GIOVANNA BENJAMIN TOGASHI

**DANO MUSCULAR INDUZIDO PELO SISTEMA DE
TREINAMENTO DE CARGAS DESCENDENTES EM
EXERCÍCIO RESISTIDO**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação Interunidades Bioengenharia - Escola de Engenharia de São Carlos / Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto / Instituto de Química de São Carlos da Universidade de São Paulo como parte dos requisitos para a obtenção do título de mestre em Ciências.

Área de Concentração: Bioengenharia

Orientador: Prof. Dr. Vilmar Baldissera

São Carlos,
2009

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento
da Informação do Serviço de Biblioteca – EESC/USP

T645d	<p>Togashi, Giovanna Benjamin</p> <p>Dano muscular induzido pelo sistema de treinamento de cargas descendentes em exercício resistido / Giovanna Benjamin Togashi ; orientador Vilmar Baldissera. -- São Carlos, 2009.</p> <p>Dissertação (Mestrado-Programa de Pós-Graduação e Área de Concentração em Bioengenharia) -- Escola de Engenharia de São Carlos/Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto/Instituto de Química de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2009.</p> <p>1. Treinamento físico. 2. Dano muscular. 3. Exercício resistido. 4. Marcadores de dano muscular. I. Título.</p>
-------	--

Programa de Pós-Graduação Interunidades em Bioengenharia
EESC / FMRP / IQSC

GIOVANNA BENJAMIN TOGASHI
MESTRADO EM CIÊNCIAS
ÁREA DE BIOENGENHARIA

DISSERTAÇÃO APRESENTADA AO PROGRAMA DE PÓS
- GRADUAÇÃO INTERUNIDADES BIOENGENHARIA
EESC – FMRP - IQSC DA UNIVERSIDADE DE SÃO
PAULO PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE EM
CIÊNCIAS NA ÁREA DE BIOENGENHARIA.

Aprovado em: 17/12/2009

PROF. DR. VILMAR BALDISSERA
(ORIENTADOR)

Universidade Federal de São Carlos - UFSCar

Julgamento: APROVADA

Assinatura:

PROF. DR. RODRIGO DELLA MÉA
PLENTZ

Universidade Federal de Ciências da Saúde de
Porto Alegre

Julgamento: APROVADA

Assinatura: (por vídeo conferência)

PROF. DR. RUNER AUGUSTO MARSON

Faculdades Anhanguera

Julgamento: APROVADA

Assinatura:

AGRADECIMENTOS

Ninguém realiza um trabalho sozinho, por isso gostaria de agradecer a todos que participaram para tornar realidade esta pesquisa e a todos que mesmo não participando na prática tiveram papel importantíssimo, me apoiando e me incentivando.

À Deus, agradeço pela iluminação, pela força e pela paciência que me concedeu nos momentos em que precisei. Sei que Ele caminhou e caminha ao meu lado sempre.

Aos meus pais, Osvaldo e Ângela, que me fizeram seguir por este caminho com seus ensinamentos e incentivo. Como eles mesmos dizem: o conhecimento é a maior herança que podem deixar para mim! E eu agradeço muito por todos os esforços e sacrifícios que fizeram para me conceder este bem tão valioso. Espero que possa atender às expectativas e que esta herança cresça cada vez mais!

À Bibi e ao Gugu, meus queridos irmãos, agradeço pelo apoio e amizade. Mesmo estando em cidades diferentes, nunca deixei de sentir o carinho e a torcida deles por mim.

Ao Ro (Amor), por compreender os meus dias de estudo e por estar ao meu lado compartilhando desde as aflições às felicidades, não medindo esforços para me ajudar. E agradeço, principalmente, por estar sendo cúmplice deste momento tão importante para mim.

À Josi, sou grata por tudo! Sempre pronta para me ajudar, foi essencial para a realização deste trabalho. Não só no laboratório, mas por tornar esta fase da minha vida mais feliz, dividindo todos os momentos comigo.

Ao Amilton e ao Luiz Fernando, meus “assistentes” de toda hora! Sem eles este trabalho não seria possível. Agradeço por me ajudarem da forma mais agradável possível.

Aos voluntários, por confiarem nesta pesquisa. Eles foram os grandes protagonistas deste trabalho.

À Professora Stela Mattiello que disponibilizou o dinamômetro isocinético (Biodex) para as nossas avaliações e que contribuiu sabiamente com a pesquisa.

À minha tia Cláudia, doutora em estatística, agradeço pela paciência e pela disposição em me ajudar com a estatística.

À todas as pessoas que conviveram comigo no laboratório. Márcia, muito querida, sempre quebrando todos os meus galhos. Cacau, por toda a assessoria no laboratório. Prof. Sérgio, pelas conversas e conselhos. Diego, Rodriguinho, Nuno, Richard, Guilherme, Mateus, Juca, Jonato, Cléber e Anderson por toda a ajuda que me deram, não só nos procedimentos experimentais, mas nas trocas de idéias, essenciais para a construção do protocolo de pesquisa. Jaque, Tati, Vivi e Maria Fernanda, minhas companheiras de mestrado, por tornarem o ambiente sempre alto astral. Grazi e Ju, pela amizade, ajuda e acolhimento, conhecê-las foi um presente para mim. Paulo, por toda a ajuda e incentivo, é um privilégio tê-lo como amigo.

A todos os professores e funcionários da USP que contribuíram com seus conhecimentos.

À Capes pelo apoio financeiro.

E o agradecimento mais especial é para a pessoa mais importante para o acontecimento deste trabalho, meu querido orientador Prof. Vilmar. Um ótimo orientador, um amigo e um conselheiro. Sempre teve palavras certas nas horas

certas. Nunca me deixou fraquejar ou desistir. O seu prazer em ensinar contagia a todos. Registro aqui a minha enorme admiração e gratidão!

“Quero, um dia, poder dizer às pessoas que nada foi em vão, que o amor existe, que vale a pena se doar às amizades a às pessoas, que a vida é bela sim, e que eu sempre dei o melhor de mim... e que valeu a pena!”

(Luís Fernando Veríssimo)

RESUMO

TOGASHI, G. B. **Dano muscular induzido pelo sistema de treinamento de cargas descendentes em exercício resistido**. 2009. 112 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação Interunidades Bioengenharia, EESC/FMRP/IQSC, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

INTRODUÇÃO: O dano muscular induzido pelo exercício (DMIE) em humanos ocorre quando o indivíduo realiza exercícios não-habituais, muito intensos ou de longa duração. Muitos protocolos experimentais têm se dedicado ao estudo do DMIE, porém poucos deles, principalmente aqueles com ações excêntricas, reproduzem uma situação real de treinamento físico. **OBJETIVO:** O objetivo geral desta pesquisa é verificar e comparar a ocorrência de dano muscular nos flexores do cotovelo induzido pelo sistema de treinamento de cargas descendentes em exercício resistido em duas diferentes intensidades por meio de marcadores indiretos de dano muscular: creatina quinase (CK), mioglobina (Mio), dor e torque muscular. **MÉTODO:** Foram voluntários 9 indivíduos do gênero masculino com idade média ($\pm$ desvio padrão) de $26,78 \pm 4,32$ anos, peso médio $84,02 \pm 13,88$ quilos e altura média $181,33 \pm 8,46$ centímetros. Os indivíduos realizaram dois protocolos de exercício resistido com ações concêntricas e excêntricas dos flexores do cotovelo nos exercícios rosca Scott e rosca direta com cargas descendentes em diferentes intensidades, uma iniciada em 90% de 1-RM (PROTOCOLO 90%) e outra iniciada em 75% de 1-RM (PROTOCOLO 75%). Os marcadores de dano muscular CK, Mio, dor e torque muscular foram avaliados previamente ao exercício, imediatamente após o exercício, 24, 48, 96 e 168 horas após o exercício. **RESULTADOS:** O pico de concentração de CK ocorreu 24 horas após a sessão de exercício dos PROTOCOLOS 75% e 90%, sem diferenças significativa entre os valores ($p < 0,05$). O pico de concentração de Mio ocorreu imediatamente após a sessão de exercício dos PROTOCOLOS 75% e 90%, sem diferenças significativa entre os valores ($p < 0,05$). O pico de dor ocorreu 24 horas após a sessão de exercício do PROTOCOLO 75% e permaneceu com o mesmo valor 48 horas após, com percepção referente à “dor um pouco forte” indicada na escala de Borg e no PROTOCOLO 90% obteve o pico imediatamente após o esforço com percepção referente à “dor moderada”. A maior diminuição do torque muscular ocorreu imediatamente após a sessão de exercício dos PROTOCOLOS 75% e 90% sem diferenças significativa entre os valores ($p < 0,05$). **CONCLUSÃO:** Foi possível sugerir a ocorrência do dano muscular em ambos os protocolos pelas variáveis investigadas. O torque muscular demonstrou ser o melhor marcador do dano muscular por avaliar de forma não-invasiva a funcionalidade e restabelecimento das estruturas do músculo. O PROTOCOLO 90% parece ser mais vantajoso praticamente por demonstrar as mesmas características nas variáveis CK, Mio e torque muscular com menor percepção de dor. Porém, pesquisas com adaptações ao treinamento crônico são necessárias para fortalecer estas afirmações.

Palavras-chaves: dano muscular, exercício resistido, marcadores de dano muscular.

ABSTRACT

TOGASHI, G. B. **Muscle damage induced by drop set training system in resistance exercise.** 2009. 112 p. Dissertation (Master) – Programa de Pós-Graduação Interunidades Bioengenharia, EESC/FMRP/IQSC, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

INTRODUCTION: Exercise-induced muscle damage (EIMD) in humans occurs after unaccustomed or vigorous exercise. Various experimental models was dedicated to EIMD, however few studies, essential those with eccentric actions, replicated actions that commonly occur during real physical training. **PURPOSE:** The general purpose of this research was to verify and to compare changes in indirect markers of muscle damage (Creatine Kinase (CK), myoglobin (Myo), pain and muscle torque) on the elbow flexors following training system of drop set in resistance exercise in two different intensities. **METHODS:** 9 young men (age: $26,78 \pm 4,32$ years, height: $181,33 \pm 8,46$ cm, body mass: $84,02 \pm 13,88$ kg) performed two exercise protocols of drop set resistance exercise with actions concentric and eccentric of the elbow flexors in Scott arm curl and direct arm curl of 90% (PROTOCOL 90%) and 75% (PROTOCOL 75%) of one maximal repeated. The indirect markers was obtained before, immediately after, and 24, 48, 96 and 168 hours after exercise. **RESULTS:** The CK's concentration peak occurs 24 hours after exercise in both protocols, without any significant difference ($p < 0,05$). The Myo's concentration peak occurs 24 immediately after exercise in both protocols, without any significant difference ($p < 0,05$). The pain peak occurs 24 hours after exercise of PROTOCOL 75% and continued in the same value 48 hours after, with pain perception of "pain a little strong", indicated in Borg's Scale. In the PROTOCOL 90% obtained a peak immediately after exercise with perception of "moderated pain". The greater reduction of the muscle torque occurs immediately after exercise in both protocols, without any significant difference ($p < 0,05$). **CONCLUSION:** It was possible suggest, through of indirect markers, that both protocols induced a muscle damage. The muscle torque shown to be a better marker of muscle damage because is a non-invasive way to evaluate the functionality of muscle structure. The PROTOCOL 90% seem to be more profitable in the practice because of magnitude pain perception.

Keywords: muscle damage, resistance exercise, indirect markers of muscle damage

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Figura representativa dos mecanismos envolvidos no dano muscular.....	22
FIGURA 2 – Exercício Rosca Scott.....	44
FIGURA 3 – Exercício Rosca Direta.....	44
FIGURA 4 – Procedimentos para obtenção do soro.....	50
FIGURA 4a – Tubo de ensaio.....	50
FIGURA 4b – Separação do soro.....	50
FIGURA 4c – Alíquota de soro.....	50
FIGURA 5 – Avaliação do torque muscular.....	52

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – Protocolos de exercício para a indução do dano muscular.....	26
QUADRO 2 – PROTOCOLO 90%.....	47
QUADRO 3 – PROTOCOLO 75%.....	47
QUADRO 4 – Desenho experimental.....	54

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Valores de referência para a concentração de CK sanguínea.....	30
TABELA 2 – Características da amostra.....	41
TABELA 3 – Concentração de CK sérica no PROTOCOLO 75%.....	61
TABELA 4 – Concentração de Mio sérica no PROTOCOLO 75%.....	63
TABELA 5 – Valores da escala de dor no PROTOCOLO 75%.....	65
TABELA 6 – Valores do torque muscular no PROTOCOLO 75%.....	67
TABELA 7 – Valores gerais das variáveis do PROTOCOLO 75%.....	69
TABELA 8 - Concentração de CK sérica no PROTOCOLO 90%.....	75
TABELA 9 – Concentração de Mio sérica no PROTOCOLO 90%.....	77
TABELA 10 – Valores da escala de dor no PROTOCOLO 90%.....	79
TABELA 11 – Valores do torque muscular no PROTOCOLO 90%.....	81
TABELA 12 – Valores gerais das variáveis do PROTOCOLO 90%.....	83
TABELA 13 – Comparação entre as variáveis dos PROTOCOLOS 75% e 90%.....	98

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – Número de repetições no exercício Rosca Scott do PROTOCOLO 75%.....	57
GRÁFICO 2 – Número de repetições no exercício Rosca Direta do PROTOCOLO 75%.....	58
GRÁFICO 3 – Cinética das concentrações de CK sérica no PROTOCOLO 75%.....	61
GRÁFICO 4 – Cinética das concentrações de Mio sérica no PROTOCOLO 75%.....	64
GRÁFICO 5 – Cinética de dor no PROTOCOLO 75%.....	66
GRÁFICO 6 – Cinética do torque muscular no PROTOCOLO 75%.....	68
GRÁFICO 7 – Número de repetições no exercício Rosca Scott do PROTOCOLO 90%.....	72
GRÁFICO 8 – Número de repetições no exercício Rosca Direta do PROTOCOLO 90%.....	73
GRÁFICO 9 – Cinética das concentrações de CK sérica no PROTOCOLO 90%.....	76
GRÁFICO 10 – Cinética das concentrações de Mio sérica no PROTOCOLO 90%..	78
GRÁFICO 11 – Cinética de dor no PROTOCOLO 90%.....	80
GRÁFICO 12 – Cinética do torque muscular no PROTOCOLO 90%.....	82
GRÁFICO 13 – Comparação entre o número total de repetições nos PROTOCOLOS 75% e 90%.....	85
GRÁFICO 14 – Comparação entre o volume total nos PROTOCOLOS 75% e 90%.....	86
GRÁFICO 15 – Cinéticas de concentrações de CK dos PROTOCOLOS 75% e 90%.....	88

GRÁFICO 16 – Comparação dos picos de concentrações de CK entre os PROTOCOLOS 75% e 90%.....	89
GRÁFICO 17 – Cinéticas de concentrações de Mio dos PROTOCOLOS 75% e 90%.....	91
GRÁFICO 18 – Comparação dos picos de concentrações de Mio entre os PROTOCOLOS 75% e 90%.....	92
GRÁFICO 19 – Cinéticas de dor nos PROTOCOLOS 75% e 90%.....	93
GRÁFICO 20 – Comparação dos picos de dor entre os PROTOCOLOS 75% e 90%.....	95
GRÁFICO 21 – Cinéticas do torque muscular dos PROTOCOLOS 75% e 90%.....	96
GRÁFICO 22 – Comparação das maiores diminuições do torque muscular entre os PROTOCOLOS 75% e 90%.....	97

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A – Escala de percepção subjetiva de dor.....	106
ANEXO B – Parecer do comitê de ética.....	107
ANEXO C – Ficha de anamnese.....	108
ANEXO D – Termo de consentimento livre e esclarecido.....	110

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	18
1.1. DANO MUSCULAR INDUZIDO PELO EXERCÍCIO.....	18
1.1.1. Protocolos para indução do dano muscular.....	23
1.2. MARCADORES INDIRETOS DE DANO MUSCULAR INDUZIDO PELO EXERCÍCIO.....	27
1.2.1. Creatina Quinase.....	28
1.2.2. Mioglobina.....	31
1.2.3. Torque Muscular.....	33
1.2.4. Dor Muscular.....	35
2. JUSTIFICATIVA.....	38
3. OBJETIVOS.....	40
4. CASUÍSTICA E MÉTODOS.....	41
4.1. AMOSTRA.....	41
4.2. MÉTODO.....	43
4.2.1. Exercícios.....	43
4.2.2. Determinação de 1-RM.....	45
4.2.3. Protocolos de exercício.....	46
4.2.4. Tempo de execução.....	48
4.2.5. Número de repetições.....	49
4.2.6. Volume.....	49
4.2.7. Coleta sanguínea.....	50
4.2.8. Dosagens de creatina quinase e mioglobina.....	51
4.2.9. Avaliação do torque muscular.....	51

4.2.10. Escala de dor.....	53
4.2.11. Desenho experimental.....	54
4.3. ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	55
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	56
5.1. PROTOCOLO 75%.....	56
5.1.1. Número de repetições.....	56
5.1.2. Volume.....	60
5.1.3. Creatina Quinase.....	60
5.1.4. Mioglobina.....	63
5.1.5. Escala de dor.....	65
5.1.6. Torque muscular.....	67
5.1.7. Resultado geral do PROTOCOLO 75%.....	69
5.2. PROTOCOLO 90%.....	71
5.2.1. Número de repetições.....	71
5.2.2. Volume.....	74
5.2.3. Creatina Quinase.....	74
5.2.4. Mioglobina.....	77
5.2.5. Escala de dor.....	79
5.2.6. Torque muscular.....	81
5.2.7. Resultado geral do PROTOCOLO 90%.....	83
5.3. COMPARAÇÃO ENTRE OS PROTOCOLOS 75% e 90%.....	85
5.3.1. Número de repetições.....	85
5.3.2. Volume.....	86
5.3.3. Creatina Quinase.....	87
5.3.4. Mioglobina.....	90

5.3.5. Escala de dor.....	93
5.3.6. Torque muscular.....	95
5.3.7. Resultado geral da comparação entre os PROTOCOLOS 75% e 90%.....	98
6. CONCLUSÃO.....	100
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	102

1. INTRODUÇÃO

1.1. DANO MUSCULAR INDUZIDO PELO EXERCÍCIO

O dano muscular induzido pelo exercício (DMIE) em humanos ocorre quando o indivíduo realiza exercícios não-habituais, muito intensos ou de longa duração ^{(1) (2) (3) (4) (5)}.

Obviamente, a magnitude do dano dependerá da sobrecarga imposta, do grau de treinamento do indivíduo e do tipo de exercício realizado, sendo observada de diferentes formas em protocolos de estudos como: exercícios de contrações excêntricas ^{(6) (7)}, de corrida em plano declinado ^{(8) (9)}, de partida de baseball ⁽¹⁰⁾, de exercícios extenuantes de longa duração ⁽¹¹⁾ e de exercício de endurance ⁽¹²⁾, entre outros.

O exercício pode causar danos nas fibras musculares contráteis e nos componentes do citoesqueleto ⁽¹³⁾. O DMIE caracteriza-se mais especificamente pela ruptura, alargamento ou prolongamento da linha Z ^{(1) (9) (13) (14)} que é o ponto de contato das proteínas contráteis e o suporte para a transmissão de força quando as fibras musculares são encurtadas, além do rompimento da membrana da fibra muscular (sarcolema) ⁽⁶⁾.

Os mecanismos exatos envolvidos no DMIE ainda são pouco conhecidos ⁽⁹⁾. Segundo Tee et al (2007) ⁽⁴⁾ existe a hipótese que estes mecanismos ocorram em dois estágios. O primeiro seria relativo ao estresse mecânico e/ou metabólico e o segundo ocasionado pelo processo inflamatório.

O estresse mecânico é o mais investigado e, frequentemente, aceito como o fator dominante em induzir o dano muscular ^{(1) (4) (15) (16)}. Isso porque é mais comum ocorrer o dano muscular após uma contração excêntrica do que em contrações concêntrica ou isométrica, atribuído ao fato de que conforme o músculo é alongado durante a ação excêntrica diminui o número de ligações de pontes cruzadas o que resulta em um aumento de força realizado por ponte cruzada predispondo a “falência” das proteínas contráteis ⁽⁴⁾, portanto é um processo agudo. Ou seja, a contração muscular excêntrica resulta em uma razão maior de carga por fibra muscular do que na contração concêntrica ⁽¹⁾. Adicionalmente, após o término da ação excêntrica pode não ocorrer a sobreposição dos miofilamentos em alguns sarcômeros e esta ação realizada repetidas vezes faz com que a tensão que deveria ser suportada pela interação da actina com a miosina passa a ser imposta somente aos elementos elásticos destes sarcômeros, o que pode provocar o seu rompimento ⁽¹⁷⁾.

Além disso, especula-se que o recrutamento motor durante a contração excêntrica ocorra de maneira diferente do recrutamento motor padrão encontrado nas contrações concêntrica e isométrica ^{(18) (7)}. Enoka (1996) ⁽¹⁸⁾ verificou que a eletromiografia da contração excêntrica é menor para os mesmos níveis de força absoluto e relativo, quando comparada à ação concêntrica e isométrica, indicando que existe menor ativação elétrica do músculo. Este quadro foi relacionado com mecanismos de inibição neural provindos dos órgãos tendinosos de Golgi que são estruturas sensíveis à tensão muscular ⁽¹⁷⁾.

O fato do estresse mecânico causado pelas ações excêntricas induzir o dano muscular não elucida o mecanismo do dano encontrado após exercícios com ações

primariamente concêntricas, como por exemplo provas de endurance ⁽¹²⁾, e poucos estudos têm investigado este mecanismo .

Neste caso, considera-se hipoteticamente que o dano muscular é causado pelo estresse metabólico. Este modelo propõe que o evento inicial do DMIE seja causado por deficiências metabólicas, o que aumentaria a vulnerabilidade da fibra muscular ao estresse mecânico.

Essas deficiências metabólicas ocorrem principalmente quando os fluxos das vias bioenergéticas, oxidativa e glicolítica, são consideravelmente aumentados durante o exercício físico para uma maior síntese de adenosina tri-fosfato (ATP). O fluxo metabólico aumentado em excesso ou por um longo período de tempo faz com que haja a depleção do glicogênio com conseqüente redução do nível de ATP à concentrações suficientemente baixas para induzir o dano muscular ⁽⁴⁾.

Tanto o estresse mecânico como o metabólico são sucedidos pela perda da homeostasia do cálcio (Ca^{+2}). O nível de Ca^{+2} no citosol é regulado pelo número de tampões de Ca^{+2} e por mecanismos de transporte presentes nas células musculares. Quando estes mecanismos estão comprometidos diversas vias degradativas são ativadas, incluindo as vias fosfolipolíticas e proteolíticas cálcio-dependentes que degradam as proteínas contráteis e estruturais e, também, a membrana miofibrilar ⁽⁴⁾.

Além disso, outros fatores agudos também podem influenciar na ocorrência do DMIE, como a temperatura, a acidose do meio celular causado pelo aumento dos íons de hidrogênio (H^+) e alterações iônicas importantes do líquido intra e extra-celulares.

Após estes estágios iniciais do DMIE ocorre o segundo estágio, de maneira mais lenta, atribuído à resposta inflamatória para remover e regenerar o tecido lesionado ^{(4) (1) (19) (20)}. Clarkson e Hubal (2002) ⁽¹⁾ caracterizam o processo

inflamatório pela infiltração de fluído e proteínas plasmáticas no tecido danificado e pelo aumento da população de células inflamatórias. A proliferação dessas células amplifica o dano muscular inicial pelo processo de fagocitose do tecido necrosado realizado pelos neutrófilos (primeiras células inflamatórias que se instalam no local do dano) em conjunto com os macrófagos (presentes no próprio tecido). Elevados níveis de neutrófilos no músculo fazem com que ocorra a liberação de enzimas proteolíticas e de espécies reativas de oxigênio que degradam o tecido e aumentam a permeabilidade da membrana ^{(1) (20) (21) (19)}.

Com certeza, todo o processo do DMIE é muito complexo e ainda não está bem estabelecido. Na tentativa de esclarecer esta problemática, muitos estudos têm se dedicado à investigação do DMIE e às implicações positivas e negativas ao treinamento físico ^{(17) (6) (2) (7) (22) (13) (4) (23) (24)}. Para isso utilizam-se como ferramentas investigatórias, diversos tipos de protocolos para induzir o dano em conjunto com alguns marcadores e parâmetros que surgem ou se modificam após o DMIE.

Os marcadores indiretos mais utilizados em pesquisas com DMIE são: cinética da creatina quinase (CK) sérica ^{(12) (25)}, cinética da mioglobina (Mio) sérica ⁽²⁶⁾, parâmetros de performance (força) ^{(5) (27)} e dor muscular de início tardio (DMIT) ⁽¹⁴⁾.

Existem também outros métodos de investigação, entre eles os métodos diretos, como a biópsia muscular. Porém, observa-se que esta é aplicada com menor frequência por ser um método invasivo, além de poder desencadear uma maior extensão da lesão inicial relacionada ao exercício.

A figura 1 foi desenvolvida para explicitar e melhorar o entendimento dos eventos relacionados ao DMIE que serão descritos neste estudo.

FIGURA 1 - Figura representativa dos mecanismos envolvidos no dano muscular induzido pelo exercício

FIGURA 1 – Representação dos mecanismos envolvidos no dano muscular proposto por Togashi.

1.1.1. Protocolos para a indução do dano muscular

Encontram-se na literatura diversos protocolos de exercício com a finalidade de induzir um dano muscular, principalmente aqueles protocolos que possuem em sua execução um grande componente excêntrico. Isso porque está bem esclarecido que a ação excêntrica, comumente, provoca um dano muscular maior ⁽¹⁾ ⁽¹⁴⁾. Porém, outros protocolos com ações primariamente concêntricas também têm sido utilizados para a indução do dano.

Nottle e Nosaka (2005) ⁽⁹⁾ aplicaram um protocolo com o objetivo de induzir um dano muscular que consistia em 60 minutos de caminhada para trás em plano declinado (-15%). Já Totsuka et al (2002) ⁽¹²⁾ utilizaram um protocolo em cicloergômetro com duração de 90 minutos, 1,5kp (75 watts) de carga e 60 rotações por minuto (rpm) em três dias consecutivos. Outro protocolo semelhante em cicloergômetro foi empregado anteriormente por Suzuki et al (1999) ⁽²⁰⁾ com a diferença da imposição de carga que foi de 90 watts. Peake et al (2005) ⁽¹⁹⁾ aplicaram um protocolo com corrida em plano declinado (-10%) durante 45 minutos a uma intensidade de 60% do consumo máximo de oxigênio (VO₂máx). Recentemente, Twist e Eston (2009) ⁽²⁸⁾ usaram um protocolo que consistia em 100 saltos verticais com esforço voluntário máximo, iniciados em flexão do joelho a 90°.

Evidentemente, todos os autores citados acima obtiveram sucesso na indução do dano muscular. Porém, os protocolos mais freqüentes na literatura para esta finalidade são aqueles que possuem ações excêntricas isoladas em exercício resistido.

Nosaka e Clarkson (1996) ⁽²⁹⁾ induziram o dano muscular por um protocolo com 24 ações excêntricas máximas com duração de 3 segundos por ação e cada

ação era realizada a cada 15 segundos. Este protocolo foi realizado em um equipamento para a flexão do cotovelo (*Arm Curl*) modificado e o indivíduo efetuava apenas a ação excêntrica. A mesma sessão de exercícios foi utilizada por Nosaka et al em 2001 ⁽³⁰⁾. Posteriormente, Nosaka e Newton (2002) ⁽³¹⁾ aplicaram um protocolo de 3 séries de 10 repetições de ações excêntricas dos flexores do cotovelo com halteres no qual cada ação teve duração de 3 segundos e era iniciada a cada 15 segundos com 3 minutos de intervalo entre as séries. Neste caso, o avaliador retirou o halter da mão do indivíduo ao final da ação excêntrica e colocou na posição inicial.

Outros estudos com DMIE utilizaram um dinamômetro isocinético para induzir um dano muscular. Peake et al (2006) ⁽²¹⁾ estipularam um protocolo de 10 séries de 60 ações excêntricas dos flexores do cotovelo no dinamômetro isocinético com velocidade angular de $30^{\circ} \cdot s^{-1}$. Chapman et al (2008) ⁽³²⁾ empregaram 5 séries de 6 repetições excêntricas máximas no mesmo equipamento e grupamento muscular, com velocidade angular de $210^{\circ} \cdot s^{-1}$ e intervalo de 90 segundos entre as séries. Adicionalmente, Chapman et al (2008) ⁽⁵⁾ aplicaram 10 séries de 6 ações excêntricas máximas dos flexores do cotovelo no dinamômetro isocinético, com velocidade angular de $90^{\circ} \cdot s^{-1}$ com a finalidade de induzir o dano muscular.

Os protocolos com ações excêntricas são importantes para a indução do dano muscular e para a compreensão dos fenômenos presentes neste evento. Porém, a maioria dos protocolos empregados não apresenta grande aplicabilidade no âmbito do treinamento físico, visto que locais onde a prática de exercícios resistidos é comum, como clubes e academias, não encontram-se facilmente dinamômetros isocinéticos ou a possibilidade de executar somente a ação excêntrica isolada. Observa-se assim que, apesar destes estudos explicitarem fatores relacionados com o DMIE, estes não reproduzem uma situação real de treinamento com ações

concêntricas e excêntricas realizadas em um equipamento simples de exercício resistido.

A quadro 1 demonstra resumidamente os autores citados anteriormente e seus respectivos protocolos de exercício e equipamentos utilizados para induzir o dano muscular.

QUADRO 1 - Protocolos de exercício para a indução do dano muscular.

Autor	Protocolo	Equipamento
Nottle e Nosaka (2005) ⁽⁹⁾	60 minutos de caminhada para trás em plano declinado (-15%)	Esteira
Totsuka et al (2002) ⁽¹²⁾	90 minutos de pedalada a 75 watts e 60 rpm	Cicloergômetro
Suzuki et al (1999) ⁽²⁰⁾	90 minutos de pedalada a 90 watts e 60 rpm	Cicloergômetro
Peake et al (2005) ⁽¹⁹⁾	45 minutos de corrida em plano declinado (-10%) a 60% do VO ₂ máx	Esteira
Twist e Eston (2009) ⁽²⁸⁾	100 saltos	----
Nosaka e Clarkson (1996) ⁽²⁹⁾	24 ações excêntricas máximas dos flexores do cotovelo	Arm Curl modificado
Nosaka et al (2001) ⁽²⁶⁾	24 ações excêntricas máximas dos flexores do cotovelo	Arm Curl modificado
Nosaka e Newton (2002) ⁽³¹⁾	3 séries de 10 ações excêntricas dos flexores do cotovelo	Halter
Peake et al (2006) ⁽²¹⁾	10 séries de 60 ações excêntricas dos flexores do cotovelo	Dinamômetro isocinético
Chapman et al (2008) ⁽³²⁾	5 séries de 6 ações excêntricas dos flexores do cotovelo	Dinamômetro isocinético
Chapman et al (2008) ⁽⁵⁾	10 séries de 6 ações excêntricas dos flexores do cotovelo	Dinamômetro isocinético

QUADRO 1 – Autores, protocolos de exercício e equipamentos utilizados para induzir um dano muscular.

1.2. MARCADORES INDIRETOS DE DANO MUSCULAR INDUZIDO PELO EXERCÍCIO

Muitos protocolos experimentais têm estudado o aparecimento de proteínas musculares no sangue após um exercício excêntrico para comprovar indiretamente o dano muscular. Enzimas musculares como lactato desidrogenase, aspartato aminotransferase, creatina quinase (CK) e outras proteínas musculares como mioglobina (Mio), troponina e miosina de cadeia pesada têm sido estudadas. A CK tem recebido mais atenção, talvez por causa da magnitude do aumento em relação às outras proteínas e pelo custo da análise ser menos dispendioso ⁽¹⁾.

Outros parâmetros também são utilizados para analisar as consequências do DMIE, como a força muscular, a percepção de dor, entre outros.

1.2.1. Creatina quinase (CK)

A CK é uma proteína globular com peso molecular de 43 kDa que está amplamente distribuída nos tecidos, com função fisiológica predominante nas células musculares. Isso porque sua ação está associada à produção de ATP nos sistemas contráteis (sistema ATP-CP), catalizando a fosforilação reversível da creatina pelo ATP, formando a creatina fosfato e vice-versa (CP) ⁽²⁵⁾.

Segundo Brancaccio (2007) ⁽²⁵⁾, existem três isoformas de CK no citoplasma: CK-MM, CK-MB e CK-BB. A CK-MM é encontrada com abundância no músculo esquelético, a CK-MB é encontrada principalmente no miocárdio e a CK-BB nas células cerebrais.

A CK é amplamente utilizada nos estudos relacionados com DMIE ⁽²⁵⁾ ⁽¹⁾ ⁽¹²⁾ ⁽²⁹⁾, pois a presença de concentrações elevadas desta enzima no sangue indica que ocorreu a ruptura do sarcolema com consequente extravasamento das moléculas citoplasmáticas, entre as quais ela se encontra.

Apesar do extravasamento direto da CK para a corrente sanguínea, grande parte dessas moléculas são direcionadas aos capilares linfáticos e retornam aos vasos sanguíneos através das veias subclávias, onde desemboca o ducto torácico ⁽¹⁾.

Observa-se que a magnitude, o pico e o tempo do pico da concentração de CK sérica são dependentes do protocolo, da duração e da intensidade de exercício realizado e também do grau de treinamento e da individualidade biológica ⁽²⁵⁾. Dolezal et al (2000) ⁽²⁾ encontraram o mesmo tempo de pico da concentração de CK em 24 horas, entre grupos treinado e não-treinado, após ações excêntricas no exercício leg press, porém a magnitude do pico foi maior para o grupo não-treinado.

Já Totsuka et al (2002) ⁽¹²⁾ verificaram a cinética de concentrações de CK após exercício de endurance em um grupo de sujeitos não-treinados e encontraram grandes diferenças inter-individuais no tempo de pico (3 a 7 dias após o exercício) e na concentração de CK (102 a 1112 U/L).

Possivelmente o maior problema com a análise da CK como marcador de dano muscular é a grande variação de respostas entre indivíduos, com uma variação de 236 a 25.244 U/L citada em um único estudo ⁽²⁹⁾.

Evidentemente a concentração de CK não é padrão para todos os indivíduos, porém preconiza-se o tempo de pico de concentrações séricas após determinados tipos de exercício. Clarkson e Hubal (2002) ⁽¹⁾ afirmam que o tempo de pico da concentração de CK ocorre entre 5 e 7 dias após exercício excêntrico máximo. Em contrapartida, Nosaka et al (2001) ⁽³⁰⁾ averiguaram o pico da CK sérica entre 3 e 5 dias após 24 ações excêntricas máximas dos flexores do cotovelo. Chapman et al (2008) ⁽⁵⁾ encontraram o pico 4 dias após 60 contrações excêntricas máximas dos flexores do cotovelo. Nottle e Nosaka (2005) ⁽⁹⁾ também verificaram o pico da CK após 4 dias, porém em protocolo de caminhada em plano declinado.

A concentração de CK após uma série intensa de exercício tem uma grande elevação, porém em série subsequente realizada após diversos dias (em média 7 dias) da primeira série de um mesmo exercício, parece elevar a concentração de CK em menor escala. Nosaka et al (2001) ⁽²⁶⁾ verificaram que duas séries subsequentes de 24 ações excêntricas dos flexores do cotovelo com duas semanas de intervalo entre elas apresentam picos de CK diferentes, sendo que a segunda série expressa um pico significativamente menor do que a primeira. Porém, uma série repetida realizada após poucos dias parece não influenciar na concentração de CK, como demonstrado no estudo de Nosaka e Newton (2002) ⁽³¹⁾.

Valores de referência

Os valores de referência para a concentração de CK no soro, a 37°C, em indivíduos saudáveis em repouso, segundo a IFCC (*International Federation of Clinical Chemistry*), estão representados na tabela 1.

TABELA 1 – Valores de referência para a concentração de CK sanguínea.

Idade	Homens (U/L)	Mulheres (U/L)
1 a 3 meses	29 a 303	40 a 474
4 a 12 meses	25 a 172	27 a 242
13 a 24 meses	28 a 162	25 a 177
2 a 10 anos	31 a 152	25 a 177
11 a 14 anos	31 a 152	31 a 172
15 a 18 anos	34 a 147	28 a 142
acima de 18 anos	26 a 189	26 a 155

TABELA 1 – Valores de referência para a concentração de CK sanguínea para indivíduos saudáveis em repouso.

1.2.2. Mioglobina (Mio)

A Mio é uma heme-proteína de ligação do oxigênio presente nos músculos esquelético e cardíaco, com a função de armazenar oxigênio no interior da célula. Constitui cerca de 2% da proteína total do músculo e está localizada no citoplasma. É uma molécula globular muito pequena, formada por 153 aminoácidos e um grupo heme no centro, com peso molecular de 16,7 kDa ⁽³³⁾.

Ao ocorrer um DMIE ou qualquer outro dano à musculatura, como por exemplo, um trauma, uma patologia degenerativa ou um infarto agudo do miocárdio, ocorre o extravasamento da Mio para a corrente sanguínea e esta se desloca rapidamente devido ao seu baixo peso molecular. Por este motivo, a Mio sérica é um marcador de dano muscular com detecção mais antecipada do que os outros marcadores bioquímicos.

No estudo de Nosaka e Clarkson (1996) ⁽²⁹⁾ encontrou-se o pico da Mio entre 2 e 4 dias após 24 ações excêntricas máximas. Em protocolo semelhante Nosaka et al (2001) ⁽²⁶⁾ observaram o pico da Mio no terceiro dia após o exercício. Já Peake et al (2006) ⁽²¹⁾ verificaram o pico de Mio entre 1 e 3 dias após 10 séries de 60 ações excêntricas submáximas.

Suzuki et al (1999) ⁽²⁰⁾ e Peake et al (2005) ⁽¹⁹⁾ constataram o pico da Mio 1 hora após os protocolos em cicloergômetro e esteira, respectivamente.

Observa-se então que o tempo do pico de concentração da Mio é protocolo dependente e ocorre mais rapidamente do que o pico de concentração da CK após a aplicação do mesmo protocolo. Adicionalmente, encontra-se muita divergência entre indivíduos na concentração de Mio sérica após o DMIE, assim como na

concentração de CK, como mostrado no estudo de Suzuki et al (1999) ⁽²⁰⁾ que encontrou grande variação na concentração de Mio entre os indivíduos avaliados.

Valores de referência

A concentração de Mio sérica para indivíduos saudáveis em repouso deve ser inferior a 70ng/ml, a IFCC (*International Federation of Clinical Chemistry*).

1.2.3. Torque muscular

Um dos marcadores de DMIE é a diminuição do torque muscular (DTM), principalmente após exercícios com predominância nas ações excêntricas. O prejuízo da capacidade de produção de força é acatado como uma perspectiva funcional e uma alternativa não-invasiva para a identificação do dano muscular.

A DTM pode ser avaliada pela contração voluntária máxima e é considerada um dos mais válidos e confiáveis parâmetros indiretos para identificar o dano muscular e até a sua magnitude ⁽³⁴⁾.

Em exercícios com substancial componente excêntrico, a DTM já é aparente imediatamente após a atividade muscular, porém os outros parâmetros indicadores de dano ocorrem mais vagarosamente e, na maioria das vezes, são notáveis a partir do primeiro dia após o exercício ⁽³⁵⁾. Por esta razão, sugere-se que o prejuízo na força muscular possa ser a primeira consequência do DMIE enquanto que alguns outros parâmetros, como a dor muscular, possam ser manifestações secundárias advindas da inflamação aguda ocasionada pelo dano muscular ⁽³⁶⁾.

A DTM imediatamente após um exercício que não produz dano, como aqueles com ações predominantemente concêntricas, é restabelecida em poucas horas após e é geralmente atribuída à fadiga metabólica. Protocolos concêntricos são tipicamente associados com perdas de torque de 10-30% imediatamente após o exercício e retornam aos valores basais horas após ^{(1) (7)}. Protocolos de corrida em plano declinado, que produzem um dano mínimo, requerem um período maior para a recuperação do torque muscular, o que é associado ao componente excêntrico existente neste protocolo ⁽³⁷⁾. Exercícios de ações excêntricas máximas podem gerar 50-65% de diminuição do torque em relação aos valores basais ⁽²⁷⁾ e a diminuição do

torque prolonga-se à dias após o exercício excêntrico ⁽⁷⁾. Esta prolongada recuperação resulta do dano inicial durante o exercício e o dano adicional durante o processo de regeneração.

A grande maioria dos estudos com DMIE avaliam o torque muscular pela contração isométrica voluntária máxima em dinamômetros isocinéticos ou equipamentos adaptados com transdutores de força. Esta variável é expressa pelo valor do pico de torque e a sua diminuição é expressa pela porcentagem do valor registrado previamente ao DMIE. Estes estudos, geralmente, adotam o protocolo de 2 séries de 3 a 4 segundos de contração isométrica com o cotovelo flexionado a 90° e consideram a média das duas contrações como o parâmetro para avaliar a DTM ^{(32) (29) (31) (26) (5)}.

Em contrapartida, Nosaka et al (2006) ⁽²⁷⁾ investigou se a DTM avaliada em protocolo de contração isométrica voluntária máxima refletia os outros marcadores indiretos de dano muscular após exercício excêntrico e não encontrou forte correlação com a dor muscular de início tardio e com a CK.

A partir disso, sugere-se que o protocolo com contrações isométricas constantemente utilizado para avaliar a DTM parece não ser o melhor para avaliar a performance após o exercício excêntrico, ou ainda, que este parâmetro pode estar associado apenas ao mecanismo inicial do DMIE.

1.2.4. Dor muscular

A dor muscular é um fenômeno que ocorre após o DMIE e é amplamente utilizada como um marcador indireto de dano muscular em conjunto com outros marcadores ⁽³⁸⁾. É caracterizada como uma sensação de desconforto ou de dor na musculatura esquelética ⁽¹⁴⁾ com ou sem palpação do local lesionado após a prática de exercícios. Geralmente, a dor muscular é manifestada após dias da sessão de exercício, por essa razão é denominada dor muscular de início tardio (DMIT) ⁽³⁵⁾.

A explicação fisiológica para a DMIT ainda possui muita divergência entre conceitos. Alguns autores associam a DMIT a subprodutos, possíveis sinalizadores de dor, decorrentes do processo inflamatório, que seriam as prostaglandinas, as histaminas, as cininas e o potássio extra-celular ⁽³⁹⁾ ⁽⁴⁰⁾. Apesar destas substâncias químicas serem consideradas sinalizadoras da dor muscular, elas também podem sensibilizar os nociceptores, diminuindo o limiar de estimulação. Desta maneira, os nociceptores podem ser ativados por outros estímulos, como uma deformação mecânica ou inchaço local. Por esta razão, autores sugerem que o tempo tardio do aparecimento da dor reflete a presença dos mediadores químicos, mas a pressão causada pelo inchaço localizado pode ser o estímulo físico para a sensação de dor ⁽⁴¹⁾.

É importante ressaltar a subjetividade implícita na percepção da sensação de dor. Pois, embora alguns autores relacionem a magnitude da dor muscular com a sobrecarga do exercício ou o tipo de exercício realizado ⁽¹⁾, não se pode desconsiderar que a percepção de cada indivíduo pode ser característica pessoal de tolerância à dor ⁽¹⁴⁾.

Na maioria dos estudos, o instrumento utilizado para avaliar a dor muscular após o DMIE são as escalas de percepção subjetiva de dor, principalmente a escala visual analógica (EVA). Esta escala pode ter diversas variações numéricas e estas variações são expressas em uma linha contínua quantificada em milímetros e sempre o valor inicial é atribuído à “nenhuma dor” e o valor final é atribuído à “dor insuportável”. O indivíduo avaliado é instruído a marcar na linha da EVA o valor ou tamanho relativo à sua percepção de dor com palpação do músculo no momento da aplicação da escala.

Muitas pesquisas utilizaram a EVA de 0 a 50 mm^{(27) (30) (29) (31) (26)} e outras utilizaram a EVA de 0 a 100mm^{(21) (32) (6) (5)}. Nosaka et al (2002)⁽³⁸⁾ aplicaram a EVA de 50 a 200 mm, onde o início da linha (50) correspondia à “nenhuma dor” e o final da linha (200), “dor insuportável”. Outras escalas de percepção subjetiva de dor também são empregadas. Folland et al (2001)⁽²²⁾ aplicaram uma escala em que os indivíduos deveriam classificar a sua percepção de dor no músculo de 0 a 5 pontos.

A escala de Borg de percepção subjetiva de dor⁽⁴²⁾ também é uma alternativa para avaliar a dor muscular, visto que não limita-se apenas a uma linha contínua, mas sim classifica de 0 a 10 a dor e suas características (ANEXO A).

Independente da escala aplicada e da sobrecarga imposta, o pico de percepção subjetiva de dor após o dano muscular advindo de ações excêntricas é observado em vários estudos em 48 horas^{(32) (6) (2) (26) (5)}, hipotetizando a dor como consequência do processo inflamatório. Em contrapartida, Malm et al (2000)⁽⁴³⁾ e Nosaka e Clarkson (1996)⁽²⁹⁾ encontraram pequena correlação entre DMIT e outros marcadores de dano muscular e inflamação. Adicionalmente, Nosaka et al (2002)⁽³⁸⁾ aplicaram dois exercícios com ações excêntricas, um grupo com baixa intensidade e outro com alta intensidade, e verificaram que as magnitudes da dor muscular

possuíram diferenças não significativas entre as duas intensidades e baixa correlação com as concentrações de CK.

2. JUSTIFICATIVA

A partir destas evidências observa-se que os estudos já realizados com DMIE possuem muitas divergências relativas aos métodos e resultados. Diversos tipos de protocolos foram aplicados, principalmente aqueles com ações excêntricas, porém a grande maioria dos protocolos não condiz com uma situação real de treinamento físico ou transportam algum sistema de treinamento já existente para o estudo da ocorrência do DMIE e suas consequências.

Além disso, os protocolos de exercício aplicados anteriormente não aplicam intensidades relativas para cada sujeito, impondo a mesma sobrecarga estipulada pelo tempo e pelo número de repetições de movimento, sem levar em consideração a capacidade física individual.

Adicionalmente, nem todos os resultados encontrados corroboram em relação às cinéticas dos marcadores indiretos de dano muscular e as correlações feitas entre estes marcadores não têm esclarecido o processo deste fenômeno estudado e seus efeitos positivos ou não ao treinamento físico.

Assim, muitas contradições e questionamentos ainda permeiam os estudos com DMIE e seus protocolos de avaliação. Estes estudos ainda encontram-se um pouco distantes da aplicabilidade para a melhora da condição física ou para a adaptação a um estímulo físico.

Por essas razões, a presente pesquisa apresenta-se como uma proposta para avaliar o DMIE em situações próximas da prática, respeitando a individualidade biológica. E ainda, oferecer novos protocolos de avaliações com a finalidade de

ampliar e contribuir o entendimento do DMIE, evento importante para a adaptação muscular.

3. OBJETIVOS

Objetivo geral

Verificar e comparar a ocorrência de dano muscular nos flexores do cotovelo induzido por um protocolo de exercício resistido com ações concêntricas e excêntricas em equipamentos de fácil acesso em duas diferentes intensidades por meio de marcadores indiretos de dano muscular (CK, Mio, torque muscular e percepção subjetiva de dor).

Objetivos específicos

- Observar o tempo de ocorrência do pico de concentrações dos marcadores bioquímicos de dano muscular (CK e Mio) e o tempo de retorno ao valor basal após exercício resistido.
- Observar o tempo de ocorrência da maior diminuição do torque muscular em avaliação dinâmica no dinamômetro isocinético e a recuperação da mesma após exercício resistido.
- Observar o tempo de ocorrência do pico de percepção de dor por uma escala de percepção subjetiva de dor e o retorno à percepção basal após exercício resistido.

4. CASUÍSTICA E MÉTODOS

Este projeto foi aprovado pelo comitê de ética em pesquisas em seres humanos da Universidade Federal de São Carlos, parecer nº 104/2009 (ANEXO B).

4.1. AMOSTRA

Participaram deste estudo 09 voluntários treinados do gênero masculino. Estes voluntários foram recrutados no laboratório de Fisiologia do Exercício da Universidade Federal de São Carlos, bem como nas academias da mesma cidade.

Características da amostra: A tabela 2 demonstra as características da amostra, com idade em anos, peso em quilos (kg) e altura em centímetros (cm), com valores expressos em média e desvio padrão (DP).

TABELA 2 – Características da amostra.

Características	Média	DP
Idade (anos)	26,78	4,32
Peso (kg)	84,02	12,88
Altura (cm)	181,33	8,46

TABELA 2 - Características da amostra. Idade em anos, peso em quilos (kg) e altura em centímetros (cm). Valores expressos em média e desvio padrão (DP).

Critérios de inclusão:

- a) idade entre 20 e 35 anos;
- b) praticar exercício resistido no mínimo três vezes por semana;
- c) início da prática do exercício resistido no mínimo há seis meses;
- d) não relatar alguma disfunção muscular ou articular;
- e) não praticar exercícios físicos durante a fase experimental;
- f) não consumir suplementos alimentares.

Todos os indivíduos responderam uma ficha de anamnese (ANEXO C) sobre o histórico de atividade física e saúde e declararam como verdadeiras as informações contidas no questionário. Após a investigação das fichas e seleção dos voluntários de acordo com os critérios acima citados, os indivíduos assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido (ANEXO D).

4.2. MÉTODO

Os indivíduos foram submetidos a testes para a determinação de 1 repetição máxima (1-RM) nos exercícios rosca Scott (RS) e rosca direta (RD). Após a determinação da carga foram aplicados os protocolos de exercício, acompanhados de coletas de sangue venoso (CS), avaliação do torque muscular (ATM) e aplicação da escala de dor (ED).

4.2.1. Exercícios

Rosca Scott (RS): Exercício de flexão do cotovelo realizado no banco Scott com a barra W.

Os indivíduos mantiveram-se na posição sentada e seus braços permaneceram pronados a aproximadamente 45° em um apoio localizado na altura dos mamilos em que o ângulo entre o braço e o tronco foi de aproximadamente 45°. Segurando uma barra na forma similar à letra W, os participantes realizaram inicialmente uma contração excêntrica seguida de uma contração concêntrica, estendendo e flexionando os cotovelos, direito e esquerdo, simultaneamente, conforme a figura 2.

Rosca Direta (RD): Exercício de flexão do cotovelo realizado em pé com a barra reta.

Os indivíduos mantiveram-se em pé com as pernas afastadas, joelhos flexionados a aproximadamente 135° (considerando 0° a flexão total) e encostados

em um apoio. Com os braços supinados segurando uma barra reta, os participantes realizaram inicialmente uma contração excêntrica seguida de uma contração concêntrica, estendendo e flexionando os cotovelos, direito e esquerdo, simultaneamente, conforme a figura 3. O braço permaneceu ao lado do tronco durante a execução do movimento.

FIGURA 2 – Exercício Rosca Scott

Figura 2 – Visão frontal do exercício Rosca Scott realizado na barra W.

FIGURA 3 – Exercício Rosca Direta

Figura 3 – Visão frontal do exercício Rosca Direta realizado na barra reta.

A seleção de exercícios foi feita com a finalidade de realmente induzir um dano muscular nos músculos flexores do cotovelo alternando as posições das mãos com barras diferentes e a angulação do braço com o tronco. Além disso, é uma sequência de exercícios utilizada na prática para o treinamento desse grupo muscular.

4.2.2. Determinação de 1-RM

O teste de 1-RM determina a carga máxima que o indivíduo suporta em um determinado exercício de modo que consiga executar apenas uma repetição do movimento.

Neste estudo o teste de 1-RM foi realizado nos exercícios Rosca Scott (RS) e Rosca Direta (RD), respectivamente, em dias diferentes com no mínimo 48 horas de intervalo entre eles.

Iniciou-se o teste com um aquecimento de 20 repetições sem carga, apenas com o peso da barra (6 kg). Após dois minutos de intervalo realizou-se a primeira tentativa, partindo com o braço flexionado, realizando uma contração excêntrica seguida de uma contração concêntrica. A carga imposta foi de acordo com a experiência dos avaliadores e do peso utilizado por cada indivíduo nas suas sessões de treinamento habituais. Se o avaliado realizasse mais de uma repetição acrescentava-se mais carga até que este realizasse apenas uma repetição máxima.

Para cada dia de teste realizaram-se no máximo cinco tentativas com cinco minutos de intervalo entre elas. Se após as cinco tentativas a carga máxima não fosse determinada, o teste era encerrado e remarcado para outro dia com no mínimo 48 horas de intervalo.

O tempo entre a determinação de 1-RM e o início dos protocolos de exercício foi no máximo uma semana.

4.2.3. Protocolos de exercício

O protocolo de exercício foi elaborado com o objetivo de induzir um dano nos músculos flexores do cotovelo. Para confrontar e analisar as variáveis carga e volume foram determinados dois protocolos de exercício com duas intensidades.

O protocolo consistiu em realizar três séries em cada exercício, RS e RD, respectivamente, executando repetições até a falha concêntrica (f. conc.) com três cargas descendentes. A falha concêntrica era estabelecida quando o indivíduo não conseguisse realizar a flexão do cotovelo devido a fadiga muscular. Totalizaram-se, então, seis séries de exercício com três cargas diferentes, sem intervalo entre as cargas e com intervalo de um minuto e meio entre as séries.

Este protocolo foi aplicado em duas diferentes intensidades, em diferentes dias com uma semana de intervalo entre eles. Uma intensidade iniciou em 90% de 1-RM decresceu para 70% de 1-RM após a primeira falha concêntrica e decresceu novamente para 50% de 1-RM após a segunda falha concêntrica com a permanência do exercício até a terceira falha, este protocolo foi denominado nesta pesquisa de PROTOCOLO 90% (QUADRO 2). A outra intensidade seguiu o mesmo padrão, porém iniciou em 75% de 1-RM, decresceu para 55% e 35% de 1-RM e este protocolo foi denominado nesta pesquisa de PROTOCOLO 75% (QUADRO 3).

Para não haver intervalo entre as repetições decrescentes, os valores das cargas foram calculados e separados previamente, não foi utilizado o prendedor lateral de segurança e as anilhas foram retiradas rapidamente pelos pesquisadores.

Os quadros 2 e 3 expressam os protocolos nas diferentes intensidades.

QUADRO 2 – PROTOCOLO 90%

PROTOCOLO 90%			
Rosca Scott	Série 1:	90% 1RM até a f. conc. / 70% 1RM até a f. conc. / 50% 1RM até a f. conc.	
	Intervalo de 1 minuto e 30 segundos		
	Série 2:	90% 1RM até a f. conc. / 70% 1RM até a f. conc. / 50% 1RM até a f. conc.	
	Intervalo de 1 minuto e 30 segundos		
	Série 3:	90% 1RM até a f. conc. / 70% 1RM até a f. conc. / 50% 1RM até a f. conc.	
	Intervalo de 1 minuto e 30 segundos		
Rosca Direta	Série 1:	90% 1RM até a f. conc. / 70% 1RM até a f. conc. / 50% 1RM até a f. conc.	
	Intervalo de 1 minuto e 30 segundos		
	Série 2:	90% 1RM até a f. conc. / 70% 1RM até a f. conc. / 50% 1RM até a f. conc.	
	Intervalo de 1 minuto e 30 segundos		
	Série 3:	90% 1RM até a f. conc. / 70% 1RM até a f. conc. / 50% 1RM até a f. conc.	
	Intervalo de 1 minuto e 30 segundos		

QUADRO 2 - Protocolo de exercício com intensidade inicial referente a 90% de 1-RM.

QUADRO 3 – PROTOCOLO 75%

PROTOCOLO 75%			
Rosca Scott	Série 1:	75% 1RM até a f. conc. / 55% 1RM até a f. conc. / 35% 1RM até a f. conc.	
	Intervalo de 1 minuto e 30 segundos		
	Série 2:	75% 1RM até a f. conc. / 55% 1RM até a f. conc. / 35% 1RM até a f. conc.	
	Intervalo de 1 minuto e 30 segundos		
	Série 3:	75% 1RM até a f. conc. / 55% 1RM até a f. conc. / 35% 1RM até a f. conc.	
	Intervalo de 1 minuto e 30 segundos		
Rosca Direta	Série 1:	75% 1RM até a f. conc. / 55% 1RM até a f. conc. / 35% 1RM até a f. conc.	
	Intervalo de 1 minuto e 30 segundos		
	Série 2:	75% 1RM até a f. conc. / 55% 1RM até a f. conc. / 35% 1RM até a f. conc.	
	Intervalo de 1 minuto e 30 segundos		
	Série 3:	75% 1RM até a f. conc. / 55% 1RM até a f. conc. / 35% 1RM até a f. conc.	
	Intervalo de 1 minuto e 30 segundos		

QUADRO 3 - Protocolo de exercício com intensidade inicial referente a 75% de 1-RM.

Estes protocolos de exercício foram desenvolvidos com o intuito de reproduzir uma situação real de uma sessão de treinamento resistido, visto que o sistema de treinamento com cargas decrescentes é amplamente utilizado por freqüentadores de

academias. Além disso, por serem executados até a falha concêntrica são protocolos que possuem grandes possibilidades de induzirem um dano muscular, fenômeno necessário para a presente pesquisa.

A aplicação de duas intensidades foi feita para avaliar os marcadores indiretos do dano muscular frente a diferentes sobrecargas. Sendo que no PROTOCOLO 90% a carga é maior, porém o tempo de execução é menor, já no PROTOCOLO 75% a carga é menor e o tempo de execução maior.

A ordem de aplicação das intensidades dos protocolos 90 e 75% para cada indivíduo foi randomizada. E a ordem dos exercícios foi padronizada, sendo iniciada pela rosca Scott e em seguida a rosca direta, para não obter mais uma variável de análise.

4.2.4. Tempo de execução

Orientou-se aos voluntários realizar a ação excêntrica aproximadamente em 3 segundos e a ação concêntrica aproximadamente em 1 segundo. Enfatizando, assim, a fase excêntrica em que ocorre maior estresse mecânico e conseqüentemente maior dano muscular.

As medidas do tempo não foram exatas para cada repetição de movimento devido a carga ser elevada e nem sempre o indivíduo conseguir controlar com exatidão o tempo de execução. E também, para aproximar ainda mais da situação real de treinamento, em que o tempo de cada repetição não é igual.

Apesar disso, os voluntários eram estimulados pelo pesquisador a realizar as repetições conforme o tempo orientado anteriormente.

O tempo total de execução de cada série de cada indivíduo foi controlado por um cronômetro.

4.2.5. Número de repetições

O número de repetições de cada série de cada indivíduo foi contado e anotado, visto que esse número foi diversificado devido a cada indivíduo estabelecer a falha concêntrica de acordo com a sua fadiga muscular.

4.2.6. Volume

O volume final de cada protocolo foi calculado pela multiplicação do número de séries, pela carga de trabalho e pelo número de repetições.

Este cálculo foi feito para a comparação entre as duas intensidades de esforço (75% e 90% de 1RM).

4.2.7. Coleta sanguínea (CS)

A CS foi realizada para a dosagem dos marcadores bioquímicos de dano muscular, CK e mioglobina.

As coletas foram realizadas por um profissional especializado para tal procedimento nos dois protocolos nos seguintes tempos: Pré-exercício, imediatamente após o exercício, 24, 48, 96 e 168 horas após os protocolos de exercício, totalizando em 11 CS, sendo que a coleta de 168 horas após o primeiro protocolo foi a coleta pré-exercício do segundo protocolo.

Coletou-se 8,5mL de sangue das veias braquiais em um tubo de ensaio com sistema Vaccum Tainer Labor Import GEL (FIGURA 4-a). As amostras foram mantidas no gelo e posteriormente centrifugadas à uma temperatura de 4°C, à 3000 rotações por minuto, durante 10 minutos para a separação do soro (FIGURA 4-b). O soro foi pipetado, dividido em alíquotas de 1,5mL (FIGURA 4-c) e armazenado em um freezer à -80°C.

FIGURA 4 – Procedimentos para a obtenção do soro.

a) Tubo de ensaio
(Vaccum Tainer)

b) Separação do soro

c) Alíquota de soro

FIGURA 4 – a) Tubo de ensaio com sistema Vaccum Tainer Labor Import GEL; b) amostras centrifugadas à uma temperatura de 4°C, à 3000 rotações por minuto, durante 10 minutos para a separação do soro; c) soro dividido em alíquota de 1,5mL, respectivamente.

4.2.8. Dosagem de creatina quinase e de mioglobina

As amostras de soro foram encaminhadas a um laboratório comercial de análises clínicas da cidade de São Carlos para a dosagem de CK e Mio.

A CK foi dosada à 37°C pelo método cinético em ultra-violeta otimizado (kit Labtest/ Labmax 240).

A Mio foi dosada pelo método de quimioluminescência (kit Siemens/ Immulite 2000).

4.2.9. Avaliação do Torque Muscular (ATM)

Para ATM, foi utilizado um dinamômetro isocinético (Biodex System II), localizado na Unidade de Saúde Escola (USE) da Universidade Federal de São Carlos-SP.

Os indivíduos foram estabilizados na posição sentada, por meio de duas faixas transversais no tórax, para estabilização do tronco e outra horizontal na altura das cristas ilíacas. O membro avaliado foi posicionado com o ombro a 60° de flexão e 30° de rotação externa, a amplitude total de movimento foi de 80° (partindo de 10° de flexão de cotovelo para 90°, sendo a extensão completa do cotovelo utilizada como parâmetro para 0°). O braço foi mantido com um apoio a dois centímetros do olecrano e o epicôndilo lateral do cotovelo foi utilizado como referência para alinhamento com eixo mecânico do dinamômetro (FIGURA 5).

FIGURA 5 – Avaliação do torque muscular

FIGURA 5 - Posicionamento utilizado para avaliação do torque muscular no dinamômetro isocinético.

O protocolo foi aplicado em ambos os lados, composto por cinco repetições a $60^\circ/\text{s}$ (concêntrico/concêntrico), entretanto durante as repetições o indivíduo realizava apenas a flexão, a extensão era realizada pelo avaliador para que este movimento não influenciasse significativamente no DMIE. Antes do início do teste, foram realizadas duas repetições submáximas seguida de uma máxima, para adaptação do indivíduo com o equipamento, em seguida, havia um intervalo de dois minutos entre a adaptação e o teste. O comando verbal foi dado pelo avaliador que utilizou as palavras: atenção, prepara e vai. Essas palavras foram previamente ensinadas aos indivíduos participantes, de forma que assim que o comando fosse dado, o participante deveria iniciar o teste.

A ATM foi realizada nos seguintes tempos: Pré-exercício, imediatamente após o exercício, 24, 48, 96 e 168 horas após os protocolos de exercício e os valores

médios do pico de torque entre as cinco repetições para cada tempo foram utilizados para avaliar a cinética do torque muscular.

4.2.10. Escala de dor (ED)

Para a avaliação da incidência de dor dos indivíduos após o dano muscular induzido pelo sistema de treinamento *Drop Set* foi utilizada uma escala de percepção subjetiva de dor (Borg, 2000) ⁽⁴²⁾ que variava entre 0 e 10, onde 0 consistia em nenhuma dor e 10 dor extremamente forte (ANEXO A).

A escala foi aplicada previamente, imediatamente após o exercício e 24, 48, 96 e 168 horas após os protocolos de exercício. A escala foi impressa e era demonstrada aos indivíduos questionando-os sobre a percepção de dor no músculo bíceps braquial com palpação do músculo todo. Os indivíduos apontavam o número relativo à sensação percebida.

4.2.11. Desenho experimental

O quadro 4 expressa o desenho experimental com breve descrição de cada visita e as atividades realizadas em ordem cronológica.

QUADRO 4 – Desenho experimental

Visita	Atividade
1	Determinação de 1RM na Rosca Scott
Intervalo	Mínimo 48 horas
2	Determinação de 1RM na Rosca Direta
Intervalo	Máximo 1 semana
3	Pré 1- Coleta de sangue/ Escala de dor/ Avaliação do torque muscular
	Protocolo de exercício
	Pós 1- Coleta de sangue/ Escala de dor/ Avaliação do torque muscular
4	24 horas pós 1 - Coleta de sangue/ Escala de dor/ Avaliação do torque muscular
5	48 horas pós 1 - Coleta de sangue/ Escala de dor/ Avaliação do torque muscular
6	96 horas pós 1 - Coleta de sangue/ Escala de dor/ Avaliação do torque muscular
7	168 horas pós 1 e pré 2 - Coleta de sangue/ Escala de dor/ Avaliação do torque muscular
	Protocolo de exercício
	Pós 2 - Coleta de sangue/ Escala de dor/ Avaliação do torque muscular
8	24 horas pós 2 - Coleta de sangue/ Escala de dor/ Avaliação do torque muscular
9	48 horas pós 2 - Coleta de sangue/ Escala de dor/ Avaliação do torque muscular
10	96 horas pós 2 - Coleta de sangue/ Escala de dor/ Avaliação do torque muscular
11	168 horas pós 2 - Coleta de sangue/ Escala de dor/ Avaliação do torque muscular

QUADRO 4 - Desenho experimental que cita e descreve brevemente cada visita e as atividades realizadas em ordem cronológica. Os protocolos de exercício nas visitas 3 e 7, foram realizados randomicamente, portanto podem ter iniciado com carga de 90% de 1-RM bem como 75% de 1-RM. (Legenda: 1RM-Determinação de 1 Repetição Máxima).

4.3. ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise estatística foi feita no programa computacional *Minitab 15 Statistical Software* e seguiu as seguintes análises:

Análise 1: Cálculo da média, desvio padrão, mediana, coeficiente de variação e intervalo de confiança de todas as variáveis.

Análise 2: Teste de normalidade de *Ryan-Joiner* em todas as variáveis (número de repetições, volume, creatina quinase, mioglobina, escala de dor e torque muscular) e em todas as amostras destas variáveis (pré, pós, 24 horas pós, 48 horas pós, 96 horas pós e 168 horas pós). Este teste é recomendado para amostras com o “n” menor que 50, similar ao *Shapiro – Wilk*.

Análise 3: Para a comparação das amostras de cada variável (amostras dependentes) distribuídas normalmente aplicou-se um teste de média, o *teste-t* pareado, com intervalo de confiança de 95%.

Análise 4: Para a comparação das amostras de cada variável (amostras dependentes) não distribuídas normalmente aplicou-se um teste de medianas, o *1 sample sign*, com intervalo de confiança de 95%.

Análise 5: Determinou-se então os tempos de ocorrência do pico de cada variável e para a comparação dos picos das variáveis, do volume e do número de repetições entre os protocolos 75% e 90% (amostras independentes) aplicou-se o teste *t de Student*, para amostras distribuídas normalmente e o teste de *Mann-Whitney*, para amostras não distribuídas normalmente, ambos com intervalo de confiança de 95%.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. PROTOCOLO 75%

5.1.1. Número de repetições

A média ($\pm$ desvio padrão) do número total de repetições no exercício Rosca Scott no PROTOCOLO 75% foi de $82,00 \pm 48,43$ repetições, sendo que destas $54,44 \pm 26,84$ ocorreram na primeira série, distribuídas nas intensidades decrescentes de 75%, 55% e 35% de 1-RM em $11,00 \pm 2,29$ repetições; $8,89 \pm 3,26$ repetições; e $34,56 \pm 23,99$ repetições, respectivamente. Na segunda série totalizaram-se $16,78 \pm 9,04$ repetições, distribuídas em $1,67 \pm 1,50$ na intensidade de 75% de 1-RM; $3,22 \pm 1,39$ na intensidade de 55% de 1-RM; e $11,89 \pm 8,52$ na intensidade de 35% de 1-RM. Na terceira série a média do número total de repetições foi de $10,78 \pm 4,89$, ocorrendo $1,11 \pm 1,45$ na intensidade de 75% de 1-RM; $2,22 \pm 0,97$ na intensidade de 55% de 1-RM; e $7,44 \pm 5,05$ na intensidade de 35% de 1-RM (GRÁFICO 1).

GRÁFICO 1– Número de repetições no exercício Rosca Scott do PROTOCOLO 75%

GRÁFICO 1 — Representação da média do número total de repetições entre os indivíduos no PROTOCOLO 75% para cada série e a média do número de repetições entre os indivíduos nas intensidades de 75, 55 e 35% de 1-RM no exercício rosca Scott, com intervalo de 1'30" entre as séries (ver QUADRO 2).

Observa-se a partir destes resultados que o número de repetições na primeira série com intensidade de 75% de 1-RM no exercício Rosca Scott está compreendido entre o número estimado para esta intensidade. Segundo, Fleck (1999)⁽⁴⁴⁾ estima-se de 10 a 12 repetições para a carga de 75% de 1-RM. Este fato é sugestivo que o teste para a determinação de 1 repetição máxima foi realizado adequadamente.

Nas séries subseqüentes o número de repetições diminuiu consideravelmente em todas as intensidades (75%, 55% e 35% de 1-RM) devido à fadiga estabelecida na série anterior, tendo em vista que o exercício só se interrompeu na falha concêntrica.

A média ($\pm$ desvio padrão) do número total de repetições no exercício Rosca Direta no PROTOCOLO 75% foi de $17,56 \pm 4,84$ repetições, sendo que destas $5,67 \pm 2,18$ ocorreram na primeira série, distribuídas nas intensidades decrescentes de 75%, 55% e 35% de 1-RM em $0,44 \pm 0,53$ repetições; $1,56 \pm 1,01$ repetições; e $3,67 \pm 1,22$ repetições, respectivamente. Na segunda série totalizaram-se $6,44 \pm 1,24$ repetições, distribuídas em $0,11 \pm 0,33$ na intensidade de 75% de 1-RM; $1,67 \pm 0,87$ na intensidade de 55% de 1-RM; e $4,67 \pm 1,41$ na intensidade de 35% de 1-RM. Na terceira série a média do número total de repetições foi de $5,44 \pm 1,42$, ocorrendo $0,11 \pm 0,33$ na intensidade de 75% de 1-RM; $1,44 \pm 0,53$ na intensidade de 55% de 1-RM; e $3,89 \pm 1,27$ na intensidade de 35% de 1-RM (GRÁFICO 2).

GRÁFICO 2-Número de repetições no exercício Rosca Direta do PROTOCOLO 75%

GRÁFICO 2 — Representação da média do número total de repetições entre os indivíduos no PROTOCOLO 75% para cada série e a média do número de repetições entre os indivíduos nas intensidades de 75, 55 e 35% de 1-RM no exercício rosca direta, com intervalo de 1'30" entre as séries (ver QUADRO 2).

O exercício Rosca Direta foi iniciado um minuto e meio após o exercício Rosca Scott, isso fez com que o indivíduo já estivesse em um estado de fadiga muscular previamente ao exercício. Com isso, o número de repetições na primeira

série com intensidade de 75% de 1-RM foi bem menor de que o esperado para esta intensidade.

Nas séries subseqüentes ocorreram as mesmas diminuições relativas a cada intensidade, expressando séries com pequenos números de repetições.

Segundo Oliveira et al (2009) ⁽⁴⁵⁾, o exercício Rosca Direta possui um gesto motor diferente do exercício Rosca Scott devido à angulação do braço com o tronco exigindo predominância de contrações de outros músculos flexores do cotovelo. Além de serem dois exercícios realizados por praticantes de exercícios resistidos em uma mesma sessão de treinamento, a combinação dos dois exercícios foi escolhida para estimular a ocorrência do dano no grupo muscular em questão.

A falha concêntrica no sistema de treinamento de cargas descendentes foi um dos diferenciais do protocolo de exercício estipulado para este estudo. Estudos anteriores ^{(32) (26) (31) (21)} utilizaram protocolos em que o exercício consistia em séries com número de repetições determinadas, o que não significa que os indivíduos atingiram o mesmo estado de fadiga muscular, pois o mesmo número de contrações voluntárias máximas podem promover a exaustão em um indivíduo, mas também podem não promover em outro, considerando um dos princípios do treinamento, a individualidade biológica.

Outro diferencial do presente protocolo foi o equipamento. Utilizou-se equipamentos comuns de exercício resistido encontrados facilmente em clubes, academias de ginástica e centros de treinamento, aproximando o protocolo experimental de situações reais de treinamento. Saka et al (2009) ⁽⁴⁶⁾, Nguyen et al (2009) ⁽⁴⁷⁾, Newton et al (2008) ⁽⁴⁸⁾, Chapman et al (2008) ⁽⁵⁾, utilizaram um dinamômetro isocinético para a indução do dano muscular. Apesar de ser uma

ferramenta de melhor conduta experimental, é um equipamento muito caro e de difícil acesso.

5.1.2. Volume

A média ($\pm$ desvio padrão) do volume total de esforço no PROTOCOLO 75%, somando os dois exercícios (rosca Scott e rosca direta) foi de $2088,03 \pm 728,77$ Kg.

Obviamente o volume no exercício Rosca Scott foi maior que no exercício Rosca Direta devido ao número de repetições.

5.1.3. Creatina Quinase

No PROTOCOLO 75% o pico da mediana de concentrações de CK sérica entre os indivíduos foi de 356 U/L, com coeficiente de variação (CV) de 40% e ocorreu em 24 horas após a sessão de exercício, com um aumento de 204,96% em relação à concentração basal que teve mediana correspondente a 167 U/L (CV=46,31%).

Além do pico de concentrações de CK sérica em 24 horas após o exercício, a concentração de CK imediatamente após o esforço também demonstrou valor de mediana significativamente diferente do valor pré. As demais amostras não

apresentaram diferenças significativas em relação à concentração inicial (TABELA 3 e GRÁFICO 3).

TABELA 3 – Concentração de CK sérica no PROTOCOLO 75%

PARÂMETROS	Pré	Pós	24h Pós	48h Pós	96h Pós	168h Pós
Média	188,44	259,22	401,22	766,33	912,67	276,00
Mediana	167,00	232,00*	356,00*	322,00	218,00	174,00
Desvio padrão	87,27	102,89	161,11	1449,58	1231,13	244,89
C V (%)	46,31	39,69	40,16	189,16	134,89	88,73

TABELA 3 –Valores da média, mediana, desvio padrão e coeficiente de variação da CK (U/L) em todas as amostras do PROTOCOLO 75%. *Concentrações significativamente diferentes em relação às concentrações pré, com valor de $p < 0,05$.

GRÁFICO 3 – Cinética das concentrações de CK sérica no PROTOCOLO 75%

GRÁFICO 3 – Representação da cinética das medianas de concentrações de CK sérica entre os indivíduos no PROTOCOLO 75%. *Concentrações significativamente diferentes em relação às concentrações pré, com valor de $p < 0,05$.

Foi possível identificar um dano muscular no PROTOCOLO 75% pelo aumento nas concentrações de CK.

Apesar de apenas as amostras logo após e 24 horas após o exercício expressarem valores estatisticamente diferentes do valor pré exercício, a amostra 48

horas após parece ter uma tendência em manter-se com uma concentração elevada, porém não demonstrou diferença significativa. Isso provavelmente ocorreu devido ao grande coeficiente de variação entre os indivíduos.

Chapman et al (2008) ⁽⁵⁾, também encontraram variação similar nas concentrações de CK entre indivíduos tanto previamente o exercício quanto nas amostras após. Clarkson e Hubal (2002) ⁽¹⁾, afirmam que a grande variabilidade na resposta da CK ao exercício ainda não é bem esclarecida e parece não estar relacionada com o gênero, massa muscular ou nível de atividade física. Novos estudos são necessários para esclarecer esta variação.

O número de indivíduos investigados também influencia neste resultado, pois um único indivíduo pode influenciar demasiadamente. Talvez ao investigar um número maior de indivíduos esta tendência da concentração de CK em se manter elevada 48 horas após o exercício seja demonstrada de forma mais expressiva, porém os estudos encontrados, apesar de investigarem um maior número de indivíduos, também verificaram grande variação da CK, o que limita ainda mais esta discussão.

O tempo de ocorrência do pico de concentração de CK será discutido posteriormente no item 5.3.3.

5.1.4. Mioglobina

No PROTOCOLO 75% o pico da mediana de concentrações de Mio sérica entre os indivíduos foi de 81,00 ng/mL, com coeficiente de variação (CV) de 39,47% e ocorreu em logo após a sessão de exercício, com um aumento de 210,16% em relação à concentração basal que teve mediana correspondente a 37,00 ng/mL (CV=17,10%).

As demais amostras não apresentaram diferenças significativas em relação à concentração basal (TABELA 4 e GRÁFICO 4).

TABELA 4 – Concentração da Mio sérica no PROTOCOLO 75%

PARÂMETROS	Pré	Pós	24h Pós	48h Pós	96h Pós	168h Pós
Média	36,11	77,44	51,22	150,56	108,00	45,67
Mediana	37,00	81,00*	49,00	42,00	54,00	35,00
Desvio padrão	6,17	30,57	18,70	318,77	129,72	22,79
C V (%)	17,10	39,47	36,51	211,73	120,11	49,90

TABELA 4 – Valores da média, mediana, desvio padrão e coeficiente de variação da Mio (ng/mL) em todas as amostras do PROTOCOLO 75%. *Concentrações significativamente diferentes em relação às concentrações pré, com valor de $p < 0,05$.

GRÁFICO 4 – Cinética das concentrações de Mio sérica no PROTOCOLO 75%

GRÁFICO 4 – Representação da cinética das medianas de concentrações de Mio sérica entre os indivíduos no PROTOCOLO 75%. *Concentrações significativamente diferentes em relação às concentrações pré, com valor de $p < 0,05$.

Foi possível identificar um dano muscular após o PROTOCOLO 75% pelo aumento na concentração de Mio.

A ocorrência do pico de concentração logo após o exercício demonstra o rápido extravasamento das moléculas de Mio. Segundo Kontos et al (2007) ⁽⁴⁹⁾ a Mio extravasa rapidamente para a corrente sanguínea devido ao seu baixo peso molecular.

Assim como a CK, as concentrações de Mio apresentaram coeficientes de variações elevados entre os indivíduos, o que também pode influenciar o resultado e discussão pelo tamanho da população investigada.

O tempo de ocorrência do pico de concentração de Mio será discutido posteriormente no item 5.3.4.

5.1.5. Escala de dor

No PROTOCOLO 75% o pico da mediana dos valores da dor quantificada pela escala entre os indivíduos foi de valor 4,00 nas amostras 24 horas após e 48 horas após a sessão de exercício, com coeficiente de variação (CV) de 63,08% e 81,82%, respectivamente. Ocorreu um aumento de 400% em relação ao valor basal que teve mediana correspondente a 0,00 (CV=300%).

A amostra 96 horas após o protocolo também apresentou diferença significativa do valor inicial, porém com menor magnitude.

As amostras logo após o término do esforço e 168 horas após, não demonstraram diferenças significativas referentes ao valor da escala aplicada previamente o PROTOCOLO 75% (TABELA 5 e GRÁFICO 5).

TABELA 5 – Valores da escala de dor no PROTOCOLO 75%

PARÂMETROS	Pré	Pós	24h Pós	48h Pós	96h Pós	168h Pós
Média	0,06	1,50	3,50	3,67	0,50	0,00
Mediana	0,00	1,00	4,00*	4,00*	0,50	0,00
Desvio padrão	0,17	1,77	2,21	3,00	0,43	0,00
C V (%)	300,00	117,85	63,08	81,82	86,60	-

TABELA 5 – Valores da média, mediana, desvio padrão e coeficiente de variação da dor (valores da escala de dor) em todas as amostras do PROTOCOLO 75%. *Valores significativamente diferentes em relação às concentrações pré, com valor de $p < 0,05$.

GRÁFICO 5 – Incidência da dor no PROTOCOLO 75%

GRÁFICO 5 – Representação das medianas da dor entre os indivíduos no PROTOCOLO 75%. *Valores significativamente diferentes em relação às concentrações pré, com valor de $p < 0,05$.

Os valores da escala de dor mantiveram-se constantes nas amostras 24 e 48 horas após o exercício, este valor corresponde à percepção subjetiva de “dor um pouco forte” na escala aplicada.

Nosaka, Newton e Sacco (2002) ⁽³⁸⁾ e Foschini, Prestes e Charro (2007) ⁽¹⁴⁾, relacionam a dor ao processo inflamatório que ocorre tardiamente ao dano muscular, o que justifica o resultado encontrado com a presença da dor até 48 horas após o PROTOCOLO 75%. Assim, é possível inferir que o dano muscular, neste caso, é identificado pela percepção subjetiva de dor e ainda que o dano ocasionado por este protocolo desencadeou um processo inflamatório.

O tempo de ocorrência do pico do valor de dor será discutido posteriormente no item 5.3.5.

5.1.6. Torque muscular

No PROTOCOLO 75% a maior diminuição das médias do pico de torque ocorreu logo após a sessão de exercício com valor de $47,64 \pm 20,89$ Nm, com redução de 67,37% em relação ao valor inicial que foi de $67,88 \pm 14,48$ Nm.

Também foram encontradas diferenças significativas nas amostras 24, 48 e 96 horas após a sessão de exercício.

A amostra obtida 168 horas após o protocolo não apresentou diferença significativa em relação ao valor do torque muscular inicial (TABELA 6 e GRÁFICO 6).

TABELA 6 – Valores do torque muscular no PROTOCOLO 75%

PARÂMETROS	Pré	Pós	24h Pós	48h Pós	96h Pós	168h Pós
Média	67,88	47,64*	58,98*	59,38*	61,19*	62,99
Mediana	71,00	51,70	56,50	59,80	61,50	62,60
Desvio padrão	14,48	20,89	17,35	16,02	12,51	13,54
C V (%)	21,33	43,85	29,41	26,98	20,44	21,49

TABELA 6 –Valores da média, mediana, desvio padrão e coeficiente de variação do torque (Nm) muscular em todas as amostras do PROTOCOLO 75%. *Valores significativamente diferentes em relação às concentrações pré, com valor de $p < 0,05$.

GRÁFICO 6 – Cinética do torque muscular no PROTOCOLO 75%

GRÁFICO 6 – Representação da cinética das médias do torque muscular entre os indivíduos no PROTOCOLO 75%. *Valores significativamente diferentes em relação às concentrações pré, com valor de $p < 0,05$.

A maior diminuição da média dos picos de torque entre os indivíduos logo pós o PROTOCOLO 75% expressa a fadiga muscular estabelecida durante o protocolo. Nosaka et al (2006) ⁽²⁷⁾, atribuem essa diminuição às alterações morfológicas advindas do dano muscular induzido pelo exercício que causam prejuízos musculares funcionais, com provável perda espacial de vários sarcômeros.

Nas amostras 24, 48 e 96 horas após o protocolo as médias dos picos de torque ainda demonstram valores significativamente menores que a amostra pré exercício, isto parece ocorrer devido à reparação gradual da estrutura muscular.

O tempo de ocorrência da maior diminuição do valor do torque muscular será discutido posteriormente no item 5.3.6.

5.1.7. Resultado geral do PROTOCOLO 75%

A TABELA 7 resume os valores das variáveis CK, Mio, escala de dor e torque muscular com seus respectivos valores no PROTOCOLO 75%.

TABELA 7 – Valores gerais das variáveis do PROTOCOLO 75%

VARIÁVEIS	PARÂMETROS	Pré	Pós	24h pós	48h pós	96h pós	168h pós
CK (U/L)	Mediana	167,00	232,00*	356,00*	322,00	218,00	174,00
	CV (%)	46,31	39,69	40,16	189,16	134,89	88,73
Mio (ng/mL)	Mediana	37,00	81,00*	49,00	42,00	54,00	35,00
	CV (%)	17,10	39,47	36,51	211,73	120,11	49,90
Escala de dor	Mediana	0,00	1,00	4,00*	4,00*	0,50	0,00
	CV (%)	300,00	117,85	63,08	81,82	86,60	-
Torque (Nm)	Média	67,88	47,64*	58,98*	59,38*	61,19*	62,99
	DP	14,48	20,89	17,35	16,02	12,51	13,54

TABELA 7 – Valores das variáveis do PROTOCOLO 75%. * Valores significativamente diferentes do valor pré, $p < 0,05$.

Observa-se que o pico de concentração de CK ocorreu concomitantemente ao pico do valor da escala de dor em 24 horas após o PROTOCOLO 75%, porém a dor permaneceu no mesmo valor em 48 horas após o esforço físico. Apesar dos picos destas variáveis ocorrerem ao mesmo tempo ainda não se encontra uma explicação fisiológica para correlacioná-las, ou seja, não é o aumento na concentração de CK que causa a dor e vice-versa. No estudo de Nosaka, Newton e Sacco (2002) ⁽³⁸⁾ não se encontrou uma relação causa-consequência entre o aumento da CK e a dor muscular.

Porém, o aumento na concentração de CK sérica sinaliza a ocorrência de um dano muscular que frequentemente levará a um processo inflamatório que causa a dor.

O pico de concentração de Mio ocorreu imediatamente após o exercício coincidindo com a maior diminuição do valor do torque muscular. Estas duas variáveis também parecem não se ter uma relação causa-consequência forte.

A visão geral destas variáveis expressa que no PROTOCOLO 75% ocorreu um estresse mecânico (principalmente pelas ações excêntricas) e um estresse metabólico nos músculos flexores do cotovelo, causando um dano. Este dano foi sinalizado primeiramente pelo pico de extravasamento da Mio (molécula de baixo peso) para a corrente sanguínea e posteriormente pelo pico de extravasamento da CK ⁽¹⁾. A diminuição do torque muscular imediatamente após o esforço reflete o estresse metabólico estabelecido durante o exercício e a permanência do torque em valores menores que o valor pré nas amostras subseqüentes demonstra que a estrutura e as funções musculares ainda não foram reestabelecidas, mas que pela ação reparadora do processo inflamatório tendem a retornar à condição inicial ⁽¹³⁾. Este processo inflamatório atua de forma lenta e se enfatiza tardiamente e é o principal causador da dor 24 e 48 horas após o esforço, advinda de sinalizadores bioquímicos presentes neste processo, como prostaglandinas, histaminas, cininas e potássio ⁽¹⁴⁾.

5.2. PROTOCOLO 90%

5.2.1. Número de repetições

A média ($\pm$ desvio padrão) do número total de repetições no exercício Rosca Scott no PROTOCOLO 90% foi de $28,00 \pm 7,24$ repetições, sendo que destas $16,56 \pm 3,28$ ocorreram na primeira série, distribuídas nas intensidades decrescentes de 90%, 70% e 50% de 1-RM em $3,22 \pm 2,28$ repetições; $5,33 \pm 2,00$ repetições; e $8,00 \pm 2,50$ repetições, respectivamente. Na segunda série totalizaram-se $6,44 \pm 2,46$ repetições, distribuídas em $0,78 \pm 0,83$ na intensidade de 90% de 1-RM; $1,56 \pm 1,24$ na intensidade de 70% de 1-RM; e $4,11 \pm 1,27$ na intensidade de 50% de 1-RM. Na terceira série a média do número total de repetições foi de $5,00 \pm 1,50$, ocorrendo $0,33 \pm 0,71$ na intensidade de 90% de 1-RM; $1,56 \pm 0,73$ na intensidade de 70% de 1-RM; e $3,11 \pm 0,78$ na intensidade de 50% de 1-RM (GRÁFICO 7).

GRÁFICO 7–Número de repetições no exercício Rosca Scott do PROTOCOLO 90%

GRÁFICO 7 – Representação da média do número total de repetições entre os indivíduos no PROTOCOLO 90% para cada série e a média do número de repetições entre os indivíduos nas intensidades de 90, 70 e 50% de 1-RM no exercício rosca Scott, com intervalo de 1'30'' entre as séries (ver QUADRO 2).

Observa-se a partir destes resultados que o número de repetições na primeira série com intensidade de 90% de 1-RM no exercício Rosca Scott está compreendido entre o número estimado para esta intensidade. Segundo Fleck (1999) ⁽⁴⁴⁾, estima-se de 2 a 4 repetições para a carga de 90% de 1-RM. Este fato é sugestivo que o teste para a determinação de 1 repetição máxima foi realizado adequadamente.

Nas séries subseqüentes o número de repetições diminuiu consideravelmente em todas as intensidades (90%, 70% e 50% de 1-RM) devido à fadiga estabelecida na série anterior, tendo em vista que o exercício só se interrompeu na falha concêntrica.

A média ($\pm$ desvio padrão) do número total de repetições no exercício Rosca Direta no PROTOCOLO 90% foi de $10,11 \pm 5,87$ repetições, sendo que destas $3,22 \pm 2,22$ ocorreram na primeira série, distribuídas nas intensidades decrescentes de 90%, 70% e 50% de 1-RM em $0,00 \pm 0,00$ repetições; $1,00 \pm 1,00$ repetições; e $2,22 \pm 1,30$ repetições, respectivamente. Na segunda série totalizaram-se $3,56 \pm 2,07$ repetições, distribuídas em $0,00 \pm 0,00$ na intensidade de 90% de 1-RM; $0,89 \pm 0,78$ na intensidade de 70% de 1-RM; e $2,67 \pm 1,50$ na intensidade de 50% de 1-RM. Na terceira série a média do número total de repetições foi de $3,33 \pm 1,58$, ocorrendo $0,00 \pm 0,00$ na intensidade de 90% de 1-RM; $1,00 \pm 0,87$ na intensidade de 70% de 1-RM; e $2,33 \pm 1,00$ na intensidade de 50% de 1-RM (GRÁFICO 8).

GRÁFICO 8—Número de repetições no exercício Rosca Direta do PROTOCOLO

90%

GRÁFICO 8 — Representação da média do número total de repetições entre os indivíduos no PROTOCOLO 90% para cada série e a média do número de repetições entre os indivíduos nas intensidades de 90, 70 e 50% de 1-RM no exercício rosca direta, com intervalo de 1'30" entre as séries (ver QUADRO 2).

O exercício Rosca Direta foi iniciado um minuto e meio após o exercício Rosca Scott, isso fez com que o indivíduo já estivesse em um estado de fadiga muscular previamente ao exercício. Com isso, nenhum indivíduo conseguiu realizar alguma repetição na intensidade de 90% de 1-RM, tendo em vista a carga muito próxima da máxima.

Nas séries subseqüentes nas intensidades de 70 e 50% de 1-RM ocorreram poucas repetições, provavelmente também influenciadas pelo estado de fadiga muscular dos indivíduos.

5.2.2. Volume

A média ($\pm$ desvio padrão) do volume total de esforço no PROTOCOLO 90%, somando os dois exercícios (rosca Scott e rosca direta) foi de $1103,60 \pm 393,14$ Kg.

O volume no exercício Rosca Scott foi maior que o volume no exercício Rosca Direta, explicitados nos números de repetições.

5.2.3. Creatina Quinase

No PROTOCOLO 90% o pico da mediana de concentrações de CK sérica entre os indivíduos foi de 383 U/L, com coeficiente de variação (CV) de 127,04% e ocorreu em 24 horas após a sessão de exercício, com um aumento de 162,39% em

relação à concentração basal que teve mediana correspondente a 246 U/L (CV=77,57%).

Além do pico de concentrações de CK sérica em 24 horas após o exercício, a amostra logo após também demonstrou valor de mediana significativamente diferente do valor pré. A amostra 168 horas após foi diferente significativamente da amostra basal, porém com um valor de concentração inferior. As demais amostras não apresentaram diferenças significativas em relação à concentração inicial (TABELA 8 e GRÁFICO 9).

TABELA 8 – Concentração de CK sérica no PROTOCOLO 90%

PARÂMETROS	Pré	Pós	24h Pós	48h Pós	96h Pós	168h Pós
Média	300,78	344,78	765,67	450,11	284,11	180,11
Mediana	246,00	272,00*	383,00*	297,00	218,00	156,00*
Desvio padrão	233,32	252,41	972,72	459,98	226,04	67,69
C V (%)	77,57	73,21	127,04	102,19	79,56	37,58

TABELA 8 – Valores da média, mediana, desvio padrão e coeficiente de variação da CK (U/L) em todas as amostras do PROTOCOLO 90%. *Concentrações significativamente diferentes em relação às concentrações pré, com valor de $p < 0,05$.

GRÁFICO 9 – Cinética das concentrações de CK sérica no PROTOCOLO 90%

GRÁFICO 9 – Representação da cinética das medianas de concentrações de CK sérica entre os indivíduos no PROTOCOLO 90%. *Concentrações significativamente diferentes em relação às concentrações pré, com valor de $p < 0,05$.

Foi possível identificar um dano muscular no PROTOCOLO 90% pelo aumento nas concentrações de CK.

Da mesma forma que no PROTOCOLO 75% as amostras imediatamente após e 24 horas após o PROTOCOLO 90% expressam valores estatisticamente diferentes do valor pré exercício e a amostra 48 horas após parece ter uma tendência em manter-se com uma concentração elevada. Isso pode ser explicado pelo número de indivíduos investigados e pelo grande coeficiente de variação entre as concentrações de CK destes indivíduos.

O valor de concentração menor que o basal verificado na amostra de 168 horas após o esforço pode ter ocorrido devido ao *clearance* da molécula de CK aumentado⁽²⁵⁾.

O tempo de ocorrência do pico de concentração de CK será discutido posteriormente no item 5.3.3.

5.2.4. Mioglobina

No PROTOCOLO 90% o pico da mediana de concentrações de Mio sérica entre os indivíduos foi de 73,00 ng/mL, com coeficiente de variação (CV) de 159,76% e ocorreu em logo após a sessão de exercício, com um aumento de 135,90% em relação à concentração basal que teve mediana correspondente a 36,00 ng/mL (CV=51,29%).

As demais amostras não apresentaram diferenças significativas em relação à concentração basal (TABELA 9 e GRÁFICO 10).

TABELA 9 – Concentração da Mio sérica no PROTOCOLO 90%

PARÂMETROS	Pré	Pós	24h Pós	48h Pós	96h Pós	168h Pós
Média	40,67	194,56	56,56	45,56	38,33	35,33
Mediana	36,00	73,00*	42,00	35,00	36,00	35,00
Desvio padrão	20,86	310,82	31,74	24,94	9,66	9,35
C V (%)	51,29	159,76	56,12	54,74	25,19	26,47

TABELA 9 – Valores da média, mediana, desvio padrão e coeficiente de variação da Mio (ng/mL) em todas as amostras do PROTOCOLO 90%. *Concentrações significativamente diferentes em relação às concentrações pré, com valor de $p < 0,05$.

GRÁFICO 10 – Cinética das concentrações de Mio sérica no PROTOCOLO 90%

GRÁFICO 10 – Representação da cinética das medianas de concentrações de Mio sérica entre os indivíduos no PROTOCOLO 90%. *Concentrações significativamente diferentes em relação às concentrações pré, com valor de $p < 0,05$.

Foi possível identificar um dano muscular após o PROTOCOLO 90% pelo aumento na concentração de Mio.

A ocorrência do pico de concentração imediatamente após o exercício demonstra o rápido extravasamento das moléculas de Mio para a corrente sanguínea devido ao seu peso molecular, semelhante ao PROTOCOLO 75%.

Com exceção da amostra imediatamente após o PROTOCOLO 90% as concentrações de Mio não apresentaram coeficientes de variações tão elevados entre os indivíduos.

O tempo de ocorrência do pico de concentração de Mio será discutido posteriormente no item 5.3.4.

5.2.5. Escala de dor

No PROTOCOLO 90% o pico da mediana dos valores da dor quantificada pela escala entre os indivíduos foi de valor 2,00 na amostra logo após a sessão de exercício, com coeficiente de variação (CV) de 84,49%. Ocorreu um aumento de 200% em relação ao valor basal que teve mediana correspondente a 0,00.

As amostras 24 e 48 horas após o protocolo também apresentaram diferenças significativas do valor inicial, porém com menor magnitude.

As amostras 96 e 168 horas após, não demonstraram diferenças significativas referentes ao valor da escala aplicada previamente o PROTOCOLO 90% (TABELA 10 e GRÁFICO 11).

TABELA 10 – Valores da escala de dor no PROTOCOLO 90%

PARÂMETROS	Pré	Pós	24h Pós	48h Pós	96h Pós	168h Pós
Média	0,00	2,22	2,06	1,50	0,17	0,00
Mediana	0,00	2,00*	1,00*	1,00*	0,00	0,00
Desvio padrão	0,00	1,92	2,49	1,75	0,25	0,00
C V (%)	-	86,49	121,28	116,67	150,00	-

TABELA 10 – Valores da média, mediana, desvio padrão e coeficiente de variação da dor (valores da escala de dor) em todas as amostras do PROTOCOLO 90%. *Valores significativamente diferentes em relação às concentrações pré, com valor de $p < 0,05$.

GRÁFICO 11 – Incidência da dor no PROTOCOLO 90%

GRÁFICO 11 – Representação das medianas da dor entre os indivíduos no PROTOCOLO 90%. *Valores significativamente diferentes em relação às concentrações pré, com valor de $p < 0,05$.

O valor pico da escala de dor que ocorreu na amostra imediatamente após o PROTOCOLO 90% corresponde à percepção subjetiva de “dor moderada” na escala aplicada. E os valores das amostras 24 e 48 horas após o esforço indicam “dor fraca”.

Neste caso pode-se atribuir o pico de dor à acidose metabólica e ao inchaço local e posteriormente ao processo inflamatório decorrente do dano muscular ⁽⁴⁾.

O tempo de ocorrência do pico do valor de dor será discutido posteriormente no capítulo 5.3.5.

5.2.6. Torque muscular

No PROTOCOLO 90% a maior diminuição das médias do pico de torque ocorreu logo após a sessão de exercício com valor de $49,29 \pm 17,49$ Nm, reduzindo 73,91% em relação ao valor inicial que foi de $65,74 \pm 18,62$ Nm.

Também foram encontradas diferenças significativas nas amostras 24, 48 e 96 horas após a sessão de exercício.

A amostra obtida 168 horas após o protocolo não apresentou diferença significativa em relação ao valor do torque muscular inicial (TABELA 11 e GRÁFICO 12).

TABELA 11 – Valores do torque muscular no PROTOCOLO 90%

PARÂMETROS	Pré	Pós	24h Pós	48h Pós	96h Pós	168h Pós
Média	65,74	49,29*	57,90*	59,97*	62,73*	64,06
Mediana	62,60	52,20	61,40	62,60	60,20	65,30
Desvio padrão	18,62	17,49	16,93	17,52	17,30	16,78
C V (%)	28,32	35,49	29,23	29,21	27,58	26,20

TABELA 11 – Valores da média, mediana, desvio padrão e coeficiente de variação do torque muscular em todas as amostras do PROTOCOLO 90%. *Valores significativamente diferentes em relação às concentrações pré, com valor de $p < 0,05$.

GRÁFICO 12 – Cinética do torque muscular no PROTOCOLO 90%

GRÁFICO 12 – Representação da cinética das medianas do torque muscular entre os indivíduos no PROTOCOLO 90%. *Valores significativamente diferentes em relação às concentrações pré, com valor de $p < 0,05$.

A maior diminuição da média dos picos de torque entre os indivíduos logo pós o PROTOCOLO 90% expressa a fadiga muscular estabelecida durante o protocolo.

Nas amostras 24, 48 e 96 horas após o protocolo as médias dos picos de torque ainda demonstram valores significativamente menores que a amostra pré exercício, isto parece ocorrer devido ao processo inflamatório que se estabelece após o dano muscular e a reparação gradativa das estruturas e funções musculares.

O tempo de ocorrência da maior diminuição do valor do torque muscular será discutido posteriormente no capítulo 5.3.6.

5.2.7. Resultado geral do PROTOCOLO 90%

A tabela 12 resume os valores das variáveis CK, Mio, escala de dor e torque muscular com seus respectivos valores no PROTOCOLO 90%.

TABELA 12 – Valores gerais das variáveis do PROTOCOLO 90%

VARIÁVEIS	PARÂMETROS	Pré	Pós	24h pós	48h pós	96h pós	168h pós
CK (U/L)	Mediana	246,00	272,00*	383,00*	297,00	218,00	156,00*
	CV (%)	77,57	73,21	127,04	102,19	79,56	37,58
Mio (ng/mL)	Mediana	36,00	73,00*	42,00	35,00	36,00	35,00
	CV (%)	51,29	159,76	56,12	54,74	25,19	26,47
Escala de dor	Mediana	0,00	2,00*	1,00*	1,00*	0,00	0,00
	CV (%)	-	86,49	121,28	116,67	150,00	-
Torque (Nm)	Média	65,74	49,29*	57,90*	59,97*	62,73*	64,06
	DP	18,62	17,49	16,93	17,52	17,30	16,78

TABELA 12 – Valores das variáveis do PROTOCOLO 90%. * Valores significativamente diferentes do valor pré, $p < 0,05$.

Observa-se que o pico de concentração de Mio, escala de dor e maior diminuição de torque ocorreram ao mesmo tempo, imediatamente após o PROTOCOLO 90%. A dor e a diminuição do torque muscular podem ser atribuídos ao estresse metabólico, enquanto que o pico de Mio sinaliza a ocorrência de um dano muscular.

O aumento na concentração de CK sérica também sinaliza a ocorrência de um dano muscular e apesar de já ser estatisticamente diferente do valor inicial imediatamente após o exercício, atinge seu pico em 24 horas após.

A visão geral destas variáveis expressa que no PROTOCOLO 90% ocorre principalmente uma sobrecarga metabólica exacerbada expressa pela maior diminuição do torque muscular e o pico de dor imediatamente após o esforço, mas

que também houve a ocorrência do dano muscular sinalizado primeiramente pelo pico de extravasamento da Mio (molécula de baixo peso) para a corrente sanguínea e posteriormente pelo pico de extravasamento da CK.

A permanência do torque em valores menores que o valor pré nas amostras subseqüentes demonstra que a estrutura e as funções musculares ainda não foram reestabelecidas, mas que pela ação reparadora do processo inflamatório tendem a retornar à condição inicial. A dor nas amostras subseqüentes em menores valores expressam o processo inflamatório, porém com pequena magnitude.

5.3. COMPARAÇÃO ENTRE OS PROTOCOLOS 75% E 90%

5.3.1 Número de repetições

Totalizaram-se $99,56 \pm 38,88$ repetições no PROTOCOLO 75%, enquanto que no PROTOCOLO 90% totalizaram-se $38,11 \pm 10,30$ repetições, demonstrando uma diferença significativa entre o número de repetições dos dois protocolos.

GRÁFICO 13 – Comparação entre o número total de repetições nos PROTOCOLOS 75% e 90%

GRÁFICO 13 – Representação do número total de repetições nos PROTOCOLOS 75% e 90%. * Diferença significativa entre os protocolos, com valor de $p < 0,05$.

Observa-se que o número de repetições no PROTOCOLO 75% foi maior (161,20%) que o número de repetições no PROTOCOLO 90%. Isso ocorreu devido ao término do exercício ser dado somente após a falha concêntrica, pois em menor

intensidade é possível realizar um número maior de repetições antes de atingir a fadiga muscular.

5.3.2. Volume

O volume total de esforço no PROTOCOLO 75% foi de $2088,03 \pm 728,77$ Kg. No PROTOCOLO 90% o volume total de esforço foi de $1103,60 \pm 393,14$ Kg (GRÁFICO 14).

GRÁFICO 14 – Comparação entre o volume total de esforço nos PROTOCOLOS 75% e 90%

GRÁFICO 14 – Representação do volume total de esforço nos PROTOCOLOS 75% e 90%. * Diferença significativa entre os protocolos, com valor de $p < 0,05$.

A intensidade aplicada foi maior no PROTOCOLO 90%, mas o volume foi maior no PROTOCOLO 75% devido ao número de repetições realizadas. Apesar de

serem protocolos com intensidades e volumes diferentes, em ambos, os indivíduos atingiram a fadiga muscular, devido à falha concêntrica.

É importante ressaltar que cada protocolo possui uma forma de imposição de carga, ou seja, no PROTOCOLO 75% o **volume** de esforço foi maior enquanto que no PROTOCOLO 90% a **carga** imposta foi maior. Assim as variáveis investigadas após os protocolos poderão ser avaliadas contrapondo carga e volume de exercício.

5.3.3. Creatina Quinase

As cinéticas de concentrações da CK foram semelhantes nos PROTOCOLOS 75% e 90% com o mesmo tempo de ocorrência do pico em 24 horas pós o exercício (GRÁFICO 15).

GRÁFICO 15–Cinéticas de concentrações de CK dos PROTOCOLOS 75% e 90%.

GRÁFICO 15 – Representação das cinéticas de concentrações de CK sérica dos PROTOCOLOS 75% e 90%. Não houve diferença significativa entre as concentrações de cada tempo dos dois protocolos.

Diferente destes resultados, Nosaka, Newton e Sacco (2002) ⁽³⁸⁾ compararam 24 ações excêntricas máximas com 12 ações excêntricas máximas dos flexores do cotovelo e encontraram o pico de CK após quatro dias do esforço para ambos os protocolos, porém com maior magnitude após 24 ações. Nosaka e Newton (2002) ⁽³¹⁾ submeteram 9 indivíduos a um protocolo de três séries de 10 ações excêntricas dos flexores do cotovelo com halteres e carga correspondente a 50% da força isométrica máxima e encontraram o pico da CK cinco dias após o esforço. Já Totsuka et al (2002) ⁽¹²⁾, encontraram o pico da CK dois dias (24 horas) após exercício de endurance em cicloergômetro, semelhante ao resultado deste estudo

Apesar dos valores absolutos dos picos de concentrações nos dois protocolos serem diferentes, não houve diferença significativa entre eles, ou seja, em ambos os protocolos, apesar da diferença de volume e carga imposta, o dano muscular foi

identificado pelo aumento da CK, no mesmo tempo de ocorrência do pico e na mesma magnitude (GRÁFICO 16).

GRÁFICO 16 – Comparação dos picos de concentrações de CK entre os PROTOCOLOS 75% e 90%.

GRÁFICO 16 – Comparação dos picos de concentrações de CK sérica entre os PROTOCOLOS 75% e 90%. Tempo do pico de concentrações de CK no PROTOCOLO 75% e 90%: 24 horas após. * Diferença significativa em relação aos valores pré, $p < 0,05$. Não houve diferença significativa entre os valores picos.

Totsuka et al (2002)⁽¹²⁾, observaram a concentração média ($\pm$ erro padrão) do pico da CK de $410,00 \pm 81,00$ (U/L) após exercício de endurance. Este resultado demonstrou valores próximos aos encontrados nesta pesquisa, apesar do protocolo de exercício ser diferente. Porém Nosaka, Newton e Sacco (2002)⁽³⁸⁾, verificaram a concentração média ($\pm$ erro padrão) do pico da CK no valor de $15284,00 \pm 1188,00$ (U/L) após 24 ações excêntricas máximas e $5549,00 \pm 850,00$ (U/L) após 12 ações excêntricas máximas, valores mais elevados que os valores encontrados nos protocolos investigados.

O tempo de ocorrência do pico e os valores de concentração de CK parecem depender do tipo de exercício realizado e apesar do protocolo aplicado na presente pesquisa possuir um componente excêntrico não se obteve os mesmos resultados em relação aos estudos com exercícios com ações excêntricas somente. Parece que o componente concêntrico aplicado em conjunto com o excêntrico reduz a ocorrência do dano muscular identificado pela CK sérica.

Assim, ainda não estabelece-se se os protocolos com ação excêntricas isoladas refletem as situações reais de exercício resistido em equipamento comum. Novos estudos com ações concêntricas e excêntricas combinadas são necessários para elucidar esta questão.

5.3.4. Mioglobina

As cinéticas de concentrações da Mio foram semelhantes nos PROTOCOLOS 75% e 90% com o mesmo tempo de ocorrência do pico imediatamente após o exercício (GRÁFICO 17).

GRÁFICO 17 –Cinéticas de concentrações de Mio dos PROTOCOLOS 75% e 90%.

GRÁFICO 17 – Representação das cinéticas de concentrações de Mio sérica dos PROTOCOLOS 75% e 90%. Não houve diferença significativa entre as concentrações de cada tempo dos dois protocolos.

Nosaka et al (2001) ⁽²⁶⁾ encontraram o pico da Mio três dias após 24 ações excêntricas máximas, enquanto que Peake et al (2005) ⁽¹⁹⁾ verificaram o pico da Mio uma hora após corrida em plano declinado, mas com elevações de 1100% do valor basal na amostra imediatamente após o esforço.

Não foi encontrado algum estudo que demonstrasse resultados semelhantes em relação ao tempo de ocorrência do pico da Mio imediatamente após o protocolo de exercício, porém neste estudo não foram realizadas coletas de sangue entre os tempos de imediatamente após e 24 horas após o exercício, o que pode ter limitado a discussão se o pico da Mio ocorreu entre esses tempos.

Apesar dos valores absolutos dos picos de concentrações nos dois protocolos serem diferentes, não houve diferença significativa entre eles, ou seja, em ambos os protocolos o dano muscular foi identificado pelo aumento da Mio, no mesmo tempo de ocorrência do pico e na mesma magnitude (GRÁFICO 18).

GRÁFICO 18 – Comparação dos picos de concentrações de Mio sérica entre os PROTOCOLOS 75% e 90%

GRÁFICO 18 – Comparação dos picos de concentrações de Mio sérica entre os PROTOCOLOS 75% e 90%. Tempo do pico de concentrações de Mio no PROTOCOLO 75% e 90%: logo após. * Diferença significativa em relação aos valores pré, $p < 0,05$. Não houve diferença significativa entre os valores picos.

Nosaka et al (2001) ⁽²⁶⁾ obtiveram a concentração do pico de Mio no valor médio de 1619,00 (ng/mL) após 24 ações excêntricas máximas e Peake et al (2005) ⁽¹⁹⁾ verificaram a concentração do pico de Mio no valor de 750,00 (ng/mL) após corrida em plano declinado. Estes resultados demonstram valores divergentes em relação aos valores de concentrações de Mio encontrados neste estudo.

Assim como a CK, foi possível sugerir fortemente um dano muscular pela análise bioquímica da Mio nos PROTOCOLOS 75% e 90%, porém não foi possível quantificar em qual protocolo o dano foi maior.

5.3.5. Escala de dor

A percepção subjetiva de dor expressou incidências bem diferentes entre os PROTOCOLOS 75% e 90%. No PROTOCOLO 75% a dor atingiu o pico em 24 horas após o esforço e permaneceu no mesmo valor em 48 horas após. Já no PROTOCOLO 90% a dor atingiu seu pico imediatamente após o esforço (GRÁFICO 19).

GRÁFICO 19 – Incidências da dor dos PROTOCOLOS 75% e 90%.

GRÁFICO 19 – Representação das incidências da dor dos PROTOCOLOS 75% e 90%. † Diferença significativa entre as concentrações de cada tempo dos dois protocolos.

Chapman et al (2008) ⁽³²⁾ encontraram o pico da dor em 48 horas após cinco séries de seis ações excêntricas máximas. Nosaka e Newton (2002) ⁽³¹⁾, encontraram o pico de dor um dia após três séries de 10 ações excêntricas. Como no PROTOCOLO 75%, estes estudos demonstram a dor muscular de início tardio atribuída ao processo inflamatório.

Sugere-se que a dor no PROTOCOLO 90% esteja demonstrando principalmente o estresse metabólico imediatamente após o exercício e que o processo inflamatório após este protocolo não foi tão exacerbado. Porém tais afirmações somente seriam possíveis se marcadores inflamatórios fossem investigados. Nosaka, Newton e Sacco (2002) ⁽³⁸⁾ afirmam que o grau da dor muscular não reflete necessariamente o grau do dano no tecido muscular, atribuindo a dor à influências cerebrais e somáticas.

Apesar dos valores absolutos dos valores picos nos dois protocolos serem diferentes, não houve diferença estatisticamente significativa entre eles (GRÁFICO 20). Porém, a percepção correspondente aos valores é de “dor um pouco forte” no PROTOCOLO 75% e “dor moderada” no PROTOCOLO 90%.

GRÁFICO 20 – Comparação dos picos de dor entre os PROTOCOLOS 75% e 90%.

GRÁFICO 20 – Comparação dos picos de dor entre os PROTOCOLOS 75% e 90%. * Diferença significativa em relação aos valores pré, $p < 0,05$. Não houve diferença significativa entre os valores picos.

5.3.6. Torque

As cinéticas do torque muscular foram semelhantes nos PROTOCOLOS 75% e 90% com o mesmo tempo de ocorrência da maior diminuição imediatamente após o exercício (GRÁFICO 21).

GRÁFICO 21 – Cinéticas do torque muscular dos PROTOCOLOS 75% e 90%.

GRÁFICO 21 – Representação das cinéticas do torque muscular dos PROTOCOLOS 75% e 90%. Não houve diferença significativa entre as concentrações de cada tempo dos dois protocolos.

Muitos estudos ^{(38) (31) (32) (27) (7) (5)} obtiveram o mesmo tempo de ocorrência da maior diminuição do pico de torque, porém com maior ou menor magnitude dependendo do protocolo.

A diminuição do torque imediatamente após o exercício está atribuída principalmente ao dano nas estruturas contráteis do músculo que causaria um prejuízo funcional da musculatura ⁽³⁵⁾.

Apesar dos valores absolutos das maiores diminuições do torque muscular nos dois protocolos serem diferentes, não houve diferença significativa entre eles (GRÁFICO 22).

GRÁFICO 22 – Comparação das maiores diminuições do torque muscular entre os PROTOCOLOS 75% e 90%.

GRÁFICO 22 – Comparação das maiores diminuições do torque muscular entre os PROTOCOLOS 75% e 90%. Não houve diferença significativa entre as variáveis. *Diferença significativa em relação aos valores pré, $p < 0,05$.

A partir desses resultados especula-se que independente do volume ou da carga aplicada, diferenciadas pelos PROTOCOLOS 75% e 90%, a função muscular obteve o mesmo prejuízo e a mesma recuperação. Sugere-se então que estudos com protocolos crônicos contraponham as variáveis carga e volume para verificar as adaptações musculares.

5.3.7. Resultado geral da comparação entre os PROTOCOLOS 75% e 90%

A tabela 13 demonstra os tempos de ocorrência dos picos da CK, Mio e dor e da maior diminuição do torque com seus respectivos valores em cada protocolo.

TABELA 13 – Comparação entre as variáveis dos PROTOCOLOS 75% e 90%

VARIÁVEIS	PARÂMETROS	PROTOCOLO 75%	PROTOCOLO 90%
CK (U/L)	Tempo do pico	24h pós	24h pós
	Mediana	356,00	383,00
	CV (%)	40,16	127,04
Mio (ng/mL)	Tempo do pico	Pós	Pós
	Mediana	81,00	73,00
	CV (%)	39,47	159,76
Escala de dor	Tempo do pico	24h/48h pós	Pós
	Mediana	4,00	2,00
	CV (%)	63,08/81,82	86,49
Torque (Nm)	Tempo da diminuição	Pós	Pós
	Média	47,64	49,29
	DP	20,89	17,49

TABELA 13 – Comparação entre os valores nos tempos picos das variáveis CK, Mio e Escala de dor e no tempo de maior diminuição do torque muscular dos PROTOCOLOS 75% e 90%. Não houve diferenças significativas entre os protocolos.

A variável com maior diferencial entre os protocolos foi a percepção subjetiva de dor que obteve o pico em tempos diferentes. As outras variáveis parecem ter as mesmas características em relação a valores e tempos de ocorrência, apesar da intensidade de esforço aplicada ser diferente. De acordo com Nosaka, Newton e Sacco (2002) ⁽³⁸⁾, a magnitude da dor tem uma pequena ou nenhuma relação com outros indicadores de dano muscular e não é afetada pela severidade do dano muscular.

Devido à grande variação de concentrações entre os indivíduos, a CK e a Mio parecem não serem bons quantificadores de dano muscular. O que se pode afirmar é que o aumento da concentração destas variáveis indica a ocorrência do dano.

Sendo assim e de acordo com Clarkson e Hubal (2002) ⁽¹⁾ o melhor marcador do dano muscular parece ser o torque muscular. Além de avaliar a funcionalidade muscular é um procedimento não-invasivo e não-dispendioso quando o dinamômetro isocinético encontra-se à disposição. E ainda, pode ser um parâmetro de avaliar a recuperação muscular para a prescrição do tempo de intervalo entre sessões de treinamento.

Este marcador não demonstrou diferenças entre os protocolos aplicados neste estudo. Isso tem implicações práticas importantes, visto que o volume e a carga nestas condições apresentadas não se diferenciam em relação às alterações musculares.

Todas as variáveis investigadas, exceto a dor muscular no PROTOCOLO 75%, obtiveram padrões diferentes em relação a estudos anteriores que induziram o dano muscular com ações excêntricas isoladas. Isso indica que não se pode transferir estas pesquisas para o treinamento prático, visto que as condições reais envolvem equipamentos e movimentações diferentes.

Sugere-se que pesquisas futuras investiguem os efeitos crônicos de um treinamento com o sistema de treinamento de cargas descendentes nas variáveis investigadas (CK, Mio, dor e torque muscular) e nas adaptações musculares.

Portanto, é possível relatar as conclusões citadas no próximo item.

6. CONCLUSÃO

Foi possível sugerir a existência de um dano muscular após protocolo de exercícios resistidos com ações concêntricas e excêntricas em equipamentos de fácil acesso em duas diferentes intensidades por meio de marcadores indiretos de dano muscular (CK, Mio, torque muscular e percepção subjetiva de dor).

A CK sérica atingiu o pico de concentração 24 horas após o PROTOCOLO 75% e 90%, retornando ao valor basal 48 horas após o esforço. Não houve diferença significativa nos valores picos dos protocolos.

A Mio sérica atingiu o pico de concentração imediatamente após o PROTOCOLO 75% e 90%, retornando ao valor basal 24 horas após o esforço. Não houve diferença significativa nos valores picos dos protocolos.

Essas moléculas parecem ser bons marcadores da existência do dano muscular, porém não inferem a intensidade do dano, principalmente pelo motivo da variação interpessoal destas variáveis.

O torque muscular atingiu a maior diminuição imediatamente após o PROTOCOLO 75% e 90%, retornando ao valor basal 168 horas após o esforço. Não houve diferença significativa nos valores mínimos dos protocolos.

Esta avaliação parece ser a melhor forma de avaliar o prejuízo na funcionalidade muscular após um dano, visto que reflete a funcionalidade da musculatura e a reestruturação de suas estruturas de forma não-invasiva e de baixo custo quando existe a presença do equipamento.

A percepção subjetiva da dor atingiu o pico em 24 horas após o PROTOCOLO 75% e permaneceu no mesmo valor 48 horas após, retornando ao

valor basal 168 horas após o esforço. No PROTOCOLO 90% atingiu o pico imediatamente após o esforço e retornou ao valor basal 96 horas após. Não houve diferença significativa nos valores picos dos protocolos.

Apesar das variáveis CK, Mio e torque apresentarem as mesmas características nos PROTOCOLOS 75% e 90%, a percepção de dor foi maior no PROTOCOLO 75%.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CLARKSON, P. M.; HUBAL, M. L. Exercise- Induced Muscle Damage in Humans. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*. 2002, V. 11 (Suppl), 52-69.
2. DOLEZAL, B. A. et al. Muscle damage and resting metabolic rate after acute resistance exercise with an eccentric overload. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2000, V. 7, 1202-1207.
3. NOSAKA, K. et al. Time course of muscle adaptation after high force eccentric exercise. *European Journal of Applied Physiology*. 1991, V. 63, 70-76.
4. TEE, J. C.; BOSCH, A. N.; LAMBERT, M. I. Metabolic consequences of exercise-induced muscle damage. *Sports Medicine*. 2007, V. 10, 827-836.
5. 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*. 2008, V. 42, 585-591.
6. DAVIES, R. C. et al. Effect of eccentric exercise-induced muscle damage on the dynamics of muscle oxygenation and pulmonary oxygen uptake. *Journal of Applied Physiology*. 2008, V. 105, 1413-1421.
7. DUNDON, J. M.; CIRILLO, J.; SEMMLER, J. G. Low-frequency fatigue and neuromuscular performance after exercise-induced damage to elbow flexor muscles. *Journal of Applied Physiology*. 2008, V. 105, 1146-1155.
8. MALM, C. Leukocytes, cytokines, growth factors and hormones in human skeletal muscle in blood after uphill or downhill running. *Journal of Physiology*. 2004, V. 556 (Pt3), 983-1000.
9. NOTTLE, C.; NOSAKA, K. The magnitude of muscle damage induced by downhill backward walking. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2005, V. 3, 264-273.
10. POTTEIGER, J. A.; BLESSING, D. L.; WILSON, G. D. Effects of Varying Recovery Periods on Muscle Enzymes, Soreness and Performance in Baseball Pitchers. *Journal of Athletic Training*. 1992, V. 27, 27-31.
11. KOSANO, H. et al. Change in Concentrations of Myogenic Components of Serum during 93h of Strenuous Physical Exercise. *Clinical Chemistry*. 1986, V. 2, 346-348.
12. TOTSUKA, M. et al. Break point of serum creatine kinase after endurance exercise. *Journal of Applied Physiology*. 2002, V. 93, 1280-1286.

13. FRIDÉN, J.; LIEBER, L. R. Structural and mechanical basis of exercise-induced muscle injury. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 1992, V. 5, 521-530.
14. FOSCHINI, D.; PRESTES, J.; CHARRO, M. A. Relação entre exercício físico, dano muscular e dor muscular de início tardio. *Revista brasileira de cineantropometria e desempenho humano*. 2007, V. 1, 101-106.
15. LIEBER, R. L.; FRIDÉN, J. Mechanisms of muscle injury after eccentric contraction. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 1999, V. 3, 253-265.
16. MORGAN, D. L.; ALLEN, D. G. Early events in stretch-induced muscle damage. *Journal of Applied Physiology*. 1999, V. 87, 2007-2015.
17. BARROSO, R.; TRICOLI, V.; UGRINOWITSCH, C. Adaptações neurais e morfológicas ao treinamento de força com ações excêntricas. *Revista brasileira de ciência e movimento*. 2005, V. 2, 111-122.
18. ENOKA, R. M. Eccentric contractions require unique activation strategies by the nervous system. *Journal of Applied Physiology*. 1996, V. 81, 2339-2346.
19. PEAKE, J. M. et al. Exercise-Induced Muscle Damage, Plasma Cytokines, and Markers of Neutrophil Activation. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2005, V. 37 n. 5, 737-745.
20. SUZUKI, K. et al. Endurance exercise causes interaction among stress hormones, cytokines, neutrophil dynamics, and muscle damage. *Journal of Applied Physiology*. 1999, V. 4, 1360-1367.
21. PEAKE, J. M. et al. Systemic inflammatory responses to maximal versus submaximal lengthening contractions of the elbow flexors. *Exercise Immunology Review*. 2006, V. 12, 72-85.
22. FOLLAND, J. P. et al. Acute muscle damage as a stimulus for training-induced gains in strength. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2001, V. 33 n. 7, 1200-1205.
23. PROSKE, U.; MORGAN, D. L. Muscle damage from eccentric exercise: mechanism, mechanical signs, adaptation and clinical applications. *Journal of Physiology*. 2001, V. 2, 333-345.
24. HOWATSON, G.; SOMEREN, K. A. The Prevention and Treatment of Exercise-Induced Muscle Damage. *Sports Medicine*. 2008, V. 6, 483-503.
25. BRANCACCIO, P.; MAFFULLI, N.; LIMONGELLI, F. M. Creatine kinase monitoring in sport medicine. *British Medical Bulletin*. 2007, V. 82, 209-230.
26. NOSAKA, K. et al. The repeated bout effect of reduced-load eccentric exercise on elbow flexor muscle damage. *European Journal of Applied Physiology*. 2001, V. 85, 34-40.

27. NOSAKA, K. et al. Is isometric strength loss immediately after eccentric exercise related to changes in indirect markers of muscle damage? *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism*. 2006, V. 31, 313-319.
28. TWIST, C.; ESTON, R. G. The effect of exercise induced muscle damage on perceived exertion and cycling endurance performance. *European Journal of Applied Physiology*. 2009, V. 4, 559-567.
29. NOSAKA, K.; CLARKSON, P. M. Variability in Serum Creatine Kinase Response After Eccentric Exercise of the Elbow Flexors. *International Journal of Sports Medicine*. 1996, V. 17, 120-127.
30. NOSAKA, K. et al. How long does the protective effect on eccentric exercise-induced muscle damage last? *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2001, V. 9, 1490-1495.
31. NOSAKA, K.; NEWTON, M. Repeated eccentric exercise bouts do not exacerbate muscle damage and repair. *Journal of Strength & Conditioning Research*. 2002, V. 1, 117-122.
32. CHAPMAN, D. W. et al. Comparison between old and young men for responses to fast velocity maximal lengthening contractions of the elbow flexors. *European Journal of Applied Physiology*. 2008, V. 104, 531-539.
33. LEHNINGER, A. L.; NELSON, D. L.; COX, M. M. *Principles of Biochemistry*. s.l. : Sarvier, 2005.
34. WARREN, G. L.; LOWE D. A.; ARMSTRONG, R. B. Measurement tools used in the study eccentric contraction induced injury. *Sports Medicine*. 1999, V. 27, 43-59.
35. ALLEN, D. G. Eccentric muscle damage: Mechanisms of early reduction of force. *Acta Physiologica Scandinavica*. 2001, V. 171, 311-319.
36. ARMSTRONG, R. B.; WARREN, G. L.; WARREN, J. A. Mechanisms of exercise induced muscle fibre injury. *Sports Medicine*. 1991, V. 12, 184-207.
37. MIZRAHI, J.; VERBITSKY, O.; ISKOV, E. Fatigue induced changes in decline running. *Clinical Biomechanics*. 2001, V. 16, 207-212.
38. 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*. 2002, V. 12, 337-346.
39. O'CONNOR, P. J.; COOK, D. B. Exercise and pain: the neurobiology, measurement, and laboratory study of pain in relation to exercise in humans. *Exercise and Sport Sciences Reviews*. 1999, V. 27, 119-66.

40. ARMSTRONG, R. B. Mechanisms of exercise induced delayed onset muscular soreness: a brief review. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 1984, V. 16, 529-538.
41. HOWELL, J. N.; CHLEBOUN, G.; CONATSER, R. Muscle stiffness, strenght loss, swelling and soreness following exercise-induced injury in humans. *Journal of Physiology*. 1993, V. 464, 183-196.
42. BORG, G. *Escalas de Borg para dor e o esforço percebido*. São Paulo : Manole, 2000.
43. MALM, C. et al. Immunological changes in human skeletal muscle and blood after eccentric exercise and multiple biopsies. *Journal of Physiology*. 2000, V. 529, 243-262.
44. FLECK, S. J. Periozed strength training: a critical review. *Journal of Strength & Conditioning Research*. 1999, V. 13, 82-89.
45. OLIVEIRA, L. F. et al. Effect of the shoulder position on the biceps brachii EMG in different dumbbell curls. *Journal of Sports Science and Medicine*. 2009, V. 8, 24-29.
46. SAKA, T. et al. Difference in the magnitude of muscle damage between elbow flexors and knee extensors eccentric exercises. *Journal of Sports Science and Medicine*. 2009, V. 8, 107-115.
47. NGUYEN, D. et al. Effect of delayed-onset muscle soreness on elbow flexion strength and rate of velocity development. *Journal of Strength & Conditioning Research*. 2009, V. 23 n. 4, 1282-6.
48. 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 & Conditioning Research*. 2008, V. 22 n. 2, 597-607.
49. KONTOS, M. C. et al. Ability of myoglobin to predict mortality in patients admitted for exclusion of myocardial infarction. *American Journal of Emergency Medicine*. 2007, V. 25, 873-879.

ANEXO A- Escala de dor

Escala de Dor

0 = Nenhuma dor em parte alguma

0.5 = Dor muito fraca (pouco notável)

1 = Dor fraca

2 = Dor moderada

3

4 = Dor um pouco forte

5 = Dor forte

6

7 = Dor muito forte

8

9

10 = Dor extremamente forte (quase insuportável)

(Borg, 2000) ⁽⁴²⁾

ANEXO B – Parecer do comitê de ética

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA
Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos
Via Washington Luís, km. 235 - Caixa Postal 676
Fones: (016) 3351.8109 / 3351.8110
Fax: (016) 3361.3176
CEP 13560-970 - São Carlos - SP - Brasil
propq@power.ufscar.br - <http://www.propq.ufscar.br/>

CAAE 0006.0.135.000-09

Título do Projeto: Dano muscular induzido pelo sistema de treinamento Drop Set em diferentes intensidades.

Classificação:

Procedência: Externo ou não informado

Pesquisadores (as): Giovanna Benjamin Toqashi, Prof. Dr. Vilmar Baldissera (orientador)

Processo nº:

Parecer Nº. 104/2009**1. Normas a serem seguidas**

- O sujeito da pesquisa tem a liberdade de recusar-se a participar ou de retirar seu consentimento em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma e sem prejuízo ao seu cuidado (Res. CNS 196/96 - Item IV.1.f) e deve receber uma cópia do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, na íntegra, por ele assinado (Item IV.2.d).
- O pesquisador deve desenvolver a pesquisa conforme delineada no protocolo aprovado e descontinuar o estudo somente após análise das razões da descontinuidade pelo CEP que o aprovou (Res. CNS Item III.3.z), aguardando seu parecer, exceto quando perceber risco ou dano não previsto ao sujeito participante ou quando constatar a superioridade de regime oferecido a um dos grupos da pesquisa (Item V.3) que requeiram ação imediata.
- O CEP deve ser informado de todos os efeitos adversos ou fatos relevantes que alterem o curso normal do estudo (Res. CNS Item V.4). É papel do pesquisador assegurar medidas imediatas adequadas frente a evento adverso grave ocorrido (mesmo que tenha sido em outro centro) e enviar notificação ao CEP e à Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA - junto com seu posicionamento.
- Eventuais modificações ou emendas ao protocolo devem ser apresentadas ao CEP de forma clara e sucinta, identificando a parte do protocolo a ser modificada e suas justificativas. Em caso de projetos do Grupo I ou II apresentados anteriormente à ANVISA, o pesquisador ou patrocinador deve enviá-las também à mesma, junto com o parecer aprobatório do CEP, para serem juntadas ao protocolo inicial (Res. 251/97, item III.2.e).
- Relatórios parciais e final devem ser apresentados ao CEP, inicialmente em ____/____/____ e ao término do estudo.

2. Avaliação do projeto

O Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da Universidade Federal de São Carlos (CEP/UFSCar) analisou o projeto de pesquisa acima identificado e considerando os pareceres do relator e do revisor DELIBEROU:

A proposta de estudo apresentada atende às exigências éticas e científicas fundamentais previstas na Resolução 196/96, do Conselho Nacional de Saúde.

3. Conclusão:

Projeto aprovado

São Carlos, 29 de abril de 2009.

Prof.ª Dra. Cristina Paiva de Sousa
Coordenadora do CEP/UFSCar

ANEXO C – Ficha de anamnese

USP - Programa de Pós-Graduação
Interunidades em Bioengenharia
UFSCar - Laboratório de Fisiologia do
Exercício

Giovanna Benjamin Togashi

ANAMNESE

Identificação

Nome: _____

Gênero: ☐ Masc. ☐ Fem.

Data de Nasc: _____

Contato

End.: _____ n. _____

Bairro: _____ Cidade: _____

Telefone: _____ Celular: _____

e-mail: _____

Histórico de atividade física

Pratica alguma atividade física regularmente? ☐ Sim. _____

☐ Não

Se sim, qual é a frequência semanal? ☐ 1X ☐ 2X ☐ 3X ☐ 4X ☐ 5X ☐ 6X ☐ 7X

Se não, há quanto tempo não pratica alguma atividade física? _____

Histórico de saúde

Já teve ou tem alguma doença cardíaca ou pulmonar? ☐ Sim. _____

☐ Não

Marque o(s) problema(s) que já tenha(m) sido diagnosticado(s) por um médico:

☐ Alcoolismo

☐ Problema renal

☐ Problemas articulares

☐ Pressão arterial alta

☐ Diabetes

☐ AVC

☐ Problemas musculares

☐ Anemia

Outros: _____

Sente dores articulares frequentemente? ☐ Sim. _____

☐ Não

ANEXO C – Ficha de anamnese

Já sofreu alguma intervenção cirúrgica?	☐ Sim. _____
	☐ Não
Fuma atualmente?	☐ Sim. _____
	☐ Não
Faz uso de medicamentos?	☐ Sim. _____
	☐ Não
Consome alguma suplementação alimentar?	☐ Sim. _____
	☐ Não
Tem alergia a algum medicamento ou substância?	☐ Sim. _____
	☐ Não
<p><i>Caso você tenha alguma informação pra acrescentar que não tenha sido perguntada neste questionário de saúde, por favor, acrescente neste espaço:</i></p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>	
<p><i>Declaração</i></p> <p>Declaro ter respondido verdadeiramente este questionário e não ter omitido nenhuma informação relativa ao meu estado de saúde.</p> <p>_____</p> <p>Assinatura</p>	
<p><i>Data</i></p> <p>_____, ____ de _____ de _____.</p>

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado para participar da pesquisa **“Dano muscular induzido pelo sistema de treinamento *Drop Set* em diferentes intensidades”**.

Justificativa, objetivos e procedimentos

Você foi selecionado por ter idade entre 20 e 35 anos, por treinar exercício resistido regularmente e por não possuir alguma patologia que comprometa a sua participação nesta pesquisa.

Os objetivos deste estudo são:

- Verificar se é possível identificar um dano muscular após o sistema de treinamento de *cargas descendentes* por marcadores bioquímicos, parâmetros de performance e escalas de dor. Se o dano muscular expressar-se pelos marcadores, será comparado em diferentes intensidades.
- Verificar se as cinéticas de concentrações dos marcadores bioquímicos refletem os parâmetros de performance e de dor.

Sua participação nesta pesquisa consistirá em realizar duas sessões de exercício em diferentes intensidades. E para podermos reunir informações fisiológicas será necessário coletar amostras de sangue, realizar testes de performance e responder escalas de percepção de dor. Todos os procedimentos se realizarão no total de 11 visitas (descritas abaixo) ao Laboratório de Fisiologia da UFSCar.

Visita 1 – Determinação de 1 Repetição Máxima
Visita 2 – Determinação de 1 Repetição Máxima
Visita 3 – 1ª Sessão de exercício – Avaliação do Torque Muscular, coleta de sangue pré-exercício, escala de dor pré-exercício, exercício, coleta de sangue pós-exercício e Avaliação do Torque Muscular pós-exercício.
Visita 4 – Avaliação do Torque Muscular, coleta de sangue 24 horas após o exercício, escala de percepção de dor.
Visita 5 – Avaliação do Torque Muscular, coleta de sangue 48 horas após o exercício, escala de percepção de dor.
Visita 6 – Avaliação do Torque Muscular, coleta de sangue 96 horas após o exercício, escala de percepção de dor.
Visita 7 – 2ª Sessão de exercício – Avaliação da Força Muscular, coleta de sangue pré-exercício, escala de dor pré-exercício, exercício (<i>Drop Set</i>), coleta de sangue pós-exercício e Avaliação do Torque Muscular pós-exercício.
Visita 8 – Avaliação do Torque Muscular, coleta de sangue 24 horas após o exercício, escala de percepção de dor.
Visita 9 – Avaliação do Torque Muscular, coleta de sangue 48 horas após o exercício, escala de percepção de dor.
Visita 10 – Avaliação do Torque Muscular, coleta de sangue 96 horas após o exercício, escala de percepção de dor.
Visita 11 – Avaliação do Torque Muscular, coleta de sangue 168 horas após o exercício, escala de percepção de dor.

Possíveis riscos e benefícios esperados

Riscos: Serão realizadas apenas duas sessões de exercício, portanto, os possíveis riscos existentes são relacionados com a execução do movimento. Uma eventual execução errada pode ocasionar lesões musculares e/ou articulares graves.

Por você ser um indivíduo treinado este risco está minimizado pela adaptação e aprendizagem motora do exercício que será realizado. Mesmo assim, todo o processo será acompanhado pelo pesquisador responsável pela pesquisa para que possa aumentar ainda mais a sua segurança.

Pede-se, então, atenção e concentração redobrada nos momentos em que serão realizadas as sessões experimentais.

ANEXO D – Termo de consentimento livre e esclarecido

Outro risco presente durante a pesquisa são as coletas de sangue que quando não realizadas da maneira adequada podem causar infecções, inchaços e hematomas no local da punção, porém este risco está minimizado, pois todas as coletas serão realizadas por um profissional de enfermagem habilitado para tal procedimento.

Benefícios: Esta pesquisa trará benefícios no âmbito do treinamento resistido, principalmente em relação às adaptações musculares, intensidades e métodos de treinamento.

Resultará em grande aplicabilidade, visto que os exercícios serão realizados em equipamentos comuns e de fácil acesso.

Acompanhamento da pesquisa

A pesquisa será acompanhada pelo pesquisador responsável (Giovanna B. Togashi), bem como pelos membros do Laboratório de Fisiologia do Exercício da UFSCar, todos aptos a aplicar os procedimentos determinados.

A coleta de sangue será realizada por um profissional de enfermagem que estará disponível no laboratório de Fisiologia do Exercício nos horários da coleta e quando não, estará disponível na Unidade de Saúde Escola (USE).

Restrições

Durante o período da pesquisa será necessário que você interrompa qualquer atividade física intensa para que os exercícios realizados fora do experimento não influenciem nos resultados.

Esclarecimentos

O pesquisador responsável se disponibiliza para esclarecer qualquer dúvida sobre os procedimentos antes e durante todo o curso da pesquisa.

Consentimento

A qualquer momento você pode desistir de participar e retirar seu consentimento. Esta recusa não trará nenhum prejuízo em sua relação com o pesquisador ou com a instituição.

Privacidade

As informações obtidas através desta pesquisa serão confidenciais e asseguramos o sigilo sobre a sua participação.

Os dados não serão divulgados de forma a possibilitar a sua identificação.

Será atribuído ao seu nome um código de identificação, o qual somente os pesquisadores saberão, com o objetivo de zelar por sua privacidade.

Despesas

Não haverá remuneração para a participação na pesquisa.

Você receberá uma cópia deste termo onde consta o telefone e o endereço do pesquisador principal, podendo tirar suas dúvidas sobre o projeto e sua participação, agora ou a qualquer momento.

ANEXO D – Termo de consentimento livre e esclarecido

Declaro que entendi os objetivos, riscos e benefícios de minha participação na pesquisa e concordo em participar.

O pesquisador me informou que o projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisas em Seres Humanos da UFSCar (n. 104/2009) que funciona na Pró-Reitoria de pesquisa da Universidade Federal de São Carlos, localizada na Rodovia Washington Luiz, km 235 – Caixa Postal 676 – CEP 13565-905. São Carlos –SP – Brasil. Fone: (16) 3351-8110. Endereço eletrônico: cephumanos@power.ufscar.br

São Carlos, de de 2009.

Sujeito da pesquisa