aumento de aproximadamente 20 mmol/Kg de creatina intramuscular é necessário para que o indivíduo obtenha uma perceptível resposta ergogênica da suplementação. Assim, a suplementação administrada pode não ter sido suficiente ou não ter alcançado o limiar crítico acima sugerido para melhorar este parâmetro. Outra explicação pode estar relacionada à insuficiente disponibilidade de fosfocreatina intramuscular para provocar alterações na velocidade de condução do potencial de ação da fibra muscular. Portanto, estudos futuros, com avaliação mais direta das respostas individuais ao protocolo de suplementação, tais como a ressonância magnética ou técnicas de biópsia muscular, são necessários para verificar os níveis de creatina intramuscular, tanto antes como após a suplementação (FERGUSON; SYROTUIK, 2006).

Embora não tenha ocorrido diferença significativa nos valores do coeficiente angular de FM entre os tempos de suplementação para todos os músculos, os mesmos apresentaram tendência à diminuição progressiva após a suplementação aguda e crônica de creatina. Estes achados parecem refletir em menor resistência à fadiga muscular localizada após a suplementação, tanto com cargas maiores como com cargas menores. Por outro lado,

no grupo placebo, o efeito oposto foi observado, com tendência para aumento na resistência à fadiga muscular localizada com o decorrer do tempo de suplementação, sugerindo que o simples treinamento possa ter contribuído para a resistência à fadiga, melhor do que o treinamento em combinação com a suplementação de creatina, como já relatado em estudo prévio (STEVENSON; DUDLEY, 2001b).

Analisando o efeito da suplementação de creatina sobre a fadiga muscular de BB, BR e FUC em cada tempo experimental, não houve efeito significativo de suplementação aguda e/ou crônica de creatina para todos os músculos analisados em ambas as intensidades de carga (30% e 60% CVIM) comparativamente ao placebo. No entanto, em ambas as intensidades de carga, o músculo FUC já exibia menor variação na FM antes da suplementação (tempo 0) no grupo creatina comparado ao placebo. Estes dados parecem indicar que o músculo FUC já apresentava maior resistência à fadiga muscular localizada em indivíduos do grupo creatina antes da suplementação. Após a suplementação aguda e crônica de creatina, estas diferenças foram amenizadas, refletindo que estes períodos de suplementação provocam maior variação na FM do músculo FUC e, consequentemente, menor resistência à fadiga. Contudo, esse efeito não foi observado para os músculos BB e BR, sugerindo que a suplementação aguda e/ou crônica de creatina não influencia a fadiga muscular destes músculos.

A análise comparativa dos coeficientes angulares de FM entre os músculos BB, BR e FUC nos diferentes tempos de suplementação revelou que houve efeito significativo de suplementação crônica de creatina entre os músculos analisados em ambas as intensidades de carga (30% e 60% CVIM), com o músculo FUC apresentando a maior variação na FM e, consequentemente, refletindo em menor resistência à fadiga muscular. Por outro lado, no grupo placebo, o músculo FUC apresentou a maior variação na FM em todos os tempos de suplementação, sugerindo a maior susceptibilidade deste músculo à fadiga muscular localizada, independente da suplementação, confirmando os achados prévios. Desta forma, a suplementação crônica de creatina parece ter potencializado a susceptibilidade do músculo FUC à fadiga muscular.

A maior susceptibilidade do músculo FUC à fadiga muscular comparado aos músculos BB e BR, pode estar relacionada tanto à posição anatômica como à função deste

músculo no movimento de flexão isométrica do antebraço. Assim, o músculo FUC, sendo um músculo bi-articular, atuou tanto na flexão do antebraço como na estabilização da articulação do carpo. Além disso, como o protocolo experimental exigiu manutenção da força constante até a exaustão, o indivíduo possivelmente flexionou o carpo para sustentar a força requerida, aumentando assim a frequência de disparo dos potenciais de ação muscular do FUC.

Outra explicação para a maior variação na FM encontrada para o músculo FUC pode estar relacionada ao efeito “*cross-talk*”, que é a interferência do sinal de músculos adjacentes, visto que o FUC é um músculo com pequena área de secção transversal. Desta forma, é possível que frequências de músculos adjacentes tenham sido captadas pelos eletrodos na área de pele do músculo FUC, aumentando assim a somatória final da FM. Várias pesquisas têm discutido que o efeito “*cross-talk*” entre músculos pode influenciar os resultados em avaliações de eletromiografia de superfície (OLIVEIRA; GONÇALVES, 2008). Embora todas as orientações com relação ao posicionamento de eletrodos tenham sido adotadas, não é possível afirmar que o “*cross-talk*” tenha sido completamente eliminado, e ainda permanece como um problema geral em eletromiografia de superfície.

A análise geral do efeito da suplementação aguda e/ou crônica de creatina sobre a eficiência e fadiga muscular refletiu em repostas diferentes quando observados os parâmetros de amplitude (RMS) e frequência (FM) do sinal eletromiográfico. Outras investigações também encontraram respostas diferentes quando os parâmetros de amplitude e frequência do sinal eletromiográfico foram calculados simultaneamente durante um mesmo movimento (LARIVIÈRE *et al.*, 2002; OLIVEIRA; GONÇALVES, 2008).

Estudos relataram que o RMS está relacionado com o recrutamento de unidades motoras e fornece uma medida geral da ativação muscular (BASMAJIAN; DE LUCA, 1985; LARIVIÈRE *et al.*, 2002; FARINA *et al.*, 2004; OLIVEIRA *et al.*, 2006), enquanto os parâmetros espectrais de frequência, como a frequência mediana, estão relacionados às características fisiológicas, e podem ser afetados pela proporção de fibras musculares e consequentemente, pela velocidade de condução e taxa de disparo da somatória dos potenciais de ação destas fibras (HOUSH *et al.*, 1998; VAN DIEËN *et al.*, 1998,

LARIVIÈRE *et al.*, 2002). Assim, parece que a suplementação aguda e crônica de creatina causa modificações na excitabilidade da membrana da fibra muscular do BB e BR em condições de fadiga e diminui o recrutamento de unidades motoras. No entanto, estes períodos de suplementação parecem não provocar alterações metabólicas sobre velocidade de condução ou taxa de disparo das fibras de todos os músculos analisados.

Dentro deste contexto, a hipótese de uma resposta diferenciada da suplementação aguda e crônica de creatina sobre a eficiência de músculos do membro superior, durante exercício de flexão do antebraço, foi confirmada por meio da análise dos coeficientes de RMS, com nenhuma diferença na fadiga muscular observada por meio da análise dos coeficientes de FM. Estes achados contribuem para esclarecer a complexidade da ativação muscular e a importância de se analisar tanto a amplitude como a frequência eletromiográfica quando o objetivo for determinar a função muscular sob efeito de suplementação alimentar, melhorando assim a precisão dos resultados e conclusões.

7. CONCLUSÕES

De acordo com a metodologia empregada, os resultados do presente estudo sobre a atividade eletromiográfica dos músculos bíceps braquial (BB), braquiorradial (BR) e flexor ulnar do carpo (FUC) em indivíduos fisicamente treinados submetidos à suplementação de creatina permitem concluir que:

- A suplementação crônica de creatina aumenta a força isométrica de flexão do antebraço.
- A suplementação aguda e crônica de creatina aumenta a eficiência muscular de BB e BR, durante contrações submáximas de flexão do antebraço, somente com altas intensidades de carga.
- A suplementação aguda e crônica de creatina não interfere na resistência à fadiga muscular localizada de BB, BR e FUC, durante contrações submáximas de flexão do antebraço, em qualquer intensidade de carga.

REFERÊNCIAS¹

AASERUD R, GRAMVIK P, OLSEN SR, JENSEN J. Creatine supplementation delays onset of fatigue during repeated bouts of sprint running. *Scand J Med Sci Sports*. 1998; 8(5 Pt 1): 247-251.

AHMUN RP, TONG RJ, GRIMSHAW PN. The effects of acute creatine supplementation on multiple sprint cycling and running performance in rugby players. *J Strength Cond Res*. 2005; 19(1): 92-97.

ALTIMARI LR, OKANO AH, TRINDADE MCC, CYRINO ES, TIRAPÉGUI J. Efeito de oito semanas de suplementação com creatina monoidratada sobre o trabalho total relativo em esforços intermitentes máximos no cicloergômetro de homens treinados. *Braz J Pharmac Sci*. 2006; 42(2): 237-244.

ANOMASIRI W, SANGUANRUNGSIRIKUL S, SAICHANDEE P. Low dose creatine supplementation enhances sprint phase of 400 meters swimming performance. *J Med Assoc Thai*. 2004; 87(Suppl 2): 228-232.

APPLEGATE EA, GRIVETTI LE. Search for the competitive edge: a history of dietary fads and supplements. *J Nutr*. 1997; 127(Suppl 5): 869S-873S.

ARAÚJO RC, AMADIO AC. Análise biomecânica da ativação das porções superficiais do músculo quadríceps femoral durante contrações excêntrica e concêntrica. *Rev Bras Fisiot*. 1996; 1(1): 13-20.

AVILA AOV, AMADIO AC, GUIMARÃES ACS, DAVID AC, MOTA CB, BORGES DM *et al*. Métodos de medição em biomecânica do esporte: descrição de protocolos para aplicação nos centros de excelência esportiva. *Brazilian J Biomech*. 2002; 3(4): 57-67.

BASMAJIAN JV, DE LUCA CJ. *Muscles alive: their function revealed by electromyography*. 5 ed. Baltimore: Williams and Wilkins; 1985.

BASSANI E, CANDOTTI CT, PASINI M, MELO M, LA TORRE M. Avaliação da ativação neuromuscular em indivíduos com escoliose através da eletromiografia de superfície. *Rev Bras Fisioter*. 2008; 12(1): 13-19.

¹ De acordo com a norma da UNICAMP/FOP, baseada na norma do *International Committee of Medical Journal Editors* – Grupo de Vancouver. Abreviatura dos periódicos em conformidade com o *Medline*.

BECQUE MD, LOCHMANN JD, MELROSE DR. Effects of oral creatine supplementation on muscular strength and body composition. *Med Sci Sports Exerc.* 2000; 32(3): 654-658.

BEEVOR CE. Croonian lectures on muscular movements and their representation in the central nervous system. *Lancet.* 1903; 1(6): 1715-1724.

BELLINGER BM, BOLD A, WILSON GR, NOAKES TD, MYBURGH KH. Oral creatine supplementation decreases plasma markers of adenine nucleotide degradation during a 1-h cycle test. *Acta Physiol Scand.* 2000; 170(3): 217-224.

BEMBEN MG, TUTTLE TD, BEMBEN DA, KNEHANS, AW. Effects of creatine supplementation on isometric force-time curve characteristics. *Med Sci Sports Exerc.* 2001; 33(11): 1876-1881.

BIERMAN W, YAMSHON LJ. Eletromyography in kinesiological evaluations. *Arch Phys Med.* 1948; 29(4): 206-211.

BROSE A, PARISE G, TARNOPOLSKY MA. Creatine supplementation enhances isometric strength and body composition improvements following strength exercise training in older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2003; 58(1): 11-19.

BROUNS F. Ergogênica Nutricional. In: Brouns F. *Fundamentos de nutrição para os desportos.* 2 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2005. p. 90-92.

BUCHANAN TS, ALMDALE DPJ, LEWIS JL, RYMER WZ. Characteristics of synergic relations during isometric contractions of human elbow muscles. *J Neurophysiol.* 1986; 56(5): 1225-1241.

BURKE DG, SILVER S, HOLT LE, SMITH PALMER T, CULLIGAN CJ, CHILIBECK PD. The effect of continuous low dose creatine supplementation on force, power, and total work. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2000; 10(3): 235-244.

CASEY A, CONSTANTIN-TEODOSIU D, HOWELL S, HULTMAN E, GREENHAFF PL. Creatine ingestion favorably affects performance and muscle metabolism during maximal exercise in humans. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* 1996; 271 (1 Pt 1): E31-E37.

CLARKSON PM. Nutrition for improved sports performance: current issues on ergogenic aids. *Sports Med.* 1996; 21(6): 393-401.

COOKE WH, BARNES WS. The influence of recovery duration on high-intensity exercise performance after oral creatine supplementation. *Can J Appl Physiol.* 1997; 22(5): 454-467.

COOKE WH, GRANDJEAN PW, BARNES WS. Effect of oral creatine supplementation on power output and fatigue during bicycle ergometry. *J Appl Physiol.* 1995; 78(2):670-673.

CRAMER JT, STOUT JR, CULBERTSON JY, EGAN AD. Effects of creatine supplementation and three days of resistance training on muscle strength, power output, and neuromuscular function. *J Strength Cond Res.* 2007a; 21(3): 668-677.

CRAMER SC, ORR EL, COHEN MJ, LACOURSE MG. Effects of motor imagery training after chronic, complete spinal cord injury. *Exp Brain Res.* 2007b; 177(2): 233-242.

DELECLUSE C, DIELS R, GORIS M. Effect of creatine supplementation on intermittent sprint running performance in highly trained athletes. *J Strength Cond Res.* 2003; 17(3): 446-454.

DEUTERKOM M, BELTMAN JG, de RUITER CJ, de KONIG JJ, de HAAN A. No acute effects of short-term creatine supplementation on muscle properties and sprint performance. *Eur J Appl Physiol.* 2000; 82(3): 223-229.

DON R, RANAVOLO A, CACCHIO A, SERRAO M, COSTABILE F, IACHELLI M, CAMEROTA F, FRASCARELLI M, SANTILLI V. Relationship between recovery of calf-muscle biomechanical properties and gait pattern following surgery for achilles tendon rupture. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2007; 22(2): 211-220.

DUCHENNE GB. Individual action and use of muscles which move the forearm. In: Duchenne GB. *Physiology of motion. Part I. Chapter 3.* Philadelphia: Lippincott; 1949. p. 94-110.

EBERT H. Morphologische und funktionelle analyse des musculus masseter. *Zeitschrift Ant Entwicklungsgeschichte.* 1939; 109: 790-802.

ELZE C. Ungewohntes von form und wirkng der musklen. *Zeitschrift Ant Entwicklungsgeschichte.* 1937; 106: 589-599.

FARINA D, MERLETTI R, ENOKA RM. The extraction of neural strategies from the surface EMG. *J Appl Physiol.* 2004; 96(4): 1486-1495.

FEBBRAIO MA, FLANAGAN TR, SNOW RJ, ZHAO S, CAREY MF. Effect of creatine supplementation on intramuscular TCr, metabolism and performance during intermittent, supramaximal exercise in humans. *Acta Physiol Scand*. 1995; 155(4): 387-395.

FERGUSON TB, SYROTUIK DG. Effects of creatine monohydrate supplementation on body composition and strength indices in experienced resistance trained women. *J Strength Cond Res*. 2006; 20(4): 939-946.

FINN JP, EBERT TR, WITHERS RT, CAREY MF, MACKAY M, PHILLIPS JW, *et al*. Effect of creatine supplementation on metabolism and performance in humans during intermittent sprint cycling. *Eur J Appl Physiol*. 2001; 84(3): 238-243.

FICK R. Handbuch der anatomie und mechanik der gelenke. In: Bardeleben K. Handbuch der anatomie des menschen. Stuttgart: Jenna Fisher; 1910. v. 2, Abt. 1, t. 2.

FOX EL, BOWERS RW, FOSS ML. The physiological basis for exercise and sport. 4 ed. Madison: Brown and Benchmark; 1988.

FRYER MW, NEERING IR. Actions of caffeine on fast- and slow-twitch muscles of the rat. *J Physiol*. 1989; 416: 435-454.

GLAISTER M, LOCKEY RA, ABRAHAM CS, STAERCK A, GOODWIN JE, MCINNES G. Creatine supplementation and multiple sprint running performance. *J Strength Cond Res*. 2006; 20(2): 273-277.

GLASS C, KNOWLTON RG, SANJABI PB, SULLIVAN JJ. The effect of exercise induced glycogen depletion on the lactate, ventilatory and electromyographic thresholds. *J Sports Med Phys Fitness*. 1997; 37(1): 32-40.

GREENHAFF PL, BODIN K, SODERLUND K, HULTMAN E. Effect of oral creatine supplementation on skeletal muscle phosphocreatine resynthesis. *Am J Physiol*. 1994; 266(5 Pt 1): E725-E730.

HADJICHARALAMBOUS M, KILDUFF LP, PITSILADIS YP. Brain serotonin and dopamine modulators, perceptual responses and endurance performance during exercise in the heat following creatine supplementation. *J Int Soc Sports Nutr*. 2008; 5: 14, *in process*, doi: 10.1186/1550-2783-5-14.

HAMILTON KL, MEYERS MC, SKELLY WA, MARLEY RJ. Oral creatine supplementation and upper extremity anaerobic response in females. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2000; 10(3): 277-289.

HERMENS HJ, BRUGGEN, AM, BATEN TM, RUTTEN, WLC, BOOM, HBK. The median frequency of the surface EMG power spectrum in relation to motor unit firing and action potential properties. *J Electromyogr Kinesiol.* 1992; 2(1): 15-25.

HERMENS HJ, FRERIKS B, DISSELHORST-KLUG C, RAUL G. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. *J Electromyogr Kinesiol.* 2000; 10(5): 361-374.

HJORTSKOV N, ESSENDROP M, SKOTTE J, FALLENTIN N. The effect of delayed-onset muscle soreness on stretch reflexes in human low back muscles. *Scand J Med Sc Sports.* 2005; 15(6): 409-415.

HOEPKE, H. Das muskelpiel des menschen. 3 ed. Stuttgart: Piscator-Verlag; 1949.

HOFFMAN JR, STOUT JR, FALVO MJ, KANG J, RATAMESS NA. Effect of low-dose, short-duration creatine supplementation on anaerobic exercise performance. *J Strength Cond Res.* 2005; 19(2): 260-264.

HOUSH DJ, HOUSH TJ, WEIR JP, WEIR LL, EVETOVICH TK, DONLIN PE. Effects of unilateral concentric-only dynamic constant external resistance training on quadriceps femoris cross-sectional area. *J Strength Cond Res.* 1998; 12(3) 185-191.

IMMAN VT, SAUNDERS JBM, ABBOTT LC. Observations on the function of the shoulder joint. *J Bone Jt Surg.* 1944; 26(1): 1-30.

IZQUIERDO M, IBANEZ J, GONZALEZ-BADILLO JJ, GOROSTIAGA EM. Effects of creatine supplementation on muscle power, endurance, and sprint performance. *Med Sci Sports Exerc.* 2002; 34(2): 332-343.

JAKOBI JM, RICE CL, CURTIN SV, MARSH GD. Contractile properties, fatigue and recovery are not influenced by short-term creatine supplementation in human muscle. *Exp Physiol.* 2000; 85: 451-460.

JAKOBI JM, RICE CL, CURTIN SV, MARSH GD. Neuromuscular properties and fatigue in older men following acute creatine supplementation. *Eur J Appl Physiol.* 2001; 84(4): 321-328.

KINUGASA R, AKIMA H, OTA A, OHTA A, SUGIURA K, KUNO SY. Short-term creatine supplementation does not improve muscle activation or sprint performance in humans. *Eur J Appl Physiol*. 2004; 91(2-3): 230-237.

KOMURA K, HOBBIEBRUNKEN E, WILICHOWSKI EKG, HANEFELD FA. Effectiveness of creatine monohydrate in mitochondrial encephalomyopathies. *Pediatr Neurol*. 2003; 28(1): 53-58.

KONRAD P, The ABC of EMG: a practical introduction to kinesiological electromyography. Noraxon Inc.USA, p. 27, 2005. [acesso 2008 nov 26]. Disponível em: www.noraxon.com.

LABYT E, CASSIM F, SZURHAJ W, BOURRIEZ JL, DERAMBURE P. Oscillatory cortical activity related to voluntary muscle relaxation: influence of normal aging. *Clin Neurophysiol*. 2006; 117(9): 1922-1930.

LARIVIÈRE C, ARSENAULT AB, GRAVEL D, GAGNON D, LOISEL P. Evaluation of measurement strategies to increase the reliability of EMG indices to assess back muscle fatigue and recovery. *J Electromyogr Kinesiol*. 2002; 12(2): 91-102.

LOCHYNSKI D, CELICHOWSKI J, KORMAN P, RAGLEWSKA P, Changes of motor unit contractile output during repeated activity. *Acta Neurobiol Exp (Wars)*. 2007; 67(1): 23-33.

LORD FP. Observation of the temporo-mandibular joint. *Anat Rec*. 1913; 7: 355-367.

LUCÍA A, SÁNCHEZ O, CARVAJAL A, CHICHARRO JL. Analysis of the aerobic-anaerobic transition in elite cyclists during incremental exercise with the use of electromyography. *Br J Sports Med*. 1999; 33(3): 178-185.

MACHADO M, CAMERON LC. Metabolismo, transporte e armazenamento de creatina: efeitos da suplementação de creatina. In: Cameron, LC; Machado M. *Tópicos avançados em bioquímica do exercício*. Rio de Janeiro: Shape; 2004. p. 159-177.

MACHADO M, CAMERON LC. Suplementação aguda de creatina em praticantes de musculação: efeito na composição corporal. *Fitness & Performance*. 2002; 1(6): 41-45.

MÄESTU J, CICCHELLA A, PURGE P, RUOSI S, JÜRIMÄE J, JÜRIMÄE T. Electromyographic and neuromuscular fatigue thresholds as concepts of fatigue. *J Strength Cond Res*. 2006; 20(4): 824-828.

MAFFIULETTI NA, ZORY R, MIOTTI D, PELLEGRINO MA, JUBEAU M, BOTTINELLI R. Neuromuscular adaptations to electrostimulation resistance training. Am J Phys Med Rehabil. 2006; 85(2): 167-175.

MAIR R. Beiträge zur muskelmechanik. Zeitschrift Ant Entwicklungsgeschichte. 1935; 104: 440-455.

MAIR R. Weiterer beitrage zur muskilmechanik. Zeitschrift Ant Entwicklungsgeschichte. 1937; 106: 678-706.

MARCHETTI PH, DUARTE, M. Instrumentação em eletromiografia. [acesso 2008 Jul 08] Disponível em: <http://lob.iv.fapesp.br>

MARQUES AP. Cadeias musculares: um programa para ensinar avaliação fisioterapêutica global. 1 ed. São Paulo: Manole, 2000.

MAZZINI L, BALZARINI C, COLOMBO R, MORA G, PASTORE I, DE AMBROGIO R, CALIGARI M. Effects of creatine supplementation on exercise performance and muscular strength in amyotrophic lateral sclerosis: preliminary results. J Neurol Sci. 2001; 191(1-2): 139-144.

McARDLE WD, KATCH FI, KATCH VL. Avaliação de Recursos Nutricionais Ergogênicos. In: McArdle WD, Katch FI, Katch VL. Nutrição para o desporto e o exercício. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2001. p. 339-353.

McKENNA MJ, MORTON J, SELIG SE, SNOW RJ. Creatine supplementation increases muscle total creatine but not maximal intermittent exercise performance. J Appl Physiol. 1999; 87(6): 2244-2252.

MERLETTI R, PARKER PA. Introduction. In: Merletti R, Parker PA. Electromyography: physiology, engineering and non-invasive applications. New Jersey: John Wiley & Sons; 2004. p. xv.

MERLETTI R, RAINOLDI A, FARINA D. Myoelectric manifestations of muscle fatigue. In: Merletti R, Parker PA. Electromyography: physiology, engineering and non-invasive applications. New Jersey: John Wiley & Sons; 2004. p. 233-258.

MORITANI T, YOSHITAKE Y. 1998 ISEK Congress Keynote Lecture: The use of electromyography in applied physiology. International Society of Electrophysiology and Kinesiology. J Electromyogr Kinesiol. 1998; 8(6): 363-381.

MUJICA I, PADILLA S, IBAÑEZ J, IZQUIERDO M, GOROSTIAGA E. Creatine supplementation and sprint performance in soccer players. Med Sci Sports Exerc. 2000; 32(2): 518-525.

NEHLIG A, DEBRY G. Caffeine and sports activity: a review. Int J Sports Med. 1994; 15(5): 215-223.

NIE H, ARENDT-NIELSEN L, KAWCZYNSKI A, MADELEINE P. Gender effects on trapezius surface EMG during delayed onset muscle soreness due to eccentric shoulder exercise. J Electromyogr Kinesiol. 2007; 17(4): 401-419.

OLIVEIRA ASC, CARDOZO AC, BARBOSA FSS, GONÇALVES M. Exercício rosca biceps: influência do tempo de execução e intensidade de carga na atividade eletromiográfica de músculos lombares. Portuguese J Sports Sci. 2006; 6: 170–178.

OLIVEIRA ASC, GONÇALVES, M. Lumbar muscles recruitment during resistance exercise for upper limbs. J Electromyogr Kinesiol. 2008; doi: 10.1016 / j.jelekin. 2008. 04. 004

PAAVOLAINEN L, HÄKKINEN K, NUMMELA A, RUSKO H. Neuromuscular characteristics and fatigue in endurance and sprint athletes during a new anaerobic power test. Eur J Physiol Occup Physiol. 1994; 69(2): 119-126.

PORTNEY L. Eletromiografia e testes de velocidade de condução nervosa. In: Sullivan O, Susan B, Shmitz-Thomaz J. Reabilitação Física: avaliação e tratamento. 2 ed. São Paulo: Manole; 1993. p.183-223.

PORTO FA Benefícios da atividade física. [acesso 2007 Mar 25] Disponível em: <http://www.saudeemmovimento.com.br/conteudos/conteudo>.

RAINOLDI A, GALARDI G, MADERNA L, COMI G, LO CONTE L, MERLETTI R. Repeatability of surface EMG variables during voluntary isometric contractions of the biceps brachii muscle. J Electromyogr Kinesiol. 1999; 9(2): 105-119.

RASCH PJ, BURKE RK. Movimentos da articulação do cotovelo e radioulnar. In: Rasch PJ, Burke RK. Cinesiologia e Anatomia Aplicada. 5 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 1977. p. 191-228.

RAWSON ES, CLARKSON PM. Acute creatine supplementation in older men. *Int J Sports Med.* 2000; 21(1): 71-75.

RAWSON ES, WEHNERT ML, CLARKSON PM. Effects of 30 days of creatine ingestion in older men. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1999; 80(2): 139-144.

RODRIGUES JA, BÜLL ML, DIAS GA, GONÇALVES M, GUAZZELLI JF. Electromyographic analysis of the pectoralis major and deltoideus anterior in the inclined "flying" exercise with loads. *Electromyogr Clin Neurophysiol.* 2003; 46(7-8): 441-448.

ROPERO-MILLER JD, PAGET-WILKES H, DOERING PL, GOLDBERGER BA. Effect of oral creatine supplementation on random urine creatinine, pH, and specific gravity measurements. *Clin Chem.* 2000; 46(2): 295-297.

SABOISKY JP, BUTLER JE, WALSH LD, GANDEVIA SC. New display of the timing and firing frequency of single motor units. *J Neurosci Methods.* 2007; 162(1-2): 287-292.

SANTOS MAA, SANTOS RP. Uso de suplementos alimentares como forma de melhorar a performance nos programas de atividade física em academias de ginástica. *Rev Paul Educ Fís.* 2002; 16(2): 174-185.

SELSBY JT, DISILVESTRO RA, DEVOR ST. Mg²⁺-creatine chelate and a low-dose creatine supplementation regimen improve exercise performance. *J Strength Cond Res.* 2004; 18(2): 311-315.

SHABO G, PASMAN JW, VAN ALFEN N, WILLEMSSEN MA. The spectrum of polyneuropathies in childhood detected with electromyography. *Pediatr Neurol.* 2007; 36(6): 393-396.

SHIN G, SHU Y, LI Z, JIANG Z, MIRKA G. Influence of knee angle and individual flexibility on the flexion-relaxation response of the low back musculature. *J Electromyogr Kinesiol.* 2004; 14(4): 485-494.

SKARE OC, SKADBERG, WISNES AR. Creatine supplementation improves sprint performance in male sprinters. *Scand J Med Sci Sports.* 2001; 11(2): 96-102.

SMITH AE, WALTER AA, HERDA TJ, RYAN ED, MOON JR, CRAMER JT *et al.* Effects of creatine loading on electromyographic fatigue threshold during cycle ergometry in college-aged women. J Int Soc Sports Nutr. 2007; 4: 20, *in process*, doi:10.1186/1550-2783-4-20

SMITH JC, STEPHENS DP, HALL EL, JACKSON AW, EARNEST CP. Effect of oral creatine ingestion on parameters of the work rate-time relationship and time to exhaustion in high-intensity cycling. Eur J Appl Physiol Occup Physiol. 1998; 77(4): 360-365.

SNOW RJ, McKENNA MJ, SELIG SE, KEMP J, STATHIS CG, ZHAO S. Effect of creatine supplementation on sprint exercise performance and muscle metabolism. J Appl Physiol. 1998; 84(5): 1667-1673.

SNOW RJ, MURPHY RM. Factors influencing creatine loading into human skeletal muscle. Exerc Sport Sci Rev. 2003; 31(3): 154-158.

SOUSA OM. Aspectos da arquitetura e da ação dos músculos estriados, baseada na eletromiografia. Folia Clin Biol. 1958-1959; 28: 12-42.

SOUZA-JÚNIOR TP, DUBAS JP, PEREIRA B, OLIVEIRA PR. Suplementação de creatina e treinamento de força: alterações na resultante de força máxima dinâmica e variáveis antropométricas em universitários submetidos a oito semanas de treinamento de força (hipertrofia). Rev Bras Med Esporte. 2007; 13(5) 303-309.

STEVENSON SW, DUDLEY GA. Creatine loading, resistance exercise performance, and muscle mechanics. J Strength Cond Res. 2001a; 15(4): 413-419.

STEVENSON SW, DUDLEY GA. Dietary creatine supplementation and muscular adaptation to resistive overload. Med Sci Sports Exerc. 2001b; 33(8): 1304-1310.

STOUT J, CRAMER J, MIELKE M, O'KROY J, TOROK D, ZOELLER R. Effects of twenty-eight days of beta-alanine and creatine monohydrate supplementation on physical working capacity at neuromuscular fatigue threshold. J Strength Cond Res. 2006; 20(4): 928-931.

STOUT J, ECKERSON J, EBERSOLE K, MOORE G, PERRY S, HOUSH T *et al.* Effect of creatine loading on neuromuscular fatigue threshold. J Appl Physiol. 2000; 88(1): 109-112.

STOUT J, SUE GRAVES B, CRAMER JT, GOLDSTEIN ER, COSTA PB, SMITH AE *et al.* Effects of creatine supplementation on the onset of neuromuscular fatigue threshold and muscle strength in elderly men and women (64-86 years). *J Nutr Health Aging.* 2007; 11(6): 459-464.

STÜBGEN JP. Facioscapulohumeral muscular dystrophy: a quantitative electromyographic study. *Electromyogr Clin Neurophysiol.* 2007; 47(3): 175-182.

SYROTUIK DG, BELL GJ. Acute creatine monohydrate supplementation: a descriptive physiological profile of responders vs. nonresponders. *J Strength Cond Res.* 2004; 18(3): 610-617.

TARNOPOLSKY MA, MACLENNAN DP. Creatine monohydrate supplementation enhances high-intensity exercise performance in males and females. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2000; 10(4): 452-463.

TUCKER R. Myosystema triplanulare trunci and its biomechanical characteristics related to the technique of locomotion. *Acta Anat (Basel).* 1955; 25(2-4): 192-203.

TERJUNG RL, CLARKSON P, EICHNER ER, GEENHAFF PL, HESPEL PJ, ISRAEL RG *et al.* The American College of Sports Medicine Roundtable on the physiological and health effect of oral creatine supplementation. *Med Sci Sports Exerc.* 2000; 32(3): 706-717.

TESTUT L, LATARJET A. Miología: Músculos del miembro superior. In: Testut L, Latarjet A. *Tratado de Anatomía Humana. Libro III*, Barcelona: Salvat, 1979, p. 895-908, 1012-1040.

URBANSKI RL, VINCENT WJ, YASPELKIS BB 3rd. Creatine supplementation differentially affects maximal isometric strength and time to fatigue in large and small muscle groups. *Int J Sport Nutr.* 1999; 9(2): 136-145.

VAN DIEËN JH, HEIJBLOM P, BUNKENS H. Extrapolation of time series of EMG power spectrum parameters in isometric endurance tests of trunk extensor muscles. *J Electromyogr Kinesiol.* 1998; 8(1):35-44.

VAN DIJK H, VOERMAN GE, HERMENS HJ. The influence of stress and energy level on learning muscle relaxation during gross-motor task performance using electromyographic feedback. *Appl Psychophysiol Biofeedback.* 2006; 31(3): 243-252.

VANDENBERGHE K, GILLIS N, VAN LEEMPUTTE M, VAN HECKE P, VANSTAPEL F, HESPEL P. Caffeine counteracts the ergogenic action of muscle creatine loading. *J Appl Physiol*. 1996; 80(2): 452-457.

VANDENBERGHE K, GORIS M, VAN HECKE P, VAN LEEMOUTTE M, HESPEL P. Long-term creatine intake is beneficial to muscle performance during resistance training. *J Appl Physiol*. 1997; 83(6): 2055-2063.

VOERMAN GE, SANDSJÖ L, VOLLENBROEK-HUTTEN MN, GROOTHUIS-OUDSHOORN CG, HERMENS HJ. The influence of different intermittent myofeedback training schedules on learning relaxation of the trapezius muscle while performing a gross-motor task. *Eur J Appl Physiol*. 2004; 93(1-2): 57-64.

VOLEK JS, DUNCAN ND, MAZETTI SA, STARON RS, PUTUKIAN M, GÓMEZ AL *et al*. Performance and muscle fiber adaptations to creatine supplementation and heavy resistance training. *Med Sci Sports Exerc*. 1999; 31(8): 1147-1156.

VORGERD M, GREHL T, JAGER M, MULLER K, FREITAG G, PATZOLD T *et al*. Creatine therapy in myophosphorylase deficiency (McArdle disease): a placebo-controlled crossover trial. *Arch Neurol*. 2000; 57(7): 956-963.

WILLIAMS PL; WARWICK R; DYSON M; BANNISTER LH. Miologia: Fáscias e músculos do membro superior. In: Williams PL; Warwick R; Dyson M; Bannister LH. *Gray Anatomia*. 37 ed. vol 1. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 1995. Capítulo 5, p. 567-591.

WILMORE JH, COSTILL DL. *Physiology of sport and exercise*. Champaign: Human Kinetics; 1999.

YIU EM, VERDOLINI K, CHOW LP. Electromyographic study of motor learning for a voice production task. *J Speech Lang Hear Res*. 2005; 48(6): 1254-1268.

ANEXOS

Anexo 1



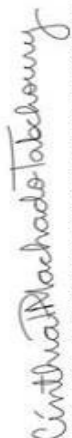
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

CERTIFICADO

O Comitê de Ética em Pesquisa da FOP-UNICAMP certifica que o projeto de pesquisa **"Características eletromiográficas de músculos do membro superior em indivíduos treinados submetidos à suplementação de creatina"**, protocolo nº 107/2007, dos pesquisadores Daniela Cristina de Oliveira Silva e Fausto Bérzin, satisfaz as exigências do Conselho Nacional de Saúde - Ministério da Saúde para as pesquisas em seres humanos e foi aprovado por este comitê em 12/12/2007.

The Ethics Committee in Research of the School of Dentistry of Piracicaba - State University of Campinas, certify that the project **"Electromyographic characteristics of upper limb muscles in training men undergoing creatine supplementation"**, register number 107/2007, of Daniela Cristina de Oliveira Silva and Fausto Bérzin, comply with the recommendations of the National Health Council - Ministry of Health of Brazil for research in human subjects and therefore was approved by this committee at .


Prof. Dr. Jacks Jorge Junior
Coordenador
CEP/FOP/UNICAMP


Prof. Dra. Cíntia Pereira Machado Tabchouy
Secretária
CEP/FOP/UNICAMP

Nota: O título do protocolo aparece como fornecido pelos pesquisadores, sem qualquer edição.
Notice: The title of the project appears as provided by the authors, without editing.

Anexo 2

	UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS Faculdade de Odontologia de Piracicaba Departamento de Morfologia - <i>Laboratório de Eletromiografia</i> Fone: (019) 2106-5214 Fax: (019)2106-5218 Av. Limeira, 901 – CEP: 13414-903 – Piracicaba, SP – Brasil.	
---	--	---

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

ESTUDO: “Avaliação eletromiográfica de músculos do membro superior em indivíduos submetidos à suplementação de creatina”

Você está sendo convidado a participar da pesquisa acima citada a ser desenvolvida pelos pesquisadores Daniela Cristina de Oliveira Silva e Prof. Dr. Fausto Bérzin. O documento abaixo é um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido que contém todas as informações necessárias sobre a pesquisa que estamos fazendo. As informações contidas neste Termo, bem como a apresentação e a obtenção do consentimento serão realizadas por nós, pesquisadores responsáveis pela pesquisa. Sua colaboração neste estudo será de muita importância, mas se desistir a qualquer momento, isso não causará nenhum prejuízo a você.

Eu, abaixo assinado, concordo de livre e espontânea vontade, em participar como voluntário do estudo **“Avaliação eletromiográfica de músculos do membro superior em indivíduos submetidos à suplementação de creatina”**. Declaro que obtive todas as informações necessárias fornecidas pelos pesquisadores responsáveis, bem como todos os eventuais esclarecimentos quanto às dúvidas por mim apresentadas.

Estou ciente que:

- I) O estudo se faz necessário para que se possa verificar o efeito de suplementação alimentar com a substância creatina no desempenho físico, principalmente no que se refere à força, atividade e fadiga muscular, através de uma técnica não invasiva de avaliação muscular denominada eletromiografia.
- II) O objetivo desta pesquisa é analisar as manifestações elétricas da atividade, fadiga e força de músculos do membro superior (Bíceps Braquial, Braquiorradial e Flexor Ulnar do Carpo) em indivíduos fisicamente treinados, antes, durante e após a suplementação de creatina.
- III) Para a realização da pesquisa, cada voluntário fará parte de um dos dois grupos do estudo por meio de distribuição ao acaso (sorteio): grupo de suplementação de creatina (Cr) ou grupo placebo (P). O grupo Cr receberá cápsulas contendo 5 g de creatina em pó monohidratada com 100% de pureza em combinação com 5 g de maltodextrina, enquanto o grupo P receberá cápsulas contendo 5 g de maltodextrina. As cápsulas serão ingeridas oralmente, quatro vezes ao dia, em intervalos de 3-4 horas, durante os primeiros 7 dias da fase de suplementação, e nos 49 dias subsequentes, uma única cápsula por dia será ingerida, preferencialmente 30 minutos

- antes do treinamento. Nem o pesquisador que realizará a parte experimental e nem o voluntário saberão de qual grupo cada indivíduo fará parte.
- IV) Durante o experimento (8 semanas), o voluntário deverá manter seus hábitos alimentares de rotina e se abster de qualquer suplemento nutricional, drogas não-prescritas e cafeína durante o curso da pesquisa. A ingestão de água será livre.
 - V) Cada voluntário executará um programa de treinamento com pesos durante o período de 8 semanas, que será realizado de forma alternada, com no mínimo quatro sessões semanais. O voluntário receberá um formulário no qual informará os exercícios resistidos que praticou, bem como a frequência e a intensidade dos mesmos. Nenhum outro tipo de atividade física regular sistematizada poderá ser realizado durante o período do estudo. Repouso do membro superior deverá ser realizado vinte e quatro horas antes da coleta de dados.
 - VI) A coleta de dados será realizada em três sessões. A primeira sessão consistirá de um pré-teste que será realizado antes do início da suplementação. As sessões subsequentes serão realizadas após o início da suplementação, com um intervalo de 7, 28 e 56 dias, perfazendo um total de oito semanas. Em cada sessão, será realizado o exame eletromiográfico que consistirá da colocação de eletrodos de superfície na região de pele dos músculos analisados (citados no item II), e o voluntário realizará exercícios estáticos de flexão do antebraço, com 100%, 30% e 60% da força voluntária máxima, com um total de 5 repetições.
 - VII) Existem métodos alternativos para a obtenção da informação desejada, como por exemplo, a análise de alterações metabólicas realizadas através da coleta de sangue. No entanto, estes métodos são invasivos e não permite a avaliação individual de cada músculo do corpo, associada com outros parâmetros como força e padrão de atividade muscular.
 - VIII) Não há riscos previsíveis para a aplicação do protocolo de suplementação alimentar, da dieta alimentar e do programa de treinamento, bem como para a realização do exame eletromiográfico, pois:
 - A suplementação alimentar quando ingerida nas proporções e períodos adequados, como propõe a metodologia deste projeto, não causa quaisquer efeitos colaterais negativos.
 - O programa de treinamento e a dieta alimentar não afetarão a rotina diária do voluntário, pois os mesmos deverão manter seus exercícios físicos e hábitos alimentares diários, e apenas se absterem de qualquer suplemento nutricional, drogas não-prescritas e cafeína durante o curso da pesquisa.
 - O exame eletromiográfico é um exame não invasivo que mensura a atividade elétrica emanada de um músculo em atividade durante uma contração voluntária.
 - IX) Cada voluntário será convocado a comparecer ao Laboratório em dias e horários pré-estabelecidos, de modo a não comprometer suas atividades diárias. Para cada sessão, estima-se um tempo aproximado de 60 minutos.
 - X) A participação neste projeto de pesquisa será útil para avaliar a eficácia da suplementação de creatina sob as manifestações mioelétricas da atividade e fadiga de diferentes músculos desde o início do esforço muscular, simultaneamente com a força. Esta avaliação poderá melhorar o acompanhamento da evolução e eficácia do

treinamento sob o efeito de suplementação de creatina e poderá trazer modificações na conduta e no desempenho do voluntário, com benefícios refletidos no seu estado geral de saúde.

- XI) O acompanhamento e a assistência serão dados pelos pesquisadores responsáveis, para sanar qualquer necessidade relacionada à pesquisa.
- XII) O contato com um dos pesquisadores responsáveis ou CEP poderá ser feito através de telefone ou endereço presente no fim deste termo de consentimento.
- XIII) Quaisquer dúvidas poderão ser esclarecidas antes, durante e após o desenvolvimento da pesquisa, entrando em contato com os pesquisadores ou com o CEP.
- XIV) Tenho a liberdade de desistir ou de interromper a colaboração neste estudo no momento em que desejar, sem qualquer penalidade de qualquer natureza, mediante o contato com um dos pesquisadores responsáveis ou CEP (Comitê de Ética em Pesquisa).
- XV) Fica garantido o sigilo de dados confidenciais ou que, de algum modo possam provocar constrangimentos ou prejuízos a minha pessoa, preservando sempre minha integridade e identidade.
- XVI) A participação neste projeto não me acarretará qualquer custo ou ganho financeiro com relação aos procedimentos efetuados com o estudo, portanto, não há previsão de ressarcimento.
- XVII) Não há riscos previsíveis para a realização desta pesquisa. Entretanto, se por ventura houver qualquer dano causado durante a realização dos exames, os pesquisadores tomarão medidas para repará-los.
- XVIII) Tenho garantido o recebimento de uma cópia deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Nome: _____ Data de nascimento: ____/____/____

Endereço: _____ Telefone: _____

Identidade (RG): _____ CPF: _____

Assinatura: _____ Data: ____/____/____

"Em caso de dúvida quanto aos seus direitos como voluntário de pesquisa, entre em contato com o CEP-FOP"

Pesquisadora responsável:
Daniela Cristina de Oliveira Silva

Av. Limeira, 901
Telefone: (19) 2106-5330
e-mail: dcosilva@fop.unicamp.br

Comitê de Ética em Pesquisa (CEP)

Av. Limeira, 901
Telefone: (19) 2106-5349
e-mail: cep@fop.unicamp.br
www.fop.unicamp.br/cep

Anexo 3

	UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS Faculdade de Odontologia de Piracicaba Departamento de Morfologia - <i>Laboratório de Eletromiografia</i> Fone: (019) 2106-5214 Fax: (019) 2106-5218 Av. Limeira, 901 – CEP: 13414-903 – Piracicaba, SP – Brasil.	
---	--	---

FICHA DO PROGRAMA DE TREINAMENTO

Nome: _____

Início do treinamento: _____ Frequência: _____

Aquecimento: _____ Tempo: _____

01. Abdominal

Séries		Repetições			Peso
☐ a.				☐	
☐ b.				☐	
☐ c.				☐	
☐ d.				☐	

02. Coxa

Séries		Repetições			Peso
☐ a.				☐	
☐ b.				☐	
☐ c.				☐	
☐ d.				☐	

03. Perna

Séries		Repetições			Peso
☐ a.				☐	
☐ b.				☐	
☐ c.				☐	
☐ d.				☐	

04. Peito

Séries		Repetições			Peso
☐ a.				☐	
☐ b.				☐	
☐ c.				☐	
☐ d.				☐	

05. Costas

Séries		Repetições			Peso
☐ a.				☐	
☐ b.				☐	
☐ c.				☐	
☐ d.				☐	

06. Ombro

Séries		Repetições			Peso
☐ a.				☐	
☐ b.				☐	
☐ c.				☐	
☐ d.				☐	

07. Bíceps

Séries		Repetições			Peso
☐ a.				☐	
☐ b.				☐	
☐ c.				☐	
☐ d.				☐	

08. Tríceps

Séries		Repetições			Peso
☐ a.				☐	
☐ b.				☐	
☐ c.				☐	
☐ d.				☐	

09. Antebraço

Séries		Repetições			Peso
☐ a.				☐	
☐ b.				☐	
☐ c.				☐	

Observações:
