

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

**RESPOSTA AGUDA DA VELOCIDADE DA AÇÃO MUSCULAR  
EXCÊNTRICA NO DANO MUSCULAR, PERFORMANCE  
NEUROMUSCULAR E DOR MUSCULAR DE INÍCIO TARDIO EM  
HOMENS TREINADOS**

**TIAGO BATISTA DE CARVALHO**

**PIRACICABA-SP**

**2012**

**RESPOSTA AGUDA DA VELOCIDADE DA AÇÃO MUSCULAR  
EXCÊNTRICA NO DANO MUSCULAR, PERFORMANCE  
NEUROMUSCULAR E DOR MUSCULAR DE INÍCIO TARDIO EM  
HOMENS TREINADOS**

**TIAGO BATISTA DE CARVALHO**

**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 e Esporte, sob orientação da Professora Dra. Rozangela Verlengia.

**PIRACICABA-SP**

**2012**

**UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA  
FACULDADE DE CIENCIAS 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 João Paulo Borin  
Universidade Estadual de Campinas

Observações: \_\_\_\_\_

**DATA: 29 FEVEREIRO DE 2012  
Piracicaba - SP**

## AGRADECIMENTOS

À todos os professores do curso de mestrado em Educação Física pelo conhecimento transmitido no decorrer das aulas, em especial, à minha orientadora *Professora Dra. Rozangela Verlengia* que sempre esteve de prontidão para orientar e ensinar novos conhecimentos.

Agradeço aos meus amigos do curso: Adriano de Almeida Pereira, Rafael Calixto Dramix, Alex Harley Crisp, Marina Crepaldi Donato, pela dedicação, apoio e colaboração para a finalização deste estudo, pois sem a ajuda de vocês seria impossível realizar minha dissertação. Valeu galera!!!

E a todas as outras pessoas que direta ou indiretamente contribuíram de alguma forma para conclusão deste trabalho.

Finalmente aos meus pais, pela sabedoria e paciência nos momentos difíceis. A vocês, pais por natureza, por opção e amor, não bastaria dizer, que não tenho palavras para agradecer tudo isso. Amo vocês..!

À todos meus sinceros agradecimentos...!

## SUMÁRIO

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	iv
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	vii
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	viii
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	ix
<b>RESUMO</b> .....	x
<b>ABSTRACT</b> .....	xi
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	12
<b>2 OBJETIVO E HIPÓTESE</b> .....	12
2.1 Objetivo Geral .....	15
2.2 Objetivos Específicos .....	15
2.3 Hipótese .....	15
<b>3 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	16
3.1 Treinamento de Força .....	16
3.2 Mecanismo do Dano Muscular pelo Exercício Excêntrico .....	20
3.3 Marcadores do Dano Muscular e Exercício Excêntrico .....	20
3.4 Avaliação da Performance Neuromuscular e Dano Muscular .....	23
3.5 Velocidade da Ação Muscular Excêntrica e Dano Muscular .....	25
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	28
4.1 Casuística .....	28
4.2 Critérios de Inclusão e Exclusão .....	28
4.3 Caracterização da Amostra .....	28
4.4 Desenho experimental .....	29

4.5	Protocolo de Treinamento .....	30
4.6	Avaliação da Performance Neuromuscular e DMIT .....	31
4.6.1	Determinação da força muscular máxima 1RM e 1RMexc .....	31
4.6.2	Arremesso de Medicine Ball .....	32
4.6.3	Determinação da Dor Muscular de Início Tardio (DMIT) .....	32
4.7	Determinação sérica da CK e LDH .....	33
4.7.1	Análise da Creatina Kinase (CK) e Lactato Desidrogenase (LDH) .....	33
<b>5</b>	<b>ANÁLISE ESTATÍSTICA .....</b>	<b>33</b>
<b>6</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>34</b>
6.1	Caracterização dos Sujeitos .....	34
6.2	Força Muscular Máxima (1RM) e Excêntrica (1RMexc) .....	34
6.3	Volume Total de Carga .....	35
6.4	Força Muscular Máxima (1RM) .....	35
6.5	Arremesso de Medicine Ball .....	36
6.6	Percepção Subjetiva de Dor Muscular de Início Tardio .....	37
6.6	Atividade CK e LDH sérica .....	38
<b>7</b>	<b>DISCUSSÃO .....</b>	<b>39</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>46</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>57</b>

## LISTA DE TABELAS

<b>TABELA 1:</b> Protocolo de treinamento empregado para os grupos VEL e VER.....	31
<b>TABELA 2:</b> Caracterização dos sujeitos para os grupos VEL e VER. Dados expressos como média e desvio padrão .....	34
<b>TABELA 3:</b> Valores basais de força muscular máxima determinado pelos testes de 1RM e 1RMexc.....	35
<b>TABELA 4:</b> Valores médios, desvio padrão e valor-p dos grupos VEL e VER pós-sessão de exercício para as concentrações séricas de CK (U·L -1).....	38

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 1:</b> Posicionamento inicial no exercício de supino reto para realização do protocolo experimental. ....	29
<b>FIGURA 2:</b> Diagrama esquemático do desenho experimental do estudo.....	30
<b>FIGURA 3:</b> Resultados da força máxima ao longo do tempo 0-96h pós-sessão de exercício.....	36
<b>FIGURA 4:</b> Resultados do Arremesso de <i>Medicine Ball</i> ao longo do tempo pós-sessão de exercício.....	37
<b>FIGURA 5:</b> Resultado da Percepção Subjetivo da Dor Muscular de Início Tardio ao longo do tempo de 0-96h pós-sessão de exercício. ....	37



## LISTA DE ABREVIATURAS

CK – Creatina Quinase

LDH – Lactato Desidrogenase

1RM – Uma Repetição Máxima

1RMexc – Uma Repetição Máxima Excêntrica

DMIT – Dor Muscular de Início Tardio

VEL: Velocidade Excêntrica Lenta

VER: Velocidade Excêntrica Rápida

## RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito agudo da velocidade do exercício excêntrico sobre o teste de uma repetição máxima (1RM), arremesso de *medicine ball*, dor muscular de início tardio (DMIT) e concentrações séricas de creatina quinase (CK) e lactato desidrogenase (LDH) ao longo de 96h pós-sessão de exercício em homens treinados. Participaram deste estudo 20 homens ( $25,4 \pm 2,9$  anos;  $77,9 \pm 9,1$  Kg;  $1,75 \pm 2,9$  m;  $13,2 \pm 6,5$  % gordura) experientes no treinamento de força ( $5,4 \pm 2,7$  anos). Os voluntários foram divididos de forma homogênea em relação aos valores do teste de uma repetição máxima excêntrica (1RMexc) em dois grupos: VEL (velocidade excêntrica lenta) e VER (velocidade excêntrica rápida). Ambos os grupos realizaram 4 séries de 8 repetições a 70% de 1RMexc e 120s de intervalo entre as séries no exercício de supino reto. A velocidade da ação muscular excêntrica foi de 3s para o grupo VEL e de 0,5s para o grupo VER. O teste de 1RM e arremesso de *medicine ball* foram realizados nos períodos de 30 min; 24, 48, 72 e 96h pós-sessão de exercício, enquanto os parâmetros: DMIT, concentrações séricas de CK e LDH em 24, 48, 72 e 96h pós-sessão de exercício para ambos os grupos de estudo. A análise estatística foi realizada por meio do teste de análise de variância (ANOVA) com *post hoc* de *Turkey*, sendo adotado como valor de referência significativa  $p \leq 0,05$ . O grupo VER apresentou perdas significativas na produção de força (1RM) ( $p < 0,05$ ) por até 72h pós-sessão de exercício, por outro lado, o grupo VEL obteve perdas significativas somente até 24h. O declínio da capacidade de arremesso de *medicine ball* no VER foi observado por até 48h após o protocolo experimental, sendo que para o grupo VEL não foram observadas alterações nos períodos de 0-96h ( $p > 0,05$ ). Valores pico de CK sérica foram observados 72h pós-sessão de exercício para ambos os grupos. O valor pico encontrado para a DMIT em ambos os grupos foi em 48h pós-sessão. A LDH não sofreu alteração nos grupos estudados. Não foram observadas diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) entre os grupos (VEL e VER) para todas as variáveis estudadas. Desta forma, os resultados encontrados no presente estudo indicam que a velocidade da ação muscular excêntrica realizado com peso livre e com volumes de carga equalizados não influencia na magnitude do dano muscular ao longo de 96h pós-sessão de exercício em homens treinados.

**Palavra-Chave:** Exercício excêntrico, avaliação biomotora; contração muscular, marcadores indiretos e microlesões.

## ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the acute effects of the velocity of eccentric resistance exercise on maximum strength (1RM), projection of medicine ball, delayed onset muscle soreness (DOMS), creatine kinase levels (CK), lactate deshydrogenase (LDH) along the time course of 96 hours post-exercise in trained men. Participated in this study trained twenty men ( $25,4 \pm 2,9$  years;  $77,9 \pm 9,1$ kg;  $13,2 \pm 6,5\%$  of fat. The volunteers were separated in two groups, based on similar maximal eccentric strength (1RM<sub>ecc</sub>): slow eccentric velocity (SEV) and fast eccentric velocity (FEV). Both groups performed four series of eight repetitions at 70% of 1RM<sub>ecc</sub>, and interval between series were 120 seconds in supine exercise. The velocity of was 3 seconds for LEV and 0,5 seconds for FEV. The 1 RM test and projection of medicine ball were realized at 30 minutes, 24, 48, 72, and 96 hours post-exercise, while parameters like DOMS, CK and LDH 24, 48, 72 and 96 hours post-exercise. Statistical analysis was performed by means of the analysis of variance (ANOVA) with post hoc Turkey, was adopted as reference value significant  $p \leq 0,05$ . FEV presented significant decreases in maximum strength ( $p < 0,001$ ) until 72 hours post-exercise, in contrast SEV presented decreased strength until 24 hours. A decreased capacity of projection of medicine ball was observed HEV 48 hours post-exercise, while no alterations were found in SEV trough 0-96 hours post-exercise ( $p < 0,001$ ). Peak values of CK were observed 72 hours post-exercise. LDH not suffer alterations in the groups studied. There was no significant differences between EEV and SEV for all parameters. The results in the present study indicate that the velocity of eccentric exercise realized with free weights and training volume equalized do not influence muscle damage along 96 hours post-resistance exercise in trained men.

**Keyword:** strength training, eccentric muscle action, eccentric 1RM, muscle damage, CK, LDH, muscle strength.

## 1 INTRODUÇÃO

O treinamento de força é amplamente utilizado por atletas e não-atletas como método para induzir ganhos de força, potência e hipertrofia muscular (KRAEMER; RATAMESS, 2004; ACSM, 2009). A efetividade de programas de treinamento de força é dependente de vários fatores incluindo: intensidade, volume total da carga (séries x repetições x carga [kg]), modo de execução (pesos livres, máquinas e dinamômetros isocinéticos) e ações musculares (isométrica, concêntrica e excêntrica). Em adição, o intervalo de recuperação entre as séries e exercícios, escolha e ordem destes, amplitude articular e velocidade da ação muscular devem ser manipulados para buscar a quebra constante da homeostase e gerar respostas adaptativas (FEIGENBAUM; POLLICK, 1999; BIRD; TARPENNING; MARINO, 2005; SPIERING et al., 2008).

É consenso na literatura que uma sessão de exercício de alta intensidade e volume ou realizado por indivíduos não habituados a realizar exercícios físicos regularmente, geram dano muscular, com maior magnitude evidenciada nos exercícios que enfatizam as ações musculares excêntricas (PROSKE; MORGAN, 2001; CLARKSON; HUBAL, 2002; TEE; BOSCH; LAMBERT, 2007).

O dano celular é caracterizado por rupturas ultraestruturais sarcoméricas, resultando em aumento de proteínas citoesqueléticas na corrente sanguínea como a creatina quinase (CK) e lactato desidrogenase (LDH) (CLARKSON; HUBAL, 2002; BRANCACCIO; LIPPI; MAFFULLI, 2010). Do ponto de vista funcional, o dano muscular pode resultar em redução da função neuromuscular, de forma que a magnitude do mesmo pode influenciar a queda da performance por vários dias após a realização da sessão de exercícios excêntricos (BYRNE; TWIST; ESTON, 2004).

Portanto, o tempo de recuperação entre sessões de exercícios representa uma variável importante para o processo adaptativo frente ao treinamento, que quando realizados de forma inadequada podem contribuir para a queda acentuada da performance e iniciar em estado de *overtraining* (SMITH, 2004; BISHOP; JONES; WOODS, 2008). Desta forma, estudos agudos que investigam a influência da manipulação das variáveis do treinamento sobre o desempenho muscular contribuem para prescrição e criação de estratégias mais eficientes para a elaboração dos períodos de treinamento e tempo de recuperação.

Neste sentido, a manipulação das variáveis agudas durante a realização do exercício físico excêntrico, pode influenciar a magnitude do dano e declínio da performance neuromuscular (NOSAKA; SAKAMOTO, 2001; NOSAKA; NEWTON, 2002), dentre estas, a velocidade de execução da ação muscular. Estudos realizados de forma aguda demonstraram que a velocidade rápida da ação muscular excêntrica promove maior magnitude de dano muscular (CHAPMAN et al., 2006; CHAPMAN et al., 2008). Por outro lado, existem estudos que não confirmam estes resultados (PADDON-JONES et al., 2005; BARROSO et al., 2010). No entanto, comparações entre estes estudos são dificultadas devido a não equalização do volume total de trabalho aplicado. 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 são equalizados (PASCHALIS et al., 2005; UCHIDA et al., 2009; CHARRO et al., 2011).

Em relação aos exercícios com pesos livres, a prescrição da intensidade do exercício excêntrico tem sido frequentemente realizados por percentuais do teste de 1RM (SMITH et al., 2000; OJASTO; HÄKKINEN et al., 2009; UCHIDA et al., 2009). Contudo, Hollander et al., (2007) demonstraram que a ação muscular máxima

excêntrica avaliada pelo teste de 1RM excêntrico (1RMexc), induz maior capacidade de produção de força em exercícios livres (20-60%), quando comparados com a ação muscular máxima concêntrica avaliada pelo teste de 1RM em homens jovens treinados. Desta forma, a intensidade de treinamento observada sobre o aspecto da individualização da ação muscular excêntrica torna-se relevante, uma vez que pode potencializar as adaptações crônicas e desempenho atlético no processo contínuo de treinamento, e reduz o potencial para lesões devido à aplicação de cargas não adequadas.

Neste contexto, apesar dos pesos livres e máquinas serem o modelo mais utilizado por atletas e não-atletas em rotinas de treinamento, grande parte dos experimentos utilizaram dinamômetros isocinéticos para avaliar os efeitos da velocidade da ação muscular excêntrica em indivíduos não treinados em força (PADDON-JONES et al., 2005; CHAPMAN et al., 2006; CHAPMAN et al., 2008; BARROSO et al., 2010; CHAPMAN et al., 2011). Por outro lado, os resultados destes estudos dificultam sua reprodução em rotinas de treinamento, o que demonstra uma limitação prática dos resultados.

## **2 OBJETIVOS E HIPÓTESE**

### ***2.1 Objetivo Geral***

Avaliar o efeito de diferentes velocidades da ação muscular excêntrica aguda (3s versus 0,5s) no exercício supino reto, com intensidade prescrita por meio do percentual de 1RM<sub>exc</sub> e volume total de carga equalizados sobre a resposta de marcadores indiretos de dano muscular ao longo de 96h pós-sessão de exercício em homens treinados em força.

### ***2.2 Objetivos Específicos***

- Verificar o impacto da velocidade da ação muscular excêntrica lenta (3s) e rápida (0,5s) de forma isolada no supino reto sobre a resposta neuromuscular ao longo de 96h pós-sessão de exercício;
- Analisar a cinética da CK e LDH frente às duas velocidades da ação muscular excêntrica (rápida 0,5s e lenta 3s) ao longo de 96h pós-sessão de exercício;
- Comparar as diferentes velocidades da ação muscular excêntrica sobre a dor muscular de início tardio ao longo de 96h pós-sessão de exercício.

### ***2.3 Hipótese***

Nossa hipótese é que diferentes velocidades da ação muscular excêntrica (3s versus 0,5s) realizada de forma isolada para o exercício de supino reto livre com volume total de carga equalizado, não produziria diferenças significativas na magnitude do dano muscular ao longo de 96h pós-sessão de exercício em homens treinados.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### **3.1 *Treinamento de força***

O treinamento de força é uma modalidade de exercício que tem crescido em popularidade nas últimas duas décadas, particularmente pelos seus benefícios nos ganhos de força e hipertrofia muscular, potência e velocidade, resistência muscular localizada, equilíbrio e coordenação (KRAEMER; RATAMESS, 2004). Este tipo de treinamento é frequentemente realizado com pesos livres, máquinas de peso, peso corporal, elásticos, e outras formas de equipamentos (WARREN, 1991; MICHAEL; ROZENEK, 2001).

Um programa de treinamento de força é composto por muitas variáveis, que incluem: a) tipo e velocidade da ação muscular; b) tipo de resistência; c) volume do treinamento (numero total de séries, repetições e carga); d) seleção dos exercícios e estruturação da sessão de treinamento (ex. o número de grupos musculares a serem treinados em uma sessão); e) ordem de realização dos exercícios; f) intervalo de recuperação entre as séries e exercícios; g) frequência semanal. Desta forma, a prescrição do treinamento de força deve envolver a manipulação de cada variável objetivando atingir diferentes metas e diferentes adaptações orgânicas frente ao exercício físico (KRAEMER; RATAMESS, 2004).

O treinamento de força tradicional envolve ações musculares excêntricas e concêntricas, separadas por uma breve ação muscular isométrica (KRAEMER et al., 2002). Os exercícios realizados usando pesos livres e máquinas de peso a qual a mesma carga de trabalho são utilizadas para ambas as ações musculares concêntricas e excêntricas são denominados de treinamento de força dinâmico ou tradicional (WEISS; CONEY; CLARK, 1999). Apesar de níveis maiores de geração



de força serem possíveis durante ações musculares excêntricas (ENOKA, 1996) a carga de treinamento em programas de treinamento de força é normalmente definida pela força máxima (1RM) (BRECHUE; MAYHEW, 2012; LINS-FILHO et al., 2012). Conseqüentemente, a relativa intensidade da carga de treinamento aplicado é reduzida durante o componente excêntrico de cada repetição durante o treinamento de força dinâmico, no entanto, se as adaptações neuromusculares são dependentes da magnitude da carga de treinamento (DUDLEY et al., 1991), é possível que a fibra muscular não esteja recebendo estímulo adequado durante este tipo de treinamento.

Desta forma, diversos estudos envolvendo somente ações musculares excêntricas e ou concêntricas têm sido realizadas com intuito de analisar as diferentes respostas deste tipo de treinamento na performance (DUDLEY et al., 1991, NOSAKA; NEWTON, 2002; DURAND et al., 2003; FARTHING; CHILIBECK, 2003; BARROSO et al., 2010; CHAPMAN et al., 2011).

### ***3.2 Mecanismos do Dano Muscular pelo exercício excêntrico***

O exercício excêntrico é comumente utilizado por levantadores de pesos e fisiculturistas para o aumento da massa muscular e ganhos de força, em adição, os movimentos corporais de muitos esportes, tais como, o salto, pouso e mudanças bruscas de direção, exigem grande ativação de ações musculares excêntricas e, portanto, este tipo de treinamento é corriqueiramente incorporado em programas de treinamento de força (HEDAYATPOUR; FALLA, 2011).

Está bem estabelecido na literatura que os exercícios excêntricos estão associados com o dano muscular e dor muscular de início tardio (KENDALL; ESTON, 2002; BYERNE; TWIST; ESTON, 2004; HOWATSON; SOMEREN, 2008), que por sua vez, podem promover declínios na performance neuromuscular, dor

local, inchaço, inflamação aguda, aumento da atividade de proteínas intramusculares na corrente sanguínea, (BYENES; CLARKSON, 1986; MCHUGH et al, 1999; WARREN; LOWE; ARMSTRONG, 1999; MALACHY, 2003; PEAKE; NOZAKA; SUZUKI, 2005; CHEN; NOSAKA; SACCO, 2007; CHAPMAN, 2008; RAASTAD et al., 2009), diminuição de transportadores GLUT4 (ASP; DAUGAARD; RICHTER, 1995) e diminuição da ação a insulina no músculo esquelético (ASP; RICHTER, 1996).

Os dois principais fatores envolvidos no dano muscular incluem a alta intensidade de aplicação de carga e ações musculares predominantemente excêntricas (PROU, 1996; MELIN et al., 1997), que resulta em maior capacidade de gerar força e maior magnitude de dano muscular em comparação as ações concêntricas e isométricas (FRIDÉN; LIEBER, 1992; ENOKA, 1996; PROU, 1996; MELIN et al., 1997; FOLEY et al., 1999). Herzog (1998) descreveu que a maior produção de força gerada pelas ações musculares excêntrica podem ser explicadas pelos elementos elásticos (titina e desmina) presentes tanto nas cabeças de miosina quanto nas proteínas que dão sustentação e estabilizam os miofilamentos no sarcômero. Quando um músculo é alongado as pontes cruzadas são mais alongadas quando comparadas com outro tipo de ação muscular, desta maneira, mais força é transferida para componentes elásticos dos sarcômeros (titina e desmina) e conseqüentemente mais força pode ser gerada.

Em relação aos possíveis mecanismos que desencadeiam o dano muscular está o estresse mecânico (PROSKE; MORGHAN, 2001) e metabólico (TEE; BOSH; LAMBERT, 2007) ou a combinação de ambos. Como conseqüência observa-se rupturas ultra-estruturais dos sarcômeros, degradação de proteínas miofibrilares e deficiências metabólicas no meio intracelular devido à isquemia ou hipóxia tecidual

(JONES; NEWHAM; TORGAN, 1989; GOLDEN; DUDLEY, 1992; SORICHTER et al., 2001; NOSAKA; NEWTON, 2002; TEE; BOSH; LAMBERT, 2007; HOWATSON; SOMEREN, 2008; KANSAKI et al., 2010), o que promovem uma diminuição temporária da performance muscular, aumento da dor e inchaço muscular, e aumento de proteínas intramusculares no sangue (HOWATSON; SOMEREN, 2008).

A alteração na ultra-estrutura sarcomêmica segundo alguns autores (PEAKE; NOZAKA; SUZUKI, 2005; GUERRERO et al., 2007), ocorre devido a heterogeneidade no alongamento dos sarcômeros durante a ação muscular excêntrica, momento em que algumas miofibras são estiradas e não são capazes de manter a sobreposição dos sarcômeros. Conseqüentemente, com o estiramento além do ponto de sobreposição, ocorre um fenômeno denominado de “estouro” que resultada no alargamento da linha Z.

Ao mesmo tempo em que o mecanismo excitação-contração é comprometido pela sobrecarga mecânica, a qual promove rupturas nas estruturas musculares, tais como, sarcolema, tubos transversos e retículo sarcoplasmático, são observados o aumento citosólico de cálcio intramuscular ( $\text{Ca}^{2+}$ ) (PEAKE; NOZAKA; SUZUKI, 2005). O processo que segue a fase primária do dano muscular é iniciado pela perda da homeostase do  $\text{Ca}^{2+}$  intracelular (HOWATSON; SOMEREN, 2008). Mcneil e Knakee (1992) demonstraram que o exercício excêntrico leva a uma perda da integridade da membrana do retículo sarcoplasmático e ao influxo de  $\text{Ca}^{2+}$  no citosol em ratos, em adição, Gissel e Clausen (2001) e Fredsted; Clausen e Overgaard (2008) mostraram que o influxo de  $\text{Ca}^{2+}$  para citosol pode ativar enzimas proteolíticas, como as calpaínas, que degradam proteínas que constituem e/ou estão presentes no citoesqueleto, retículo sarcoplasmático, mitocôndrias e miofilamentos, causando o dano celular.

### **3.3 Marcadores do Dano Muscular e Exercício Excêntrico**

Em resposta as alterações estruturais e/ou da permeabilidade que ocorrem na célula muscular frente ao dano promovido pela prática extenuante e principalmente pelo exercício excêntrico de alta intensidade ou realizado por indivíduos não habituados a realizar exercícios físicos regularmente, uma série de proteínas são liberadas na corrente sanguínea tais como: creatina quinase (CK) e lactato desidrogenase (LDH) (MCBRIDGE et al., 1999; CHEN; NOZAKA, 2006; TOFAS et al., 2008; KRAEMER et al., 2009; KAMANDULIS et al., 2011). As avaliações de biomarcadores como a CK e LDH são frequentemente utilizadas para avaliação indireta do dano muscular após o exercício excêntrico (KLEINER; WORLEY; BLESSING, 1996; FRESDESTED; CLAUSEN; OVERGAARD, 2008; KNOBLAUCH; O'CONNOR; CLARKE, 2010; RODRIGUES et al., 2010).

A CK é uma proteína globular que consiste de duas subunidades com massa molecular de 43 kDa (kilodaltons) e possui cinco isoformas. As isoenzimas CK-MM, CK-MB e CK-BB estão localizadas no citoplasma e as outras duas isoenzimas se localizam na mitocôndria (BRANCACCIO; MAFFULLI; LIMONGELLI, 2007). A CK-MM é uma enzima citosólica especialmente vinculada à linha-M dos sarcômeros, a qual possui uma estrutura complexa contendo pelo menos 28 proteínas diferentes (BRANCACCIO; LIPPI; MAFFULLI, 2010). Aproximadamente 90 a 100% da atividade da CK no músculo esquelético têm sido atribuído a isoenzima CK-MM (MCBRIDE et al., 1995).

A concentração total da CK na circulação representa o equilíbrio entre a taxa de entrada desta enzima na circulação *versus* a liberação pelo fígado com concentrações inferiores que 200 unid/L (U·L<sup>-1</sup>) em indivíduos saudáveis (WARREN et al., 2006). Após uma sessão de exercício de força de alta intensidade com alto

componente excêntrico, principalmente em indivíduos sedentários, observam-se picos da atividade da CK que excedem 5.000 (U·L<sup>-1</sup>) que frequentemente ocorre de 72 à 96h após o exercício (CLARKSON; HUBAL, 2002), contudo, a magnitude de liberação deste marcador depende do nível de treinamento, tipo de exercício, intensidade e duração (LIPPI et al., 2008; SARASLANIDIS et al., 2009).

A dor muscular de início tardio (DMIT) é uma sensação de desconforto ou dor que ocorre devido à realização de um exercício físico pelo qual não se realizava. Para Armstrong (1984) o pico da DMIT acontece entre 24-72h, podendo permanecer por até 5-7 dias.

Segundo Cheung; Hume e Maxwell (2003) várias teorias têm sido propostas para explicar o DMIT associados à ação muscular excêntrica, dentre elas, destaca-se os danos ao tecido conectivo, dano muscular, processo inflamatório e efluxo de enzimas (quadro 1):

Quadro 1. Teorias associadas ao processo de DMIT

1.	A alta tensão produzida durante a ação muscular excêntrica (alongamento não-uniforme dos sarcômeros) causa rupturas de proteínas estruturais na fibra muscular, a qual é denominada de dano mecânico (teoria do dano ao tecido conectivo e dano muscular);
2.	A hipóxia tecidual e isquemia decorrente da ação muscular excêntrica resultam em danos ao sarcolema que, por sua vez, estão relacionados com o acúmulo de cálcio (Ca <sup>++</sup> ) no citosol inibindo a respiração celular. A produção de ATP é prejudicada e há uma perda da homeostase do Ca <sup>++</sup> . A alta concentração de Ca <sup>++</sup> ativa enzimas proteolíticas que degradam a linha Z dos sarcômeros (troponina e tropomiosina) (teoria do efluxo de enzimas);

4.	Dentro de poucas horas há uma elevação significativa de neutrófilos na circulação (teoria da inflação);
5.	Componentes intracelulares como marcadores do dano ao tecido conectivo e dano muscular (exemplo, a CK) difundem para o plasma e interstício. Esta enzima atrai monócitos entre 6-12h e é então convertida em macrófagos. Dentro de poucas horas há uma elevação significativa de neutrófilos no local do dano (teoria inflamatória);
6.	O pico de macrófagos e monócitos acontece em torno de 48h. Os macrófagos irão produzir uma substancia denominada de prostaglandina-E <sub>2</sub> , a qual é considerada a molécula chave na resposta inflamatória. A prostaglandina-E <sub>2</sub> é um potente indutor de dor e provavelmente seria uma das razões do porque ocorre a dor muscular (teoria inflamatória);
7	A acumulação prostaglandina-E <sub>2</sub> e outros mediadores como as histaminas, potássio e cininas ativam a fagocitose e necrose celular, em adição, a pressão elevada no tecido causa edema e o aumento da temperatura local pode então ativar os nociceptores na fibra muscular e junção tendínea levando a sensação de dor horas após o exercício (teoria inflamatória); Esta seqüência de eventos apresentadas pode levar a sensação de DMIT.

Fonte: Cheung; Hume e Maxwell (2003)

Um estudo realizado por Newton et al., (2008) comparou o comportamento da CK, ângulo articular, circunferência do braço e dor muscular, imediatamente e por 5 dias após um exercício excêntrico máximo em dinamômetro isocinético em indivíduos treinados e destreinados. Os autores concluíram que o grupo treinado apresentou níveis significativamente menores ( $p < 0,05$ ) para todas as variáveis

investigadas, exceto para dor muscular comparados com o grupo destreinado. Assim, os autores concluíram que indivíduos treinados são menos susceptíveis ao dano muscular induzido pelo exercício excêntrico que indivíduos destreinados.

Francis e Hoobler (1988) quantificaram o declínio da produção de força muscular, circunferência do braço, ângulo articular e percepção de dor nos flexores do braço durante os momentos pré-exercício, 24 e 48h seguido da realização de exercício excêntrico. Um braço foi utilizado para realização do modelo experimental e outro membro foi o controle. Dez voluntários participaram do estudo (6 homens e 4 mulheres). A força de extensão máxima de ambos os braços foram determinados antes e 48h pós-exercício. A percepção de dor foi acompanhada por declínios significativos no ângulo articular e produção de força no braço avaliado ( $p < 0,01$ ). Os autores relatam que o aumento significativo na circunferência do braço que acompanhou o aumento da percepção de dor 24 e 48h pós-exercício pode estar atrelado à formação de edema, que poderia contribuir para o aumento da percepção da dor horas pós-exercício.

Warren, Lowe e Armstrong (1999) relataram que as mudanças observadas na produção de força por meio de testes que avaliam este parâmetro pode ser considerado como o melhor indicador do dano muscular, porque reflete a capacidade dos sarcômeros em gerar força.

### ***3.4 Avaliação da Performance neuromuscular e Dano Muscular***

A performance neuromuscular é amplamente avaliada por técnicos, preparadores físicos e pesquisadores que utilizando-se de testes específicos as quais visam fornecer indicativos do progresso do treinamento ou possíveis indícios de queda de rendimento ao longo de um programa de treinamento (COOKE;

QUINN; SIBTE, 2011). O teste de 1RM (RONNESTAD, 2009), salto vertical (KLAVORA, 2000), salto horizontal (SCOTT; DOCHERTY, 2004) e arremesso de *medicine ball* (STOCKBRUGGER; HAENNEL, 2001) são os testes mais aplicados em atletas e não atletas para avaliar indiretamente a produção de força e potência muscular de membros superiores e inferiores em modelos experimentais e ou fases do treinamento a qual estão inseridos. Em adição, testes com dinamômetros isocinéticos também têm sido utilizados para avaliação da performance neuromuscular em diferentes modalidades esportivas e com diferentes objetivos (OSTERNIG et al., 1986; ELLENBECKER; ROETERT, 2004; ASTORINO et al., 2010).

A avaliação da performance neuromuscular utilizando dinamômetros isocinéticos em protocolos de treinamento de força com diferentes velocidades de execução da ação muscular tem sido investigadas (CHAPMAN et al., 2006; CHAPMAN et al., 2008; CHAPMAN et al., 2011). Estudo realizado por Paddon-Jones et al., (2005) encontraram declínios similares na produção de torque isométrico durante 48h após um protocolo de exercício excêntrico realizados em duas velocidades (velocidade lenta  $0.52 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$  e velocidade rápida  $3.14 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$ ) em dinamômetro isocinético em homens não experientes no treinamento de força. Barroso et al., (2010) não encontraram diferenças significativas na produção da força de contração isométrica voluntária máxima em homens experientes no treinamento de força após um protocolo de exercício realizados em dinamômetro isocinético para os flexores do braço em duas velocidades (velocidade lenta  $60^\circ\cdot\text{s}^{-1}$  e velocidade rápida  $180^\circ\cdot\text{s}^{-1}$ ) com cargas equalizadas.

A maioria dos estudos que investigaram os efeitos da velocidade da ação muscular na performance neuromuscular utilizaram dinamômetros isocinéticos



(PADDON-JONES et al., 2005; CHAPMAN et al., 2006; CHAPMAN et al., 2008; BARROSO et al., 2010; CHAPMAN et al., 2011), no entanto, apesar de o teste de 1RM ser o método mais utilizado para avaliação da força muscular em programas de treinamento de força (DALTON, 1996; HORVAT et al., 2003; MAYHEW et al., 2004; SAYERS; GIBSON, 2010), ainda são escassos os estudos que utilizam tal metodologia para análise da performance neuromuscular em protocolos de exercícios com diferentes velocidades da ação muscular. Ide et al., (2011) foram os primeiros a investigar a velocidade da ação muscular dinâmica (excêntrica e concêntrica) utilizando de máquinas de pesos livres (leg press 45° e cadeira extensora), em adição, aplicaram o teste de 1RM para verificar os efeitos na performance neuromuscular ao longo de 96h após o protocolo experimental. Os autores verificaram que o grupo com velocidade de contração rápida (0,75s fase concêntrica e 0,75s fase excêntrica) apresentou maior queda na produção de força (1RM) por um período maior tempo pós-sessão de exercícios quando comparado com o grupo de velocidade de contração lenta (3s fase concêntrica e 3s fase excêntrica).

### ***3.5 Velocidade da Ação Muscular Excêntrica e Dano Muscular***

Segundo o American College of Sports Medicine (2009) as principais variáveis incorporadas em um programa de treinamento de força inclui a intensidade, número de repetições e séries, tempo de recuperação entre as séries e exercícios, ordem dos exercícios, frequência semanal e a velocidade da ação muscular. Segundo Paddon-Jones et al., (2005) o tipo de ação muscular e a velocidade de execução da ação muscular é uma das variáveis do treinamento que mais contribuem para os processos adaptativos frente ao exercício físico, devido seu grande componente de

estimulação neural e periférica. Neste sentido, os estudos envolvendo a velocidade da ação muscular excêntrica têm recebido destaque nos últimos anos devido seus efeitos otimizadores na performance física (DRURY et al., 2006; GILLIES; PUTMAN; BELL, 2006; INGEBRIGTSEN; HOLTERMANN; ROELEVELD, 2009; CHAPMAN et al., 2011).

Vários estudos têm demonstrado que ação muscular excêntrica rápida promove maiores ganhos de força e hipertrofia quando comparados com a ação muscular excêntrica lenta em indivíduos treinados e destreinados (FARTHING; CHILIBECK, 2003; SHEPSTONE et al., 2005). Shepstone et al., (2005) observaram ganhos maiores de área de secção transversa das fibras musculares do tipo II com a ação muscular excêntrica rápida em comparação com a ação muscular lenta após 8 semanas de treinamento excêntrico em homens fisicamente ativos, mas não treinados em treinamento de força.

No entanto, para demonstrar que o componente rápido da ação muscular excêntrica é um fator relevante nos ganhos de massa muscular e alteração hormonal, Gillies; Putman e Bell (2006) investigaram a manipulação do tempo das ações concêntrica e excêntrica (*Grupo ECC: concêntrico 2s e excêntrico 6s / Grupo CON: concêntrico 6s e excêntrico 2s*) e seu impacto nos ganhos de hipertrofia e resposta hormonal (cortisol) em mulheres experientes no treinamento de força. O grupo CON foi mais efetivo para o aumento da área de secção transversa das fibras do tipo I e IIa e resposta hormonal (cortisol) quando comparadas com o grupo ECC. Os autores concluem que as diferenças observadas para os grupos CON e ECC podem ter ocorrido devido à manipulação do tempo para realização das ações musculares concêntricas e excêntricas, a qual um maior tempo de tensão na fase concêntrica e maior estresse mecânico na fase excêntrica no grupo CON podem ter

contribuído para os ganhos maiores observados quando comparados com o grupo ECC.

Em adição, têm sido demonstrados que a velocidade da ação muscular excêntrica produz perdas significativas na produção de força por horas pós-sessão de exercício e uma das possíveis explicações podem ser atribuídas às alterações que ocorrem no sistema nervoso central (ativação neural) e função contrátil periférica (WARREN et al., 2001; PRASARTWUTH; TAYLOR, GANDEVIA, 2005; CHAPMAN et al., 2006; DRURY et al., 2006; CHAPMAN et al., 2011)

Prasartwuth; Taylor e Gandevia (2005) demonstraram que o declínio da ativação neural contribui para perda de força logo após o exercício excêntrico, mas que este fenômeno não é devido à manifestação de dores musculares. Gandevia (2001) relatou que este fenômeno pode ocorrer devido à redução no número de unidades motoras recrutadas ou pela diminuição da despolarização dos motoneurônios. Mais recentemente Hubal; Rubinstein e Clarkson (2006) sugeriram que a perda de força muscular após os exercícios excêntricos estão associados com o comprometimento da função periférica e não por vias centrais (SNC). Segundo Warren; Lowe e Armstrong (1999) a perda de força muscular seguidos do exercício excêntrico pode ser considerado como o indicador mais confiável da manifestação do dano muscular no músculo esquelético humano.

Hollander et al., (2007) demonstraram que a ação muscular máxima excêntrica produz cerca de 20-60% maior força dependendo do exercício analisado, em comparação a ação muscular máxima concêntrica em homens jovens treinados.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Casuística

Participaram deste estudo 20 homens com idades entre  $25,4 \pm 2,9$  anos; massa corporal de  $77,9 \pm 9,1$  Kg; estatura de  $1,75 \pm 2,9$  m; e percentual de gordura  $13,2 \pm 6,5$ . Todos os voluntários, antes de ingressarem no estudo participaram de uma reunião, na qual foi apresentada a proposta da pesquisa, detalhando os objetivos, metodologia, benefícios e riscos envolvidos no desenvolvimento do presente estudo. Posteriormente, os interessados em participar assinaram o *Termo de Consentimento Livre e Esclarecido* (anexo 01).

O estudo foi aprovado pelo comitê de ética e pesquisa da Universidade Metodista de Piracicaba – SP – Brasil sob o número de protocolo: 21/11 (anexo 02).

### 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 e máquinas em acadêmica de musculação; (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 m.

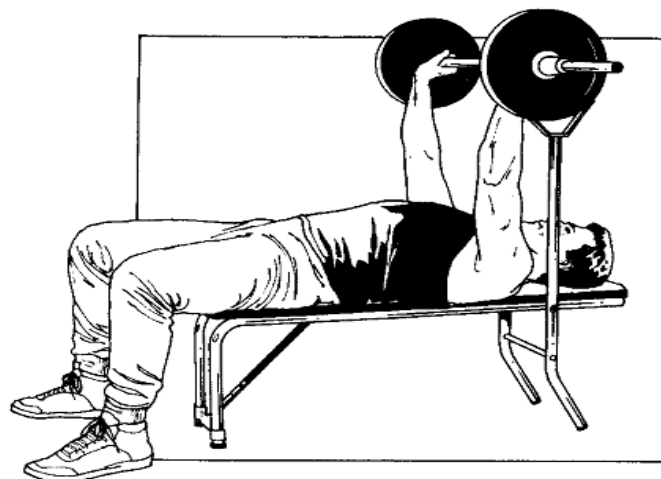
### 4.3 Caracterização da Amostra

A homogeneidade entre os participantes dos grupos foi obtida por meios de testes antropométricos (massa corporal e altura) e composição corporal (percentual de gordura) de acordo com o protocolo de sete dobras de Jackson e Pollock (1978).

#### 4.4 Desenho experimental

O desenho experimental foi realizado em duas etapas, totalizando duas semanas. Na semana que antecedeu a realização do protocolo experimental houve as seguintes avaliações: i) caracterização antropométrica da amostra; ii) determinação da força muscular máxima (teste de 1RM) e iii) familiarização com protocolo experimental. Após 48h desses procedimentos foi realizado o teste de arremesso de *medicine Ball* e determinação do 1RMexc (uma repetição máxima excêntrica) para cada voluntário. Na seqüência os voluntários foram divididos em dois grupos: velocidade excêntrica lenta (VEL) e velocidade excêntrica rápida (VER), de forma homogênea em relação à capacidade de força máxima excêntrica (1RMexc).

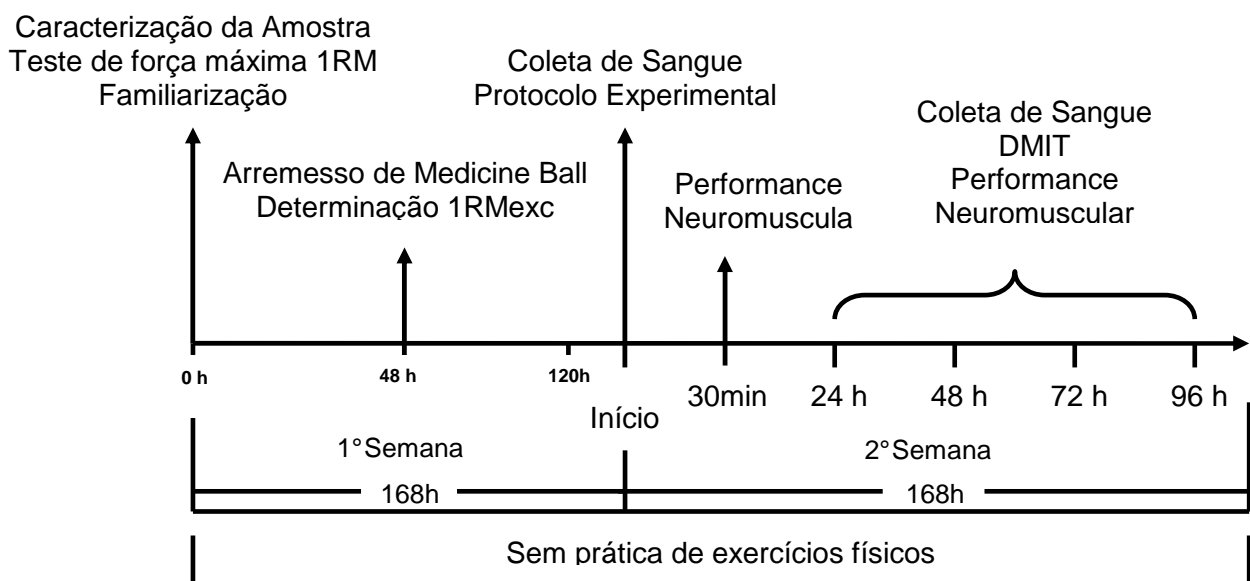
O grupo VEL realizou uma sessão de exercício (supino reto) em que a velocidade de ação muscular excêntrica foi realizada em 3 segundos, seguido de 2 segundos para o posicionamento da barra na posição inicial ao exercício (Figura 1), ação realizada por dois auxiliares que levantaram a barra para a posição inicial. O grupo VER realizou os mesmos procedimentos, porém em relação ao tempo da velocidade ação muscular excêntrica esta foi de 0,5 segundos.



**Figura 1:** Posicionamento inicial no exercício de supino reto para realização do protocolo experimental.

Para o controle preciso da velocidade da ação muscular foi utilizado um metrônomo mantendo 60 bpm, conforme proposto por Moras et al., (2009). Para excluir qualquer efeito residual de exercício prévio sobre os dados do estudo os participantes foram orientados a somente manter atividades da vida diária.

Todos as análises do protocolo experimental (figura 2) foram realizados entre as 6:00 e 11:00 horas.



**Figura 2:** Diagrama esquemático do desenho experimental do estudo. DMIT- Dor muscular de início tardio.

#### **4.5 Protocolo de Treinamento experimental**

As cargas de treinamento foram personalizadas para cada voluntário, utilizando-se do teste de 1RMexc proposto por Hollander et al., (2007). O cálculo do volume total da carga foi baseado no método de carga volume (VL) proposto por McBride et al., (2009), sendo:  $VC$  (volume da carga) = número de repetições x séries x carga de trabalho [kg].

De acordo com os dados obtidos a partir do estudo piloto, envolvendo indivíduos com as mesmas características que os participantes do estudo, a intensidade de 70% de 1RMexc foi utilizada no presente estudo para que ambos os grupos em estudo (VEL e VER) completassem com similaridade o volume total de carga proposto em diferentes velocidades e tempo sobre tensão muscular.

Na tabela 1 tem-se a variáveis empregadas no estudo para os grupos VEL e VER.

Tabela 1: Protocolo de treinamento empregado para os grupos VEL e VER

<b>Variáveis</b>	<b>Grupo VEL</b>	<b>Grupo VER</b>
Velocidade de Execução (s)	3	0,5
Número de Repetições	8	8
Número de Séries	4	4
% 1RMexc	70	70
Pausa entre Séries (s)	120	120
Tempo Sobre Tensão (Série) (s)	24	4

**Legenda:** % de 1RMexc= percentual da carga de uma repetição máxima excêntrica.

## **4.6 AVALIAÇÃO DA PERFORMANCE NEUROMUSCULAR E DMIT**

### **4.6.1 Determinação da força muscular máxima 1RM e 1RMexc**

A determinação da força muscular máxima foi avaliada no exercício supino reto pelos testes de 1RM e 1RMexc de acordo com os procedimentos descritos por Hollander et al., (2007). Resumidamente, os voluntários realizaram um aquecimento de 2 a 3 séries de 5 a 10 repetições com aproximadamente 40-60% de 1RM do

estimado, antes da execução de cada protocolo. Posteriormente, os voluntários realizaram o teste 1RM e 1RMexc com intervalo de 48h entre os testes. A determinação do 1RM e 1RMexc foi realizada em uma cadência de 3 segundos para a totalidade da amplitude de movimento, com no máximo 5 tentativas, com intervalos de 3-5 minutos entre estas. Todos os indivíduos foram fortemente encorajados verbalmente a realizar esforços máximos durante a realização dos testes.

#### **4.6.2 Arremesso de medicine ball**

O teste de arremesso de medicine ball, foi utilizado para a determinação da capacidade de arremesso de membros superiores, de acordo com os procedimentos descritos por Clemons; Campbell e Jeansonne (2010), exceto para o peso da *medicine ball* que foi de 5kg. O teste foi realizado em um banco de supino inclinado (45°), constituído de dois lançamentos para cada voluntário, com intervalo de 2min entre cada tentativa. Para mensurar a distância alcançada no lançamento, uma fita métrica foi posicionada no chão, próximo ao banco e estendida a 7,62 m. Em cada lado da fita, foi determinada uma linha 0,6 m, no qual a *medicine ball* deveria cair para ser validado o arremesso. A *medicine ball* foi coberta com carbonato de magnésio, para garantir a precisão da distância lançada.

#### **4.6.3 Determinação da Dor Muscular de Início Tardio (DMIT)**

A sensação de dor muscular foi determinada pela avaliação da percepção subjetiva da dor muscular, utilizando uma escala conforme descrito por Hackey, Engel e Gretebeck (2008). Após palpação e leve alongamento na musculatura peitoral, os indivíduos relataram o valor correspondente da escala de 0 a 6, conforme (Anexo 3), 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.

## **4.7 DETERMINAÇÃO SÉRICA DA CK E LDH**

### ***4.7.1 Análise da Creatina Kinase (CK) e Lactato Desidrogenase (LDH)***

Amostras de sangue com aproximadamente 5ml foram obtidas por punção venosa em tubos secos a vácuo (Becton Dickinson, Juiz de Fora, MG) nos períodos: basal, 24, 48, 72 e 96 pós-sessão de exercício. Na seqüência o soro foi separado por meio de centrifugação a 2.000 rpm durante 20 minutos à 4°C e armazenado à -70°C para posterior análise.

A determinação da CK e LDH foram analisadas utilizando o equipamento automatizado Konelab 60i (Wiener Lab, Rosário, Argentina), utilizando kit comercial (Wiener Lab®, Rosário, Argentina) à 37°C. Os valores de referência para atividade da CK e LDH usando este método são: 195 U.L-1 e 460 U.L-1, respectivamente.

## **5 ANÁLISE ESTATÍSTICA**

A normalidade dos dados foi avaliada pelo teste de Shapiro-Wilk. Em seguida, foi realizada análise de variância com medidas repetidas (ANOVA). O teste post hoc empregado foi Turkey. A análise intergrupos foi realizada pelo teste-*t* independente. O índice de significância adotado foi  $p < 0,05$ . Os dados são apresentados em média  $\pm$  desvio padrão (DP).

## 6 RESULTADOS

### 6.1 Caracterização dos Sujeitos

Na tabela 2 são apresentados os dados antropométricos e o tempo de treino para ambos os grupos estudados.

Tabela 2: Caracterização dos sujeitos para os grupos VEL e VER. Dados expressos como média e desvio padrão.

Grupo	Idade (anos)	Massa Corporal (kg)	Estatura (cm)	Gordura (%)	Tempo de Treino (anos)
VEL	26,8±1,8	76,3±7,1	174,7±2,5	10,9±1,2	5,9±3,1
VER	24,1±3,0	80,0±10,5	175,7±3,3	12,3±5,4	5,6±2,3

### 6.2 Força Muscular Máxima (1RM) e Excêntrica (1RMexc)

Na tabela 3, estão descritos os dados basais de força muscular máxima determinados pelos testes de 1RM e 1RMexc. Os valores de cargas para o teste de 1RMexc, foram significativamente maiores ( $p < 0,001$ ) 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.

Tabela 3: Valores basais de força muscular máxima determinado pelos testes de 1RM e 1RMex.

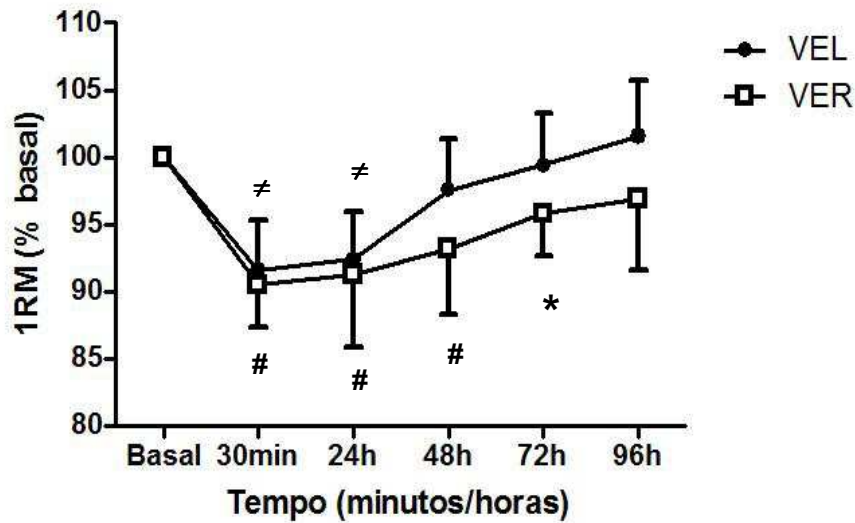
<b>Grupos</b>	<b>1RM (Kg)</b>	<b>1RMexc (kg)</b>	<b>Valor-p</b>
VEL	88,8±13,5	125,4±18,4	p<0,001
VER	98,4±16,7	136,9±20,6	p<0,001

### **6.3 Volume total de carga**

A análise do volume total de carga (séries x repetições x carga [kg]) da sessão de exercício excêntrico foi de  $3.064 \pm 153$  kg para o grupo VER e  $2.809 \pm 130$  kg para o grupo VEL. Não foi encontrada diferença significativa entre grupos ( $p>0,05$ ).

### **6.4 Força Muscular Máxima (1RM)**

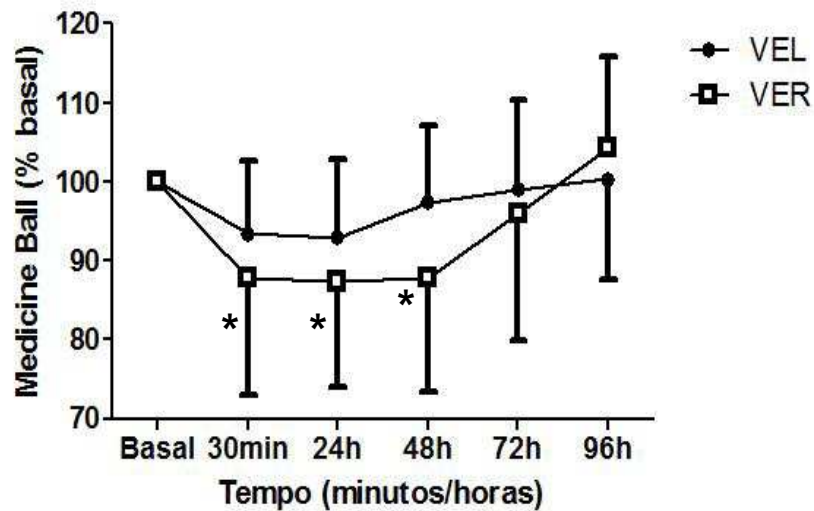
Os valores relativos à força máxima ao longo do tempo indicam diminuição significativa ( $p<0,001$ ) para ambos os grupos nos momentos 30min e 24h (figura 3). O grupo VEL apresentou declínios significativos de 8,11% e 7,66% na força muscular quando comparados com o valor basal nos períodos de 30 min e 24h pós-sessão de exercício. O grupo VER apresentou declínios significativos de 9,4% e 8,23% para os mesmos períodos. Em relação aos períodos de 48 e 72h pós-sessão de exercício foi observada reduções significativas de 6,43% e 4,02% na força muscular para o grupo VER. Ao longo do período de 96h o grupo VEL retornou aos valores basais em 48h e o grupo VER em 96h. Quando comparados os valores de 1RM entre grupos (VER e VEL), não foi encontrada diferença significativa em nenhum momento pós-sessão de exercício.



**Figura 3:** Dados expressos em média e DP pelo percentual (%) de mudança com relação ao valor basal de 1RM (supino) nos momentos: basal, 30 min, 24, 48, 72 e 96 horas pós-sessão de exercícios para os grupos VEL e VER. # diferença significativa ( $p < 0.01$ ) em relação ao basal VER. \* diferença significativa ( $p < 0,05$ ) em relação ao basal VER. ≠ diferença significativa ( $p < 0.01$ ) em relação ao basal VEL.

### 6.5 Arremesso de Medicine Ball

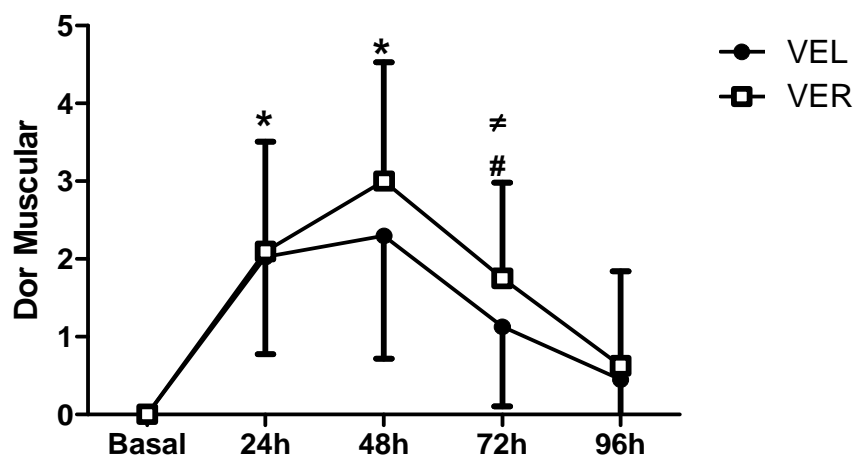
Na figura 4, têm-se os dados relativos à capacidade de arremesso de *medicine ball* de membros superiores. Redução significativa ( $p < 0,01$ ) foi observada no período de 30min (13,44%), 24h (14,27%) e 48h (13,16%) pós-sessão de exercício para o grupo VER. Por outro lado, o grupo VEL não apresentou redução significativa nos períodos avaliados. Quando comparados os valores de arremesso de *medicine ball* entre grupos (VEL e VER), não foi encontrada diferença significativa em nenhum momento pós-sessão de exercício.



**Figura 4:** Dados expressos em média e DP pelo percentual (%) de mudança com relação ao valor basal do arremesso de Medicine Ball nos momentos: basal, 30 min, 24, 48, 72 e 96 horas pós-sessão de exercício para os grupos VEL e VER; \*diferença significativa ( $p < 0.01$ ) em relação ao basal.

### 6.6 Percepção Subjetiva de Dor Muscular de Início Tardio

Dor muscular de início tardio foi observada em ambos os grupos (VEL e VER) entre 24, 48 e 72h pós-sessão de exercício, com valor pico em 48h pós-sessão. Não foi encontrada diferença significativa entre grupos (figura 5).



**Figura 5:** Dor muscular de Início Tardio (média  $\pm$  DP) nos momentos: basal, 24, 48, 72 e 96 h pós-sessão para os grupos VEL e VER; \*diferença significativa ( $p < 0.001$ ) em relação ao basal VEL e VER. # diferença significativa ( $p < 0.01$ ) em relação ao valor basal VER. ≠ diferença significativa ( $p < 0.05$ ) em relação ao valor basal VEL.

### 6.7 Atividade CK e LDH sérica

Conforme mostrado na tabela 4, o grupo VER resultou em aumento significativo nas concentrações séricas de CK em 48 e 72h pós-sessão de exercício, já o grupo VEL apresentou valores significativos apenas em 72h pós-sessão. O valor pico foi atingido 72h pós-sessão de exercício para ambos os grupos. Quando comparadas às concentrações séricas de CK entre grupos (VEL e VER), não foi encontrada diferença significativa em nenhum momento pós-sessão de exercício. Em adição, não foram observados diferenças significativas de LDH intra e inter grupos, com médias de valores basais 319 e 332 U·L<sup>-1</sup> e aumento de 9 e 11% em relação ao valor pico encontrado para os grupos VEL e VER, respectivamente.

Tabela 4: Valores médios, desvio padrão e valor-p dos grupos VEL e VER pós-sessão de exercício para as concentrações séricas de CK (U·L<sup>-1</sup>).

GRUPO	BASAL	24 HORAS	48 HORAS	72 HORAS	96 HORAS
<b>VEL (n=10)</b>	226,8 ± 154,1	449,8 ± 262,1	439,4 ± 289,7	521,9 ± 486,2 *	397,3 ± 307,8
<i>Valor-p</i>	-----	<i>p&gt;0,05</i>	<i>p&gt;0,05</i>	<i>p&lt;0,05</i>	<i>p&gt;0,05</i>
<b>VER (n=10)</b>	185,1 ± 85,6	261,3 ± 103,9	446,0 ± 371,1 *	506,4 ± 404,4 *	406,8 ± 269,6
<i>Valor-p</i>	-----	<i>p&gt;0,05</i>	<i>p&lt;0,05</i>	<i>p&lt;0,01</i>	<i>p&gt;0,05</i>

\* diferença significativa em relação ao momento basal

## 7 DISCUSSÃO

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da velocidade da ação muscular excêntrica isolada no exercício de supino reto sobre a resposta da performance neuromuscular, DMIT, concentrações séricas de CK e LDH ao longo de 96h pós-sessão de exercício de força em homens experientes no treinamento de força. Os principais resultados encontrados no presente estudo foram que o grupo VER apresentou perdas significativas no 1RM ( $p < 0,001$ ) por até 72h pós-sessão, por outro lado, o grupo VEL obteve perdas significativas somente até 24h após o protocolo experimental. A magnitude do declínio da capacidade de arremesso de *Medicine Ball* foi observada por até 48h após a sessão de exercício para o grupo VER ( $p < 0,01$ ), sendo que para o grupo VEL não foram observadas quaisquer alterações nos períodos de 30min-96h. O valor pico de CK sérica foram observados em 72h pós-sessão para ambos os grupos VEL e VER. A DMIT em ambos os grupos atingiu seu pico em 48h pós-sessão de exercício. Os valores séricos de LDH não apresentaram alterações significativas nos grupos estudados.

Os resultados encontrados para os grupos VEL e VER mostram a influência da velocidade da ação muscular excêntrica no processo de recuperação da performance neuromuscular (figuras 3 e 4), no entanto, não observamos diferenças nas variáveis estudadas quando os dados são comparados entre os grupos. Nossa hipótese foi confirmada, demonstrando que a equalização das cargas (séries x repetições x carga [kg]) no exercício de supino reto realizados de forma isolada em diferentes velocidades da ação muscular excêntrica não produz diferenças significativas na magnitude do dano muscular ao longo de 96h pós-sessão de exercício em homens treinados. Os resultados encontrados pelo presente estudo estão de acordo com os achados de Barroso et al., (2010) o qual demonstraram que

a velocidade da ação muscular excêntrica não influencia a magnitude do dano muscular quando o volume das cargas de trabalho (exercício isocinético) é equalizado para homens destreinados em força.

Paddon-Jones et al., (2005) verificaram que a velocidade da ação muscular excêntrica rápida ( $3.14 \text{ rad.s}^{-1}$ ) e lenta ( $0.52 \text{ rad.s}^{-1}$ ) realizados em dinamômetro isocinético proporcionaram declínios similares para ambos os grupos na produção de força muscular isométrica por até 48h pós-exercício excêntrico com volume total de trabalho equalizado para os dois grupos (6 séries de 6 repetições, totalizando um volume de 36 repetições), no entanto, o processo de recuperação foi mais rápido no grupo velocidade rápida ( $3.14 \text{ rad.s}^{-1}$ ) quando comparado com o grupo velocidade lenta ( $0.52 \text{ rad.s}^{-1}$ ) em homens e mulheres não-treinados em treinamento de força. No presente estudo nos observamos que o grupo VER apresentou declínios na produção de força muscular (1RM) por até 72h antes de retornar aos valores basais, em contrapartida, o grupo VEL recuperou de forma mais rápida (48h pós-sessão) com o volume total de carga equalizada.

Em estudo realizado por Chapman et al., (2006) foi demonstrado que as alterações na força isométrica, ângulo articular, circunferência do braço, dor muscular tardia e atividade da CK foram significativamente maior para a velocidade rápida no exercício excêntrico ( $210^\circ.\text{s}^{-1}$ ) realizado em dinamômetro isocinético em homens não-treinados quando comparados com a velocidade lenta ( $30^\circ.\text{s}^{-1}$ ). No entanto, para ambos os protocolos os autores observaram perdas significativas no torque dinâmico e isométrico ( $p < 0,01$ ), porém com reduções significativamente maiores ( $p < 0,05$ ) ao longo do tempo (~55%) para o grupo velocidade rápida e uma recuperação mais lenta quando comparados com o grupo velocidade lenta (~30%).



Em resumo, é possível observar pontos metodológicos divergentes nos estudos de Chapman et al., (2006) e Paddon-Jones et al., (2005) o que dificulta a comparação dos resultados. Primeiramente, a velocidade de execução para a ação muscular excêntrica nos dois estudos foi diferente, ou seja, no estudo de Chapman et al., (2006) a ação muscular excêntrica foi realizada 7 (sete) vezes mais rápido que o lento, em contrapartida, Paddon-Jones et al., (2005) realizou 6 (seis) vezes mais rápido que o lento. Por outro lado, Chapman et al., (2006) igualou o tempo sobre tensão para os grupos estudados, no entanto, como resultado o grupo VER realizou maior volume de repetições quando comparado com o grupo VEL (210 versus 30 repetições, respectivamente), já Paddon-Jones et al., (2005) equalizou o volume pelo número de repetições e séries ( $6 \times 6 = 36$  repetições), o que não resultou em resposta similar para a produção de força horas pós-sessão de exercício. Em conclusão, os resultados apresentados por estes estudos envolvendo indivíduos não-treinados com volumes diferentes dificultam a comparação dos dados apresentados pelos dois estudos, pois a velocidade de execução e o volume total de trabalho realizado por ambos os grupos VEL e VER foram diferentes.

No presente estudo à diferença de 6 vezes na velocidade da ação muscular excêntrica (3s versus 0,5s) e equiparação do volume total das cargas da sessão de exercício (séries x repetições x carga) para ambos os grupos VEL e VER, nota-se que mesmo com o tempo de tensão sendo diferente para os grupos estudados (VEL= 96s versus VER= 16s) esta variável não influenciou no declínio da performance neuromuscular e magnitude de dano muscular 96h pós-sessão de exercício em homens experientes no treinamento de força. Desta forma, alguns autores relataram que a equalização do volume total da carga de treinamento realizados em programas de exercício de força é considerada uma variável de

extrema relevância, quando o objetivo é comparar diferentes metodologias de treinamento sobre a resposta do dano muscular e performance neuromuscular (BARROSO et al., 2010; UCHIDA et al., 2009).

O declínio observado na produção de força em decorrência do exercício excêntrico em ambas as metodologias citadas anteriormente (isocinético e pesos livres) podem ser atribuídos em partes pelas alterações que ocorrem no sistema nervoso central e periférico. A capacidade de um músculo em gerar força é produto da integração entre o *drive* neural oriundo do sistema nervoso central e função contrátil periférica (HUBAL; RUBINSTEIN; CLARKSON, 2006). Gandevia (2001) relatou que a diminuição do *drive* neural pode ocorrer pela redução na ativação de unidades motoras ou pela menor despolarização dos motoneurônios. Em adição, os danos causados em proteínas citoesqueléticas, danos no sarcolema, alterações no pH e níveis de ATP intracelulares (soma de fatores mecânicos e metabólicos) também contribuem para perda de força muscular horas pós-sessão de exercícios.

Os resultados encontrados no presente estudo para o arremesso de *medicine ball* no grupo VER mostram a influência da velocidade da ação muscular excêntrica na performance neuromuscular de membros superiores. O grupo VER apresentou redução significativa ( $p < 0,01$ ) nos momentos 30min, 24 e 48h pós-sessão de exercício, sendo as perdas em termos percentuais de 13,44%, 14,27% e 13,16%, respectivamente. Desta forma, observa-se que a velocidade da ação muscular excêntrica rápida (VER) gera um maior estresse mecânico as fibras musculares o que influencia de maneira significativa no tempo de recuperação da capacidade de arremesso de *medicine ball* horas pós-sessão de exercício. Por outro lado, o grupo VEL não apresentou quaisquer alterações nos períodos avaliados, demonstrando que a velocidade excêntrica lenta não gera um estresse mecânico ao ponto de

influenciar significativamente no arremesso de *medicine ball* nos momentos avaliados.

Observamos que o 1RMexc foi significativamente maior ( $p < 0,001$ ) quando comparadas com o 1RM para os grupos VEL e VER. As diferenças foram de 41.2% e 39.1% para ambos os grupos, respectivamente. Além disso, o volume total de carga prescrito para os grupos VEL e VER por meio dos percentuais do 1RMexc não demonstraram diferenças significativas ( $p > 0,05$ ), caracterizando que ambos os grupos realizaram a sessão de exercício de forma similar.

A CK frente ao exercício excêntrico atingiram seu pico em 72h pós-sessão de exercício com aumento significativo ( $p < 0,001$ ) de 130 e 170% em relação ao basal para o grupo VEL e VER, conforme tabela 4. Em estudo realizado por Paddon-Jones et al., (2005) os autores não observaram diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) nas concentrações de CK para a velocidade excêntrica rápida ( $3.14 \text{ rad.s}^{-1}$ ) e velocidade excêntrica lenta ( $0,52 \text{ rad.s}^{-1}$ ) em homens e mulheres jovens não-treinados em treinamento de força. É possível que a equalização do volume de treino (6 séries x 6 repetições = 36 repetições) realizados pelos grupos rápido ( $3.14 \text{ rad.s}^{-1}$ ) e lento ( $0,52 \text{ rad.s}^{-1}$ ) não influenciou as alterações na resposta sérica da CK na corrente sanguínea. Desta forma, esses resultados confirmam os achados de Barroso et al., (2010), que diferentes velocidades de ações musculares excêntricas equalizados pelo volume não afetam a magnitude do dano muscular.

Não foram observadas alterações nos níveis de LDH para ambos os grupos no período de 0-96h pós-sessão. Dados semelhantes foram encontrados no estudo de Chapman et al., (2011) a qual não observaram diferenças significativas na atividade da LDH no plasma antes, imediatamente após, 24, 48, 72 e 96h após um protocolo de exercício realizado em dinamômetro isocinético em duas velocidades:

rápido: ( $210^{\circ}\text{s}^{-1}$ ) e lento: ( $30^{\circ}\text{s}^{-1}$ ) em homens não experientes no treinamento de força. Por outro lado, foram observados aumentos significativos nas concentrações séricas de CK em 24-96h pós-sessão. As diferenças não observadas para a LDH no presente estudo e no estudo de Chapman et al., (2011) já era esperado, pois devido seu peso molecular de ~140 KDa é possível que o dano muscular causado por ambas metodologias empregadas (isocinético e pesos livres) não foram suficientes para se observar alterações. Em adição, o aumento da CK observado em ambos os estudos pode ser devido ao menor peso molecular da CK (~86 KDa) quando comparado com a LDH e possivelmente porque esta enzima encontra-se em maiores concentrações ligado a linha-M dos sarcômeros.

O pico de percepção de dor observado para ambos os grupos VEL e VER nas 48h pós-sessão pode ser atribuído a formação de edema e pelo dano fisiológico causado nos sarcômeros (linha-Z) levando assim a diminuição na produção de força horas pós-sessão de exercício (FRANCIS; HOOBLER, 1988; BEHM et al., 2001; BYERNE; ESTON; EDWARDS, 2001). Cheung; Hume e Maxwell (2003) relataram que o aumento do edema e da temperatura local dentro do músculo pode ativar os nociceptores localizados no tecido conectivo muscular, região das arteríolas, capilares e junção músculo-tendinosa levando assim a sensação de dor horas após o exercício.

Vários estudos têm examinado os efeitos do DMIT na força e potência muscular (BEHM et al., 2001; MURRAY et al., 2007). A DMIT parece comprometer também a força muscular concêntrica após a realização do exercício excêntrico. Um estudo realizado por Nguyen et al., (2009) concluiu que o dano muscular pode causar perdas significativas na força concêntrica nos flexores do cotovelo após

realização de exercício excêntrico. Isto sugere que ambas as forças excêntricas e concêntricas podem ser influenciadas pela DMIT.

### **Conclusão**

A equalização do volume de carga para ambas as velocidades estudadas (3s versus 0,5s) para o exercício no supino reto não influenciou de forma significativa a magnitude de dano muscular ao longo de 96h pós-sessão de exercício quando realizado por homens treinados em força, no entanto, o tempo de recuperação da performance neuromuscular ao longo de 96h pós-sessão de exercício foi influenciada pela velocidade de execução da ação excêntrica.

### **Aplicações práticas**

Considerando que a manipulação das variáveis do treinamento de força podem produzir diferentes níveis de performance neuromuscular (KRAEMER, RATAMESS, 2004; ACSM, 2009), em especial, a velocidade da ação muscular (PEREIRA; GOMES, 2003), os resultados do presente estudo demonstram grande aplicação prática para indivíduos treinados, a qual necessita de um processo regenerativo da função muscular de forma mais rápida o que facilitaria a aplicação de novos estímulos e uma recuperação mais adequada dos estoques de glicogênio muscular e otimização da síntese de proteínas. Assim, a aplicação de protocolos de treinamento de força que enfatizem a velocidade da ação muscular excêntrica realizada de forma rápida poderia comprometer a performance neuromuscular horas pós-exercício. Por outro lado, se objetivo é induzir um estresse mecânico menos acentuado e uma recuperação mais rápida da performance neuromuscular horas pós-sessão de exercício seria interessante realizar a ação muscular excêntrica lenta.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS \*

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE POSITION STAND. Progression models in resistance training for healthy adults. **Medicine and Science and Sports Exercise**, v.41, n.3, Mar, p.687-708. 2009.

ASTORINO, Todd A. et al. Effect two doses of caffeine on muscular function during isokinetic exercise. **Medicine Science Sports Exercise**, v. 42, n. 12, p. 2205-2210, 2010.

ASP, S; DAUGAARD, J. R; RICHTER, E. A. Eccentric exercise decreases glucose transporter GLUT4 protein in human skeletal muscle. **Journal of Physiology**, v. 482, n. 2, p. 705-712, 1995.

ASP, S; RICHTER, E. A. Decrease insulin action on muscle glucose transport after eccentric contractions in rats. **Journal Applied Physiology**, v. 81, p. 1924-1928, 1996.

ARMSTRONG, R. B. Mechanisms of exercise-induced delayed onset muscular soreness: a brief review. **Medicine and Science and Sports Exercise**, v.. 16, n. 6, p. 529-538, 1984.

BARROSO, R. et al. Effect of eccentric contraction velocity on muscle damage in repeated bouts of elbow flexor exercise. **Applied Physiology Nutrition Metabolism**, v.35, n.4, p.534-40, 2010.

BISHOP; P. A.; JONES, E; WOODS, A.K. Recovery from training: a brief review: brief review. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.22, n.3, p.1015-1024, 2008.

BEHM, D. G. et al. The effect of muscle damage on strength and fatigue deficits. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 15, n. 2, p. 255-263, 2001.

BRECHUE, William F; MAYHEW, Jerry L. Lower-body work capacity and one-repetition maximum squat prediction in college football players. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 26, n. 2, p. 364-372, 2012.

---

\* *De acordo com: Associação Brasileira de Normas Técnicas. NORMA NBR 14724/2002.*

BYENES, W. C; CLARKSON P. M. Delayed onset muscle soreness and training. **Clinics in Sports Medicine**, v. 5, n. 3, p. 605-614, 1986.

BIRD, SP; TARPENNING, KM, MARINO, FE. Tarpinning, *et al.* Designing resistance training programmes to enhance muscular fitness: a review of the acute programme variables. **Sports Medicine**, v.35, n.10, p.841-51. 2005.

BYRNE, Christopher; TWIST, Craig; ESTON, Roger. Neuromuscular function after exercise-induced muscle damage. **Sports Medicine**, v. 34, p. 49-69, 2004.

BYERNE, C; ESTON, R. G; EDWARDS, RH. Characteristics of isometric and dynamic strength loss following eccentric exercise-induced muscle damage. Scandinavian **Journal of Medicine and Science in Sports**, v. 11, n. 3, p. 134-40, 2001.

BRANCACCIO, Paola; MAFFULLI, Nicola; LIMONGELLI, Francesco Mario. Creatine kinase monitoring in sports medicine. **British Medical Bulletin**, v. 81, p. 209-230, 2007.

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

COOKE, Karl; QUINN, Ann; SIBTE, Narelle. Testing speed and agility in elite tennis players. **Strength and Conditioning Journal**, v. 33, n. 4, p. 69-72, 2011.

CLEMONS, J.M.; CAMPBELL, B.; JEANSONNE, C. Validity and reliability of new test of upper body power. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v. 24, n. 6, p. 1559-1565, 2010.

CHARRO, Mario A. et al. Comparison between multiple sets and half-pyramid resistance exercise for muscle damage profile. **European Journal Sports Science**, p. 1-6, 2011.

CHEUNG, K, HUME, P; MAXWELL. Delayed onset muscle soreness: treatment strategies and performance factors. **Sports Medicine**, v.33, n.2, p.145-64. 2003.

CHAPMAN, D. et al. 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. et al. 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. et al. 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.

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

CHEN, T.C.; NOSAKA, K.; SACCO, P. Intensity of eccentric exercise, shift of optimum angle, and the magnitude of repeated bout effect. **Journal Applied Physiology**, v. 102, n. 3, p. 992-999, 2007.

CHEN, Trevor C.; NOSAKA, Kazunori. Responses of elbow flexors to two strenuous eccentric exercise bouts separated by three days. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 20, n. 1, p. 108-116, 2006.

DALTON, Jean N. Strength testing protocols for college-age women. **Strength and Conditioning Journal**, p. 7-10, 1996.

DRURY, Daniel G. et al. The effects of isokinetic contraction velocity on concentric an eccentric strength of the biceps brachii. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 20, n. 2, p. 390-395, 2006.

DUDLEY, GA. et al. Importance of eccentric actions in performance adaptations to resistance training. **Aviation, Space, and Environmental Medicine**, v. 62, p. 543-550, 1991.

DURAND, RJ. Et al. Hormonal responses from concentric and eccentric muscle contractions. **Medicine Science in Sports and Exercise**, v. 35, p. 937-943, 2003.

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



ELLENBECKER, TS; ROETERT, EP. An isokinetic profile of trunk rotation strength in elite tennis players. **Medicine Science Sports Exercise**, v. 36, n. 11, p. 1959-1963, 2004.

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

FEIGENBAUM, M. S.; POLLOCK, M. L.. Prescription of resistance training for health and disease. **Medicine Science in Sports and Exercise**, v.31, n.1, p.38-45, 1999.

FRANCIS; Kennon; HOOBLER, Terry. Delayed onset muscle soreness and decreased isokinetic strength. **Journal of Applied Sports Science Research**, v. 2, n. 2, p. 20-23, 1988.

FRESDSTED, Anne; CLAUSEN, Torben; OVERGAARD, Kristian. Effects of speed exercise on muscle damage and muscle  $Ca^{2+}$  content in men and women. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 22, n. 4, p. 1136-1146, 2008.

FRIDÉN, J; LIEBER, RL. Structural and mechanical basis of exercise-induced muscle injury. **Medicine Science in Sports and Exercise**, v. 24, n. 5, p. 521-530, 1992.

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

GISSEL, H; CLAUSEN, T. Excitation-induced  $Ca^{2+}$  influx and skeletal muscle cell damage. **Acta Physiologica Scandinavica**, v. 171, n. 3, p. 327-334, 2001.

GUERRERO, M. et al. Fast and slow myosins as markers of muscle injury. **British Journal of Sports Medicine**, v. 42, n. 7, p. 581-584, 2007.

GILLIES, Ellen M; PUTMAN, Charles T; BELL, Gordon. The effect of varying the time concentric and eccentric muscle actions during resistance training on skeletal muscle adaptations in women. **European Journal Applied Physiology**, v. 97, p. 443-453, 2006.

GOLDEN, C.L.; DUDLEY, G.A. Strength after bouts of eccentric or concentric actions. **Medicine Science Sports Exercise**, v. 24, n. 8, p. 926-933, 1992.

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

HEDAYATPOUR, Nosrtollah; FALLA, Deborah. Non-uniform muscle adaptations to eccentric exercise and the implications for training and sports. **Journal of Eletromyography and Kinesiogy**, 2011.

HERZOG, Walter. History dependence of force production in skeletal muscle: a proposal for mechanism. **Journal of Eletromyography and Kinesiogy**, v. 8, p. 111-117, 1998.

HOLLANDER, D. B. et al. 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.

HORVAT, M. et al. A method for predicting maximal strength in collegiate women athletes. **Journal of Strength and Conditioning Journal**, v. 17, p. 324-328, 2003.

HOWATSON G, VAN SOMEREN KA. The prevention and treatment of exercise-induced muscle damage. **Sports Medicine**, v. 38, n. 6, p. 483-503, 2008.

HUBAL, Monica J; RUBINSTEIN, Scott R; CLARKSON, Priscila M. Mechanisms of variability in strength loss after muscle-lengthening actions. **Medicine Science and Sports Exercise**, v.39, n. 3, p. 461-468, 2006.

IDE, Bernardo N. et al. Time course of strength and Power recovery after resistance training with different movement velocities. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 25, n. 7, p. 2025-2033, 2011.

INGEBRIGTSEN.; J.; HOLTERMANN, A.; ROELEVELD, K. Effects of load and contraction velocity during three-week biceps curls training on isometric and isokinetic performance. **Journal of Strength Conditioning Research**, v. 23, n. 6, p. 1670-1676, 2009.

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

KANSAKI, K. et al. The effects of eccentric contraction on myofibrillar proteins in rat skeletal muscle. **European Journal Applied Physiology**, v. 110, n. 5, p. 943-952, 2010.

KAMANDULIS, S. et al. Rapid increase in training load affect markers of skeletal muscle damage and mechanical performance. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, 2011.

KENDAL, Becky; ESTON, Roger. Exercise-induced muscle damage and the potential protective role estrogen. **Sports Medicine**, v. 32, p. 103-123, 2002.

KLAVORA, P. Vertical-jump test: a critical review. **Strength and Conditioning Journal**, v. 22, n. 5, p. 70-75, 2000.

KNOBLAUCH, Mark A; O'CONNOR, Daniel P; CLARKE. Capillary and venous samples of total creatine kinase are similar after eccentric exercise. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 24, n. 12, p. 3471-3475, 2010.

KLEINER, Douglas M; WORLEY, Michael E; BLESSING, Daniel L. Creatine kinase response to various protocols of resistance training. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 10, n. 1, p. 15-19, 1996.

KRAEMER, WJ. et al. American College of Sports Medicine Position Stand. Progression models in resistance training for healthy adults. **Medicine Science in Sports and Exercise**, v. 34, p. 364-380, 2002.

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

KRAEMER, William J. et al. Recovery from a national collegiate athletic association division I football game: muscle damage and hormonal status. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 23, n. 1, p. 2-10, 2009.

LIPPI, G. et al. Acute variation of biochemical markers of muscle damage following a 21-km, half-marathon run. **The Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigation**, v. 68, n. 7, p. 667-672, 2008.

LINS-FILHO, Ozéas de. Et al. Effects of exercise intensity in rating of perceived exertion during a multiple-set resistance exercise session. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 26, n. 2. P. 466-472, 2012.

MAYHEW, JL. et al. Anthropometric dimensions do not enhance one repetition maximum prediction from the NFL-225 test in college football players. **Journal of Strength and Conditioning Journal**, v. 18, p. 572-578, 2004.

MURRAY, Daniel P. et al. Effects of velocity-specific training on rate of velocity development, peak torque, and performance. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 21, n. 3, p. 870-874, 2007.

MICHAEL, Conley; ROZENEK, Ralph. Health aspects of resistance exercise and training. **National Strength and Conditioning Association**, v. 23, n. 6, p. 9-23, 2001.

MELIN, B. et al. Plasma myonin and creatine kinase time-course after a concentric-eccentric field exercise. **Archives of Physiology and Biochemistry**, v. 105, n. 1, p. 27-31, 1997.

MORAS, G. et al. A metronome for controlling the mean velocity during the bench press exercise. **The Journal of Strength and Conditioning Research**. v. 23, n. 3, p. 926-931, 2009.

MCBRIDE, Jeffrey M. et al. Responses of serum creatine kinase activity to heavy resistance in endurance and recreationally trained women. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 9, n. 3, p. 139-142, 1995.

MCNEIL, PL; KNAKEE, R. Disruptions of muscle fiber plasma membranes. Roles in exercise-induced damage. **The American Journal of Pathology**, v. 140, n. 5, p. 1097-1109, 1992.

MCHUGH, M.P. et al. Exercise-induced muscle damage and potential mechanisms for the repeated bout effect. **Sports Medicine**, v. 27, n. 3, p. 157-170, 1999.

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, Jan, p.22-9. 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, May, p.202-8. 2002.

NGUYEN, Diamond. Et al. Effect of delayed-onset muscle soreness on elbow flexion strength and rate of velocity development. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 23, n. 4, p. 1282-1286, 2009.

NEWTON, M. J. et al. Comparison of responses to strenuous eccentric exercise of the elbow flexors between resistance-trained and untrained men. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 22, n. 2, p. 597-607, 2008.

OJASTO, T; HAKKINEN, K. Effects of different accentuated eccentric load levels in eccentric-concentric actions on acute neuromuscular, maximal force, and power responses. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v.23, n.3, May, p.996-1004, 2009.

OSTERNIG, LR. Co-activation of sprinter and distance runner muscles in isokinetic exercise. **Medicine in Science and Sports Exercise**, v. 18, n. 4, p. 431-435, 1986.

PASCHALIS, V. et al. Equal volumes of high and low intensity of eccentric exercise in relation to muscle damage and performance. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 19, n. 1, p.184-188, 2005.

PADDON-JONES, D. et al. 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.

PIPES, TV; WILMORE, JH. Isokinetic vs isotonic strength training in adult men. **Medicine Science Sports Exercise**, v. 7, n. 4, p. 262-274, 1975.

PEAKE, J; NOZAKA, K; SUZUKI, K. Characterization of inflammatory responses to eccentric exercise in humans. **Exercise Immunology Review**, v. 11, p. 64-85, 2005.

PRASARTWUTH, O; TAYLOR, J. L; GANDEVIA, S. C. Maximal force, voluntary activation and muscle soreness after eccentric damage to human elbow flexor muscle. **Journal Physiology**, v. 15, p. 337-348, 2005.

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.

PROU, E. et al. Effects of strenuous exercise on serum myosin heavy chain fragments in male triathletes. **International Journal Sports Medicine**, v. 17, n. 4, p. 263-267, 1996.

RAASTAD, T. et al. Changes in calpain activity, muscle structure, and function after eccentric exercise. **Medicine Science in Sports Exercise**. v. 42, n. 1, p. 86-95, 2009.

RODRIGUES, Bernardo M. et al. Creatine kinase and lactate dehydrogenase responses after upper-body resistance exercise with different rest intervals. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 24, n. 6, p. 1657-1662, 2010.

RONNESTAD, Bent R. Acute effects of various whole body vibration frequencies on 1RM trained and untrained subjects. **Journal of Strength and Conditioning Journal**, v. 23, n. 7, p. 2068-2072, 2009.

SAYERS, Stephen; GIBSON, Kyle. A comparison of high-speed power training and traditional slow-speed resistance training in older men and women. **Journal of Strength and Conditioning Journal**, v. 24, n. 12, p. 3369-3380, 2010.

SARASLANIDIS, Ploutarchos J. et al. Biochemical evaluation of running workouts used in training for the 400-M sprint. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 23, n. 8, p. 2266-2271, 2009.

SORICHTER, S. et al. Creatine kinase, myosin heavy chains and magnetic resonance imaging after eccentric exercise. **Journal Sports Science**, v. 19, n. 9, p.687-691, 2001.

SMITH, L. L et al. Cytokines and cell adhesion molecules associated with high-intensity eccentric exercise. **European Journal Applied Physiology**, v.82, n.1-2, p. 61-67, 2000.

SMITH, L.L. Tissue trauma: the underlying cause of overtraining syndrome? **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 18, n. 1, p. 185-193. 2004.

SPIERING, B. A. et al. Resistance exercise biology: manipulation of resistance exercise programme variables determines the responses of cellular and molecular signalling pathways. **Sports Medicine**, v. 38, n. 7, p. 527-540, 2008.

SHEPSTONE, T. N. et al. Short-term high- vs. low-velocity isokinetic lengthening training results in greater hypertrophy of the elbow flexors in young men. **Journal Applied Physiology**, v.98, n.5, May, p.1768-76. 2005.

SCOTT, Stefan; DOCHERTY, David. Acute effects of heavy preloading on vertical and horizontal jump performance. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 18, n. 2, p. 201-205, 2004.

STOCKBRUGGER, Barry A; HAENNEL, Robert G. Validity and reliability of a medicine ball explosive power test. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 15, n. 4, p. 431-438, 2001.

TEE, JC; BOSH, AN; LAMBERT, MI. Metabolic consequences of exercise-induced muscle damage. **Sports Medicine**, v. 37, n. 10, p. 827-836, 2007.

TOFAS, Trifon. et al. Plyometric exercise increase serum indices of muscle damage and collagen breakdown. **The Journal of Strength and conditioning research**, v. 22, n. 2, p. 490-496, 2008.

UCHIDA, M. C. Et al. Effect of bench press exercise intensity on muscle soreness and inflammatory mediators. **Journal Sports Science**, v.27, n.5, Mar, p.499-507. 2009.

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

WARREN, Young. The planning of resistance training for power sports. **National Strength and Conditioning Association Journal**, v. 13, n. 4, 1991.

WARREN, GL. Et al. Excitation-contraction uncoupling: major role in contraction-induced muscle injury. **Exercise Sports Science Reviews**, v. 29, n. 2, p. 82-87, 2001.

WARREN, GL. et al. CK-MM autoantibodies: prevalence, immune complexes, and affect on CK clearance. **Muscle Nerve**, v. 34, n. 3, p. 335-346, 2006.

WEISS, Lawrence W; CONEY, Harvey D; CLARK, Frank C. Differential functional adaptations to short-term low-, moderate-, and high-repetition weight training. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 13, n. 3, p. 236-241, 1999.



## **ANEXOS**

**ANEXO 1 - 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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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  $-20^{\circ}\text{C}$ , 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. Salvaguarda 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.

....., ..... de .....

### **CONTATO**

**Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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 2 – 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 3 – Escala para Determinação da Percepção Subjetiva da Dor**



**Escala para Determinação da  
Percepção Subjetiva de Dor Tardia**  
(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