



Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP
Centro Desportivo - CEDUFOP
Bacharelado em Educação Física



Tcc em formato de artigo

**Resposta dos biomarcadores plasmáticos relacionados ao dano muscular
induzido por protocolos de treinamento de força com diferentes durações de
ações musculares**

Ayla Karine Fortunato

OURO PRETO

2016

Ayla Karine Fortunato

Resposta de biomarcadores plasmáticos relacionados ao dano muscular induzido por protocolos de treinamento de força com diferentes durações de ações musculares

Trabalho de Conclusão de Curso em formato de artigo formatado para a Revista *Experimental Physiology*, apresentado à disciplina Seminário de TCC (EFD-381) do curso de Educação Física em Bacharelado da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para aprovação da mesma

Orientador: Prof. Dr. Kelerson Mauro de Castro Pinto

Coorientadora: Dra. Vívian Paulino de Figueiredo

OURO PRETO- MG

AGOSTO/ 2016

F745r Fortunato, Ayla Karine.

Resposta de biomarcadores plasmáticos relacionados ao dano muscular induzido por protocolos de treinamento de força com diferentes durações de ações musculares [manuscrito] / Ayla Karine Fortunato. - 2016.

28f.: il.: grafs; tabs.

Orientador: Prof. Dr. Kelerson Mauro de Castro Pinto.

Coorientador: Prof. Dr. Vívian Paulino Figueiredo.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado) -Universidade Federal de Ouro Preto. Centro Desportivo da Universidade Federal de Ouro Preto. Curso de Educação Física.

Área de concentração: Treinamento esportivo.

1. Treinamento de força. 2. Dano muscular. 3. Creatina-quinase. I. Pinto, Kelerson Mauro de Castro. II. Figueiredo, Vívian Paulino. III. Universidade Federal de Ouro Preto. IV. Título.

CDU:796.015.52

Fonte de Catalogação: SISBIN/UFOP



Universidade Federal de Ouro Preto
Centro Desportivo
Educação Física- Bacharelado

“Resposta de biomarcadores plasmáticos relacionados ao dano muscular induzido por protocolos de treinamento de força com diferentes durações de ações musculares”

Autora: Ayla Karine Fortunato

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado para obtenção do título de graduação em Educação Física - Bacharelado da Universidade Federal de Ouro Preto, defendido e aprovado em 03 de agosto de 2016 por banca examinadora pelos professores:

Prof. Dr. Kelerson Mauro de Castro Pinto

Orientador

Dra. Vivian Paulino de Figueiredo

Coorientadora/LABIIN

Ms. Débora Maria Soares de Souza

LABIIN/ICEB

Prof. Dr. Daniel Barbosa Coelho

CEDUFOP

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais Ésio e Márcia, que são os meus maiores exemplos de vida. Obrigada por serem tão maravilhosos e por me apoiarem e incentivarem sempre em todas as escolhas. Vocês são os melhores pais do mundo! Amo vocês!

Ao meu orientador, Prof. Kelerson pela paciência e confiança. Obrigada pela oportunidade de aprender com você, um exemplo de profissional e pessoa. Sou sua fã!

A Vívian pela excelente coorientação, obrigada pela paciência em responder as minhas várias perguntas muitas vezes sem sentido e por me ajudar a ficar calma nos momentos de desespero. Muito obrigada!

Aos amigos do LABIIN: André Albená, Débora, Guilherme, Vivian, Laís, Ana Meneses, Ana Luísa, Ana Cláudia, Aline, Washington, Silvia, Júlia, Daniela, Marcos e Laura, por terem me recebido no laboratório e pela paciência em sempre estarem dispostos a ajudar. Tenho uma grande admiração por vocês!

Aos professores e funcionários do CEDUFOP pela convivência e aprendizado.

Aos meus amigos de longa data e aos amigos que a Ufop me deu, em especial aos irmãos do 12.2 Léo, Thais, Milla, Yago, Vovô, Mário e Aline. Obrigada por dividirem as alegrias, tristezas, as finas, os momentos de desespero e os rocks. Vocês deixam os meus dias melhores!

Sou uma pessoa de sorte por ter vocês em minha vida! Gratidão! ♥

RESUMO

Os exercícios de força são considerados parte fundamental de qualquer tipo de treinamento, sendo o aumento da força muscular uma das principais adaptações a este tipo de treinamento. Pouco se conhece sobre as respostas dos biomarcadores plasmáticos de dano muscular, agudas e crônicas do treinamento de força com durações de ações musculares diferentes e mesma duração de movimento, objetivando a hipertrofia muscular esquelética. O objetivo do estudo foi avaliar os biomarcadores plasmáticos de dano muscular Lactato Desidrogenase e Creatina quinase, induzidos pelos protocolos de treinamento de força com diferentes durações de ações musculares. Trinta e cinco voluntárias, não treinadas, foram divididas em 3 grupos de treinamento de acordo com a duração das ações musculares concêntricas e excêntricas (1s:5s; 3s:3s e 5s:1s, respectivamente). O treinamento foi realizado na cadeira extensora de joelhos durante dez semanas, o volume de treinamento variou ao longo desse período, iniciando com 3 séries de 6 repetições e terminando com 6 séries de 6 repetições a 60% de 1RM. O treinamento foi eficiente para aumentar a força máxima após as dez semanas de treinamento. Concluiu-se que o treinamento segundo as normativas propostas para este estudo, foi suficiente para aumentar a força máxima em mulheres não treinadas para exercícios de força, bem como foi capaz de promover mudanças nas concentrações plasmáticas de CK em resposta aguda ao exercício, independente da duração das ações musculares.

Palavras Chave: Treinamento de força, dano muscular e Creatina Quinase

ABSTRACT

Strength training is considered a fundamental part of any kind of exercise program. Little is known about the responses of plasma biomarkers of muscle damage in strength training, with different muscle action durations, and with the same duration of movements, aiming skeletal muscle hypertrophy. The aim of this study was to evaluate the plasma biomarkers of muscle damage (lactate dehydrogenase and creatine kinase) induced by strength training protocols, with different muscle action durations. Thirty-six volunteers were divided into three training groups according to the duration of concentric and eccentric muscle actions (1s: 5s, 3s: 3s and 5s: 1s, respectively). The training took place on the knee extensors for ten weeks, the volume of training session varied over this period, starting with 3 sets of 6 reps and ending with 6 sets of 6 reps at 60% of 1RM. The training was sufficient to increase the maximum strength and was able to promote changes in plasma concentrations of CK in acute response to exercise, regardless of the duration of muscle actions.

Keywords: Strength training; muscle damage; creatine kinase.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 METODOLOGIA	11
2.1 Amostra	11
2.2 Cuidados éticos	11
2.3 Procedimentos	12
2.4 Biomarcadores de dano muscular	14
2.5 Análise estatística	14
3 RESULTADOS.....	15
4 DISCUSSÃO	19
5 CONCLUSÃO	22
REFERÊNCIAS.....	23

Resposta de biomarcadores plasmáticos relacionados ao dano muscular induzido por protocolos de treinamento de força com diferentes durações de ações musculares.

**Ayla Karine Fortunato
Vívian Paulino de Figueiredo
Kelerson Mauro de Castro Pinto**

RESUMO

Os exercícios de força são considerados parte fundamental de qualquer tipo de treinamento, sendo o aumento da força muscular uma das principais adaptações a este tipo de treinamento. Pouco se conhece sobre as respostas dos biomarcadores plasmáticos de dano muscular no treinamento de força com durações de ações musculares diferentes e mesma duração de movimento, objetivando a hipertrofia muscular esquelética. O objetivo do estudo foi avaliar os biomarcadores plasmáticos de dano muscular Lactato Desidrogenase e Creatina quinase, induzidos pelos protocolos de treinamento de força com diferentes durações de ações musculares. Trinta e cinco voluntárias, não treinadas, foram divididas em 3 grupos de treinamento de acordo com a duração das ações musculares concêntricas e excêntricas (1s:5s; 3s:3s e 5s:1s, respectivamente). O treinamento foi realizado na cadeira extensora de joelhos durante dez semanas, o volume de treinamento variou ao longo desse período, iniciando com 3 séries de 6 repetições e terminando com 6 séries de 6 repetições a 60% de 1RM. O treinamento foi eficiente para aumentar a força máxima após as dez semanas de treinamento. Concluiu-se que o treinamento segundo as normativas propostas para este estudo, foi suficiente para aumentar a força máxima em mulheres não treinadas para exercícios de força, bem como foi capaz de promover mudanças nas concentrações plasmáticas de CK em resposta aguda ao exercício, independente da duração das ações musculares.

Palavras Chave: Treinamento de força, dano muscular e Creatina Quinase

ABSTRACT

Strength training is considered a fundamental part of any kind of exercise program. Little is known about the responses of plasma biomarkers of muscle damage in strength training, with different muscle action durations, and with the same duration of movements, aiming skeletal muscle hypertrophy. The aim of this study was to evaluate the plasma biomarkers of muscle damage (lactate dehydrogenase and creatine kinase) induced by strength training protocols, with different muscle action durations. Thirty-six volunteers were divided into three training groups according to the duration of concentric and eccentric muscle actions (1s: 5s, 3s: 3s and 5s: 1s, respectively). The training took place on the knee extensors for ten weeks, the volume of training session varied over this period, starting with 3 sets of 6 reps and ending with 6 sets of 6 reps at 60% of 1RM. The training was sufficient to increase the maximum strength and was able to promote changes in plasma concentrations of CK in acute response to exercise, regardless of the duration of muscle actions.

Keywords: Strength training, muscle damage and creatine kinase

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas houve uma grande popularização da prática do treinamento de força. Isso se deve principalmente aos resultados obtidos com esse tipo de exercício, como o aumento da massa muscular, desenvolvimento da força, potência, resistência muscular, coordenação e equilíbrio, considerando que todos esses fatores são fundamentais para a melhoria do desempenho atlético e de saúde (FEIGENBAUM *et al.* 1999, KRAEMER *et al.* 2004).

Para se alcançar as adaptações esperadas, como citado anteriormente, é necessária uma organização adequada dos componentes da carga de treinamento (WERNBOM *et al.* 2007; MARTIN, CARL e LEHNERTZ, 2008; SCHOENFELD, OGBORN e KRIEGER, 2015), dentre elas as diferentes ações musculares (GILLIES, PUTMAN e BELL, 2006; GOTO *et al.*, 2009).

O treinamento de força normalmente, incorpora uma mistura de ações musculares, concêntrica, excêntricas e isométricas (NEWTON *et al.*, 2008). A realização do treinamento de força expõe a célula muscular a elevados níveis de estresse. Tal fato tem sido relacionado a incidência de dano na musculatura esquelética em decorrência de uma série de respostas mecânicas e bioquímicas que culminam no rompimento da integridade estrutural. Isso ocorre em virtude de aumentos no metabolismo e recrutamento da musculatura esquelética. (WILLOUGHBY, 2003).

Esse rompimento da integridade estrutural, microtrauma, é dependente dos componentes da carga e inclui ruptura da matriz extracelular, lamina basal e do sarcolema, podendo resultar na liberação para a corrente sanguínea de proteínas intracelulares como a mioglobina, lactato desidrogenase (LDH), e creatina quinase (CK) (LAZARIM *et al.*, 2009). O surgimento dessas proteínas na corrente sanguínea tem sido considerado um indicativo de danos às fibras musculares, particularmente ao sarcolema, uma vez que essas proteínas não possuem a capacidade de atravessar a membrana sarcoplasmática (TRICOLI, 2001). A magnitude do dano muscular provocada pelo exercício físico também poderia ser influenciada por outros fatores como a idade (CLOSE *et al.*, 2005; CONCEIÇÃO *et al.*, 2012) e gênero (STUPKA *et al.*, 2000), indicando um possível efeito protetor do estrogênio ao dano muscular

(CARTER *et al.*, 2001; ROTH, GAJDOSIK e RUBY, 2001; TIIDUS, 2005; THOMPSON *et al.*, 2006).

Quando realizadas de forma isolada, as ações musculares excêntricas apresentam diferenças quando comparadas às ações concêntricas em relação à ativação muscular (TANIMOTO *et al.*, 2008; BURD *et al.*, 2012), ao desempenho de força e a hipertrofia muscular (FARTHING e CHILIBECK, 2003; BLAZEVOICH *et al.*, 2007), às concentrações sanguíneas de lactato e hormônio do crescimento (DURAND *et al.*, 2003), à ativação do sistema nervoso simpático (CARRASCO *et al.*, 1999) e aos microtraumas musculares decorrentes do treinamento (NOSAKA *et al.*, 2003; CONCEIÇÃO *et al.*, 2012).

Grande parte dos exercícios com ações musculares excêntricas resultam em danos musculares (CONCEIÇÃO *et al.*, 2012). Acredita-se que a sequência de eventos que leva ao dano muscular, através deste tipo de exercício, envolva uma ruptura dos sarcômeros, devido às ações mecânicas, seguida de um impedimento do acoplamento dos mecanismos de excitação-contração e da sinalização de cálcio, finalmente resultando na ativação das vias de degradação sensíveis ao cálcio (PEAKE *et al.*, 2005).

Carter *et al.* (2001) demonstraram que mulheres que faziam uso de contraceptivos orais apresentaram uma atenuação nos microtraumas musculares, evidenciadas por uma baixa atividade da CK, quando comparadas com mulheres eumenorreicas, que realizavam exercício na fase folicular (baixa produção de estrogênio). Desta forma as concentrações de hormônios femininos parecem influenciar o dano muscular e possivelmente às respostas inflamatórias.

Conceição *et al.* (2012) analisaram a magnitude de danos musculares e respostas inflamatórias induzidos por exercício excêntrico em mulheres jovens e na pós-menopausa. Os dois grupos realizaram cinco séries de seis repetições máximas de flexão de cotovelo, em ação muscular excêntrica. Foram observadas alterações na CK, além de redução na amplitude de movimento, aumento na dor muscular e na circunferência, demonstrando que o exercício realizado provocou lesão muscular em ambos os grupos.

Fernandez, Gonzalo e Lundberg (2014) analisaram a diferença nas concentrações de LDH e CK em homens e mulheres no exercício supino durante seis semanas de treino, e demonstraram que não houve diferenças relacionadas ao sexo para as concentrações de LDH, ambos apresentaram um aumento após cada sessão de treino e esse aumento foi consideravelmente menor na última sessão de quando comparada com a primeira. Já a CK apresentou valores diferentes entre os grupos. Obteve-se maiores concentrações para os homens antes e 48h após a sessão de treino, e para mulheres não foram observadas diferenças significativas.

O estudo de Ojeda *et al.* (2016) compararam o efeito de dois protocolos de treino nos biomarcadores plasmáticos de dano muscular. Sete indivíduos treinados foram divididos em dois grupos, o primeiro grupo realizou uma sessão de treino na cadeira extensora de joelhos que consistiu em quatro séries de 5 repetições a 30% de 1RM + 4 repetições a 60% de 1 repetição máxima (RM) e em seguida realizavam 3 sprints de 30m. O segundo grupo realizou quatro séries de 4 repetições a 60% de 1RM + 5 repetições a 30% de 1RM e em seguida realizaram os 3 sprints de 30m. Ambos os protocolos de treinamento aumentaram os níveis de CK quando comparados aos níveis pré exercício, porém não foram encontradas nenhuma diferença entre os protocolos.

Willoughby, Vanenk, e Taylor (2003) compararam o efeito de um exercício com ação muscular concêntrica e um com ação muscular excêntrica na função e dano muscular. Oito homens não treinados realizaram um exercício de extensão de joelho, separados por 3 semanas. Em uma das sessões eram realizadas sete séries de 10 repetições de ação muscular excêntrica a 150% de 1RM, enquanto a outra sessão consistiu de sete séries de 10 repetições de ação muscular concêntrica a 75% de 1RM. Foi observado que o exercício com ação muscular excêntrica produziu maior dano muscular evidenciado por um maior decréscimo no pique de força e aumento de 307%, 228% e 66% respectivamente, para dor muscular, CK e troponina muscular

Apesar das diferenças citadas em relação às ações musculares, apenas dois estudos foram encontrados que utilizaram protocolos de treinamento com diferentes durações das ações musculares excêntricas e concêntrica, mas com uma mesma duração da repetição (GILLIES, PUTMAN e BELL, 2006; GOTO *et al.*, 2009), sendo

que estes estudos não avaliaram os biomarcadores relacionados a microtraumas musculares.

Sendo assim, o objetivo do estudo foi avaliar os biomarcadores plasmáticos Lactato desidrogenase (LDH) e Creatina Quinase (CK) relacionados ao dano muscular, induzidos por protocolos de treinamento de força com diferentes durações de ações musculares, objetivando a hipertrofia muscular esquelética.

2 METODOLOGIA

2.1 Amostra

Participaram do estudo 36 voluntárias, 12 em cada grupo, que atendiam aos seguintes critérios: 1) Serem do sexo feminino entre 18 e 35 anos de idade e usuárias de contraceptivo oral, 2) ausência de lesões musculoesqueléticas nos últimos seis meses nos membros inferiores, coluna e pelve, 3) não estarem participando de qualquer atividade que envolva o treinamento de força para membros inferiores nos últimos seis meses; 4) não fazer uso de cigarros.

Os critérios de exclusão das voluntárias foram: 1) por livre e espontânea vontade da voluntária; 2) não comparecer aos locais de coleta no dia e hora programados; 3) apresentar algum tipo de enfermidade e/ou patologia que comprometa a coleta dos dados; 4) fazer uso de medicamentos ou suplementos durante o período de coleta; 5) fazer uso de álcool 72h antes das coletas de sangue.

O número amostral ao final do estudo foi de 35 voluntárias devido a uma lesão na articulação do quadril sofrida por uma das voluntárias durante período do estudo.

2.2 Cuidados éticos

Este estudo respeitou todas as normas estabelecidas pelo Conselho Nacional em Saúde envolvendo pesquisas com seres humanos (Resolução 466/2012) e foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos - UFMG (CAAE 30594714.0.1001.5149). Antes de iniciarem qualquer atividade neste projeto, as voluntárias receberam todas as informações quanto aos objetivos, ao processo metodológico do projeto, bem como os possíveis riscos e benefícios de participação no estudo. As voluntárias assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

(TCLE) e estavam cientes de que a qualquer momento poderiam deixar de participar da pesquisa. Foram tomadas precauções no intuito de preservar a privacidade das voluntárias, sendo que a saúde e o bem estar destas estavam sempre acima de qualquer outro interesse.

2.3 Procedimentos

Inicialmente foram realizadas as medidas de massa corporal, estatura e o percentual de gordura. A massa corporal foi obtida por meio de uma balança antropométrica (FILIZOLA, Brasil) com precisão de 0,1 kg, enquanto a estatura foi registrada através de estadiômetro acoplado a balança, com precisão de 0,5cm (FILIZOLA, Brasil). Percentual de gordura foi avaliado através da técnica de dobras cutâneas e o seu cálculo foi realizado de acordo com o protocolo utilizado por Jackson e Pollock (1978).

Quanto ao exercício físico, foi solicitado às voluntárias que se posicionassem de forma mais confortável possível no aparelho extensor de joelhos na posição sentada. Foram registrados todos os ajustes necessários para a execução do exercício, permitindo assim que este posicionamento fosse replicado em todos os procedimentos e sessões de coleta posteriores.

Todos os testes e treinamentos foram realizados em banco extensor de joelhos da marca ®Master Equipamentos, que foi adaptado para permitir a realização do estudo. Um cinto colocado próximo à crista ilíaca prendia as voluntárias junto ao banco minimizando desta forma os efeitos de movimentos compensatórios no quadril. O aparelho possuía ajuste no banco permitindo um deslocamento para frente ou para trás e com isto um melhor alinhamento do eixo de rotação dos joelhos com o eixo de rotação do aparelho. Além disto, possuía ajustes no ponto de contato distal, permitindo que este ficasse próximo à região do tornozelo.

Após o posicionamento das voluntárias foi realizado o teste de 1RM segundo Diniz *et al.* (2014): número máximo de seis tentativas; pausa de cinco minutos; progressão gradual do peso mediante percepção das voluntárias e dos avaliadores. O peso no aparelho foi progressivamente aumentado até que não fosse possível alcançar 20º de flexão de joelhos na ação concêntrica. Desta forma, o valor de 1RM

correspondeu ao peso levantado na tentativa anterior. Cada tentativa no teste de 1RM seguia a mesma sequência: após o posicionamento da voluntária no equipamento, conforme a padronização individual, ela realizou uma ação concêntrica até alcançar o valor de 20° de flexão de joelhos (0° = joelho estendido) e, em seguida, realizou uma ação excêntrica até a ADM inicial.

Após 10 minutos de teste de 1RM, as voluntárias realizaram o protocolo de treinamento com a duração das ações musculares determinadas para as sessões de treinamento, entretanto com 30% de 1RM. Procedimentos semelhantes a estes, tem sido adotados com o objetivo de familiarizar os voluntários com o controle da duração das ações musculares (DINIZ *et al.*, 2014).

Após os testes iniciais, tendo o desempenho de 1RM como parâmetro de classificação, as voluntárias foram subdivididas de forma balanceada em cada um dos grupos experimentais. Todos os grupos treinaram no aparelho extensor de joelhos durante 10 semanas, os protocolos foram constituídos de séries progressivas, sendo 3 séries nas 6 primeiras sessões de treinamento, aumentando para 4 séries nas próximas 6 sessões e finalizando com 5 séries até o término do período de treinamento, de 6 repetições a 60% de 1RM, com uma pausa de 180s entre as séries e duração da repetição de 6s. A única diferença na configuração dos protocolos destes grupos experimentais foi a duração das ações musculares, sendo:

- 1 - Duração da ação muscular concêntrica de 1s e excêntrica de 5s (1-5)
- 2 - Duração da ação muscular concêntrica de 3s e excêntrica de 3s (3-3)
- 3 - Duração da ação muscular concêntrica de 5 s e excêntrica de 1s (5-1)

Foi estabelecido como critério de interrupção do exercício, a voluntária não conseguir manter a duração das ações musculares estabelecidas ou realizar uma amplitude incompleta de movimento durante duas repetições seguidas. Para ajudar as voluntárias a manterem as durações das ações musculares durante o treinamento foi utilizado um metrônomo.

A cada duas semanas, na primeira sessão semanal, foram realizados novos testes de 1RM com todos os grupos experimentais antes da realização do protocolo de treinamento, para que o peso (intensidade) utilizado estivesse dentro das configurações adotadas inicialmente (EMA *et al.*, 2013). Foi adotado um período de

10 minutos de intervalo entre o teste de 1RM e o treinamento. Estes testes de 1RM foram realizados de acordo com o procedimento descrito anteriormente.

Nas sessões de treinamento em que ocorreram as coletas de sangue (1^o e 29^o sessões), foram coletadas amostras de 10 mL sangue antes e 30 minutos após o término do protocolo de treinamento. Todas as coletas de sangue foram realizadas por profissional habilitado, através de punção venosa na veia antecubital e em local adequado. O sangue foi coletado em tubos com EDTA e posteriormente centrifugado (1500 rpm a 4^o C). O plasma foi armazenado a -80°C para posterior análise dos biomarcadores CK e LDH por espectrofotometria. Todos os materiais utilizados nas coletas foram descartáveis e esterilizados, obedecendo às normas de descarte para materiais contaminados.

2.4 Biomarcadores de dano muscular

A determinação da atividade das enzimas estudadas se deu por método cinético ultravioleta (UV). Para a enzima lactato desidrogenase (LDH) utilizou-se o Kit LDH Liquiform®, de acordo com as normas do fabricante.

Para a determinação da atividade da enzima creatina quinase (CK), utilizou-se o Kit da Labtest® (CK-NAC Liquiform) e as leituras foram realizadas conforme instrução do fabricante.

2.5 Análise estatística

Para comparação entre os valores médios das variáveis de caracterização da amostra e dos testes de 1RM, o modelo utilizado foi de delineamento inteiramente casualizado, cujo número de voluntárias variou conforme o tipo de treinamento, sendo realizada análise de variância para comparação entre os grupos.

Para os parâmetros de CK e LDH, também foi considerado um delineamento inteiramente casualizado, sendo que os fatores estudados estavam dispostos em uma estrutura de parcelas sub-subdivididas no tempo (HINKELMANN e KEMPTHORNE, 2008). Cada parcela correspondeu a uma voluntária. A primeira subdivisão das parcelas correspondeu as sessões de treinamento. Para cada voluntária, em cada sessão foi realizada uma coleta de sangue antes e depois do exercício, tendo-se

assim uma avaliação "pré" e "pós", a qual correspondeu à segunda subdivisão no tempo. Para análise dos dados foi utilizado o "Proc Mixed" do software SAS (LITTEL *et al.*, 1996). No caso de haver diferença significativa entre os programas de treinamento, foi realizado o teste de *Tukey* para identificar onde residiam tais diferenças.

Uma vez ajustados os modelos, foi feito o teste de *Shapiro-Wilk* com os resíduos de cada modelo, para verificação de normalidade. Para a avaliação da CK foi utilizado o método de Box e Cox (1964) para normalização dos dados adequando-os ao modelo estatístico proposto. O nível de significância adotado para as análises foi de $p \leq 0,05$.

3 RESULTADOS

As voluntárias (n=35) foram agrupadas em três grupos e a média e desvio padrão da idade, dos parâmetros antropométricos e das cargas máximas dos testes iniciais de força coletados estão representados na Tabela 1 para caracterização da amostra e definição, posterior, dos grupos de treinamento.

Tabela 1: Dados gerais de caracterização da amostra

Voluntárias N=35	Idade (anos)	Massa Corporal (Kg)	Estatura (cm)	Percentual de gordura (%)	Primeiro teste 1RM (Kg)	Segundo teste 1RM (Kg)
Média	21,1	58,8	161,9	24,7	34,07	34,66
Desvio Padrão	±2,5	±7,8	±5,5	±4,9	±6,92	±7,53

N = número de voluntárias; 1RM = Uma repetição máxima; Kg = quilogramas; cm = centímetros e % percentual.

Em um segundo momento, antes do início dos treinamentos, estas voluntárias foram reagrupadas de acordo com os resultados obtidos no segundo teste de 1RM e divididas pelos três grupos experimentais (Tabela 2). Como esperado não foi observado

diferença entre os grupos para os resultados de força máxima (1RM). Além disso, não foram observadas diferenças para os demais parâmetros de caracterização da amostra.

Tabela 2: Dados médios e do desvio padrão por grupo experimental de caracterização da amostra

Grupo / Voluntárias	Idade (anos)	Massa Corporal (kg)	Estatura (cm)	Percentual de gordura (%)	Primeiro teste 1RM (Kg)	Segundo teste 1RM (Kg)
(5:1) N = 11	20,8 ±2,0	57,3 ±8,0	160,6 ±6,0	23,8 ±4,0	34,8 ±8,0	35,6 ±8,4
(3:3) N =12	21,3 ±3,5	60,4 ±8,3	162,9 ±6,0	25,0 ±4,7	33,7 ±7,1	34,8 ±7,9
(1:5) N = 12	21,3 ±1,9	59,6 ±7,7	162,1 ±5,1	25,7 ±5,9	33,8 ±6,2	34,9 ±7,0

Grupos (5:1) =5s de ação muscular concêntrica por 1s de ação muscular excêntrica; (3:3) =3s de ação muscular concêntrica por 3s de ação muscular excêntrica; (1:5) =1s de ação muscular concêntrica por 5s de ação muscular excêntrica. 1RM= Uma repetição máxima; N = número de voluntárias; Kg = quilogramas; cm = centímetros e % percentual.

Com o objetivo de verificar se os diferentes protocolos propostos foram seguidos pelas voluntárias, mediou-se a duração das diferentes ações musculares em todos os grupos experimentais. Na tabela 3 têm-se a média dos valores obtidos nas 1^a, 15^a e 29^a sessões de treinamento. Pode-se verificar que os valores medidos condizem com os valores estipulados em cada protocolo de treinamento.

Tabela 3: Dados por grupo experimental das durações das ações musculares

Grupo	(5:1) CON	(5:1) EXC	(3:3) CON	(3:3) EXC	(1:5) COM	(1:5) EXC
Média (s)	4,807	1,159	2,866	3,129	1,093	4,897
Desvio	±2,950	±0,223	±0,210	±0,216	±0,145	±0,257
CV (%)	6,129	19,229	7,339	6,910	13,278	5,240

Grupos (5:1) =5s de ação muscular concêntrica (CON) por 1s de ação muscular excêntrica (EXC); (3:3) =3s de ação muscular concêntrica por 3s de ação muscular excêntrica; (1:5) =1s de ação muscular concêntrica por 5s de ação muscular excêntrica. Média em segundos; Desvio = Desvio padrão; CV = Coeficiente de Variação e % = Percentual.

No gráfico 1, tem-se os valores para o teste de força de uma repetição máxima (1RM), realizados antes e após 10 semanas de treinamento, nas três situações experimentais estudadas (1:5, 3:3, 1:5). Observou-se diferença entre os valores pré e pós 10 semanas de treinamento, para os três grupos estudados ($p < 0,001$), sem, contudo, observar diferença entre as situações experimentais ($p = 0,1985$).

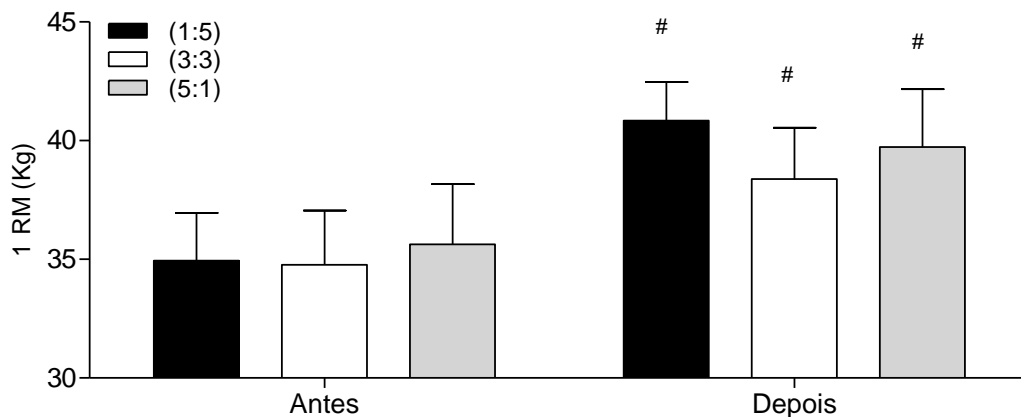


Gráfico 1. Uma repetição máxima (1RM) em quilogramas (Kg) medidos antes do início dos treinamentos (Antes) e após as 10 semanas de treinamento (Depois), para os três protocolos de treinamento estudados (“1:5” - 1s de ação concêntrica e 5s de ação excêntrica; “3:3” - 3s de ação concêntrica e 3s de ação excêntrica; e” 1:5” - 5s de ação concêntrica e 1s de ação excêntrica). # = diferença entre as medidas Antes e Depois do treinamento ($p < 0,001$)

O gráfico 2 apresenta os valores obtidos para a enzima lactato desidrogenase (LDH) na 1ª e 29ª sessões de treinamento nas três situações experimentais estudadas. Não foram observadas diferenças em nenhuma das situações analisadas.

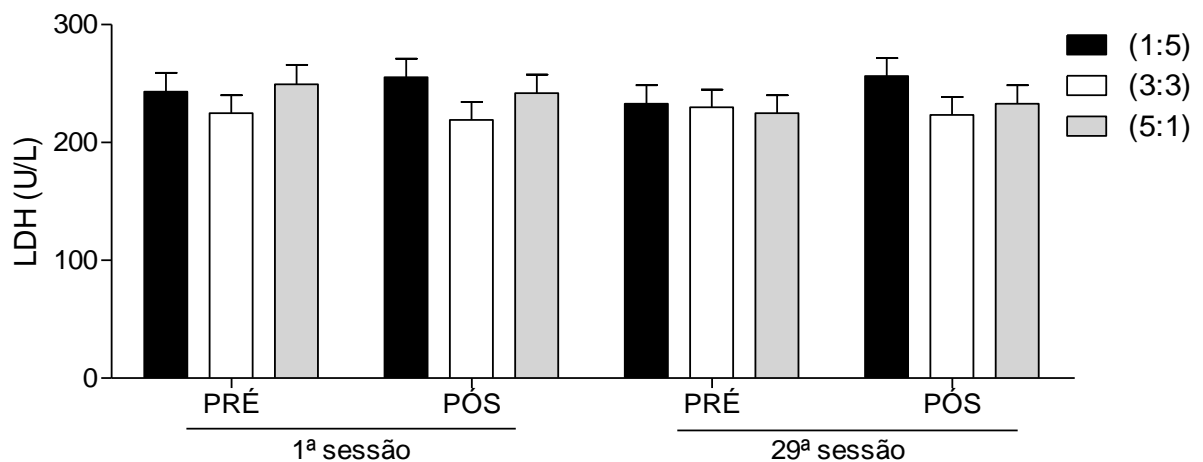


Gráfico 2. Atividade da enzima LDH em unidades por litro de plasma (U/L) medidos na 1ª e 29ª sessões de exercício, para os três protocolos de treinamento estudados (“1:5” - 1s de ação concêntrica e 5s de ação excêntrica; “3:3” - 3s de ação concêntrica e 3s de ação excêntrica; e “5:1” - 5s de ação concêntrica e 1s de ação excêntrica) sendo que cada medida foi realizada antes do exercício (PRÉ) e 30 minutos após o término do exercício (PÓS)

No gráfico 3 tem-se os valores obtidos para a enzima creatina quinase (CK) na 1ª e 29ª sessões de treinamento nas três situações experimentais estudadas. Observou-se uma diferença significativa na situação experimental 3:3 (3 segundos de ação concêntrica e 3 segundos de ação excêntrica) em todos os tempos, quando comparado com as outras situações experimentais. Observou-se também, uma diferença significativa nos níveis pós treinamento da CK na 1ª e na 29ª sessões quando comparados com os valores pré treinamento.

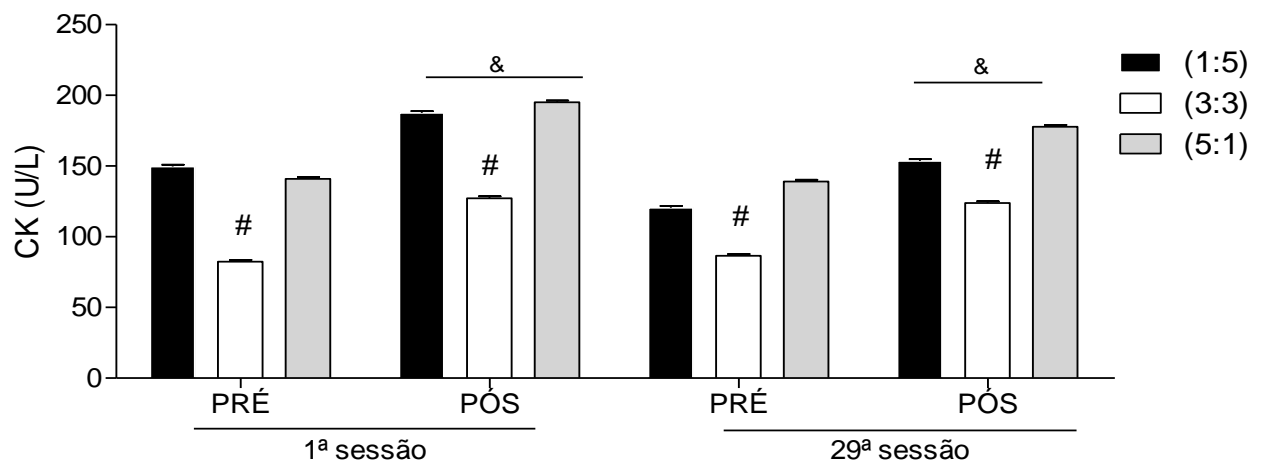


Gráfico 3. Atividade da enzima CK em unidades por litro de plasma (U/L) medidos na 1ª e 29ª sessões de exercício, para os três protocolos de treinamento estudados (“1:5” - 1s de ação concêntrica e 5s de ação excêntrica; “3:3” - 3s de ação concêntrica e 3s de ação excêntrica; e “5:1” - 5s de ação concêntrica e 1s de ação excêntrica) sendo que cada medida foi realizada antes do exercício (PRÉ) e 30 minutos após o término do exercício (PÓS) &=diferença entre as medidas pré e pós exercício - # = diferença entre a média da atividade da enzima CK do protocolo de treinamento 3:3 com os protocolos de treinamento 1:5 e 5:1.

4 DISCUSSÃO

O objetivo do estudo foi avaliar os biomarcadores plasmáticos de dano muscular em diferentes durações de ações musculares em mulheres não treinadas para exercício de força. Se optou por selecionar mulheres usuárias de contraceptivo oral, pois, com isso, as variações hormonais do ciclo menstrual (taxas de estrogênio e progesterona) sofreriam pouca variação (CARTER *et al.*, 2001). Embora vários achados apontem neste sentido, estudos definitivos sobre a influência do estrogênio sobre danos no músculo esquelético necessitam de mais investigações (KENDALL e ESTON, 2002; TIDBALL, 2005; SAKAMAKI, YASUDA e ABE, 2012). Para garantir homogeneidade entre os grupos de treinamento estudados e, minimizando possíveis influências das variações hormonais, também foi considerado o contraceptivo utilizado para a distribuição das voluntárias nos grupos. Apesar de existir uma voluntária que fazia uso de contraceptivo injetável, as análises estatísticas realizadas, excluindo tal voluntária, não apresentaram resultados diferentes dos apresentados, por isso se optou por não excluí-la do estudo.

Outro fator importante em relação à amostra foi a distribuição homogênea das voluntárias em relação à força máxima, pois se sabe que o nível de aptidão inicial de

treinamento influencia as suas adaptações (McARDLE, KATCH e KATCH, 2011; KRAEMER *et al.*, 2014). Por se tratar de um estudo que envolve a capacidade motora força, entende-se ser a força máxima, critério fundamental para determinar o nível de aptidão inicial de treinamento das voluntárias. De acordo com os dados apresentados na tabela 2, pode-se observar que os três grupos de estudo possuíam voluntárias com as mesmas características para todos os parâmetros analisados, principalmente para os níveis de força máxima, que foram utilizados como parâmetro principal de distribuição (balanceamento) das voluntárias.

Para o controle da execução das ações musculares, de acordo com a proposta metodológica do estudo, durante o treinamento, as voluntárias contavam com “*feedbacks*” auditivo e visual, fornecido por meio de metrônomo acoplado a um “*notebook*”. Os resultados mostram que as voluntárias conseguiram seguir as diferentes propostas de treinamento, o que permitiu fazer as comparações entre os métodos.

Uma das principais adaptações desejadas com o treinamento de força é o aumento da força muscular, influenciada por adaptações neurais e morfológicas, avaliadas neste estudo por meio do teste de 1RM (BROW; WEIR, 2001; CREWTHOR *et al.*, 2006; CORMIE, McGUIGAN e NEWTON, 2011) Ao analisarmos os resultados dos testes de 1RM observamos que o treinamento proposto foi efetivo para atingir o objetivo esperado, pois ao final de 10 semanas de treinamento, os resultados de 1RM foram maiores do que os de antes do treinamento, porém, nenhuma diferença entre os grupos foi encontrada.

Ainda em relação ao ganho de força com o treinamento, a comparação dos trabalhos com ações musculares isoladas, com o método de treinamento utilizado no presente estudo, apresenta uma importante diferença em relação, principalmente, à intensidade do exercício para a ação muscular excêntrica, pois a força máxima, durante a ação muscular excêntrica, é maior do que a capacidade de força máxima, durante a ação muscular concêntrica (FARTHING e CHILIBECK, 2003; BLAZEVOICH *et al.*, 2007). Com isso, para os exercícios realizados de forma contínua (concêntrico e excêntrico) e com carga fixa, com intensidades estimadas a partir do teste de 1RM, que leva em consideração a falha na ação muscular concêntrica (DINIZ *et al.*, 2014), como no presente estudo, pode-se afirmar que a intensidade para a ação muscular excêntrica fica subestimada. Nestas condições, não é possível comparar os

resultados encontrados com os estudos que analisaram ações musculares isoladas que apresentavam um maior ganho de força máxima em exercícios com ações excêntricas (WERNBOM, AUGUSTSSON e THOMEÉ, 2007; SCHOENFELD, OGBORN e KRIEGER, 2015)

Vários estudos, principalmente com ações musculares isoladas, demonstraram que as ações musculares excêntricas provocariam mais danos musculares durante o exercício (NOSAKA *et al.*, 2003; PEAK *et al.*, 2005; PROSKE e ALLEN, 2005; LAZARIN *et al.*, 2009; CONCEIÇÃO *et al.*, 2012), além disso, com o treinamento o músculo esquelético sofreria adaptações, resultando em menos danos (LAPOINTE, FREMONT e COTE, 2002; McHUGH, 2003; HIROSE *et al.*, 2004). Em nosso estudo não foi observada nenhuma alteração para o biomarcador de lesão muscular LDH, enquanto que para a CK foi observada uma resposta aguda, aumento na atividade da CK após o exercício, igual para todos os métodos de treinamento.

Como observado no estudo de Willoughby, Vanenk, e Taylor (2003), a intensidade do esforço, em trabalhos com ações musculares isoladas, são proporcionais às suas diferentes capacidades. Quando o exercício é realizado de forma contínua, com as duas ações musculares ocorrendo sem interrupção do movimento e intensidade fixa, a carga para a ação muscular excêntrica fica subestimada, pela menor capacidade de produção de força da ação muscular concêntrica, o que poderia explicar o resultado do presente estudo para os biomarcadores de lesão muscular.

Apesar da progressão da carga de treinamento, a resposta aguda observada para a atividade da CK, na 29^o sessão de treinamento, não foi diferente da observada na primeira sessão. Segundo Lapointe, Fremont e Cote (2002), McHugh (2003) e Hirose *et al.* (2004), com o treinamento, o músculo esquelético se adapta ao dano induzido pelo exercício, de modo que há menos danos quando os mesmos músculos são exercitados. Com a adaptação ao treinamento, mesmo o maior volume do exercício na 29^o sessão, não fez com que a atividade da CK, 30 minutos após o seu término, fosse maior, o que pode estar relacionado a adaptações ao treinamento. Algumas evidências reportam que esse efeito protetor da carga se dá, exclusivamente após a primeira sessão de treinamento. Nosaka e colaboradores (2001) mostraram que mesmo após seis meses da realização de uma sessão de treinamento com

contrações excêntricas os danos celulares foram menores quando se executava uma nova sessão de treino (NOSAKA *et al.* 2011). Sobre a intensidade da primeira sessão, dados indicam que quanto maior for o dano mais extenso será o efeito protetor. Sendo assim sessões que promovem pequenos danos as fibras atenuam o efeito protetor da carga, pois ao que parece a magnitude da resposta adaptativa é proporcional a resposta inflamatória (LAPOINTE *et al.*, 2002; PIZZA *et al.*, 2002)

Os resultados observados também apontam para uma menor atividade da CK, na condição de treinamento que utilizou 3s de ação muscular concêntrica por 3s de ação muscular excêntrica. Não foi encontrada na literatura nenhuma justificativa para tal resultado.

5 CONCLUSÃO

Em conclusão, o treinamento segundo as normativas propostas para este estudo, foi suficiente para aumentar a força máxima em mulheres não treinadas para exercícios de força, bem como foi capaz de promover mudanças nas concentrações plasmáticas de CK em resposta aguda ao exercício, independente da duração das ações musculares.

REFERÊNCIAS

- ADAMS, G. R. *et al.* **Skeletal muscle hypertrophy in response to isometric, lengthening, and shortening training bouts of equivalent duration.** *Journal of Applied Physiology*, [S.l.], v.96, p.1613-1618, May 2004.
- AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE (ACSM) **Progression models in resistance training for healthy adults.** *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v.41, p.687-708, 2009.
- BURD, N.A.; ANDREWS, R.J.; WEST, D.W.D.; LITTLE, J.P.; COCHRAN, A.J.R.; HECTOR, A.J. *et al.* **Muscle time under tension during resistance exercise stimulates differential muscle protein sub-fractional synthetic responses in men.** *Journal of Physiology*, n.590, p. 351– 362, 2012.
- BLAZEVIČH, A.J.; CANNAVAN, D.; COLEMAN, D.R.; HORNE, S. **Influence of concentric and eccentric resistance training on architectural adaptation in human quadriceps muscles.** *Journal of Applied Physiology*, n.103, p.1565–1575, 2007
- BOX, G. E. P. e COX, D. R. **An analysis of transformations (with discussion).** *Journal of the Royal Statistical Society B*, 26: 211–252, 1964.
- BROWN, L.E. e WEIR, J. P. **ASEP Procedures recommendation I: accurate assessment of muscular strength and power.** *Journal of Exercise Physiology online*. v.4, n.3, p.1-21, 2001.
- CARRASCO, D.I.; DELP, M.D. e RAY, C.A. **Effect of concentric and eccentric muscle actions on muscle sympathetic nerve activity.** *Journal of Applied Physiology*, v. 86, p.558–563, 1999.
- CARTER, A.; DOBRIDGE, J. e HACKNEY, A.C. **Influence of estrogen on markers of muscle tissue damage following eccentric exercise.** *Fiziol Cheloveka* 27(5):133–137, 2001
- CHAGAS, M.H; LIMA, F.V. **Musculação: variáveis estruturais.** Belo Horizonte: Casa da Educação Física, 2008. CLOSE, G.L; KAYANI, A.; VASILAKI, A. e
- McARDLE, A. **Skeletal muscle damage with exercise and aging.** *Sports Medicine*, 35 (5): 413-427, 2005.
- CLARKSON, P.M.; BYRNES, W.C.; McCORMICK, K.M.; TURCOTTE, L.P. e WHITE, J.S. **Muscle Soreness and serum creatine kinase activity following isometric, eccentric and concentric exercise.** *Int. Journal of Sports Medicine*, 7:152,155, 1986.
- CLOSE, G.L; KAYANI, A.; VASILAKI, A. e McARDLE, A. **Skeletal muscle damage with exercise and aging.** *Sports Medicine*, 35 (5): 413-427, 2005.
- CONCEIÇÃO, M.S.; LIBARDI, C.A.; NOGUEIRA, F.R.D.; BONGANHA, V.; GÁSPARI, A.F.; CHACON-MIKAHIL, M.P.T.; CAVAGLIERI, C.R. e MADRUGA, V.A. **Effects of eccentric exercise on systemic concentrations of pro- and anti-inflammatory cytokines and prostaglandin (E2): comparison between young and postmenopausal women.** *Eur J Appl Physiol*, 112:3205–3213, 2012.

CORMIE, P.; MCGUIGAN, M.R. e NEWTON, R.U. **Developing Maximal and Neuromuscular Power: Part1 – Biological Basis of Maximal Power Production.** *Sports Medicine*, 41(1): 17-38, 2011.

CREWETHER, B.T.; CRONIN, J. e KEOGH, J. **Possible stimuli for strength and power adaptation: Acute metabolic adaptations.** *Sports Medicine*. v.36, (1): 65-78, 2006

DINIZ, R.C.R.; MARTINS-COSTA, H.C.; MACHADO, S.C.; LIMA, F.V. e CHAGAS, M.H. **Repetition duration influences ratings of perceived exertion.** *Perceptual and Motor Skills*. v.118, n.1, p.261 - 273, 2014.

DURAND, R.J.; CASTRACANE, V.D.; HOLLANDER, D.B.; TRYNIECKI, J.L.; BAMMAN, M.M.; O'NEAL, S.; HEBERT, E.P. e KRAEMER, R.R. **Hormonal responses from concentric and eccentric muscle contractions.** *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 35, n. 6, p. 937-943, 2003.

EMA, R.; WAHAHARA, T.; MIYAMOTO, N.; KANEHISA, H. e KAWAKAMI, Y. **Inhomogeneous architectural changes of the quadriceps femoris induced by resistance training.** *European Journal of Applied Physiology*, v.113, p.2691-703, 2013.

FARTHING, J.P. e CHILIBECK, P.D. **The effects of eccentric and concentric training at different velocities on muscle hypertrophy.** *European Journal of Applied Physiology*, v. 89, p.578–586, 2003.

FEIGENBAUN, MS;POLLOCK ML. **Prescription of resistance training for health and disease.** *Medicine and Science Sports and Exercise*. 1999 Jan; 31 (1): 38-45

GILLIES, E.M.; PUTMAN, C.T. e BELL, G.J. **The effect of varying the time of concentric and eccentric muscle actions during resistance training on skeletal muscle adaptations in women.** *European Journal of Applied Physiology*, v. 97, p. 443–453, 2006.

GLASS, D.J. **Skeletal muscle hypertrophy and atrophy signaling pathways.** *The International Journal of Biochemistry & Cell Biology*, v. 37, 1974-1984, 2005.

GOTO, K.; ISHII, N.; KIZUKA, T.; KRAEMER, R.R.; HONDA, Y. e TAKAMATSU, K. **Hormonal and metabolic responses to slow movement resistance exercise with different durations of concentric and eccentric actions.** *European Journal Applied Physiology*, v.106, p.731-739, 2009.

HINKELMANN, K. e KEMPTHORNE, O. **Design and Analysis of Experiments.** Vol.1, Hoboken: John Wiley & Sons, 2008. 631p.

HIROSE, L.; NOSAKA, K.; NEWTON, M.; LAVEDER, A.; KANO, M.; PEAKE, J.M. e SUZUKI, K. **Changes in inflammatory mediators following eccentric exercise of the elbow flexors.** *Exerc Immunol Rev* 10: 75-90, 2004.

JACKSON, A.S. e POLLOCK, M.L. **Generalized equations for predicting body density of men.** *British Journal of Nutrition*, v.40, p.497-504, 1978.

- KOCH, A.J., PEREIRA, R. e MACHADO, M. **The creatine kinase response to resistance exercise.** *J Musculoskelet Neuronal Interact.* 14(1):68-77, 2014.
- KRAEMER WJ; ADAMS K; CAFARELLI E; DUDLEY GA; DOOLY C; FEIGENBAUM MS, et al. **American College of Sports Medicine position stand. Progression model in resistance training for healthy adults.** *Medicine and Science in Sport and Exercise.* 2002 Feb; 34 (2): 364:80
- KRAEMER, W.J. e RATAMESS, N.A. **Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription.** *Medicine and Science in Sports and Exercise.* v. 36, n. 4, p. 674-688, 2004.
- KENDALL, B. e ESTON, R. **Exercise-induced muscle damage and the potential protective role of estrogen.** *Sports Medicine.* 32(2): 103-123, 2002.
- LAPOINTE, B.M., FREMONT, P e COTE, C.H. **Adaptation to lengthening contractions is independent of voluntary muscle recruitment but relies on inflammation.** *Am J Physiol Regulatory Integrative Comp Physiol* 282: R323–R329, 2002.
- LAZARIM, F.L.; ANTUNES-NETO, J.M.; DA SILVA, F.O.; NUNES, L.A.; BASSINI-CAMERON, A.; CAMERON, L.C.; ALVES, A.A.; BREZIKOFER, R. e MACEDO, D.V. **The upper values of plasma creatine kinase of professional soccer players during the Brazilian National Championship.** *J Sci Med Sport*;12:85-90, 2009.
- LITTELL, R.C.; MILLIKEN, G.G; STROUP, W.W e WOLFINGER, R.D. SAS® System for Mixed Models. Cary, NC: SAS Institute Inc. 633p, 1996.
- McARDLE, W.D.; KATCH, F.I. e KATCH, V.L. **Fisiologia do Exercício: energia, nutrição e desempenho humano.** Editora Guanabara Koogan. Sétima edição, 2011.
- McHUGH, M.P. **Recent advances in the understanding of the repeated bout effect: the protective effect against muscle damage from a single bout of eccentric exercise.** *Scand J Med Sci Sports* 13: 88-97, 2003.
- MARTIN, D.; CARL, K. e LEHNERTZ, K. **Manual de Teoria do Treinamento Esportivo,** Editora Phorte, 2008.
- NEWTON, M; MORGAN, GT; SACCO,P; CHAPMAN DW; NOSAKA, K. **Comparison of responses to strenuous eccentric exercise of the elbow flexors between resistance-trained and untrained men.** *Journal of strength and conditional Research.* 2008, 222: 597-607
- NEUMANN, D.A. **Cinesiologia do Aparelho Musculoesquelético: fundamentos para reabilitação física.** Editora Guanabara Koogan, 2006
- NOSAKA, K.; LAVENDER, A.; NEWTO, M. e SACCO, P. **Muscle damage in resistance training.** *International Journal of Sports Health and Science,* n.1, p.1-8, 2003.
- PEAKE, J.M.; NOSAKA, K. e SUZUKI, K. **Characterization of inflammatory responses to eccentric exercise in humans.** *Exercise Immunology Review,* n.11, p. 64-85, 2005
- PROSKE, U. e ALLEN, T.J. **Damage to skeletal muscle from eccentric exercise.** *Exerc Sport Sci Rev* 33: 98-104, 2005.

ROTH, S., GAJDOSIK, R. e RUBY, B.C. **EFFECTS OF CIRCULATING ESTRADIOL ON EXERCISE-INDUCED CREATINE KINASE ACTIVITY.** *Journal of Exercise Physiologyonline*, Vol .4, Number 2 May, 2001.

SAKAMAKI, M.; YASUDA, T. e ABE, T. **Comparison of low-intensity blood flow-restricted training-induced muscular hypertrophy in eumenorrheic women in the follicular phase and luteal phase and age-matched men.** *Clin Physiol Funct Imaging*, 32, 185-191, 2012.

SCHOENFELD, B.J.; OGBORN, D.I. e KRIEGER, J.W. **Effect of Repetition Duration During Resistance Training on Muscle Hypertrophy: A Systematic Review and Meta-Analysis.** *Sports Med*, Apr;45(4):577-85, 2015.

STUPKA, N.; LOWTHER, S.; CHORNEYKO, K.; BOURGEOIS, J.M.; HOGBEN, C. e TARNOPOLSKY, M.A. **Gender differences in muscle inflammation after eccentric exercise.** *Journal Appl Physiol*. 89:2325-2332, 2000.

TANIMOTO, M. e ISHII, N. **Effects of low-intensity resistance exercise with slow movement and tonic force generation on muscular function in young men.** *Journal of Applied Physiology*, v.100, p.1150–1157, 2006.

TIIDUS, P.M. **Can oestrogen influence skeletal muscle damage, inflammation, and repair?** *Br J Sports Med*. 39:251–253, 2005

TIDBALL, J.G. **Inflammatory processes in muscle injury and repair.** *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*:R345-R353, 2005.

THOMPSON, H.S.; SCORDILIS, S.P. e DE SOUZA, M.J. **Serum creatine kinase activity varies with ovulatory status in regularly exercising, premenopausal women.** *Horm Res.*; 65:151-158, 2006.

TRICOLI, V. **Mecanismos envolvidos na etiologia da dor muscular tardia.** *Revista Brasileira de Ciencia e Movimento. Brasil. VOL. 9 NUM. 2 2001. P. 39-44*

WERNBOM, M.; AUGUSTSSON, J. e THOMEÉ, H. **The influence of frequency, intensity, volume and mode of strength training on whole muscle cross-sectional area in humans.** *Sports Medicine*, v.37, n.3, p.225-264, 2007.

WAKAHARA, T.; MIYAMOTO, N.; SUGISAKI, N.; MURATA, K.; KANEHISA, H.; KAWAKAMI, Y.; FUKUNAGA, T. e YANAI, T. **Association between regional differences in muscle activation in one session of resistance exercise and in muscle hypertrophy after resistance training.** *European Journal of Applied Physiology*, v.112, n.4, p.1569-1576, 2012

WILLOUGHBY, D.S.; McFARLIN, B. e BOIS, C. **Interleukin-6 expression after repeated bouts of eccentric exercise.** *int J Sports Med*. Jan;24(1):15-21, 2003.