

**UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA
FACULDADE DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
MESTRADO EM EDUCAÇÃO FÍSICA**

**CORRELAÇÃO ENTRE MARCADORES INDIRETOS DE DANO
MUSCULAR E A PERFORMANCE NEUROMUSCULAR FRENTE À
VELOCIDADE DA AÇÃO MUSCULAR EXCÊNTRICA.**

ADRIANO DE ALMEIDA PEREIRA

**PIRACICABA-SP
2012**

CORRELAÇÃO ENTRE MARCADORES INDIRETOS DE DANO MUSCULAR E A PERFORMANCE NEUROMUSCULAR FRENTE À VELOCIDADE DA AÇÃO MUSCULAR EXCÊNTRICA.

ADRIANO DE ALMEIDA PEREIRA

Orientadora Profa. Dra. Rozangela Verlengia

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade Metodista de Piracicaba - UNIMEP, para obtenção do Título de Mestre em Educação Física, na área de concentração em Movimento Humano, Cultura e Educação, sob orientação da Professora Dra. Rozangela Verlengia.

PIRACICABA-SP

2012

Ficha Catalográfica elaborada pelo Sistema de Bibliotecas da UNIMEP

Bibliotecária: Luciene Cristina Correa Ferreira CRB-8/ 8235

P436c Pereira, Adriano de Almeida.

Correlação entre marcadores indiretos de dano muscular e a performance frente à velocidade da ação muscular excêntrica. / Adriano de Almeida Pereira. – Piracicaba, SP: [s.n.], 2012.
60 f. ; il.

Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências da Saúde / Programa de Pós-Graduação em Educação Física - Universidade Metodista de Piracicaba

Orientador: Profa. Dra.Rozangela Verlengia.

1. Velocidade Excêntrica . 2. Pesos Livres 3. Dano Muscular - Marcadores. I. Rozangela Verlengia. II. Universidade Metodista de Piracicaba. III Título.

CDU 796.4

**UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA
FACULDADE DE CIÊNCIAS DA SAÚDE**

BANCA EXAMINADORA:

Professora Doutora Rozangela Verlengia
Universidade Metodista de Piracicaba - SP

Professor Doutor Charles Ricardo Lopes
Universidade Metodista de Piracicaba - SP

Professor Doutor Marcelo Papoti
Escola de Educação Física e Esportes de Ribeirão Preto
USP- Campus – Ribeirão Preto - SP

Observações: _____

**DATA: 31/07/2012
Piracicaba – SP**

AGRADECIMENTOS

Dedico a minha família, responsável por minha formação sólida e honesta. A família é a base de tudo. A todos os amigos e proprietários da Academia Ativa, que foram fundamentais para a construção desse sonho.

A orientadora professora Dra. Rozângela Verlengia muito obrigado.

Ao professor Dr. Charles Ricardo Lopes muito obrigado.

A todos os professores do curso que proporcionaram momentos inesquecíveis. Aos amigos Bruno Vespasiano, Bruno Camargo, Tiago Batista de Carvalho, Pedro Luiz Bulgarelli, Adilson Meneghel, Alex Harley Crisp, Rafael Dramis Calixto e a amiga Marina Crepaldi Donato.

Em especial ao amigo Heleno da Silva Luiz Júnior e minha namorada Sandra Maciel, sem a presença deles o término do curso, com certeza seria mais difícil.

Adriano de Almeida Pereira

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar a correlação entre a *performance* neuromuscular e marcadores indiretos de dano muscular frente a diferentes velocidades da ação muscular excêntrica, pós-sessão de exercício em homens treinados em força. Vinte homens ($25,4 \pm 2,9$ anos; massa corporal de $77,9 \pm 9,1$ Kg; estatura de $1,75 \pm 2,9$ m; e percentual de gordura $13,2 \pm 6,5$ %) com experiência média de $5,4 \pm 2,7$ anos de treinamento de força participaram do estudo, e foram homogeneamente divididos em relação à força máxima excêntrica em dois grupos: velocidade excêntrica lenta (VEL – $n=10$) e velocidade excêntrica rápida (VER – $n=10$). Ambos os grupos realizaram 4 séries de 8 repetições com intensidade de 70% do teste de uma repetição máxima excêntrica (1RM_{exc}); 2 minutos de intervalo de recuperação foi realizado entre séries para o exercício supino reto. A velocidade de execução foi controlada em 3 segundos para o grupo VEL e 0.5 segundos para o grupo VER. O volume total de carga levantada foi equalizado para ambos os grupos. O teste de uma repetição máxima (1RM), percepção subjetiva de dor muscular de início tardio (DMIT) e atividade sérica da creatina quinase (CK) foram avaliados antes (basal) e ao longo de 96 horas pós-sessão de exercício para mensurar de forma indireta a magnitude do dano muscular. O coeficiente de correlação de Pearson foi realizado a partir dos dados picos, com nível de significância de $p \leq 0.05$. Foram encontradas correlações significativas entre queda percentual do teste de 1RM e DMIT em 48, 72 e 96 horas pós-sessão de exercício para o grupo VEL e em 24 horas para o grupo VER. Em relação à CK, foi observada correlação significativa com teste de 1RM em 48 horas, apenas para o grupo VEL. Não houve correlação significativa para os grupos VEL e VER entre as variáveis: queda pico em relação ao valor basal do teste de 1RM e concentração sérica pico de CK. Na correlação entre os valores pico das variáveis: teste 1RM e DMIT foram observadas correlação significativa apenas para o grupo VEL. De acordo com os dados obtidos a partir da regressão linear, a DMIT pico foi a variável que melhor explicou ($R^2 = 0.51$) a queda pico no desempenho de 1RM, para o grupo VEL. Em conclusão, nossos dados demonstram que dentro dos marcadores indiretos (CK e DMIT) avaliados em homens treinados em força, a DMIT foi a variável que melhor refletiu a queda da *performance* neuromuscular pós-sessão de exercício apenas para o grupo VEL.

Palavras-Chaves: Velocidade Excêntrica; Pesos Livres; Marcadores de Dano Muscular; Correlação.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the correlation between neuromuscular performance and indirect markers of muscle damage from different velocity of eccentric muscle action, post-exercise session in resistance-trained men. Twenty male university students ($25,4 \pm 2,9$ years; body weight of $77,9 \pm 9,1$ Kg; height $1,75 \pm 2,9$ meters; and fat percentage $13,2 \pm 6,5$ %) with experienced mean of $5,4 \pm 2,7$ years of resistance training participated in the study, and were homogeneously divided in relation to the maximum eccentric strength in two groups: slow eccentric velocity (SEV – $n = 10$) and fast eccentric velocity (FEV – $n = 10$). Both groups performed 4 sets of 8 repetitions with intensity of 70% of one repetition maximum eccentric (1RM_{ecc}) test; 2-minute rest interval between sets was carried out for bench press exercise. The execution velocity was controlled in 3 seconds for SEV group and 0.5 seconds for FEV group. The total volume load lifted was equalized for both groups. The one repetition maximum (1RM) test, subjective perception of delayed onset muscle soreness (DOMS) and serum activity of creatine kinase (CK) were evaluated before (baseline) and over 96 hours post-exercise session to measure indirectly the magnitude of muscle damage. The Pearson correlation coefficient was performed from the peak data, with a significance level of $p \leq 0.05$. Significant correlations were found between the percentage decline in 1RM test and DOMS in 48, 72 and 96 hours post-exercise bout for SEV group. In relation to the CK, was observed a significant correlation with 1RM test in 48 hours, only for SEV group. There was no significant correlation for SEV and FEV groups with the variables: peak decline compared to baseline 1RM and peak serum CK. In the correlation between the peak values of the variables: 1RM test and DOMS was observed a significant correlation only for the SEV group. According to the data obtained from the linear regression, the DOMS peak was the variable that best explained ($r^2 = 0.51$) the peak decrease of 1RM test for the SEV group. In conclusion, our data demonstrate that within the indirect markers (CK and DOMS) evaluated in resistance-trained men, the DOMS was the variable that best reflected the decline in neuromuscular performance after exercise bout only for SEV group.

Key-words: Eccentric velocity; Free Weights; Muscle Damage Markers; Correlation.

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Valores basais de força muscular máxima determinado pelos testes de 1RM e 1RMexc.....	27
TABELA 2 – Coeficiente de correlação de Pearson entre a queda percentual do teste de 1RM com os marcadores: creatina quinase (CK) e dor muscular de início tardio (DMIT) para os grupos velocidade excêntrica rápida (VER) e velocidade excêntrica lenta (VEL) ao longo de 96 horas pós-sessão de exercício	31
TABELA 3 – Coeficiente de determinação do valor pico dos marcadores indiretos na queda pico no teste de 1RM pós-sessão de exercício.....	33

LISTAS DE FIGURAS

FIGURA 1: Diagrama esquemático do desenho experimental do estudo.....	23
FIGURA 2: Força máxima muscular ao longo do tempo (0-96h) pós-sessão de exercício.....	28
FIGURA 3: Percepção Subjetiva de Dor Muscular de Início Tardio ao longo do tempo (0-96h) pós-sessão de exercício.....	29
FIGURA 4: Concentração sérica de creatina quinase ao longo do tempo (0-96h) pós-sessão de exercício.....	30
FIGURA 5: Correlação entre % de queda pico do teste de uma repetição máxima (1RM) e a concentração sérica pico de creatina quinase.....	32
FIGURA 6: Correlação entre % de queda pico do teste de uma repetição máxima (1RM) e a percepção subjetiva pico de dor muscular.....	32

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVOS	12
2.1 Objetivo Geral	12
2.2 Objetivos Específicos	12
3 REVISÃO DE LITERATURA	13
3.1 Treinamento de força excêntrico	13
3.2 Marcadores indiretos de dano muscular.....	16
4 MATERIAL E MÉTODOS	22
4.1 Casuística	22
4.2 Critérios de Inclusão e Exclusão	22
4.3 Desenho Experimental	22
4.4 Caracterização da Amostra	23
4.5 Testes de Força Muscular Máxima.....	24
4.6 Estudo piloto	24
4.7 Protocolo Experimental	25
4.8 Dor Muscular de Início Tardio (DMIT)	25
4.9 Creatina Quinase.....	25
5 ANÁLISE ESTATÍSTICA	26
6 RESULTADOS	27
6.1 Força Muscular Máxima (1RM) e Excêntrica (1RMexc)	27
6.2 Volume total de Carga Levantada	27
6.3 Força Máxima Muscular (teste de 1RM)	28
6.4 Dor Muscular de Início Tardio	29
6.5 Concentração Sérica de Creatina Quinase	29
6.6. Correlações entre as variáveis do teste de 1RM, Creatina Quinase e Dor Muscular de Início Tardio em Relação ao Tempo	30
6.7 Correlações entre as variáveis do teste de 1RM, Creatina Quinase e Dor Muscular de Início Tardio em Relação ao Valor Pico	31
6.8 Análise de Regressão Linear (stepwise)	32
7 DISCUSSÃO	33
8 CONCLUSÃO	39
9 APLICAÇÕES PRÁTICAS	39
10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40
11 ANEXOS	49
Anexo 01.....	50
Anexo 02	54
Anexo 03	57
Anexo 04	59

1. INTRODUÇÃO

Sessões de exercícios de força de alta intensidade, volume e/ou realizados por indivíduos não habituados a prática de exercícios físicos, resultam em dano ao tecido muscular decorrente de fatores mecânicos e metabólicos (PROSKE; ALLEN, 2005; TEE et al., 2007). Com maior magnitude evidenciada nos exercícios que enfatizam as ações musculares excêntricas (PROSKE; MORGAN, 2001).

O dano muscular é caracterizado pela ruptura da matriz extracelular, da lâmina basal e do sarcolema da célula muscular, resultando na liberação de proteínas do meio intracelular para a corrente sanguínea (CLARKSON; HUBAL, 2002; BRANCACCIO et al., 2010). Do ponto de vista funcional e de percepção, pode promover alterações na performance neuromuscular e dor muscular de início tardio (DMIT); sintomas que podem estar presentes vários dias após a realização da sessão de exercício de força excêntrico (NOSAKA; NEWTON, 2002; CHAPMAN et al., 2006; NEWTON et al., 2008).

Desta forma, os métodos de investigação comumente utilizados para análise do dano muscular induzidos pelo exercício excêntrico são obtidos por meio de avaliações indiretas ao longo do tempo pós-sessão (BRANCACCIO et al., 2007; BRANCACCIO et al., 2010). Dentre estes, avaliações da *performance* neuromuscular, percepção subjetiva de DMIT e atividade da enzima creatina quinase (CK) no sangue são comumente empregados para determinar a magnitude do dano muscular pós-sessão de exercícios (BRENTANO; KRUEL, 2011).

Em contrapartida, diversos estudos (WARREN et al., 1999; CLARKSON; HUBAL, 2002; BRENTANO; KRUEL, 2011) mencionam que a percepção de dor muscular e a presença de proteínas musculares circulantes no sangue são marcadores instáveis e que possivelmente podem não refletir a magnitude do dano

muscular; devido à baixa correlação com a diminuição da função neuromuscular ao longo do tempo pós-sessão de exercício.

Neste contexto, se faz necessário à realização de estudos que avaliem o impacto de sessões de treinamento sobre o comportamento do dano muscular, com o objetivo de identificar os melhores marcadores indiretos a ser usado nas rotinas diárias de treinamento. Em adição, observam-se poucos estudos que metodologicamente investigam indivíduos treinados, bem como exercícios empregados na rotina de treinamento de força, que frequentemente utilizam pesos livres (UCHIDA et al., 2009), uma vez que a temática dano muscular tem sido frequentemente abordada em análises de estudos envolvendo exercício excêntrico que utilizam equipamentos isocinéticos e indivíduos não treinados (PADDON-JONES et al., 2005; CHAPMAN et al., 2006; CHAPMAN et al., 2008; BARROSO et al., 2010).

Assim, devido à ausência de pesquisas que determinam para a população treinada a relação dos marcadores indiretos com a *performance* neuromuscular, o presente estudo avaliou a relação dos marcadores CK e DMIT, com o teste de uma repetição máxima (1RM), método que é frequentemente utilizado para avaliação do ganho de força e hipertrofia nas rotinas de treinamento na população treinada. Nossa hipótese foi que as concentrações séricas de CK e a percepção subjetiva de dor muscular, apresentassem correlações significativas com o teste de 1RM em homens treinados pós-sessão de exercício excêntrico.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Objetivo geral do presente estudo foi avaliar a correlação entre a *performance* neuromuscular e marcadores indiretos de dano muscular, frente a diferentes velocidades da ação muscular excêntrica isolado no exercício supino reto (peso livre), ao longo de 96h pós-sessão de exercício em homens treinados em força.

2.2 Objetivos Específicos

- Verificar a correlação entre as variáveis: queda pico da *performance* no teste de 1RM e concentração pico sérica da enzima CK, frente a diferentes velocidades da ação muscular excêntrica isolada no exercício supino reto (peso livre) ao longo de 96h pós-sessão de exercício em homens treinados.

- Verificar a correlação entre as variáveis: queda pico da *performance* no teste de 1RM e percepção subjetiva pico de dor muscular, frente a diferentes velocidades da ação muscular excêntrica isolada no exercício supino reto (peso livre) ao longo de 96h pós-sessão de exercício em homens treinados.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Treinamento de Força Excêntrico

O interesse pelo treinamento de força com ações musculares excêntricas isoladas tem crescido nos últimos tempos, sendo indicado como um método efetivo para o aumento dos níveis de força e hipertrofia muscular (ROIG et al., 2009). A efetividade do programa de treinamento de força excêntrico depende da manipulação das variáveis agudas, tais como: escolha e ordem dos exercícios, intensidade, volume, intervalo de recuperação, velocidade de execução do movimento e amplitude de movimento (BIRD et al., 2005). Neste contexto, um número quase infinito de protocolos de treinamento pode ser criado, por meio da manipulação das variáveis, resultando em respostas agudas distintas e adaptações específicas no processo de treinamento.

Dentre estas, a intensidade em que é realizada a ação muscular, desempenha papel fundamental para a otimização das adaptações neuromusculares, sendo frequentemente prescrita por meio do teste de uma repetição máxima (1RM) nos exercícios com pesos livres. Método este que envolve a aplicação da carga máxima para a realização de uma única ação muscular dinâmica (excêntrica e concêntrica) (FRY, 2004). Entretanto, durante as ações excêntricas, o músculo esquelético possui maior capacidade de produção de força em comparação com a ação muscular concêntrica (ENOKA, 1996), com isso a intensidade relativa da carga é reduzida para ação muscular excêntrica. Neste sentido Smith et al. (2000) destacam que o teste de 1RM reflete apenas a capacidade máxima que pode ser exercida para a ação concêntrica, assim os autores designaram como teste de 1RM concêntrico (1RMcon).

Desta forma, para a prática de exercícios com ações musculares excêntricas isoladas, a prescrição da intensidade tem sido frequentemente realizada por percentuais do teste de 1RM, valores que variam entre 100 e 130% da capacidade máxima avaliada, com o intuito de aumentar a sobrecarga e potencializar os estímulos na ação muscular excêntrica (BRANDENBURG; DOCHERTY, 2002).

Contudo, Hollander et al. (2007) desenvolveram o teste de uma repetição máxima excêntrica (1RMexc), com o objetivo de avaliar a discrepância entre a ação muscular excêntrica e concêntrica em exercícios convencionais do treinamento de força. Os resultados obtidos no estudo demonstraram que a ação muscular excêntrica possui entre 20 e 60% maior capacidade de produção de força em relação à ação muscular concêntrica, dependendo do exercício avaliado em homens treinados. Portanto, a individualização do teste 1RMexc torna-se extremamente relevante, devido à variação da força muscular excêntrica em diferentes exercícios.

Outro aspecto característico da ação muscular excêntrica seria a alta eficiência metabólica, ou seja, menor recrutamento de unidades motoras para uma dada razão de trabalho muscular em comparação a ação muscular concêntrica e isométrica (ENOKA, 1996; ROIG et al., 2010). Resultando entre outras respostas maior estresse mecânico sobre as fibras musculares, e com isso promovendo maior magnitude de dano muscular quando comparado com as ações musculares concêntricas e isométricas (FRIDEN; LIEBER, 2001). Portanto, as diferenças fisiológicas e mecânicas entre as ações musculares devem ser levadas em consideração para a elaboração de protocolos de treinamentos de força.

A manipulação das variáveis agudas durante a realização do exercício de força excêntrico pode influenciar a resposta do dano muscular (NOSAKA;

SAKAMOTO, 2001; NOSAKA; NEWTON, 2002), dentre estas, a velocidade rápida de execução de movimento excêntrico foi reportada nos estudos de Chapman et al., (2006, 2008) induzir maior magnitude de dano quando comparada à velocidade lenta de execução. Por outro lado, Barroso et al., (2010) não confirmaram estes achados, uma vez que o volume total de trabalho realizado no exercício excêntrico isocinético não foi significativamente diferente entre grupos.

A interação entre as variáveis agudas (intensidade, exercícios, séries e repetições) elaboradas para as realizações das sessões de treinamento de força, é fundamental para a indução das respostas adaptativas. Dentre estas, a quantificação do volume total de carga levantada (repetições x séries x carga [kg]) tem sido utilizada para monitorar sessões de treinamento de força em atletas (GONZÁLEZ-BADILLO, 2005; NUNES et al., 2011), e equalizar o volume entre protocolos experimentais de pesquisas (WILLARDSON; BURKETT, 2008; CHARRO et al., 2010). Método considerado de grande implicação na prática, devido à simplicidade do cálculo do volume (McBRIDE et al., 2009).

Em relação aos estudos com pesos livres, evidências recentes sugerem que a magnitude do dano muscular se comporta de forma semelhante entre diferentes protocolos de exercícios de força, quando o volume total de carga levantada são equalizados (UCHIDA et al., 2009; CHARRO et al., 2011). Portanto, a equalização do volume total de carga levantada deve ser levada em consideração na elaboração e condução de pesquisas que avaliam o impacto das variáveis agudas, com intuito de evitar a interferência desta variável na magnitude do dano muscular.

3.2 Marcadores Indiretos de Dano Muscular.

O dano ao tecido muscular após sessão de exercício de alta intensidade e/ou volume é caracterizado especificamente por rupturas ultraestruturais, degradação de proteínas, inflamação e aumento de proteínas intracelulares na corrente sanguínea (SORICHTER et al., 2001; NOSAKA; NEWTON, 2002). Os métodos de investigação comumente utilizados para análise do dano muscular induzido pelo exercício são realizados através de medidas indiretas (BRENTANO; KRUEL, 2011), que podem ser obtidos principalmente por meio de avaliações da força muscular, respostas subjetivas de dor muscular (escala de percepção subjetiva) e a presença de proteínas intramuscular na corrente sanguínea (CLARKSON; HUBAL, 2002; BRENTANO; KRUEL, 2011). Os métodos indiretos utilizados para análise do dano muscular são adotados nos estudos em virtude da facilidade das avaliações e, principalmente pelo baixo custo quando comparado aos métodos diretos (biópsia muscular e ressonância magnética) (CLARKSON; HUBAL, 2002).

Fisiologicamente, as proteínas intramusculares não atravessam a membrana sarcoplasmática. Portanto, proteínas e enzimas como a lactato desidrogenase (LDH), creatina quinase (CK), troponina I, mioglobina e fragmentos de cadeia pesada de miosina (MHC), encontradas em altas concentrações na corrente sanguínea pós-sessão de exercício, são frequentemente utilizadas como marcadores indiretos de dano muscular decorrente destes (BROWN et al., 1997; WILLOUGHBY et al., 2003).

Dentre estes marcadores, a concentração sérica total e/ou a isoforma muscular da CK tem sido frequentemente utilizada, devido ao fato de ter maior magnitude de incremento em relação às demais enzimas e proteínas e, sobretudo pelo custo financeiro do método (colorimetria) ser comparativamente baixo em relação às outras análises, como por exemplo o emprego do *Western Blotting*

(CLARKSON; HUBAL, 2002). A CK é uma enzima compacta com uma massa molecular de 82 kDa, presente no citosol celular e nas mitocôndrias (Mt-CK) de tecidos, onde as demandas energéticas são elevadas (BRANCACCIO et al., 2008; BAIRD et al., 2012). No citosol a CK é composta por duas subunidades polipeptídicas com cerca de 43-45 kDa e duas subunidades são encontradas: “M” (tipo muscular) e “B” (tipo cérebro). Estas subunidades permitem a formação de três isoformas presentes no citoplasma de tecidos específicos: CK-MB (músculo cardíaco), CK-MM (músculo esquelético) e CK-BB (cérebro) (BRANCACCIO et al., 2007; BRANCACCIO et al., 2010; BAIRD et al., 2012).

Em especial, a isoforma CK-MM está intimamente vinculada à linha-M do retículo sarcoplasmático das miofibrilas e é também encontrado no espaço da banda I sarcomérica, responsável por catalisar a fosforilação reversível da foscreatina (PCr) para creatina e ADP para ATP, um importante mecanismo de regeneração do ATP celular durante a contração muscular de alta intensidade (BAIRD et al., 2012). As isoformas de CK presentes na mitocôndria estão estreitamente acopladas com a cadeia de transporte de elétrons, e podem utilizar o ATP mitocondrial para regenerar a PCr, ao retornar para o citosol, promovendo a manutenção das concentrações da PCr citosólica (BAIRD et al., 2012). Duas são as CK mitocondriais encontradas a tipo não sarcomérica - Mt-CK ubiquitina, presente no cérebro, músculo liso e espermatozoide e a Mt-sarcomérica observada no músculo esquelético e cardíaco.

De acordo com McKune et al., (2012), a utilização da concentração sanguínea de CK como um marcador indireto de dano muscular pós-sessão de exercício apresenta algumas limitações como: a cinética da atividade da CK no sangue depende do tipo de exercício utilizado para induzir o dano muscular, sendo que as

concentrações de CK no sangue atingem o valor pico aproximadamente entre 12-24 horas pós-sessão de corrida em declive (com valores entre ~300-600U/L), enquanto que no exercício de força excêntrico de alta intensidade não atinge o valor pico antes de 24 e 48 horas pós-sessão de exercício, obtendo valores mais elevados (> 2500 U/L). Devido ao peso molecular da CK (80 kDa), após a liberação da enzima por meio da alteração da permeabilidade da membrana celular para o espaço intersticial, esta não pode passar atravessar o endotélio microvascular diretamente, assim, entram nos vasos linfáticos antes de atingir a circulação sanguínea (LINDENA et al., 1979). Processo pelo qual, tem-se sugerido a demora na detecção sistêmica da enzima pós-sessões de exercício excêntrico (CHAPMAN et al., 2012).

Em adição, o aumento da atividade da CK no sangue como um indicador da magnitude do dano muscular, tem sido criticado por diversos autores, devido a sua variabilidade em resposta ao exercício (NEWHAN et., 1983; NOSAKA; CLARKSON, 1996). Deste modo, alguns indivíduos apresentam níveis elevados de CK em comparação a outros quando expostos a protocolo de exercício idêntico, mesmo quando os principais fatores de comparação tais como, sexo, idade, e estado de treinamento são considerados na formação dos grupos para análise dos dados. Por exemplo, Newhan et al., (1983) observaram que variabilidade da CK foi de 400-34.500 U/L após sessão exercício de *step* realizado em alto volume. Nosaka e Clarkson (1996) reportaram valores variando entre 260-25.244 U/L.

Como resultado dessa variabilidade entre os indivíduos, alguns autores (CLARKSON et al., 1992; CHEN, 2006; MACHADO; WILLARDSON, 2010; MACHADO et al., 2011), classificam as respostas individuais pós-sessão exercício de acordo com a concentração pico de CK no sangue. Assim, indivíduos classificados como baixo respondedores apresentam valores inferiores de 500 U/L,

médios respondedores entre 500-2.000 U/L e altos respondedores acima de 2000 U/L.

Neste sentido, estudos demonstram que a magnitude do dano muscular e a resposta da CK no sangue podem receber influência de fatores como o nível de treinabilidade (NEWTON et al., 2008), idade (ROTH et al., 2000), massa muscular envolvida na realização do exercício (CHEN et al., 2011), gênero (SEWRIGHT et al., 2008) e a utilização de suplementos alimentares (HOWATSON et al., 2012). Em especial polimorfismo de genes específicos como *ACTN3* (VINCENT et al., 2010; PIMENTA et al., 2011), *IL6* (YAMIN et al., 2008), *ACE* (YAMIN et al., 2007), *CK-MM* (HELED et al., 2007) têm sido investigados na tentativa de explicar geneticamente as diferenças entre indivíduos classificados como baixos e altos responderes em relação às concentrações de CK no sangue e dano muscular.

Em meados da década de 90, para a área da medicina, a determinação dos níveis séricos da isoforma CK-MB foi um instrumento essencial para o diagnóstico de infarto do miocárdio em pacientes com dor torácica nos departamentos de emergência (BAIRD et al., 2012). Recentemente, o papel de diagnóstico tem sido substituído, em certa medida, pela proteína troponina I cardíaca (DAUBERT; JEREMIAS, 2010; BAIRD et al., 201). De acordo com Kovsak et al., (2007) a mensuração da troponina I é mais sensível e suficiente para diagnosticar o infarto do miocárdio, descartando as análises de mioglobina e CK-MB.

Na ciência do esporte, a CK tem sido extensivamente utilizada para determinar a presença do dano muscular (BRANCACCIO et al., 2008). Por outro lado, existe uma carência de estudos que tem como objetivo avaliar qual seria a sensibilidade dos marcadores bioquímicos para diagnosticar a magnitude do dano

muscular pós-sessão de exercício, e se de fato a mensuração da CK seria o marcador mais indicado. Porém, a detecção de qualquer proteína intramuscular na corrente sanguínea como marcador indireto de dano muscular pode representar uma limitação, pois requer o equilíbrio do que é liberado da célula muscular e do que é eliminado do sangue (SMITH et al., 1994; NOSAKA; NEWTON, 2002). No entanto, níveis elevados de CK no sangue ainda estão intimamente associados com o rompimento da célula muscular, e/ou doenças. Assim, estes distúrbios celulares podem causar o extravasamento da CK para a corrente sanguínea, sendo dessa forma um marcador de dano muscular (BRANCACCIO et al., 2010).

A DMIT, outro marcador de dano muscular indireto, é caracterizada pela sensação de desconforto e/ou dor na musculatura esquelética que ocorre horas após a prática da sessão exercício de alta intensidade e/ou volume. A dor muscular se manifesta inicialmente entre 8 e 24 horas pós-sessão de exercício e tem seu pico evidenciado entre 24 e 48 horas (FRIDÉN; LIEBER, 2001). A avaliação da DMIT é realizada por uma avaliação subjetiva, em que o indivíduo relata por meio de uma escala numérica o valor da sua percepção de dor muscular, onde o valor mais baixo refere-se a menor percepção de dor muscular, e o valor mais alto refere-se a maior percepção deste (BRENTANO; KRUEL, 2011).

Um dos mecanismos propostos para o aparecimento da DMIT seria o dano estrutural e a subsequente resposta inflamatória sobre o tecido muscular e conectivo (CHEUNG et al., 2003). Nas células musculares lesionadas, os monócitos migram ao local de lesão e se tornam macrófagos, os quais são responsáveis pela remoção do tecido necrosado, liberando subprodutos como as prostaglandinas (PGE_2) (SMITH, 1991). A PGE_2 aumentaria a sensibilidade dos neurônios aferentes de dor tipo III e IV, intensificando a estimulação dolorosa. A necrose de algumas células

musculares como consequência do influxo de cálcio após a lesão das membranas celulares, parece também estar relacionado com sinalização dos receptores de dor (ARMSTRONG et al.,1991; TRICOLLI, 2001)

A função neuromuscular pode ser definida, como a capacidade de produção de força muscular ao longo de um determinado ângulo articular, a uma dada velocidade ou a uma carga externa (ENOKA, 1996), mecanismo que envolve a ação direta das ultraestruturas e interações miofibrilares sarcoméricas.

Uma ferramenta que avalia um ou mais desses conjuntos da função neuromuscular, é considerada uma ferramenta de avaliação funcional muscular (WARREN et al., 1999). Por outro lado, as avaliações da capacidade de produção de força muscular, podem ser influenciadas pela dor muscular, fadiga aguda e motivação do indivíduo, presente naquele período. No entanto, segundo Warren et al., (1999) a determinação da contração voluntária máxima representa uma variável confiável e válida para avaliar o dano muscular de forma indireta.

Assim, as concentrações de CK circulante no sangue, DMIT e a função neuromuscular avaliadas de forma isoladas por si só não podem fornecer uma reflexão totalmente exata do dano estrutural as células musculares. Portanto, os marcadores indiretos de dano muscular devem ser avaliados em conjuntos, com o intuito de auxiliar quantificar os distúrbios musculares pós-sessão de exercício. Por outro lado, ressaltamos que a perda e o tempo de recuperação da capacidade contrátil muscular, representam importantes parâmetros de análise para a população treinada uma vez que a capacidade neuromuscular integra e indispensável para a realização de sessões de exercícios e/ou participações em eventos competitivos.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Casuística

Participaram deste estudo 20 homens (idade média de $25,4 \pm 2,9$ anos; massa corporal de $77,9 \pm 9,1$ Kg; estatura de $1,75 \pm 2,9$ m; e percentual de gordura $13,2 \pm 6,5$ %) com experiência média de $5,4 \pm 2,7$ anos de treinamento de força; que foram homogeneamente divididos em relação à força máxima excêntrica em dois grupos: velocidade excêntrica lenta (VEL – $n=10$) e velocidade excêntrica rápida (VER – $n=10$). Todos os voluntários, foram informados sobre os procedimentos dos testes, responderam um questionário de avaliação da saúde (Anexo 2) e assinaram o *Termo de Consentimento Livre e Esclarecido* (anexo 1).

O estudo foi aprovado pelo comitê de ética da Universidade Metodista de Piracicaba – SP – Brasil sob o número de protocolo: 21/11 (anexo 3).

4.2. Critérios de Inclusão e Exclusão

Os critérios de inclusão e exclusão para participação do estudo foram: (a) ter no mínimo um ano de experiência em treinamento de força com pesos livres; (b) estar treinando de forma ininterrupta por no mínimo 6 meses; (d) não ter sofrido qualquer tipo de lesão que venha interferir no estudo; (e) não estar utilizando suplementos nutricionais à base de creatina e esteróides anabolizantes; (e) possuir estatura entre 1,70 a 1,80 metros.

4.3. Desenho experimental

Na semana que antecedeu a realização do protocolo experimental (material métodos, item 5.5) as seguintes avaliações foram realizadas: i) caracterização antropométrica da amostra; ii) determinação da força muscular máxima para cada

voluntário (teste de 1RM) e iii) familiarização com a ação muscular excêntrica e a velocidade de execução. Na seqüência, após 48 horas, foi determinado à força máxima excêntrica por meio do teste de uma repetição máxima excêntrica (1RMexc) para cada voluntário. Cinco dias após a última sessão de teste, foi realizado o protocolo experimental (item 5.5 do Material e Métodos). O dano muscular foi avaliado de forma indireta por meio do teste de 1RM; concentração da CK circulante e DMIT no período de 24 a 96 horas.

Durante a realização do protocolo experimental, os indivíduos foram instruídos a manter somente as atividades da vida diária, desta forma excluindo o efeito residual prévio de exercícios físicos. O delineamento experimental encontra-se descrito na Figura 1.

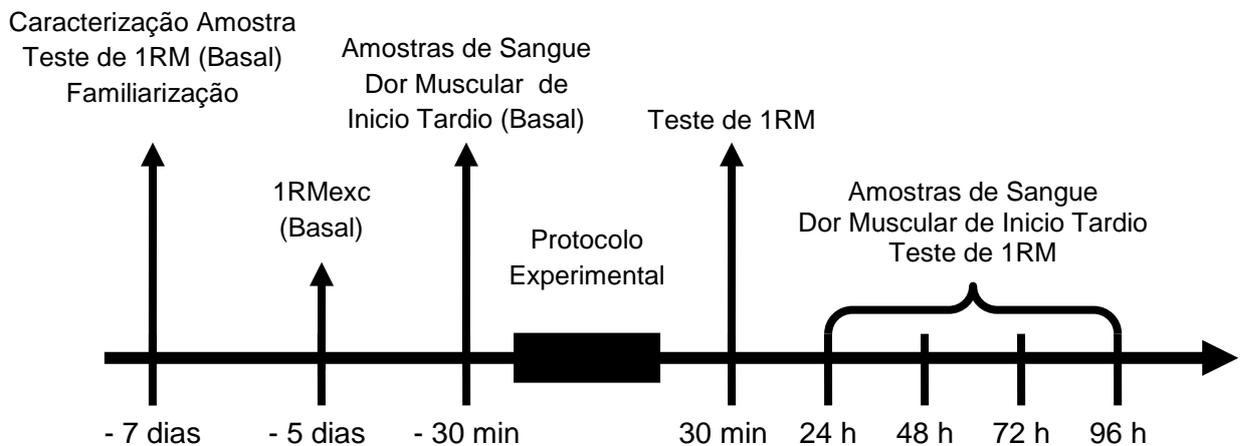


Figura 1: Diagrama esquemático do desenho experimental do estudo.

4.4. Caracterização da Amostra

As amostras foram caracterizadas por meio dos testes antropométricos (massa corporal e altura) e composição corporal (percentual de gordura) de acordo com o protocolo de sete dobras descrito por Jackson e Pollock (1978).

4.5. Testes de Força Muscular Máxima

A determinação da força muscular máxima foi avaliada no exercício supino reto com barra livre pelo teste de 1RM (BROW; WEIR, 2001) e o teste de 1RMexc (HOLLANDER et al., 2007). Antes da execução dos testes, os voluntários realizaram aquecimento de 2 a 3 séries de 5 a 10 repetições com aproximadamente 40-60% de 1RM do estimado. Os testes 1RM e 1RMexc foram realizados com intervalo de 48 horas entre os mesmos, na cadência de 3 segundos para a totalidade da amplitude de movimento, com o controle de um metrônomo (60 batidas por minuto). Os testes foram realizados com número máximo de 5 tentativas e intervalos de 3-5 minutos de recuperação entre cada tentativa. Os voluntários foram fortemente encorajados verbalmente a realizar esforços máximos durante a realização dos testes.

4.6 Estudo Piloto

Previamente a execução do protocolo experimental foram realizados três encontros, designados como estudo piloto, realizados com indivíduos de mesmas características físicas dos participantes do estudo. Resumidamente, a partir de dois parâmetros fixos: 4 series de 8 repetições; metodologia comumente empregada no treinamento de força, o estudo piloto teve como objetivo determinar: intensidade (% 1RMexc), velocidade de execução excêntrica e intervalo de recuperação entre as séries. O controle destas variáveis foi essencial para garantir que ambos os grupos (VEL e VER), completassem com similaridade o volume de exercício proposto para o protocolo experimental (material e métodos item 5.7.) em diferentes velocidades de execução de movimento excêntrico.

4.7. Protocolo Experimental

O protocolo experimental foi constituído de exercícios no supino reto com barra livre realizado em 4 séries de 8 repetições, com intensidade de 70% de 1RMexc e 2 minutos de intervalo entre as séries, na cadência de 3 segundos para o grupo VEL e 0,5 segundos para o grupo VER. Para manutenção da ação excêntrica de forma isolada, houve a necessidade da colaboração de dois assistentes, posicionados um em cada ponta da barra do supino reto, os quais ao término do movimento excêntrico posicionavam a barra na posição inicial no intervalo de 2 segundos. O controle da velocidade de execução do movimento foi realizado por meio do metrônomo, com 60 e 120 batidas por minuto para os grupos VEL e VER, respectivamente, com simultânea instrução verbal.

4.8. Dor Muscular de Início Tardio (DMIT)

A percepção de dor muscular de início tardio foi determinada conforme descrito por Hackey et al., (2008) (Anexo 4). Após palpação e leve alongamento da musculatura peitoral, os indivíduos relataram o valor correspondente da escala de 0 a 6 (0 = sem dor; 1 = dor sem significância; 2 = leve contínua dor; 3 = mais do que dor leve; 4 = dor irritante; 5 = dor severa; 6 = dor insuportável), podendo pontuar valores intermediários na escala. Para análise dos dados foi utilizada a média obtida a partir dos valores relatados para palpação e leve alongamento.

4.9. Creatina Quinase

Amostras de sangue foram obtidas por punção venosa em tubos secos a vácuo (Becton Dickinson, Juiz de Fora, MG). O soro foi separado por meio de centrifugação a 2.000 rpm durante 20 minutos a 4°C e foi armazenado à -70°C para

posterior análise. A determinação da CK foi analisada utilizando o equipamento automatizado Konelab 60i (Wiener Lab[®], Rosário, Argentina), utilizando kit comercial (Wiener Lab[®], Rosário, Argentina) a 37°C. O valor de referência para atividade da CK utilizando este método é de 195 U.L⁻¹.

5. ANÁLISE ESTATÍSTICA

- Os dados são apresentados em média e desvio padrão (\pm).
- A normalidade dos dados foi avaliada por meio do teste de Shapiro-Wilk, verificando se a distribuição dos dados ocorreu de forma normal, dentro de determinadas amplitudes (LEVINE, 2008).
- O coeficiente de correlação de Pearson foi utilizado para verificar o nível de correlação existente entre variáveis selecionadas, ou seja, determinar o relacionamento entre duas ou mais variáveis (THOMAS; NELSON, 2002).
- Foi utilizada a Análise de Variância (ANOVA –F) com dois fatores para medidas repetidas, com objetivo de verificar se três ou mais médias não são estatisticamente iguais ao longo de cada um dos seis tempos entre as duas velocidades. Em seguida, para avaliar as diferenças entre os tempos estudados de um mesmo grupo, bem como as diferenças entre os grupos, realizou-se o teste de *post hoc* de Tukey.
- Análise de regressão linear (*stepwise*) para determinar a contribuição dos marcadores indiretos (CK e DOR) sobre a queda da *performance* do teste de 1RM. A regressão *stepwise* é a técnica mais utilizada para seleção de variáveis; considera inicialmente no modelo a variável explicativa que apresenta o maior coeficiente de correlação com a variável explicada (THOMAS; NELSON, 2002). Para analisar o modelo de regressão múltipla, adotou-se o nível de significância de 10%.

Foi Adotado nível de significância de $p < 0,05$, na qual expressa a diferença suficientemente grande entre duas estatísticas comparáveis, comparadas a partir de variáveis separadas, que informam a probabilidade de essa diferença ocorrer em razão do acaso (LEVINE, 2008).

6. RESULTADOS

6.1. Força Muscular Máxima (1RM) e Excêntrica (1RMexc).

Os valores de cargas para o teste de 1RMexc, foram significativamente maiores ($p < 0.05$) quando comparado com teste de 1RM, com diferenças de 41.2% e 39.1% para os grupos VEL e VER, respectivamente. Não foi observada diferença significativa entre grupos para o teste de 1RM ($p = 0.133$) e 1RMexc ($p = 0.219$). Dados expressos na Tabela 1.

Tabela 1: Valores basais de força muscular máxima determinado pelos testes de 1RM e 1RMexc para os grupos VEL e VER.

Grupos	VEL	VER
1RM (Kg)	88,8±13,5	98,4±16,7
1RMexc (kg)	125,4±18,4	136,9±20,6

Legenda: VEL: velocidade excêntrica lenta; VER: velocidade excêntrica rápida; 1RM: uma repetição máxima; 1RMexc: uma repetição máxima excêntrica.

6.2. Volume Total de Carga levantada

Não houve diferença significativa entre os grupos ($p > 0,05$) quando o volume total da carga (séries x repetições x carga [kg]) da sessão de exercício excêntrico foi

comparado. Valores de 3.064 ± 153 kg para o grupo VER e 2.809 ± 130 kg para o grupo VEL, foram observados.

6.3. Força Máxima Muscular (teste de 1RM).

O grupo VEL obteve declínios significativos na força muscular máxima comparado aos valores basais ($p < 0.05$) durante os períodos de 30 minutos (8%) e 24 horas (7%) pós-sessão de exercício, retornando aos valores basais em 48 horas. O grupo VER demonstrou uma diminuição significativa na força muscular máxima ($p < 0.05$) em 30 minutos (9%), 24 (8%), e 48 horas (6%) pós-sessão de exercício, respectivamente, retornando aos valores basais em 72 horas. Na comparação entre grupos (VEL e VER), não foi encontrada diferença estatisticamente significativa ($p > 0.05$) em nenhum momento pós-sessão de exercício. A figura 2 representa a cinética da alteração da força muscular (1RM) no supino reto pós-sessão de exercício (dados normalizados).

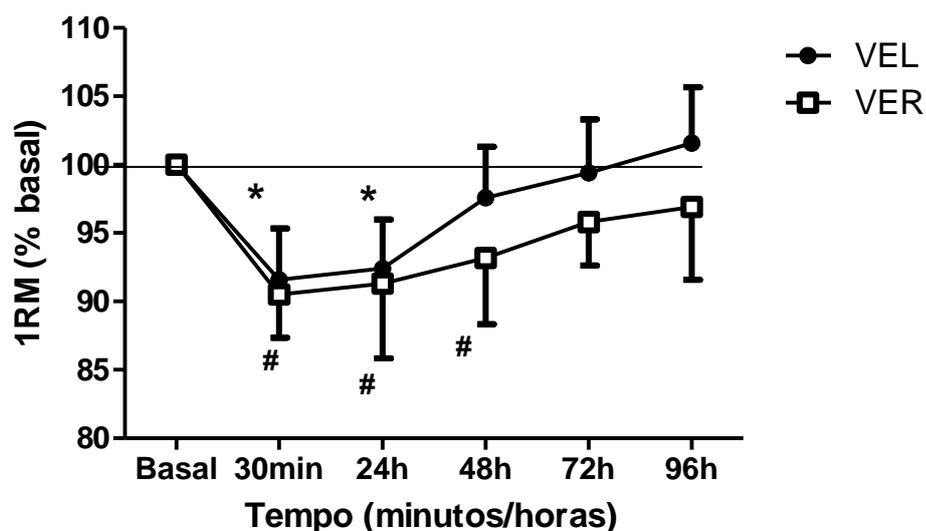


Figura 2: Valores normalizados do teste de 1RM no supino reto nos tempos: basal, 30 minutos, 24, 48, 72 e 96 horas pós-sessão de exercício. Dados expressos pela média \pm DP da percentagem (%) de alteração dos valores basais para os grupos velocidade excêntrica lenta (VEL) e velocidade excêntrica rápida (VER). # diferença significativa ($p < 0.05$) comparado aos valores basais VER; * diferença significativa ($p < 0.05$) comparados aos valores basais VEL.

6.4. Dor Muscular de Início Tardio.

Aumentos significativos ($p < 0.05$) na DMIT foram observados nos períodos de 24, 48 e 72 horas para o grupo VER e 24 e 48 horas pós-exercício para o grupo VEL. Os valores pico foram alcançados em 48 horas pós-sessão de exercício para ambos os grupos (VEL e VER). Não houve diferença significativa ($p > 0.05$) entre os grupos (Figura 3).

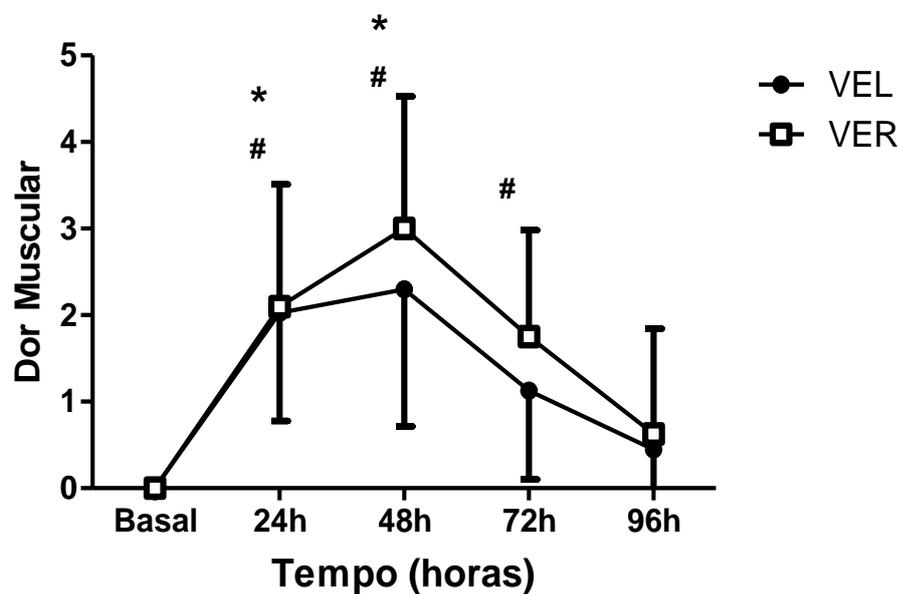


Figura 3: Dor muscular de início tardio (média \pm DP) nos tempos: basal, 24, 48, 72 e 96 horas pós-sessão de exercício para os grupos velocidade excêntrica lenta (VEL) e velocidade excêntrica rápida (VER); * diferença significativa ($p < 0.05$) comparado aos valores basais VEL. # diferença significativa ($p < 0.05$) comparados aos valores basais VER.

6.5. Concentração Sérica de Creatina Quinase (CK)

Conforme demonstrado na figura 4, ambos os grupos (VEL e VER) obtiveram aumento significativo ($p < 0.05$) e atingiram os valores pico sérico de CK em 72 horas pós-sessão de exercício. Quando comparado os valores de CK entre grupos (VEL e VER), não foi encontrada diferença significativa ($p > 0.05$) nos períodos pós-sessão de exercício.

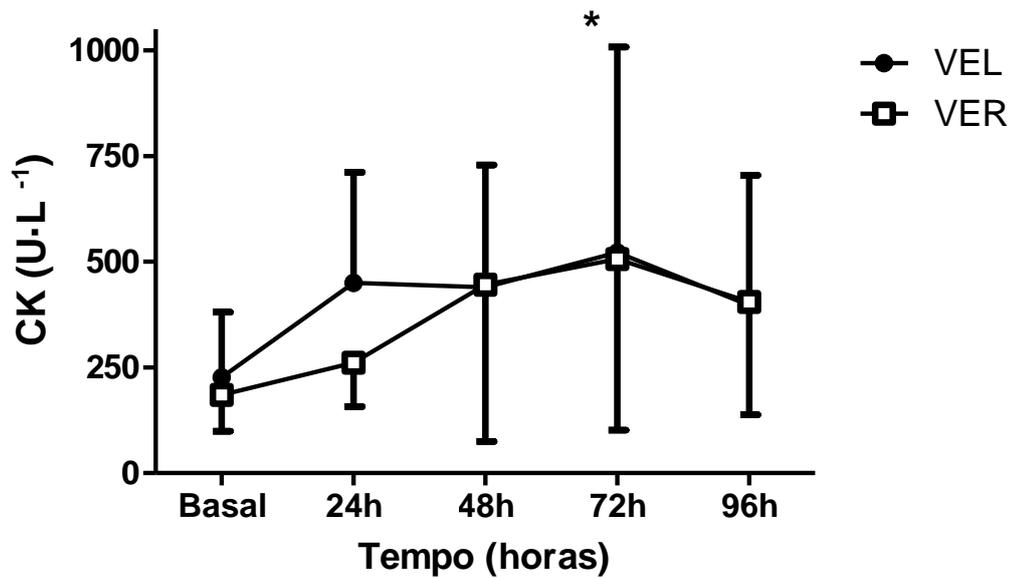


Figura 4: Concentrações séricas de creatina quinase (CK) (média \pm DP) nos tempo: basal, 24, 48, 72 e 96 horas pós-sessão de exercício para os grupos velocidade excêntrica lenta (VEL) e velocidade excêntrica rápida (VER); * diferença significativa ($p < 0.05$) comparado aos valores basais VEL e VER.

6.6. Correlações entre as variáveis do teste de 1RM, Creatina Quinase e Dor Muscular de Início Tardio em Relação ao Tempo.

A partir dos dados apresentados na tabela 2, observa-se correlação significativa entre o teste de 1RM e a concentração sérica de CK 48 horas pós-sessão de exercício para o grupo VEL. Em adição, correlação significativa entre o teste de 1RM e a percepção subjetiva de DMIT foi encontrado nos tempos de 24 horas pós-sessão de exercício para o grupo VER e de 48, 72 e 96 horas pós-sessão de exercício para o grupo VEL.

Tabela 2: Coeficiente de correlação de Pearson entre a queda percentual do teste de 1RM com os marcadores: creatina quinase (CK) e dor muscular de início tardio (DMIT) para os grupos velocidade excêntrica rápida (VER) e velocidade excêntrica lenta (VEL) ao longo de 96 horas pós-sessão de exercício.

Variáveis	Grupo	24 horas	48 horas	72 horas	96 horas
1RM x CK	VER	r = 0.21 p = 0.55	r = 0.48 p = 0.15	r = 0.37 p = 0.27	r = 0.60 p = 0.36
1RM x CK	VEL	r = 0.52 p = 0.11	r = 0.67 p = 0.03*	r = 0.09 p = 0.79	r = 0.09 p = 0.78
1RM x DMIT	VER	r = 0.71 p = 0.02*	r = 0.09 p = 0.79	r = 0.15 p = 0.66	r = -0.48 p = 0.15
1RM x DMIT	VEL	r = 0.52 p = 0.11	r = 0.64 p = 0.04*	r = 0.76 p = 0.01*	r = 0.64 p = 0.04*

Legenda: VEL: velocidade excêntrica lenta; VER: velocidade excêntrica rápida; 1RM: uma repetição máxima; CK: creatina quinase; DMIT: dor muscular de início tardio. * correlação significativa ($p < 0.05$)

6.7. Correlações entre as variáveis do teste de 1RM, Creatina Quinase

e Dor Muscular de Início Tardio em Relação ao Valor Pico.

Não houve correlação significativa para os grupos VEL e VER entre as variáveis: queda pico em relação ao valor basal do teste de 1RM e concentração sérica pico de CK (Figura 5). Na correlação entre os valores pico das variáveis: teste 1RM e DMIT não foram observadas correlação significativa para o grupo VER, por outro lado, foi encontrada correlação significativa para o grupo VEL (Figura 6).

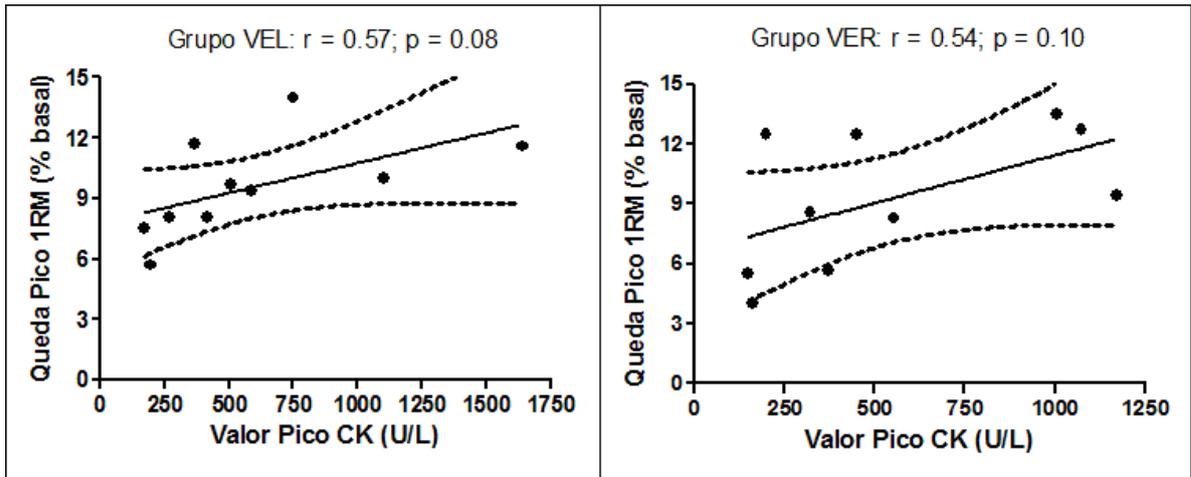


Figura 5: Correlação entre % de queda pico do teste de uma repetição máxima (1RM) e a concentração sérica pico de creatina quinase (CK) para os grupos velocidade excêntrica rápida (VER – n = 10) e velocidade excêntrica lenta (VEL – n = 10).

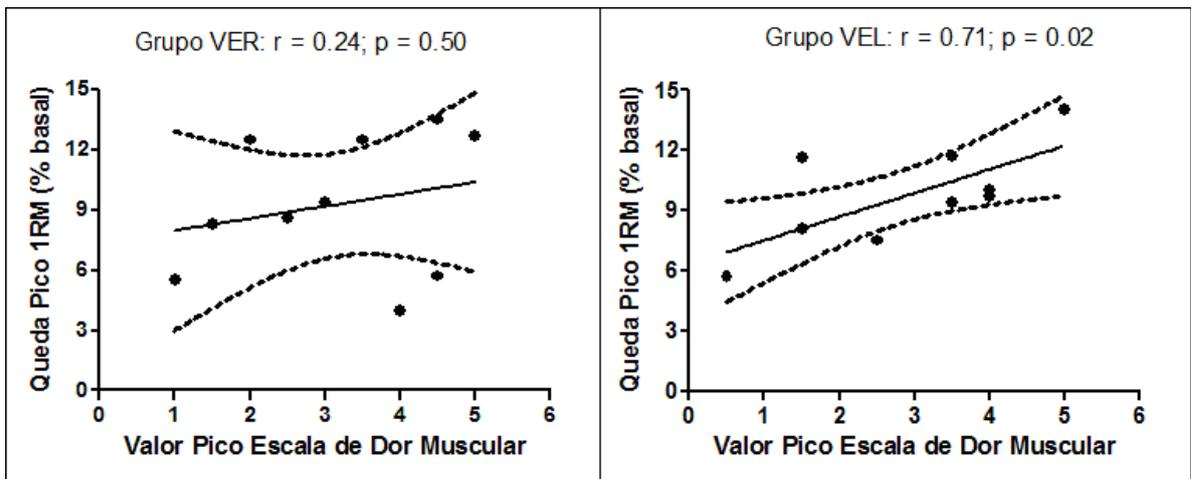


Figura 6: Correlação entre % de queda pico do teste de uma repetição máxima (1RM) e o valor pico de dor muscular para os grupos velocidade excêntrica rápida (VER – n = 10) e velocidade excêntrica lenta (VEL – n = 10).

6.8. Análise de Regressão Linear (stepwise)

Os resultados de regressão linear estão apresentados na tabela 3. A DMIT pico foi a variável que melhor explicou significativamente, com valor de 51% a queda pico no desempenho de 1RM, para o grupo VEL. Em adição, para este mesmo

grupo o valor pico de DMIT em conjunto com a CK explicou em 71% a variabilidade ($p = 0.01$) na queda pico de 1RM. A equação de regressão resultante a partir desta análise foi:

$$\text{Queda pico 1RM (\% basal)} = 5.248 + 0.002419 * \text{Valor Pico CK} + 1.046 * \text{Valor Pico DMIT}$$

Não foi observado valor significativo ($R^2 = 0.30$; $p = 0.28$) no modelo de regressão linear entre o valor pico de DMIT e CK em relação à queda pico no teste 1RM para o grupo VER.

Tabela 3: Coeficiente de determinação do valor pico dos marcadores indiretos na queda pico no teste de 1RM pós-sessão de exercício.

Variável dependente	Variável independente	R^2	p
Grupo VEL Queda pico 1RM	Valor Pico CK	0.33	0.08
	Valor Pico DMIT	0.51	0.02
Grupo VER Queda pico 1RM	Valor Pico CK	0.30	0.10
	Valor Pico DMIT	0.06	0.50

Legenda: VEL: velocidade excêntrica lenta; VER: velocidade excêntrica rápida; 1RM: uma repetição máxima; CK: creatina quinase; DMIT: dor muscular de início tardio.

7. DISCUSSÃO

Os principais achados do estudo foram: a) correlações significativas entre queda percentual do teste de 1RM e DMIT em 48, 72 e 96 horas pós-sessão de exercício para o grupo VEL e apenas em 24 horas para o grupo VER; b) correlação

significativa entre queda porcentual do teste de 1RM e CK em 48 horas para o grupo VEL; c) o valor pico de DMIT foi a variável que correlacionou e melhor explicou a queda pico no teste de 1RM para o grupo VEL. Portanto, a DMIT foi o marcador indireto de dano muscular que melhor refletiu a magnitude de queda da função neuromuscular (teste 1RM) pós-sessão de exercício para o grupo VEL. Por outro lado, ambos os marcadores indiretos (DMIT e CK) não refletiram a magnitude de queda no teste de 1RM pós-sessão de exercício para o grupo VER.

A CK-MM é uma enzima intracelular presente no tecido muscular, e sua liberação para a corrente sanguínea pode ser atribuída ao dano ultraestrutural e alteração da permeabilidade da membrana sarcoplasmática da célula muscular frente a exercício de alta intensidade e/ou não habitual (BRANCACCIO et al., 2010), por esta razão, tem sido amplamente utilizada para a determinação indireta de dano muscular pós-sessão de exercício físico. Do ponto de vista da cinética, as concentrações séricas de CK no presente estudo atingiram o valor pico 72 horas pós-sessão, com aumento significativo ($p < 0.05$) de 130% e 170% em relação ao valor basal para o grupo VEL e VER, respectivamente (figura 4). Estes dados indicam que ambos os protocolos realizados promoveram o dano muscular. Por outro lado, a *performance* neuromuscular (dados do teste de 1RM) de ambos os grupos (VEL e VER) já havia retornado aos valores basais no mesmo período de tempo (72 horas) (Figura 2).

Os dados de correlação entre as variáveis: teste 1RM e CK ao longo do tempo pós-sessão de exercício, indicaram correlação significativa apenas em 48 horas para o grupo VEL (Tabela 2), com o valor pico da CK não representando de forma significativa à queda pico da *performance* de 1RM para ambos os grupos (Figura 5). Estes dados indicam que os valores séricos da CK não representam ser

um marcador sensível da magnitude do dano muscular para a função neuromuscular pós-sessão de exercício excêntrico em homens treinados.

A capacidade de produção de força muscular envolve a ação direta das ultraestruturas e interações miofibrilares sarcoméricas, desta forma, testes que avaliam a performance neuromuscular pós-sessão de exercício, podem indicar a perda da função contrátil muscular e expressar o dano muscular indiretamente (WARREN et al., 1999). Neste sentido, Fridén e Lieber (2001), induziram, experimentalmente em coelhos, dano muscular na musculatura dorsiflexora do tornozelo (900 ações musculares excêntricas) e avaliaram os valores séricos de CK e a capacidade de produção de torque da musculatura (função muscular) nos períodos de 1, 2, 7, 14 e 28 dias após experimento. Os dados do estudo indicam que as concentrações séricas de CK foi um pobre preditor da função muscular, devido à correlação não significativa com a capacidade de produção de torque da musculatura ao longo do tempo.

Segundo Clarkson e Hubal (2002) dentre as proteínas intramusculares utilizadas como marcador indireto de dano muscular, a enzima CK-MM tem sido significativamente investigada nos estudos com exercícios de alta intensidade e/ou de características excêntricas, devido ao fato de ter maior magnitude de incremento em relação às demais proteínas e enzimas musculares e, sobretudo pelo custo das análises serem menores se comparadas a outros testes. Por outro lado, diversos estudos (SMITH et al., 1994; NOSAKA; CLARKSON, 1996; NOSAKA; NEWTON, 2002) reportam uma grande variabilidade da resposta da CK pós-sessão exercício entre sujeitos não treinados.

Nosaka e Clarkson (1996) avaliaram a variabilidade da resposta da CK com outros marcadores indiretos de dano muscular pós-sessão de exercício excêntrico

isocinético em homens não treinados. Esses autores demonstraram que o valor pico da CK se correlacionou com os valores picos dos marcadores indiretos de dano muscular, dentre estes a força máxima isométrica, com isso concluindo que a variabilidade existente da resposta da CK pós-sessão de exercício está relacionada com a variabilidade da magnitude do dano muscular entre os indivíduos (NOSAKA; CLARKSON, 1996).

Em adição, estudo que na sua metodologia utilizou indivíduos treinados, também indicou nos resultados a presença variabilidade da resposta da CK entre os voluntários (UCHIDA et al., 2009), fato que também foi observado no presente estudo, com o valor pico variando entre 173-1640 UL para o grupo VEL, e 162-1173 UL para o grupo VER. Desta forma, devido à variabilidade da resposta pós-sessão de exercício em homens treinados, a CK como marcador indireto de dano muscular deve ser avaliada de forma individualizada.

A dor muscular de início tardio é uma resposta aguda decorrente do exercício de força intenso, principalmente no exercício excêntrico, caracterizado pela sensação de desconforto muscular, que atinge seu pico entre 24 e 48h pós-exercício (FRIDÉN; LIEBER, 2001). Um dos mecanismos propostos para o desenvolvimento da DMIT seria devido ao dano estrutural e a subsequente resposta inflamatória sobre o tecido muscular e conectivo (CHEUNG et al., 2003). Os valores da cinética obtidos em nosso estudo por meio da escala de dor muscular demonstram que para o grupo VEL foram observados aumentos significativos ($p < 0.05$) na DMIT 24 e 48 horas pós-sessão, enquanto para o grupo VER obteve DMIT de forma significativa ($p < 0.05$) em 24, 48 e 72 horas pós-sessão de exercício. Por outro lado, podemos observar que no momento em que a *performance* neuromuscular (teste 1RM) retornava aos valores basais para o grupo VEL (48 horas) e VER (72 horas), os

sintomas de DMIT ainda estavam presentes de forma significativa para ambos os grupos (Figura 2 e 3).

No entanto, a avaliação da DMIT no presente estudo, foi à ferramenta mais sensível para a detecção da queda da *performance* neuromuscular em homens treinados do grupo VEL, devido à correlação significativa entre as variáveis: queda pico da performance no teste de 1RM e a DMIT pico (Figura 6). Em adição, foi a variável que apresentou a maior predição da queda pico de 1RM no modelo de regressão linear (Tabela 3). Ao longo do tempo pós-sessão de exercício, a DMIT se correlacionou com a queda da função neuromuscular (1RM) nos tempos de 48, 72 e 96 horas pós-sessão de exercício para o grupo VEL, e apenas em 24 horas para o grupo VER. Portanto, apesar de que a percepção de dor seja uma característica pessoal, e que depende da sensibilidade de cada indivíduo (CLARKSON; HUBAL, 2002), nossos dados demonstram que a utilização da escala para avaliar a percepção subjetiva de dor muscular, pode ser uma ferramenta de grande valia para a prática diária de avaliações indireta do dano muscular para a população treinada.

Em contrapartida, Nosaka e colaboradores (2002b), avaliaram os dados de diversos experimentos ($n = 110$) realizados com indivíduos não treinados em força, com o intuito de investigar a relação entre a DMIT e outros marcadores indiretos de dano muscular (força isométrica máxima, amplitude articular, circunferência e CK) que foram avaliados por um período de 4 dias pós-sessão de exercício excêntrico isocinético na musculatura flexora do cotovelo. Os dados de correlação do estudo demonstraram que a DMIT determinada por meio de palpação não se correlacionou significativamente com nenhum marcador indireto de dano muscular. Por outro lado, foi observada correlação fraca ($r < 0.32$), porém significativa ($p < 0.05$) quando a DMIT foi avaliada por flexão e extensão da musculatura com os outros marcadores

indiretos. Por causa da pobre correlação, os autores concluem que a DMIT não é um bom marcador da magnitude do dano muscular induzido pelo exercício excêntrico, e que as alterações de outros marcadores não acompanham necessariamente a DMIT em homens não treinados.

Assim, avaliações indiretas (CK e DMIT) de forma isolada por si só não podem fornecer uma reflexão totalmente exata do dano estrutural as células musculares e a capacidade contrátil muscular. Porém, no presente estudo a DMIT foi o marcador que melhor quantificou a queda da *performance* neuromuscular pós-sessão de exercício excêntrico com pesos livres em homens treinados para o grupo VEL.

8. CONCLUSÃO

Em conclusão, nossos dados demonstram que dentre os marcadores indiretos (CK e DMIT) avaliados em homens treinados em força, a DMIT foi a variável que melhor refletiu a queda da *performance* neuromuscular pós-sessão de exercício apenas para o grupo VEL. Portanto, os dados obtidos por meio destes marcadores indiretos devem ser interpretados com cautela, para a determinação grau da perda de *performance* de dano muscular induzido por exercício excêntrico com pesos livres em diferentes velocidades na população treinada. Possivelmente, o número amostral empregado no presente estudo represente uma limitação, tendo em vista a variabilidade da resposta do dano muscular e da CK entre os indivíduos.

9. APLICAÇÕES PRÁTICAS

Considerando que os marcadores indiretos de dano muscular (CK e DMIT), podem refletir diferentes magnitudes de queda da *performance* neuromuscular (teste 1RM). Os resultados do presente estudo demonstram grande aplicação prática para indivíduos treinados em força, os quais necessitam de um processo regenerativo da função neuromuscular otimizados, o que proporcionaria a aplicação de novos estímulos e uma recuperação metabólica e estrutural adequadas. Assim, a utilização da escala de percepção para avaliar a DMIT horas após a aplicação de um protocolo de treinamento de força pós-sessão de exercício excêntrico com pesos livres, se mostrou ser uma ferramenta de grande valia para refletir a magnitude da queda da *performance* neuromuscular, podendo dessa forma, ser utilizado nos ambientes de treinamento dessa modalidade, uma vez que, este método é de fácil aplicação e baixo custo.

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARMSTRONG, R.B; WARREN, G.L; WARREN.J.A. Mechanisms of exercise-induced muscle fiber injury. **Medicine and Science and Sports Exercise**. n.12, p.184-207, 1991.

BAIRD, M. F.; GRAHAM, S.M.; BAKER, J.S.; BICKERSTAFF, G.F. Creatine-kinase- and exercise-related muscle damage implications for muscle performance and recovery. **Applied Physiology Nutrition Metabolism**, p.960-963, 2012.

BARROSO, R. ; ROSCHEL, H. ; UGRINOWITSCH, C.; ARAÚJO, R. ; NOSAKA, K.; TRICOLI,V. Effect of eccentric contraction velocity on muscle damage in repeated bouts of elbow flexor exercise. **Applied Physiology Nutrition Metabolism**, v.35, n.4, p.534-540, 2010.

BIRD, S.P.; TARPENNING,K.M.; MARINO,F.E. Designing resistance training programmes to enhance muscular fitness: a review of the acute programme variables. **Sports Medicine**, v.35, n.10, p.841-851. 2005.

BRANCACCIO, P.; MAFFULLI, N.; LIMONGELLI, F.M. Creatine kinase monitoring in sports medicine. **British Medical Bulletin**, v. 81, n.1, p. 209-230, 2007.

BRANCACCIO, P.; MAFFULLI, N.; BUONAURO, R.; LIMONGELLI, F.M. Serum enzyme monitoring in sports medicine. **Clinics in Sports Medicine**, v.27, n.1, p.1-18, vii. 2008.

BRANCACCIO, P.; LIPPI, G.; MAFFULLI, N. Biochemical markers of muscular damage. **Clinical Chemistry and Laboratory Medicine**, v. 48, n. 6, p. 757-767, 2010.

BRANDENBURG, J. P.; DOCHERTY, D. The effects of accentuated eccentric loading on strength, muscle hypertrophy, and neural adaptations in trained individuals. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v.16, n.1, p.25-32, 2002.

BRENTANO, M. A.; KRUEL, L.F.M. A review on strength exercise-induced muscle damage: applications, adaptation mechanisms and limitations. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v.51, n.1, p.1-10, 2011.

BROWN.S.J.; CHILD,S.H.; DONNELLY, A.E. Exercise-induced skeletal muscle damage and adaptations following repeated bouts of eccentric muscle contractions. **Medicine Science and Sports Exercise**, v.15, p.215-222, 1997.

BROWN, L.E.; WEIR, J.P. Procedures Recommendation I: Accurate Assessment of Muscular Strength And Power. **Journal of Exercise Physiology**, v. 4, n. 3, p.1-21, 2001.

CHAPMAN, D.; NEWTON, M.; SACCO, P.; NOSAKA, K. Greater muscle damage induced by fast versus slow velocity eccentric exercise. **International Journal of Sports Exercise**, v. 27, n. 8, p. 591- 598, 2006.

CHAPMAN, D.W.; NEWTON, M.J.; ZAINUDDIN, Z.; SACCO, P.; NOSAKA, K. Work and peak torque during eccentric exercise do not predict changes in markers of muscle damage. **British Journal of Sports Medicine**, v. 42, n. 7, p. 585-591, 2008.

CHAPMAN, D. W.; NEWTON, M.J.; MCGUIGAN, M.R.; NOSAKA,K. Effect of slow-velocity lengthening contractions on muscle damage induced by fast-velocity lengthening contractions. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 25, n. 1, p. 211-219, 2011.

CHAPMAN, D. W.; SIMPSON, J.A.; ISCOE, S.; ROBINS, T.; NOSAKA, K. Changes in serum fast and slow skeletal troponin I concentration following maximal eccentric contractions. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v.15,p.2012.

CHARRO, M. A.; NOSAKA,K.; FOSCHINI, D.; FIGUEIRA, A.; BACURAU, R.F. Comparison between multiple sets and half-pyramid resistance exercise for muscle damage profile. **European Journal Sports Science**, p. 1-6, 2011.

CHARRO, M. A.; AOKIS, M.S.; COUTTS, A.J.; ARAÚJO, R.C.; BACURAU,R.F. Hormonal, metabolic and perceptual responses to different resistance training systems. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v.50, n.2, p.229-234, 2010.

CHEN, T. C. Variability in muscle damage after eccentric exercise and the repeated bout effect. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v.77, n.3, p.362-371, 2006.

CHEN, T. C.; LIN,K.Y.; CHEN,H.L.; LIN,M.J.; NOSAKA,K. Comparison in eccentric exercise-induced muscle damage among four limb muscles. **Journal of Exercise Physiology**, v.111, n.2,p.211-223, 2011.

CHEUNG, K. HUME, P. M. Delayed onset muscle soreness: treatment strategies and performance factors. **Sports Medicine**, v.33, n.2, p.145-164, 2003.

CLARKSON, P.; NOSAKA, K.; BRAUN, B. Muscle function after exercise-induced muscle damage and rapid adaptation. **Medicine Science and Sports Exercise**, v. 24, n. 5, p.512-520, 1992.

CLARKSON, P.; HUBAL, M. Exercise-induced muscle damage in humans. **American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 81, p. 52-69, 2002.

DAUBERT, M. A.; JEREMIAS, A. The utility of troponin measurement to detect myocardial infarction: review of the current findings. **Vascular health and risk management**, v.6, p.691-699, 2010.

ENOKA, R. M. Eccentric contractions require unique activation strategies by the nervous system. **Journal Applied Physiology**, v.81, n.6, p. 2339-2346, 1996.

FRIDÉN.J.; LIEBER, R.L. Serum creatine kinase level is a poor predictor of muscle function after injuri. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v.11, p.126-127, 2001.

FRY, A.C. The role of resistance exercise intensity on muscle fibre adaptations, **Sports Medicine**, v. 34, n. 10, p.663-679, 2004.

GONZALEZ-BADILLO, J. J.; GOROSTIAGA, E.M.; ARELLANO, R.; IZQUIERDO, M. Moderate resistance training volume produces more favorable strength gains than high or low volumes during a short-term training cycle. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v.19, n.3, p.689-697, 2005.

HACKNEY, K.J.; ENGELS, H.J.; GRETEBECK, R.J. Resting energy expenditure and delayed-onset muscle soreness after full-body resistance training with an eccentric concentration. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 22, n. 5, p. 1602-1609, 2008.

HELED,Y.; BLOOM,M.S.; WU,T.J.; STEPHENS,Q.; DEUSTER, P.A. CK-MM and ACE genotypes and physiological prediction of the creatine kinase response to exercise. **Journal Applied Physiology**, v.103, n.2, p.504-510, 2007.

HOLLANDER, D. B.; KRAEMER, R.R; KILPATRICK, M.W.; RAMADAN, Z.G.; REEVES, G.V; FRANCOIS, M.; HEBERT,E.P; TRYNIECKI, J.L.; Maximal eccentric and concentric strength discrepancies between young men and women for dynamic resistance exercise. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v.21, n.1, p.34-40, 2007.

HOWATSON, G.; HOAD, M.; GOODAL, S.; TALLENT, J.; BELL, P.G.; FRENCH, D.N. Exercise-induced muscle damage is reduced in resistance-trained males by branched chain amino acids: a randomized, double-blind, placebo controlled study. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v.9, n.1, p.20,2012.

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

KAVSAK, P.A.; MACRAE, A.R.; NEWMAN, A.M; LUSTING, V.; PALOMAKI, G.E.; KO, D.T.; TU, J.V.; JAFFE, A.S. Effects of contemporary troponin assay sensitivity on the utility of the early markers myoglobin and CKMB isoforms in evaluating patients with possible acute myocardial infarction. **Clinica Chimica Acta**, v.1, p.213-216, 2007.

LEVINE, D.M. **Estatística: teoria e aplicações**. Rio de Janeiro, LTC, 2008.

LINDENA, J.; KUPPER, W.; FRIEDEL, R.; TRAUTSCHOLD, I. Lymphatic transport of cellular enzymes from muscle into the intravascular compartment. **Enzyme**, v.24, p.120-131, 1979

MACHADO, M.; WILLARDSON, J.M. Short recovery augments magnitude of muscle damage in high responders. **Medicine Science and Sports Exercise**, v. 42, n. 7, p.1370-1374, 2010.

MACHADO, M.; PEREIRA, R.; WILLARDSON, J.M. Short intervals between sets and individuality of muscle damage response. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 8, p.1-21, 2011

McBRIDE, J.M.; MCCAULLEY, G.O.; CORMIE, P.; NUZZO, J.L.; CAVILL, M.J.; TRIPLETT, N.T. Comparison of methods to quantify volume during resistance exercise. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 23, n. 1, p. 106-110, 2009.

McKUNE, A.J.; SEMPLE, S,J.; PETERS-FUTRE,E.M. Acute exercise-induced muscle injury. **Biology of Sport**, v.29, n.1, p. 3-10, 2012.

NEWHAM, D.J.; JONES, D.A.; EDWARDS, R.H. Large delayed plasma creatine kinase after stepping exercise. **Muscle Nerve**, v. 6, n. 5, p. 380-385, 1983.

NOSAKA, K.; CLARKSON, P. M. Variability in serum creatine kinase response after eccentric exercise of the elbow flexors. **International Journal Sports Medicine**, v.17, n.2, p.120-127, 1996.

NOSAKA, K.; SAKAMOTO, K. Effect of elbow joint angle on the magnitude of muscle damage to the elbow flexors. **Medicine Science in Sports and Exercise**, v.33, n.1, p.22-29, 2001.

NOSAKA, K.; NEWTON, M. Difference in the magnitude of muscle damage between maximal and submaximal eccentric loading. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v.16, n.2, p.202-208, 2002.

NOSAKA, K.; NEWTON, M.; SACCO, P. Delayed-onset muscle soreness does not reflect the magnitude of eccentric exercise-induced muscle damage. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v.12, n.6, p.337-346, 2002.

NEWTON, M.J.; MORGAN, G.T.; SACCO, P.; CHAPMAN, D.W.;NOSAKA, K. Comparison of responses to strenuous eccentric exercise of the elbow flexors between resistance-trained and untrained men. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 22, n. 2, p. 597-607, 2008.

NUNES, J.A.; CREWETHER, B.T.; UGRINOWITSCH, C.; TRICOLI, V.; VIVEIROS, L.; DE ROSE JR,D.; AOKI,M. Salivary hormone and immune responses to three resistance exercise schemes in elite female athletes. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v.25, n.8, p.2322-2327, 2011.

PADDON-JONES, D.; KEECH, A.; LONERGAN, A.; ABERNETHY, P. Differential expression of muscle damage in humans following acute fast and slow velocity eccentric exercise. **Journal of Science and Medicine in Sports**, v. 8, n. 3, p.255-263, 2005.

PIMENTA, E.M.; COELHO, D.B.; CRUZ, I.R.; MORANDI, R.F.; VENEROSO, C.E.; PUSSIELDI, G.A.; CARVALHO, M.R.S.; GARCIA, E.S.; FERNANDEZ, J.A.P. The ACTN3 genotype in soccer players in response to acute eccentric training. **European Journal of Applied Physiology**, v.112, n.4,p.1495-1503, 2011.

PROSKE, U.; MORGHAN, D.L. Muscle damage from eccentric exercise: mechanism, mechanism signs, adaptations and clinical applications. **Journal of Physiology**, v. 537, n. 2, p. 333-345, 2001.

PROSKE, U.; ALLEN, T.J. Damage to skeletal muscle from eccentric exercise. **Exercise and Sport Sciences Reviews**, v.33, n.2, p.98-104, 2005.

ROIG, M.; BRIEN, K.O.; KIRK, G.; MURRAY, R.; MCKINNON, P.; SHADGAN, B.; REID, W.D. The effects of eccentric versus concentric resistance training on muscle strength and mass in healthy adults: a systematic review with meta-analysis. **British Journal of Sports Medicine**, v.43, n.8, p.556-568, 2009.

ROIG, M.; MACINTYRE, D.L; ENG, J.J.; NARICI, M.V.; MAGANARIS, C.N.; REID, W.D. Preservation of eccentric strength in older adults: evidence, mechanisms and implications for training and rehabilitation. **Experimental Gerontology**, v. 45, p. 400–409, 2010.

ROTH, S.M.; MARTEL, G.F.; IVEY ,F.M.; LEMMER, J.T.; METTER, E.J.; HURLEY, B.F.; ROGERS,M.A. High-volume, heavy-resistance strength training and muscle damage in young and older women. **Journal Applied Physiology**, v.88, p. 1112-1118, 2000.

SEWRIGHT, K. A.; HUBAL, M.J.; KEARNS, A.; HOLBROOK, M.T.; CLARKSON, P.M. Sex differences in response to maximal eccentric exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.40, n.2, p.242-245, 2008.

SMITH, L.L. Acute inflammation: the underlying mechanism in delayed onset muscle soreness? **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.23.n.5, p.542-551, 1991.

SMITH, L.L.; FULMER, M.G.; HOLBERT, D.; MCCAMMON, M.R.; HOUMARD, J.A.; FRAZER, D.D.; NSIEN, E.; ISRAEL, R.G. The impact of a repeated bout of eccentric

exercise on muscular strength, muscle soreness and creatine kinase. **British Journal Sports Medicine**, v.28, p.267-271,1994.

SMITH, L.L.; ANWAR, A.; FRAGEN, M.; RENANTO, C.; JOHNSON, R.; HOLBERT, D. Cytokines and cell adhesion molecules associated with high-intensity eccentric exercise. **European Journal of Applied Physiology**, v.82, n.1-2,p.61-67,2000.

SORICHTER, S.; MAIR, J.; KOLLER, A.; MULLER, E.; KREMSER, C.; JUDMAIER, W.; HAID, C.; CALZOLARI, C.; PUSCHENDORF, B. Creatine kinase, myosin heavy chains and magnetic resonance imaging after eccentric exercise. **Journal Sports Science**, v. 19, n. 9, p.687-691, 2001.

TEE, J.C.; BOSH, A.N.; LAMBERT, M.I. Metabolic consequences of exercise-induced muscle damage. **Sports Medicine**, v. 37, n. 10, p. 827-836, 2007.

THOMAS, J.R.; NELSON, J.K. **Métodos de pesquisa em atividade física**. 6. ed. Porto Alegre: Editora ArtMed. 2002.

TRICOLI, W. Mecanismos envolvidos na etiologia da dor muscular tardia. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v.9, n.2, p.39-44, 2001.

UCHIDA, M.C.; NOSAKA, K.; UGRINOWITSCH, C.; YAMASHITA, A.; MARTINS JR, E.; MORISCOT, A.S.; AOKI, M.S. Effect of bench press exercise intensity on muscle soreness and inflammatory mediators. **Journal Sports Science**, v.27, n.5, p. 499-507, 2009.

VINCENT, B.; WINDELINCKX, A.; NIELENS, H.; RAMAEKERS, M.; LEEMPUTTE, M.V.; HESPEL, P.; THOMIS, M.A. Protective role of alpha-actinin-3 in the response to an acute eccentric exercise bout. **Journal Applied Physiology**, v.109, n.2, p.564-573, 2010.

YAMIN, C.; AMIR, O.; SAGIV, M.; ATTIAS, E.; MECKEL, Y.; EYNON, N.; SAGIV, M.; AMIR, R.E. ACE ID genotype affects blood creatine kinase response to eccentric exercise. **Journal Applied Physiology**, v.103, n.6, p.2057-2061, 2007.

YAMIN, C.; DUARTE, J.A.R.; OLIVEIRA, J.M.F.; AMIR, O.; SAGIV, M.; EYNON, N.; SAGIV, M.; AMIR, R.E. IL6 (-174) and TNFA (-308) promoter polymorphisms are associated with systemic creatine kinase response to eccentric exercise. **European Journal of Applied Physiology**, v.104, n.3,p.579-586, 2008.

WARREN, G.L.; LOWE, D.A.; ARMSTRONG, R.B. Measurement tools used in the study of eccentric contractions-induced injury. **Sports Medicine**, v. 27, n. 1, p. 43-59, 1999.

WILLARDSON, J. M.; BURKETT, L.N. The effect of different rest intervals between sets on volume components and strength gains. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v.22, n.1,p.146-152, 2008.

WILLOUGHBY, D.S.; MCFARLIN, B.; BOIS, C. Interleukin-6 expression after repeated bouts of eccentric exercise. **International Journal of Sports Medicine**, v.24, p.15-21, 2003.

11. ANEXOS

ANEXO 01 - Termo de Consentimento Livre Esclarecido – TCLE

UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA – UNIMEP
FACULDADE DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
MESTRADO EM EDUCAÇÃO FÍSICA

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Título da Pesquisa:

“Efeito da velocidade de contração excêntrica aguda de alta intensidade sobre a performance motora e dano muscular”

Responsáveis pelo projeto: Prof^a Dr^a Rozangela Verlengia

Prof. Dr. Charles Ricardo Lopes

Alunos: Adriano de Almeida Pereira

Alex Harley Crisp

Marina Donato Crepaldi

Rafael Dramis Calixto

Tiago Batista de Carvalho

Instituição: Universidade Metodista de Piracicaba – Faculdade de Ciências da Saúde – Mestrado em Educação Física na área de Performance Humana.

O presente trabalho tem por objetivo verificar o efeito da velocidade do movimento muscular na resposta do estresse do músculo e capacidade de produzir força de indivíduos jovens intermediários no treinamento de força. Para participar do estudo você realizará: medidas do seu peso corporal e de sua altura, utilizando uma balança para a pesagem e uma régua graduada para a medida da altura, também será medida a espessura das dobras cutâneas. Na sequência você realizará um único exercício de força utilizando uma barra e pesos (anilhas – supino reto). O peso a ser usado durante o exercício será previamente determinado a partir de teste que irá verificar qual é peso que você consegue levantar. Você deverá responder a perguntas que procuram quantificar a possível sensação de dor muscular após a realização dos exercícios, utilizando uma escala de números. Antes e após a realização do exercício (0, 15 e 30 minutos e 24, 48, 76 e 92 horas) será colhida amostra de sangue através da veia do braço utilizando material estéril e descartável. A quantidade de sangue será de 10 mL a cada coleta. A coleta de sangue será realizada por um profissional especializado da área da enfermagem e todo o material gerado durante a coleta será colocados dentro de recipientes (caixa de papelão) adequados e resistentes à perfuração e posteriormente devidamente descartados (lixo hospitalar). A partir das amostras de sangue coletado, serão determinados parâmetros orgânicos (proteína quinase) relacionados com o ganho de força e também o seu material genético (DNA genômico) será obtido usando reagentes adequados. O seu material genético será utilizado exclusivamente para avaliar a variação (os polimorfismos) relacionada à informação (gene) da proteína interleucina-6 e fator de necrose tumoral-alfa, a qual é produzida pelo músculo durante a realização do exercício e pode contribuir na eficiência na realização do exercício. Todo o material coletado será armazenado no freezer -20°C , do laboratório de pesquisa de Performance Humana: Aplicado a Bioquímica Imunologia

e Biologia Molecular da Universidade Metodista de Piracicaba, devidamente identificado por meio de código, evitando desta forma a identificação dos voluntários dos estudos, pelo período de vigência do projeto e o preparo e divulgação dos dados obtidos. Em seguida este será descartado após a destruição do material genético por meio do acréscimo ácido clorídrico e colocado em lixo hospitalar.

Você terá a opção de escolher entre ser informado ou não sobre os resultados de seus exames. Da mesma forma, você terá acesso a todos os seus exames, inclusive aos seus dados sobre o material genético, assim como terão o direito de retirá-los de bancos onde se encontram armazenados a qualquer momento.

Você terá acesso, a qualquer tempo, às informações sobre procedimentos, riscos e benefícios relacionados à pesquisa, inclusive para diminuir eventuais dúvidas e para retirar seu consentimento e deixar de participar do estudo, sem que isto traga prejuízo à continuidade da assistência. Salva a guarda da confiabilidade, sigilo e privacidade. Indenização por eventuais danos à saúde decorrentes da pesquisa. Não haverá despesa para a você para a participação na pesquisa.

Você será acompanhado pelos responsáveis da pesquisa, bem como por colaboradores qualificados (monitores e auxiliares técnicos e profissional de enfermagem) durante todos os procedimentos da pesquisa. Toda e qualquer dúvida sobre o projeto será esclarecida pelo responsável por meio de telefone ou pessoalmente após agendamento. Os resultados do trabalho serão publicados nos meios acadêmicos, entretanto os resultados individuais de cada voluntária e sua identificação serão mantidos em sigilo e os seus dados serão somente acessíveis aos pesquisadores envolvidos no trabalho, não sendo permitido a utilização deste material por outros indivíduos (terceiros) e nem ser fornecidos para cruzamento com outros dados armazenados para propósitos judiciais ou outros fins. Caso seja necessário o uso do material coletado para outras análises, esse uso só será realizado com o seu consentimento e frente a realização de um novo procedimento (protocolo) de pesquisa com a aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa Humana.

Eu:.....

Data de Nascimento:...../...../..... **RG N°** :.....

Sexo : ()M ()F

Endereço :

N°.....**Compl** :.....

Bairro : **Cidade**

CEP.....-.....

Telefone : (.....)..... (.....).....

Número de identificação:/21/11

CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Declaro que após convenientemente esclarecido pelo pesquisador e ter entendido o que me foi explicado, aceito participar da presente pesquisa.
Piracicaba... de.....de 2012.

CONTATO

Prof^a Dr^a Rozangela Verlengia

Profissão: Bióloga – Professora e pesquisadora

Endereço: Rodovia do Açúcar, Km 156, sem número, bloco 7, sala número 39

Telefone: (019) 3124-1515- ramal 1231

ANEXO 02 – Questionário para a avaliação da saúde

Anexo 02**QUESTIONÁRIO PARA AVALIAÇÃO DA SAÚDE** Data /...../.....IDENTIFICAÇÃO:

Número de identificação:/21/11

Data de Nascimento: / / Sexo:..... Profissão:

QUEIXAS ATUAIS:

- () dor no peito () falta de ar com o esforço () falta de ar em repouso
 () inchaço no tornozelo () tontura () desmaio
 () batadeira no coração () dor ao andar () dor lombar () dor em joelho
 () dor no ombro () dor de cabeça () nenhuma
 () outras queixas:.....

Detalhe a(s) queixa(s) (início, duração, último episódio, se tem relação com o exercício):.....

DOENÇAS PREEEXISTENTES

Você tem alguma doença? () Não () Sim,

Está em tratamento médico ou realiza *check-up* regularmente? () Não () Sim,

Usa medicamentos? () Não () Sim,

ANTECEDENTES PESSOAIS:

cirurgia () Não () Sim,

trauma (fratura, entorse) () Não () Sim,

outros Não () Sim,

ANTECEDENTES FAMILIARES:

doença cardíaca () Não () Sim,

morte súbita () Não () Sim,

outras doenças () Não () Sim,

HÁBITOS DE VIDA:

Pratica exercício físico: () Não () Sim,

.....

Etilismo: () Não () Sim. Dias/semana?

Tabagismo () Sim,..... () Parou há () Nunca

Avaliador

ANEXO 3 – Certificado de Aprovação Comitê de Ética em Pesquisa – UNIMEP



CEP-UNIMEP
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

CERTIFICADO

Certificamos que o Projeto de pesquisa intitulado *“Efeito da Velocidade de Contração Excêntrica Aguda de Alta intensidade sobre a Performance Motora e Dano Muscular e a Influência do Polimorfismo de gene pro-inflamatório”*, sob o protocolo n° 21/11, da Pesquisadora *Profa.Dra. Rozangela Verlêngia* está de acordo com a Resolução n° 196/96 do Conselho Nacional de Saúde/MS, de 10/10/1996, tendo sido aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa – UNIMEP.

We certify that the research project with title *“Effects of acute eccentric contraction speed high intensity on motor performance and muscle damage and the influence of gene polymorphism of pro-inflammatory”*, protocol n° 21/11, by Researcher *Profa.Dra. Rozangela Verlêngia* is in agreement with the Resolution 196/96 from Conselho Nacional de Saúde/MS and was approved by the Ethical Committee in Research at the Methodist University of Piracicaba – UNIMEP.

Piracicaba, SP, 27 de maio de 2011.

Prof. Rodrigo Batagello
Coordenador CEP - UNIMEP

ANEXO 4 – Escala para Determinação da Percepção Subjetiva da Dor Muscular

Escala para Determinação da Percepção Subjetiva de Dor Muscular Tardia

Descrição da relação numérica com a percepção de da Dor Muscular Tardia segundo Hackey et al. (2008).

0 = sem dor

1 = dor sem significância

2 = leve contínua dor

3 = mais do que dor leve

4 = dor irritante

5 = dor severa

6 = dor insuportável