UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ARTES, CIÊNCIAS E HUMANIDADES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA ATIVIDADE FÍSICA

CAMILA CARVALHO DE SOUZA

**Influência da dor muscular aguda presente em todas as sessões de treinamento de força
sobre o desempenho de força muscular**

São Paulo

2018

CAMILA CARVALHO DE SOUZA

**Influência da dor muscular aguda presente em todas as sessões de treinamento de
força sobre o desempenho de força muscular**

Versão original

Dissertação apresentada à Escola de Artes,
Ciências e Humanidades da Universidade de São
Paulo para obtenção do título de Mestre em
Ciências pelo Programa de Pós-Graduação em
Ciências da Atividade Física.

Área de Concentração:

Desempenho Motor e Físico

Orientador:

Prof. Dr. Ulysses Fernandes Ervilha

São Paulo

2018

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.

CATALOGAÇÃO-NA-PUBLICAÇÃO

(Universidade de São Paulo. Escola de Artes, Ciências e Humanidades. Biblioteca)
CRB 8 - 4936

Souza, Camila Carvalho de

Influência da dor muscular aguda presente em todas as sessões de treinamento de força sobre o desempenho de força muscular / Camila Carvalho de Souza ; orientador, Ulysses Fernandes Ervilha. – 2018

67 f.

Dissertação (Mestrado em Ciências) - Programa de Pós-Graduação em Ciências da Atividade Física, Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo, São Paulo em 2019.

Versão original

1. Treinamento de força. 2. Força muscular. 3. Desempenho esportivo. 4. Dor. I. Ervilha, Ulysses Fernandes, orient. II. Título

CDD 22.ed. – 613.718

Nome: SOUZA, Camila Carvalho de

Título: Influência da dor muscular aguda presente em todas as sessões de treinamento de força sobre o desempenho de força muscular

Dissertação apresentada à Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência da Atividade Física.

Área de Concentração:

Desempenho motor e físico

Orientador:

Prof. Dr. Ulysses Fernandes Ervilha

Aprovado em: ____ / ____ / ____

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____

Julgamento: _____

Instituição: _____

Assinatura: _____

Prof. Dr. _____

Julgamento: _____

Instituição: _____

Assinatura: _____

Prof. Dr. _____

Julgamento: _____

Instituição: _____

Assinatura: _____

Dedico este trabalho a todos os indivíduos portadores de dor que se esforçam diariamente para melhorar a qualidade de vida e a todos os profissionais que se empenham em oferecer um tratamento eficaz a estes indivíduos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente a Deus pelo dom da vida e pela história vivida até aqui.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Ulysses Fernandes Ervilha pela oportunidade de crescimento pessoal e profissional, pelas orientações, conselhos, exemplos a serem seguidos e por ser inspiração de determinação e sucesso.

Agradeço à minha família pelos princípios e valores, amor, respeito, compreensão, carinho, cuidado, amor e união.

Agradeço a todos os meus verdadeiros amigos por me apoiarem e estarem ao meu lado na caminhada da vida.

Agradeço ao Gustavo da Silva Pena Firme e família pelo incentivo na carreira profissional e pessoal.

Agradeço a todos aqueles que contribuíram em todo o processo de coleta de dados para que este estudo fosse concluído.

Agradeço ao Márcio Fagundes Goethel pelo auxílio e toda contribuição durante as etapas deste estudo.

Agradeço aos voluntários desta pesquisa pelo comprometimento e dedicação durante todo o processo de coleta de dados.

Agradeço por toda a transformação pessoal ocorrida durante o período de mestrado.

Gratidão!

“Um objetivo na vida é a única fortuna valiosa que se encontra; não se deve procurar em terras estranhas, mas dentro do coração.”

(HILL, 2017, p.70)

RESUMO

SOUZA, Camila Carvalho. **Influência da dor muscular aguda presente em todas as sessões de treinamento de força sobre o desempenho de força muscular.** 2018. 67 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Ciências da Atividade Física, Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019.

Introdução: dor é um fenômeno complexo que envolve simultaneamente aspectos sensoriais/discriminativos, emocionais/afetivos e avaliativo/cognitivo e está frequentemente associado a desordens musculoesqueléticas e declínio de força muscular. Estudos mostram que na presença de dor a capacidade de gerar força é de 15% a 60% menor se comparada a geração de força em condições normais, sem a presença de dor. Este fenômeno pode afetar negativamente os resultados obtidos durante o treinamento de força. **Objetivo:** verificar a influência da dor muscular aguda no desempenho de força muscular após a aplicação de um protocolo de treinamento de força no qual dor muscular aguda esteve presente em todas as sessões do treinamento. **Métodos:** nove indivíduos saudáveis do sexo masculino, destreinados, foram alocados em dois grupos, experimental ou controle. Os grupos realizaram treinamento de força para os músculos flexores da articulação do cotovelo do membro superior dominante com pesos livres ao longo de oito semanas, com frequência de três vezes por semana. O grupo experimental foi submetido à infusão intramuscular de 2,5 ml de solução salina hipertônica (6% de cloreto de sódio) no músculo bíceps braquial previamente ao treinamento e o grupo controle não foi submetido a qualquer tipo de infusão. A partir da terceira semana de treinamento, os voluntários do grupo experimental foram submetidos a uma infusão adicional de solução salina hipertônica após a última repetição da terceira série de treinamento. Previamente ao treinamento, após a quarta e oitava semana os voluntários realizaram testes de uma repetição máxima e contração isométrica e concêntrica voluntária máxima no equipamento de dinamometria isocinética. Durante as avaliações dinamométricas foram adquiridos sinais elétricos dos músculos bíceps e tríceps braquial. Percepção subjetiva de esforço e dor foram mensuradas durante todo o experimento. Depois de identificar que os dados têm distribuição normal, análise de variância ANOVA (3 x 2), considerando-se os fatores tempo (sessão 1, 12 e 24) e condição (controle e dor aguda), para dados pareados, foi aplicada. O teste estatístico *post hoc* de Tukey foi utilizado para comparações múltiplas. O índice de significância de 0,05 foi adotado. Teste-t de *student* foi utilizado para se comparar o volume total de treinamento entre os grupos. **Resultados:** o aumento

da capacidade de gerar força dos músculos flexores da articulação do cotovelo, medida pela avaliação de 1 RM, foi de 26% para o grupo controle e 64% para o grupo com dor aguda, entretanto os dados obtidos nas avaliações isocinéticas e eletromiográficas não mostraram alterações significantes. **Conclusão:** ambos os grupos, experimental e controle, mostraram aumento na capacidade de gerar força máxima dinâmica dos músculos flexores da articulação do cotovelo ao final do estudo, no entanto, este aumento foi considerado maior no grupo submetido a dor aguda. Este estudo sugere que mais investigações sejam realizadas com o objetivo de analisar este fenômeno e quais protocolos podem ser efetivos nestas condições.

Palavras-chave: Dinamometria. Dor experimental. Eletromiografia. Dor aguda. Treinamento de força.

ABSTRACT

SOUZA, Camila Carvalho. **Influence of acute muscle pain present in all strength training sessions on muscle strength performance**. 2018. 67 p. Dissertation (Master of Science) - Postgraduate Program in Physical Activity Sciences, School of Arts, Sciences and Humanities, University of São Paulo, São Paulo, 2019.

Introduction: pain is a complex set involving sensory/discriminative, emotional/affective and cognitive/evaluator aspects and is frequently associated with musculoskeletal disorders and declining muscle strength. Studies show that the ability to generate force from 15% to 60% is less than a force generation under normal conditions without a presence of pain. This phenomenon may negatively affect the results obtained during strength training. **Objective:** to verify the intensity of muscular pain without muscle movement force after applying an unskilled muscle training protocol present in all training sessions. **Methods:** nine untrained male-based groups were allocated to two groups, experimental or control. The groups performed strength training for flexors of the elbow joint flexion with free weights for weeks, three times a week, the experimental group was submitted to intramuscular infusion of 2.5 ml hypertonic saline solution (6 % sodium) in the brachial muscle prior to training and control group was not submitted to any type of infusion. From the third week of training, volunteers from the experimental group underwent an additional infusion of saline after a last repetition of the third training series. Prev. After training, after one week and eighth week, the volunteers performed maximum isometric and concentric maximal pressure and power tests on isokinetic dynamometry equipment. During the dynamometric evaluations, electrical signals were obtained from the biceps and triceps brachii muscles. Perceived subjective performance and measurement throughout the experiment. After analyzing the data, the normal distribution, analysis of variance ANOVA (3 x 2), considering the time factors (session 1, 12 and 24) and the condition (control and acute pain), for paired data, was applied. Tukey's post hoc statistical test was used for multiple comparisons. The significance level of 0.05 was adopted. Student test was used to compare the total volume of training between groups. **Results:** the increase in the production capacity had strength in the flexors of the elbow joint, by the evaluation of 1 RM, it was 26% for the control group and 64% for the group with sharp, so the results obtained in the isokinetic and electromyographic not significant end changes. **Conclusion:** both groups, experimental and control, were added in the developmental capacity according to the elbow joint flexion strategy at the end of the study, however, the increase was higher in the group

submitted to acute pain. This study was investigated with the objective of investigating and analyzing the issues that can be applied in different conditions.

Keywords: Dynamometry. Experimental pain. Electromyography. Acute pain. Strength training.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Protocolo experimental	29
Figura 2 - Teste de uma repetição máxima.....	37
Figura 3 - Volume de treinamento (intensidade x repetições) mensurado para cada voluntário ao final de 24 sessões de treinamento de força	38
Figura 4 – Número de repetições adquiridas no protocolo de treinamento de força	38
Figura 5 - Pico de torque flexor isométrico.....	39
Figura 6 – Pico de torque flexor concêntrico	40
Figura 7 - Atividade elétrica (EMG) do músculo bíceps braquial adquirida durante o teste de contração isométrica voluntária máxima.....	41
Figura 8 - Atividade elétrica (EMG) do músculo tríceps braquial adquirida durante o teste de contração isométrica voluntária máxima..	41
Figura 9 - Atividade elétrica (EMG) do músculo bíceps braquial adquirida durante o teste de contração concêntrica voluntária máxima.....	42
Figura 10 - Atividade elétrica (EMG) do músculo tríceps braquial adquirida durante o teste de contração concêntrica voluntária máxima	42
Figura 11 - Intensidade de dor	43
Figura 12 - Infusão manual de solução salina hipertônica ventre do músculo bíceps braquial do membro superior a ser treinado	51
Figura 13 - Marcações no membro superior para aplicação do cabeçote do ultra-som e realização das medidas de espessura muscular.....	52
Figura 14 - Pico de torque flexor isométrico (estudo 1)	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Protocolo de treinamento de força.....	33
Tabela 2 – Característica da amostra.....	36

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CCVM	Contração Concêntrica Voluntária Máxima
CIVM	Contração Isométrica Voluntária Máxima
EMG	Eletromiografia
NaCl	Cloreto de Sódio
PSD	Percepção Subjetiva de Dor
PSE	Percepção Subjetiva de Esforço
RM	Repetição máxima
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TF	Treinamento de Força

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 PROBLEMATIZAÇÃO	19
1.2 JUSTIFICATIVA	19
2 OBJETIVO	20
2.1 OBJETIVO GERAL	20
2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO	20
3 REVISÃO DE LITERATURA	21
3.1 DOR ATENUA A CAPACIDADE DE GERAR FORÇA MUSCULAR	21
3.2 DOR MANTEM OU POTENCIALIZA A CAPACIDADE DE GERAR FORÇA MUSCULAR	25
4 MATERIAIS E MÉTODOS	27
4.1 AMOSTRA	27
4.2 PROTOCOLO EXPERIMENTAL	28
4.2.1 Familiarização e teste de uma repetição máxima (1RM)	29
4.2.2 Contração isométrica e concêntrica voluntária máxima (dinamometria e eletromiografia)	30
4.2.3 Treinamento de força	32
4.2.4 Dor muscular experimental	33
4.2.5 Percepção subjetiva de dor e esforço	33
5 ANÁLISE ESTATÍSTICA	35
6 RESULTADOS	36
7 DISCUSSÃO	44
8 CONCLUSÃO	49
9 LIMITAÇÕES DO ESTUDO	50
REFERENCIAS	55
APÊNDICE A- TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	60
APÊNDICE B – CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO DO ESTUDO	64
ANEXO A – INVENTÁRIO DE DOMINÂNCIA LATERAL DE EDIMBURGO	65
ANEXO B – ESCALA DE PERCEPÇÃO SUBJETIVA DE ESFORÇO	66
ANEXO C – ESCALA NUMÉRICA DE DOR	67

1 INTRODUÇÃO

Dor é um fenômeno complexo que envolve simultaneamente aspectos sensoriais/discriminativos, emocionais/afetivos e avaliativo/cognitivo e está frequentemente associado a desordens musculoesqueléticas e declínio de força muscular (HIDES et al., 2008; MELZACK, 2001; MERSKEY; BOGDUK, 1994). Estudos mostram que na presença de dor a capacidade de gerar força é de 15% a 60% menor se comparada a geração de força em condições normais, sem a presença de dor (FARINA et al., 2004; HENRIKSEN et al., 2011a; KOSEK; EKHOLM; HANSSON, 1996; YLINEN, 2007).

O aumento da capacidade de gerar força muscular ocorre com a repetição das sessões de treinamento de força e depende de mecanismos neuromusculares como a quantidade de unidades motoras ativas (recrutamento), da taxa de disparo dos potenciais de ação destas (frequência de disparo) e dos componentes contráteis musculares (BURKE, 1981; DUCHATEAU; SEMMLER; ENOKA, 2006; NARICI et al., 1989; SEYNNES et al., 2007). Entretanto, estudos mostram que dor altera o recrutamento e diminui a taxa de disparo dos potenciais de ação das unidades motoras refletindo em diminuição da capacidade de gerar força muscular, redução da velocidade e amplitude de movimento e redistribuição da atividade entre os músculos (ERVILHA et al., 2005; FARINA et al., 2004; GRAVEN-NIELSEN; SEVENSSON; ARENDT-NIELSEN, 1997). Estas alterações podem afetar negativamente os resultados obtidos durante o treinamento de força.

O estudo de Sørensen et al. (2012) foi pioneiro em investigar o efeito da dor experimental (aguda) presente em todas as sessões de treinamento de força realizado ao longo de oito semanas. Nesse mesmo estudo, dois grupos realizaram treinamento de força para os músculos extensores de joelho (*leg press* e cadeira extensora) consistindo em três séries cada, realizadas até a falha a 80% de uma repetição máxima, cuja periodicidade foi de três vezes por semana. O grupo experimental foi submetido a injeção de solução salina hipertônica (6% de cloreto de sódio (NaCl)) e o grupo controle, submetido a injeção de solução salina isotônica (0,9% NaCl), ambos no tendão infrapatelar. Ao final do estudo, o grupo experimental obteve maior ganho de força dos músculos extensores de joelho quando comparado ao grupo controle. Embora os resultados apresentados por Sørensen et al. (2012) tenham mostrado que dor experimentalmente induzida no tendão infrapatelar

potencializou o ganho de força muscular após o treinamento realizado ao longo de oito semanas, nenhum estudo investigou o efeito prolongado e persistente da dor experimentalmente induzida no ventre muscular, nestas mesmas condições.

Dor pode ser experimentalmente induzida em diferentes tecidos e resultar em maior ou menor intensidade dolorosa, isto é, quanto maior a intensidade de dor, menor a força e atividade elétrica muscular (FARINA et al., 2004). Nesse sentido, estudos mostraram que dor originada do tendão resulta em maior intensidade dolorosa, em decorrência da maior densidade de fibras aferentes nociceptivas, quando comparada ao ventre muscular e, além disso, possuem diferentes efeitos no sistema motor (ARENDT-NIELSEN; FERNÁNDEZ-DE-LAS-PEÑAS; GRAVEN-NIELSEN, 2011; GIBSON; ARENDT-NIELSEN; GRAVEN-NIELSEN, 2006; LE PERA et al., 2001). O estudo de Henriksen et al. (2011a) mostrou redução de força tanto dos músculos extensores quanto músculos flexores da articulação do joelho em aproximadamente 15% quando a dor foi experimentalmente induzida no tendão intrafrapelar em uma única sessão. No entanto, estes resultados não apresentaram semelhança quando dor aguda induzida no tendão infrapatelar esteve presente por período prolongado, conforme apresentado por Sørensen et al. (2012).

A indução de dor experimental no ventre muscular causa dor por um período curto de tempo e menor intensidade comparado ao tendão, em função da maior vascularização intramuscular, a qual permite o aumento na taxa de difusão da solução salina hipertônica (GIBSON; ARENDT-NIELSEN; GRAVEN-NIELSEN, 2006). Em indivíduos saudáveis, a infusão de solução salina hipertônica gera dor aguda devido à excitação de terminações nervosas livres (fibras aferentes nociceptivas do grupo III e IV) localizadas na periferia do local da infusão (GRAVEN-NIELSEN; MENSE, 2001). A presença de solução salina hipertônica no ventre do músculo não compromete as propriedades eletrofisiológicas da fibra muscular e, portanto, a redução da capacidade de gerar força muscular observada em condições de dor experimentalmente induzida é decorrente especificamente de mecanismos neurais (FARINA et al., 2004).

Os mecanismos que regulam como a dor muscular experimentalmente induzida afeta o desempenho motor ainda são discutidos na literatura. Lund et al. (1991) propuseram o modelo adaptação-dor e observaram que a presença de dor muscular promoveu a atividade das fibras aferentes nociceptivas do grupo III e IV e provocou simultaneamente a excitação dos motoneurônios- α que inervam os músculos antagonistas ao movimento e inibição dos motoneurônios- α que inervam os músculos agonistas ao

movimento, conforme corroborado no experimento de Graven-Nielsen et al. (1997). Este modelo reduz a força muscular, amplitude e velocidade de movimento e representa um efeito protetor eliciado pela dor.

Na tentativa de manter o nível de força muscular exigido pela tarefa, Ervilha et al. (2005) mostraram que houve aumento da atividade elétrica de um músculo sinergista quando a dor aguda foi experimentalmente induzida no músculo agonista, enquanto Hodges et al. (2008) observaram redução da atividade elétrica tanto do músculo onde dor aguda foi experimentalmente induzida quanto nos músculos sinergistas a este. Outros estudos mostraram redução na capacidade de gerar força somente em condições dolorosas de máximo esforço, enquanto em contrações submáximas (50% a 80% da capacidade voluntária máxima) ocorreu somente redução do tempo de manutenção da força (CIUBOTARIU; ARENDT-NIELSEN; GRAVEN-NIELSEN, 2004; FALLA et al., 2007; GRAVEN-NIELSEN; SEVENSSON; ARENDT-NIELSEN, 1997; KHAN et al., 2011). Nesse sentido, em função da variabilidade encontrada entre indivíduos e tarefas, Hodges e Tucker (2011) acrescentaram novas teorias ao modelo adaptação-dor.

O novo modelo proposto por Hodges e Tucker (2011) considera que a adaptação motora à dor ocorra através da redistribuição da atividade dentro e entre músculos, o que influencia na alteração do comportamento mecânico (movimento) e leva à proteção eliciada pela dor ou ameaça a lesão. Nesse sentido, Tucker et al. (2012) relataram que a ameaça ou antecipação à dor pode modificar a atividade do motoneurônio mesmo na ausência da excitação das fibras aferentes nociceptivas. Nesse mesmo estudo, os sujeitos realizaram contrações isométricas dos músculos flexores de joelho sob ameaça à dor (através da estimulação elétrica no tendão infrapatelar) e os autores observaram que a antecipação a dor reduziu a frequência de disparo de unidades motoras de baixo limiar e promoveu o recrutamento de novas unidades motoras previamente inativas. Sendo assim, o novo modelo adaptação-dor propõe que as alterações observadas em condições dolorosas não envolvam somente a facilitação ou inibição de motoneurônios, mas promovem alterações em múltiplos níveis do sistema nervoso central.

O estudo de Tucker et al. (2012) demonstrou que novas estratégias motoras adotadas durante a presença de dor permaneceram mesmo após a cessação desta, o que pode contribuir para as disfunções musculoesqueléticas a longo prazo. Portanto, é comum indivíduos (atletas e não atletas) portadores de distúrbios musculoesqueléticos realizarem treinamento de força na presença de dor (HIDES et al., 2008), porém ainda não está claro como a dor muscular pode influenciar no desempenho ao longo do treinamento de força.

Este estudo sugere que dor muscular aguda presente durante todas as sessões do treinamento de força pode potencialmente induzir menor ativação muscular sem interferir negativamente no desempenho de força muscular ao final do treinamento. Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi verificar a influência da dor muscular aguda presente em todas as sessões do treinamento de força sobre o desempenho de força muscular. Entender a influência da dor muscular durante o treinamento de força é primordial para o aprimoramento da prescrição deste tipo de intervenção direcionada a indivíduos portadores de dor ou desordens musculoesqueléticas.

1.1 PROBLEMATIZAÇÃO

Considerando que a dor aguda foi experimentalmente induzida no músculo bíceps braquial durante 24 sessões de treinamento de força para os músculos flexores da articulação do cotovelo, o problema desta pesquisa esteve baseado nas seguintes questões:

- a) O desempenho de força muscular será diferente se comparado ao treinamento realizado na ausência de dor?
- b) A atividade eletromiográfica do músculo agonista e antagonista ao movimento pode ser alterada à medida que o treinamento de força é realizado na presença de dor aguda quando comparado ao treinamento realizado na ausência de dor?

1.2 JUSTIFICATIVA

Dor gerada por desordens musculoesqueléticas acarreta grandes transtornos psicossociais e econômicos e envolve reabilitação multidisciplinar. Neste caso, uma das medidas de reabilitação inclui o treinamento de força. Uma vez que o treinamento de força realizado a longo prazo gera respostas hipoalgésicas em indivíduos portadores de dor, não se sabe como a dor muscular, presente em todas as sessões de treinamento, pode influenciar no desempenho de força muscular comparado a indivíduos saudáveis. Além disso, a literatura mostra que indivíduos portadores de dor realizam treinamento de força de baixa intensidade em virtude de poucas evidências sobre quais protocolos podem ser efetivos nestas condições.

2 OBJETIVO

2.1 OBJETIVO GERAL

Verificar a influência da dor muscular aguda no desempenho de força muscular após a aplicação de um protocolo de treinamento de força no qual dor muscular aguda está presente em todas as sessões do treinamento.

2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

Comparar, entre os grupos que realizaram treinamento de força por oito semanas, nas condições com e sem dor muscular aguda, o desempenho nas seguintes variáveis de treinamento: teste de uma repetição máxima de flexão da articulação do cotovelo, pico de torque flexor isométrico e concêntrico da articulação do cotovelo, atividade elétrica muscular durante a realização de esforços concêntricos e isométricos de flexão da articulação do cotovelo.

3 REVISÃO DE LITERATURA

Dor é definida pela Associação Internacional para o Estudo da Dor (IASP) como uma experiência sensorial e emocional desagradável associada a lesão real ou potencial, ou descrita em tais termos de lesão (MERSKEY; BOGDUK, 1994). Dor é considerada subjetiva e pode ser classificada temporalmente entre aguda, com duração de poucos dias ou semanas e crônica, com duração maior que três meses e comumente associada a alterações como depressão e ansiedade (CASEY et al., 2008; MERSKEY; BOGDUK, 1994).

Embora dor envolva simultaneamente aspectos sensoriais/discriminativos, emocionais/afetivos e avaliativo/cognitivo, estudos têm utilizado modelos de dor experimentalmente induzida através da solução salina hipertônica para gerar dor aguda em indivíduos saudáveis e verificar a influência da dor no desempenho motor, inclusive na capacidade de gerar força muscular (GRAVEN-NIELSEN; ARENDT-NIELSEN, 2002; GRAVEN-NIELSEN; MENSE, 2001; MELZACK, 2001).

3.1 DOR ATENUA A CAPACIDADE DE GERAR FORÇA MUSCULAR

A capacidade de gerar força muscular depende de mecanismos neuromusculares como a quantidade de unidades motoras ativas (recrutamento), da taxa de disparo dos potenciais de ação destas (frequência de disparo) e dos componentes contráteis musculares e pode ser influenciada por diversos fatores, entre eles, a presença de dor (BURKE, 1981; DUCHATEAU; SEMMLER; ENOKA, 2006; GRAVEN-NIELSEN; SEVENSSON; ARENDT-NIELSEN, 1997; HIDES et al., 2008).

Dor crônica gera atrofia de fibras musculares, o que reflete em dano mitocondrial, redução da concentração de adenosina trifosfato (ATP) e ineficiência da bomba de sódio/potássio (HIDES et al., 2008; YLINEN, 2007). Este mecanismo é decorrente da inibição do neurônio motor e fibras musculares por ele inervadas (unidade motora) e contribui para redução da capacidade de gerar força muscular e aumento da intensidade dolorosa (GRAVEN-NIELSEN; SEVENSSON; ARENDT-NIELSEN, 1997). Estudos mostram que na presença de dor aguda, há redução de 15% a 60% da capacidade de gerar força muscular (FARINA et al., 2004; HENRIKSEN et al., 2011a; KOSEK; EKHOLM; HANSSON, 1996; YLINEN, 2007).

O tamanho do músculo pode influenciar diretamente a intensidade da dor. Falla et al. (2007) demonstraram que a intensidade de dor foi considerada maior quando induzida experimentalmente no músculo esternocleidomastoideo, que possui área de secção transversa de 3,72 cm², comparado ao músculo esplênio da cabeça com área respectiva de 4,26 cm². Os autores sugeriram que a área transversal média menor pode estar relacionada a maior proporção de densidade de nociceptores.

Morfológicamente, nociceptores ou receptores de dor são terminações nervosas livres de axônios aferentes do grupo III e IV localizados predominantemente na camada adventícia de arteríolas e vênulas e tecido conjuntivo de músculos, ossos, ligamentos e tendões, exceto na estrutura da fibra muscular (GRAVEN-NIELSEN; ARENDT-NIELSEN, 2002; GRAVEN-NIELSEN; MENSE, 2001). Estes, respondem seletivamente a estímulos nocivos ou potencialmente prejudiciais (CRAIG; SORKIN, 2001).

Para explicar como a dor originada de diferentes tecidos pode influenciar no desempenho motor, Lund et al. (1991) propuseram o modelo adaptação-dor. Os autores sugeriram que a atividade das fibras aferentes nociceptivas do grupo III e IV provoca simultaneamente a excitação dos motoneurônios- α que inervam os músculos antagonistas ao movimento e inibição dos motoneurônios- α que inervam os músculos agonistas ao movimento. Este fenômeno reduz a força muscular, amplitude e velocidade de movimento e representa um efeito protetor eliciado pela dor.

O modelo proposto por Lund et al. (1991) é similar ao reflexo mediado pelos órgãos tendinosos de Golgi em condições normais, cuja aferência é dada pelas fibras do tipo IIb. Entretanto, a presença de dor pode potencialmente aumentar a sensibilidade deste reflexo e contribuir para a redução da capacidade de gerar força muscular (SCHOMBURG; STEFFENS; KNIFFKI, 1999).

Estudos mostraram que a diminuição da capacidade de gerar força muscular na presença de dor é proveniente de mecanismos centrais, isto é, a atividade das fibras aferentes nociceptivas resulta em inibição de áreas motoras corticais (córtex motor primário), seguido de inibição ou facilitação da atividade de motoneurônios espinhais (LE PERA et al., 2001; MARTIN et al., 2008). Esta inibição descendente parece atuar preferencialmente em motoneurônios de baixo limiar responsáveis pela inervação de fibras musculares do tipo I enquanto a excitação é potencialmente direcionada para motoneurônios de maior limiar responsáveis pela inervação de fibras do tipo II (MARTIN et al., 2008).

Farina et al. (2004) observaram que a atividade dos motoneurônios de baixo limiar foi reduzida de forma gradual a medida que houve o aumento progressivo de indução de dor no ventre do músculo tibial anterior e sugeriram que quanto maior a intensidade de dor, menor a capacidade de gerar força muscular.

A intensidade de dor pode variar entre os diferentes tipos de tecidos. Estudos mostraram que a intensidade de dor foi maior quando experimentalmente induzida no tendão, em decorrência da maior densidade de fibras aferentes nociceptivas, quando comparada ao ventre muscular (ARENDT-NIELSEN; FERNÁNDEZ-DE-LAS-PEÑAS; GRAVEN-NIELSEN, 2011; GIBSON; ARENDT-NIELSEN; GRAVEN-NIELSEN, 2006). A indução de dor experimental no ventre muscular evoca dor de curta duração e menor intensidade, visto que a maior vascularização intramuscular permite o aumento na taxa de difusão da solução salina hipertônica (ARENDT-NIELSEN; FERNÁNDEZ-DE-LAS-PEÑAS; GRAVEN-NIELSEN, 2011; GIBSON; ARENDT-NIELSEN; GRAVEN-NIELSEN, 2006).

Henriksen et al. (2011a) mostraram que dor experimentalmente induzida no tendão infrapatelar reduziu a força dos músculos agonistas e antagonistas ao movimento em aproximadamente 15%. Além disso, Gibson et al. (2006) mostraram que dor experimentalmente induzida no tendão foi superior em gerar dor referida comparada ao ventre muscular. Dor referida é relatada distalmente ao local de origem e ocorre devido a hiperexcitabilidade entre conexões convergentes somáticas estabelecidas na medula espinhal e pode consequentemente alterar o campo receptivo muscular e cutâneo (ARENDT-NIELSEN; SVENSSON, 2001; ARENDT-NIELSEN; FERNÁNDEZ-DE-LAS-PEÑAS; GRAVEN-NIELSEN, 2011; GRAVEN-NIELSEN, 2006). Este fenômeno observado em condições de dor experimentalmente induzida é semelhante às condições dolorosas crônicas (ARENDT-NIELSEN; SVENSSON, 2001; CRAIG; SORKIN, 2001).

Estudos recentes mostraram que a atividade do motoneurônio pode ser modificada pela ameaça de dor, mesmo na ausência da excitação das fibras aferentes nociceptivas, conforme mostrado por Tucker et al. (2012). Nesse estudo, os voluntários realizaram contrações isométricas dos músculos flexores de joelho sob ameaça de dor (através da estimulação elétrica no tendão infrapatelar) e os autores observaram que a antecipação a dor reduziu a frequência de disparo de unidades motoras de baixo limiar e promoveu o recrutamento de novas unidades motoras previamente inativas. Desse modo, a literatura mostra que estímulo nocivo ou ameaça à dor potencialmente alteram mecanismos centrais e afetam o desempenho motor.

Apesar de modelos de dor experimentalmente induzida atenuarem a capacidade de gerar força muscular especificamente através de mecanismos neurais, a realização das primeiras sessões de treinamento de força resulta em dor muscular tardia, isto é, resposta inflamatória local, edema, diminuição de amplitude de movimento e queda na produção de força muscular decorrente de danos à estrutura do músculo (NOSAKA; NEWTON, 2002; TEGEDER et al., 2002).

Tegeder et al. (2002) compararam dois modelos de indução de dor muscular aguda – dor muscular tardia e infusão intramuscular de solução salina hipertônica. Neste estudo, os autores observaram que dor gerada por solução salina hipertônica pode ser decorrente da alta concentração extracelular de sódio e liberação de glutamato, enquanto, dor muscular tardia gerada após um protocolo de contrações concêntricas e excêntricas ocorreu pela elevação dos níveis de lactato, prostaglandinas e substância P. Estas substâncias são consideradas algogênicas e podem contribuir para a excitação das fibras aferentes nociceptivas (GRAVEN-NIELSEN, 2006; GRAVEN-NIELSEN; ARENDT-NIELSEN, 2002).

Dor muscular tardia tem maior intensidade de 24h a 48h após a sessão de treinamento e está relacionada ao grau de dano muscular, isto é, adaptações morfológicas ao estímulo mecânico (NOSAKA; NEWTON, 2002). Dor e dano muscular diminuem com a continuidade das sessões de treinamento, enquanto dor experimentalmente induzida no tecido intramuscular por solução salina hipertônica possui duração de aproximadamente 12 minutos e não gera lesão nas estruturas contráteis musculares (CRAIG; SORKIN, 2001; FARINA et al., 2004; TEGEDER et al., 2002).

Estudos mostraram que a execução de intensas contrações musculares gera a excitação das fibras aferentes nociceptivas em decorrência da diminuição do fluxo sanguíneo e pode assemelhar-se à condição de dor muscular isquêmica (ARENDT-NIELSEN; SVENSSON, 2001; GRAVEN-NIELSEN, 2006). Nesse caso, a percepção de dor pode ser originada de diferentes tecidos como pele, vasos sanguíneos e periósteo, enquanto a infusão intramuscular de solução salina hipertônica gera dor aguda local e em uma porção específica do tecido muscular (GRAVEN-NIELSEN, 2006).

Graven-Nielsen et al. (1997a) investigaram aspectos relacionados a infusão de solução salina hipertônica para geração de dor aguda e concluíram que há relação entre intensidade de dor, volume de infusão, concentração de cloreto de sódio (NaCl) e tempo de infusão em diferentes tecidos. Nesse mesmo estudo, os autores mostraram que a intensidade de dor foi maior quando induzida experimentalmente no periósteo, que é

ricamente innervado, comparada à região subcutânea. Além disso, os autores observaram que a infusão de 1,5 ml a uma concentração de 4% a 6% de NaCl tem sido suficiente e utilizada em modelos de dor experimental para gerar dor aguda de intensidade moderada (valor médio de 5,5 numa escala de 0 a 10, sendo “0” ausência de dor e “10” dor máxima suportável) (ERVILHA et al., 2005; GRAVEN-NIELSEN et al., 1997a). A concentração de 0,9% de NaCl, considerada como solução salina isotônica, causa pouca ou nenhuma dor, enquanto concentrações acima de 11,5% de NaCl não alteram a intensidade dolorosa quando comparada às concentrações de 6% de NaCl, em função da saturação da taxa de difusão de íons através da membrana (GRAVEN-NIELSEN et al., 1997a).

Diversos protocolos mostraram que dor aguda pode influenciar negativamente o desempenho motor e que a persistência desta pode acarretar em mudanças na atividade cerebral levando ao estágio de cronificação, alterações biomecânicas, comportamentais e emocionais (GRAVEN-NIELSEN; SEVENSSON; ARENDT-NIELSEN, 1997; HASHMI et al., 2013; HENRIKSEN et al., 2011b).

3.2 DOR MANTEM OU POTENCIALIZA A CAPACIDADE DE GERAR FORÇA MUSCULAR

Os resultados sobre como a dor afeta o desempenho motor ainda são controversos. A capacidade de gerar força muscular parece não ser alterada quando contrações isométricas submáximas (50% a 80% da capacidade voluntária máxima) são realizadas na presença de dor, segundo estudos que mostram somente a redução do tempo de resistência de força nestas condições (CIUBOTARIU; ARENDT-NIELSEN; GRAVEN-NIELSEN, 2004; ERVILHA et al., 2005; FALLA et al., 2007; HODGES; ERVILHA; GRAVEN-NIELSEN, 2008). Graven-Nielsen et al. (1997) observaram redução na capacidade de gerar força muscular somente em condições dolorosas de máximo esforço, entretanto, pesquisas recentes apontam que o nível de força muscular pode ser mantido ou potencializado nestas condições, conforme mostrado por Sørensen et al. (2012).

Martin et al. (2008) e Farina et al. (2004) concluíram que a manutenção ou aumento de força muscular em condições dolorosas pode ocorrer devido a redução da atividade de unidades motoras de menor limiar e do recrutamento seletivo e antecipado de unidades motoras de maior limiar. Estas são responsáveis pela inervação de fibras musculares do tipo II que geram maior produção de força muscular e são menos resistentes à fadiga, o que justifica o fato de indivíduos portadores de dores crônicas serem mais suscetíveis à fadiga (HIDES et al., 2008).

A redistribuição da atividade entre os músculos é um fator que parece variar na tentativa de manter o nível de força muscular exigido pela tarefa durante condições dolorosas. Ervilha et al. (2005) mostraram haver aumento da atividade elétrica de um músculo sinergista quando a dor aguda foi experimentalmente induzida no músculo agonista, enquanto Hodges et al. (2008) observaram redução da atividade elétrica tanto do músculo onde dor aguda foi experimentalmente induzida quanto nos músculos sinergistas a este. Embora a atividade dos músculos sinergistas varie nestas condições, Tucker et al. (2012) mostraram que novas estratégias motoras adotadas durante a presença de dor permanecem mesmo após a cessação desta, o que pode contribuir para as disfunções musculoesqueléticas no longo prazo.

Na ausência de dor, a otimização da atividade entre os músculos, a melhora no recrutamento e frequência de disparo dos potenciais de ação da unidade motora ocorrem nas semanas iniciais do treinamento de força e resultam em aumento de força muscular decorrente principalmente de fatores neurais (NARICI et al., 1989; SEYNNES et al., 2007). Nesse sentido, Sørensen et al. (2012) foi pioneiro em investigar a influência da dor experimental presente em 24 sessões do treinamento de força. Nesse mesmo estudo, os voluntários realizaram três séries com repetições até a falha (cadeira extensora e leg press) a 80% de uma repetição máxima com intervalo de 45 a 60 segundos entre as séries. O torque isométrico e concêntrico máximo dos músculos extensores e flexores de joelho foi mensurado no dinamômetro isocinético nas velocidades 60°/s, 120°/s e 180°/s, no período pré e pós treinamento. Os resultados mostraram que dor muscular aguda potencializou o ganho de força dos músculos extensores de joelho em todas as velocidades investigadas quando comparado ao grupo controle. A força dos músculos flexores da articulação do joelho apresentou aumento aparente para ambos os grupos, porém, não houve diferença estatisticamente significativa.

O estudo de Sørensen et al. (2012) foi precursor em investigar a influência da dor presente em todas as sessões de treinamento de força e para fundamentar os resultados encontrados na literatura é necessário explorar diferentes metodologias, como por exemplo, a utilização de eletromiografia para averiguar a adaptação neural e indução de dor aguda em diferentes tecidos.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Trata-se de um estudo experimental, longitudinal, randomizado, comparativo, com análise quantitativa dos dados. O estudo está em conformidade com a Resolução n. 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde sobre diretrizes e normas de pesquisa envolvendo seres humanos e foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade São Judas Tadeu (São Paulo/SP), registro n. 1.977.074. A coleta de dados foi realizada no laboratório de Biomecânica da Escola de Artes Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo e da Universidade São Judas Tadeu (São Paulo/SP). Os voluntários foram previamente esclarecidos sobre os propósitos da investigação e procedimentos aos quais foram submetidos e somente participaram do estudo após a assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (apêndice A).

4.1 AMOSTRA

Indivíduos saudáveis, do sexo masculino, com idade entre 18-30 anos, destreinados, isto é, aqueles que não realizaram qualquer tipo de treinamento de força e/ou resistência por pelo menos seis meses previamente ao estudo foram incluídos no experimento.

O contato/recrutamento dos voluntários foi feito por meio de divulgação em redes sociais ou contato direto. No momento do recrutamento, os voluntários foram esclarecidos sobre os propósitos da investigação e procedimentos aos quais seriam submetidos e classificados de acordo com os critérios de inclusão (apêndice B). Além disso, após o preenchimento do TCLE e dados de identificação, os voluntários foram devidamente orientados à não alterarem os hábitos alimentares e de rotina diária (não utilizarem suplementos nutricionais e/ou ergogênicos e não participarem de treinamento de força e resistência durante o experimento).

Os voluntários que foram submetidos a qualquer tipo de cirurgia nos últimos seis meses, apresentaram limitação de amplitude de movimento dos membros superiores, aqueles que sentiram algum tipo de dor por mais de uma semana nos últimos três meses, bem como aqueles que apresentarem doenças cardiovasculares ou intolerância a qualquer etapa do estudo, como por exemplo, náuseas, sensação de desmaio, sudorese excessiva ou qualquer outro sinal de disreflexia autonômica, foram excluídos do experimento.

4.2 PROTOCOLO EXPERIMENTAL

Os voluntários compareceram ao laboratório para um total de 28 sessões experimentais, sendo três sessões para realização de familiarização e testes de uma repetição máxima (1RM), 24 sessões correspondentes ao treinamento de força (oito semanas) e uma sessão para a realização de testes dinamométricos e eletromiográficos ao final do experimento. Os voluntários foram aleatoriamente divididos em dois grupos: experimental (ou com dor aguda) e controle. Os grupos realizaram 24 sessões de treinamento de força unilateral com pesos livres para os músculos flexores da articulação do cotovelo do membro superior dominante. Embora o estudo de Wittstein et al. (2010) tenha mostrado que não há diferença entre o pico de torque concêntrico dos músculos flexores da articulação de cotovelo do membro superior dominante e não dominante, o inventário de dominância lateral de Edimburgo (OLDFIELD, 1971) (anexo A) foi utilizado de forma a padronizar e definir o membro superior dominante para a execução do protocolo experimental.

No início de cada sessão de treinamento, o grupo experimental foi submetido à indução de dor muscular aguda através da infusão de 2,5 ml de solução salina hipertônica (6% NaCl) no ventre do músculo bíceps braquial, enquanto o grupo controle não foi submetido a este tipo infusão. A partir da terceira semana, os voluntários pertencentes ao grupo experimental foram submetidos a uma infusão intramuscular adicional de 1,5 ml de solução salina hipertônica (6% NaCl), imediatamente após a última repetição da terceira série de todas as sessões de treinamento. O estudo de Tegeder et al. (2002) mostrou que pode ocorrer adaptação a dor em decorrência da diminuição de intensidade dolorosa observada após duas infusões de solução salina hipertônica no ventre músculo bíceps braquial.

O músculo bíceps braquial foi selecionado por apresentar maior resposta neuromuscular ao treinamento de força comparado aos músculos dos membros inferiores (ABE et al., 2000) e menor limiar de dor comparado à grandes grupos musculares, como por exemplo, o músculo quadríceps femoral (GRAVEN-NIELSEN; ARENDT-NIELSEN, 2002). Além disso, nenhum estudo investigou como a dor muscular presente em todas as sessões de treinamento de força pode influenciar no desempenho motor.

Atividade elétrica dos músculos bíceps braquial e tríceps braquial do membro superior dominante foram adquiridas durante os testes dinamométricos de contração concêntrica e isométrica voluntária máxima (CCVM e CIVM) de flexão da articulação

de cotovelo em três momentos, na primeira sessão de treinamento, após doze sessões (13ª sessão) e 48h após a última sessão de treinamento (25ª sessão). Os testes de 1RM foram realizados em três momentos: durante as sessões de familiarização, na 12ª sessão (30 minutos previamente ao treinamento de força – 5ª semana) e 30 minutos após a última sessão de treinamento de força (24ª sessão).

Percepção subjetiva de dor e esforço foram mensuradas durante todo o experimento. O protocolo descrito é mostrado na figura 1.

Figura 1 - Protocolo Experimental*

Fonte: Camila Carvalho de Souza, 2018.

*1RM: uma repetição máxima, CIVM: contração isométrica voluntária máxima, CCVM: contração concêntrica voluntária máxima, EMG: eletromiografia, TF: treinamento de força

4.2.1 Familiarização e teste de uma repetição máxima (1RM)

Foram realizadas três sessões de familiarização (uma semana antecedente à primeira semana de treinamento). Inicialmente os voluntários realizaram o aquecimento geral constituído de cinco minutos de caminhada moderada, em velocidade auto selecionada, seguido de familiarização com oito movimentos de flexão da articulação do cotovelo. Estes permaneceram adequadamente sentados para realizar a flexão unilateral da articulação do cotovelo como forma de familiarização, sendo a posição inicial considerada como a extensão completa da articulação de cotovelo (considerada como 0°) e a posição final considerada em aproximadamente até 120° de flexão da articulação de cotovelo. A velocidade do movimento foi regulada visualmente e os voluntários foram orientados a realizarem por aproximadamente dois segundos tanto o movimento de flexão quanto extensão da articulação do cotovelo.

O aquecimento específico para os músculos flexores da articulação de cotovelo do membro superior dominante consistiu em uma série de oito repetições a 50% de 1RM

e uma série de três repetições a 70% de 1RM, estimados durante a familiarização e com dois minutos de intervalo entre as séries. Após três minutos de repouso, foi realizado o teste de 1RM. O teste de 1RM é definido como a medição da máxima quantidade de peso que pode ser levantada em um ciclo completo e correto movimento (RIBEIRO et al., 2018). Os testes de 1RM foram conduzidos pelo mesmo avaliador e realizados com um intervalo mínimo de 48h entre as sessões, até que os resultados encontrados não ultrapassassem uma variação de 5% entre eles (BROWN; WEIR, 2001). Barras, anilhas e prendedores de segurança foram utilizados para a realização dos testes e incrementos na intensidade (anilhas de 1kg) a cada tentativa foram determinados de acordo com a percepção do avaliador formado em Educação Física, treinado e experiente. O número de tentativas não foi superior a cinco com intervalo de descanso de três minutos entre elas.

Este mesmo teste foi reproduzido 30 minutos previamente ao 12º treinamento de força (4ª semana) e 30 minutos após a última sessão de treinamento de força (24ª sessão/ 8ª semana), conforme mostrado na figura 1.

4.2.2 Contração isométrica e concêntrica voluntária máxima (dinamometria e eletromiografia)

Para as avaliações dinamométricas foi utilizado um dinamômetro isocinético (Biodex System 3[®]) configurado nos modos de operação isocinético concêntrico e isométrico. Os voluntários foram confortavelmente posicionados na cadeira do dinamômetro isocinético e a articulação do cotovelo apoiada a um suporte de altura ajustável de modo a manter a articulação do ombro posicionada a 45° de flexão e abdução (mensurados através do goniômetro) e a articulação de cotovelo alinhada ao torquímetro. As regiões distais do braço, tórax, pelve e membro inferior foram afivelados com o intuito de minimizar movimentos indesejados ou compensatórios. O ajuste do equipamento para a adequada posição dos voluntários foi registrado na primeira sessão a fim de padronizá-los nas sessões seguintes. Como forma de aquecimento e familiarização, antes do início das avaliações dinamométricas, os voluntários foram devidamente instruídos a realizarem oito ações concêntricas (de baixa intensidade) de flexão da articulação do cotovelo em uma amplitude de movimento de 120°, com velocidade fixada em 180°/segundo.

Três minutos após o aquecimento, os voluntários realizaram dois testes de contração isométrica voluntária máxima (CIVM) a 90° de flexão da articulação do cotovelo. A CIVM teve duração de três segundos cada com intervalo de 30 segundos entre os testes. Após três minutos de repouso, os voluntários realizaram dois testes de

contração concêntrica voluntária máxima (CCVM) de flexão da articulação do cotovelo, a uma velocidade de 45°/segundo e amplitude de 120°, sendo a extensão total considerada como 0°. O intervalo entre os testes foi de 30 segundos. O mais alto valor obtido nos testes foi utilizado para análise.

Um sistema de eletromiografia (EMG Sytem do Brasil®) foi utilizado para verificar a atividade elétrica dos músculos bíceps braquial (cabeça longa e curta) e m. tríceps braquial (cabeça lateral) do membro superior dominante, durante as avaliações dinamométricas (CIVM e CCVM dos músculos flexores da articulação do cotovelo).

Foi utilizada frequência de amostragem de 2000 Hz, ganho total de 2000 vezes (20 vezes no sensor e 100 vezes no equipamento), filtro passa alta de 20 Hz e filtro passa baixa de 500 Hz. A frequência de corte utilizada para criação do envelope linear foi determinada através de análise residual (WINTER, 1990). Cada canal possui um par de eletrodos de superfície que será aplicado sob a pele do voluntário, na direção das fibras musculares.

A colocação dos eletrodos seguiu as normas do projeto SENIAM (*Surface eletromyography fot the non-invasive assessment of muscles*) (HERMENS; FRERIKS, 1996). Dessa forma, os voluntários foram posicionados confortavelmente sentados e, com o intuito de minimizar possíveis influências no sinal EMG, foi realizada a assepsia e tricotomia do local. Os eletrodos foram posicionados com distância de 20mm entre eles (HERMENS et al., 2000), da seguinte forma: no sentido das fibras musculares do músculo bíceps braquial (cabeça longa e curta) – a um terço da linha média entre o processo acromial e fossa cubital e no sentido das fibras musculares do músculo tríceps braquial (cabeça lateral) – a 50% da linha média entre a crista posterior do processo acromial e o processo do olecrano. O eletrodo de referência foi colocado na articulação do punho (processo estilóide da ulna) do membro superior não dominante e fixações realizadas com tiras de micropore, garantindo o total acoplamento do eletrodo a pele do voluntário. Após 30 minutos de repouso, os voluntários realizaram o treinamento de força.

A janela temporal do sinal EMG considerada para análise foi de 100ms antes e 100ms após o pico do torque, obtido no dinamômetro isocinético. Para as comparações foi calculado o valor eficaz (RMS) desta janela temporal de 200 ms, após o sinal EMG ser retificado por onda completa, filtrado (filtro butterworth de 4ª ordem, 20 -500 Hz) e alisado por envelope linear de 8 Hz (filtro butterworth).

4.2.3 Treinamento de força

O treinamento de força foi realizado com frequência de três vezes por semana ao longo de oito semanas, totalizando 24 sessões. Previamente à realização do treinamento, os voluntários realizaram um aquecimento geral constituído de cinco minutos de caminhada moderada, em velocidade auto selecionada seguido de um aquecimento específico (oito repetições a 50% de 1RM e três repetições a 70% de 1RM, com intervalo de dois minutos entre elas). Após três minutos de repouso, os voluntários realizaram o treinamento de força com pesos livres para os músculos flexores da articulação do cotovelo do membro superior dominante. A intensidade (Kg) estimada para o treinamento foi determinado a partir do teste de 1RM para que o esforço exigido fosse próximo ao máximo (intensidade igual ou maior que 80% de 1RM) em todas as séries.

Para o aquecimento específico e treinamento de força, os voluntários permaneceram sentados e foram orientados a não compensarem ou realizarem movimentos indesejados durante a execução do protocolo. Foram utilizadas anilhas (5kg, 3kg, 2kg e 1kg), barras e prendedores de segurança. Os voluntários foram supervisionados durante todas as etapas do protocolo.

Os grupos (experimental e controle) realizaram o protocolo de treinamento de força, conforme a mostrado na tabela 1. O intervalo entre as séries foi de 60 segundos. Previamente ao treinamento de força, o grupo experimental foi submetido a uma infusão de 2,5 ml de solução salina hipertônica (6% de NaCl) no ventre do musculo bíceps braquial. A partir da terceira semana, imediatamente após a última repetição da terceira série de todas as sessões de treinamento, estes voluntários foram submetidos a uma infusão intramuscular adicional de 1,5 ml de solução salina hipertônica (6% de NaCl).

Os voluntários foram orientados a realizarem o movimento de flexão da articulação de cotovelo de acordo com as recomendações durante a familiarização e o mesmo comando verbal foi mantido durante todo o experimento. Os voluntários permaneceram no laboratório até que a dor muscular fosse considerada como “0” (ausência de dor), numa escala numérica de 0 (ausência de dor) a 10 (máxima dor suportável).

O número de repetições e intensidade (kg) foram registrados a cada série durante todas as sessões de treinamento.

Tabela 1 - Protocolo de treinamento de força

Semanas	1	2	3	4	5	6	7	8
1RM	10-12	10-12	08-10	08-10	08-10	08-10	06-08	06-08
Séries	3	3	4	4	5	5	6	6

Fonte: Camila Carvalho de Souza, 2018.

*1RM: repetição máxima

4.2.4 Dor muscular experimental

Para a indução de dor aguda no ventre do músculo bíceps braquial dos voluntários pertencentes ao grupo experimental, foi inicialmente realizada assepsia do local com uso de algodão e álcool (70%). As doses de solução salina hipertônica (6% NaCl) foram aplicadas com uma seringa descartável de 3ml e agulha descartável (30mm de comprimento por 0,8mm de espessura) de aço inoxidável. Os voluntários permaneceram sentados e foram orientados a repousar o membro superior ao lado do tronco com o antebraço apoiado em repouso no membro inferior. A infusão de solução salina hipertônica foi aplicada de forma manual na porção média do ventre medial do músculo bíceps braquial, com tempo de infusão de aproximadamente 20 segundos (GRAVEN-NIELSEN et al., 1997a). A agulha foi inserida formando um ângulo de 90° entre o bisel da agulha e o tecido muscular. A primeira infusão de solução salina hipertônica (6% NaCl) foi de 2,5 ml enquanto a segunda infusão intramuscular (a partir da terceira semana - imediatamente após a última repetição da terceira série de todas as sessões de treinamento) consistiu em 1,5 ml (6% NaCl). O treinamento foi realizado imediatamente após a indução de dor aguda e durante todo o procedimento os voluntários foram inquiridos sobre as possíveis reações adversas. O grupo controle não foi submetido a este tipo de infusão.

4.2.5 Percepção subjetiva de dor e esforço

Percepção subjetiva de esforço (PSE) foi coletada utilizando a escala *Ratings of Perceived Exertion* (anexo B) em que “6” corresponde a nenhum esforço e “20” corresponde ao máximo esforço. PSE foi mensurada ao final da última série (última repetição) durante todo o experimento e utilizada em ambos os grupos para avaliar e garantir que os voluntários realizassem máximo esforço.

Percepção subjetiva de dor (PSD) (anexo C) foi mensurada através de uma escala numérica de dor (FERREIRA-VALENTE; PAIS-RIBEIRO; JENSEN, 2011) de dez centímetros, na qual 0 cm representa ‘ausência de dor’ e 10 cm o nível de dor considerado ‘dor máxima suportável’. No grupo com dor aguda a mensuração ocorreu imediatamente após as infusões intramusculares de solução salina hipertônica e ao final da última série de treinamento.

5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Depois de identificar que os dados têm distribuição normal, análise de variância ANOVA (3 x 2), considerando-se os fatores tempo (sessão 1, 12 e 24) e condição (controle e dor aguda), para dados pareados, foi aplicada. O teste estatístico *post hoc* de Tukey foi utilizado para comparações múltiplas. O índice de significância de 0,05 foi adotado. Teste-t de *student* foi utilizado para se comparar o volume total de treinamento entre os grupos.

6 RESULTADOS

Dos dezessete voluntários interessados em participar do presente estudo, cinco desistiram antes do início da familiarização e, portanto, nove voluntários foram alocados em um dos grupos, experimental (com dor aguda) (n=5) ou grupo controle (n=4). As características dos voluntários estão apresentadas na tabela 2.

Tabela 2 - Característica da amostra

	Com dor aguda (n=5)	Controle (n=4)
Idade (anos)	21,8±7,1	21,7±4,3
Peso corporal (kg)	82,6 ± 14,8	75,4±11,4
Estatura (cm)	1,75±0,02	1,79±0,05

Fonte: Camila Carvalho de Souza, 2018.

* (Média ± Desvio padrão)

Para facilitar o entendimento, os resultados foram apresentados de acordo com os objetivos propostos, sendo o primeiro comparar, nas condições com e sem dor muscular aguda, os resultados dos testes de uma repetição máxima adquiridos nas condições pré (S1), após quatro semanas (S4) e após oito semanas (S8) de treinamento de força.

ANOVA de dois fatores mostrou haver diferenças significantes, nos testes de 1RM, para o fator tempo ($F = 47$; $p = 0,002$) e para a interação entre os fatores Tempo e Condição ($F = 5$; $p = 0,05$). Comparações múltiplas mostraram que, em relação ao fator tempo, S1 é significativamente menor do que S8 ($t = 9$; $p = 0,001$) e S4 é significativamente menor que S8 ($t = 7$; $p = 0,007$). Na interação entre tempo e condição ($F = 5$; $p = 0,05$), S8, obtido na condição experimental, é significativamente maior do que S1 ($t = 6,5$; $p = 0,009$), também obtido na condição experimental e significativamente maior que o valor obtido na condição controle, na semana 8 ($t = 3,8$; $p = 0,05$).

A figura 2 ilustra estes resultados.

Figura 2 – Teste de uma repetição máxima

Fonte: Camila Carvalho de Souza, 2018.

*Médias e erro padrão das médias obtidas durante os testes de uma repetição máxima realizados nas condições pré (S1), após quatro semanas (S4) e após oito semanas (S8) de treinamento de força. *valor significativamente maior que o obtido em S4 na condição com dor aguda e significativamente maior do que o obtido em S8 na condição controle. O resultado em quilogramas obtido em S4 e S8 foi normalizado pelo obtido em S1. Grupo controle (n = 4); Grupo com dor aguda (n = 5).

O volume total de treinamento por indivíduo considerado como o somatório de todas as repetições realizadas durante o protocolo de 24 sessões de treinamento de força, multiplicada pela respectiva intensidade (kg) é apresentado na figura 3. O volume total de ambos os grupos foi obtido somando-se os valores individuais de cada grupo. Em nosso estudo esta variável não apresentou diferença significativa entre os grupos (o volume de treinamento obtido do grupo experimental foi de $7757,4 \pm 1451,5$ (média $\pm$ DP) enquanto o grupo controle obteve $7195,25 \pm 1642,13$ (média $\pm$ DP)).

Figura 3 – Volume de treinamento (intensidade x repetições) mensurado para cada voluntário ao final de 24 sessões de treinamento de força

Fonte: Camila Carvalho de Souza, 2018.

*Grupo controle (n = 4); Grupo com dor aguda (n = 5).

A variável número de repetições por série (mensurada nas condições pré (S1, 1ª sessão treinamento), após quatro semanas (S4, 12ª sessão de treinamento) e após oito semanas (S8, 24ª sessão de treinamento)) também não apresentou diferença significativa entre os grupos nem no decorrer do treinamento. Os valores obtidos para cada indivíduo estão representados na figura 4.

Figura 4 – Número de repetições adquiridas no protocolo de treinamento de força

Fonte: Camila Carvalho de Souza, 2018.

*Total do número de repetições adquiridas no protocolo de treinamento de força nas condições pré (S1; 1ª sessão de treinamento), após quatro semanas (S4; 12ª sessão de treinamento) e após oito semanas (S8; 24ª sessão de treinamento) de treinamento de força. Grupo controle (n = 4); Grupo com dor aguda (n = 5).

Não houve aumento significativo do pico de torque flexor isométrico da articulação do cotovelo em ambos os grupos, com e sem dor muscular aguda. Também não houve diferença significativa entre as condições pré (S1), após quatro semanas (S4) e após oito semanas (S8) de treinamento de força. A figura 5 mostra os valores obtidos para a variável pico de toque flexor isométrico.

Figura 5 – Pico de torque flexor isométrico

Fonte: Camila Carvalho de Souza, 2018.

* Média ($\pm$ erro padrão da média) obtida durante os testes dinamométricos de contração isométrica voluntária máxima nas condições pré (S1), após quatro semanas (S4) e após oito semanas (S8) de treinamento de força. Grupo controle ($n = 4$); Grupo com dor aguda ($n = 5$).

O torque flexor concêntrico da articulação do cotovelo não foi alterado devido ao treinamento ou à presença de dor aguda durante as sessões de treinamento (figura 6).

Figura 6 – Pico de torque flexor concêntrico

Fonte: Camila Carvalho de Souza, 2018.

*Média ($\pm$ erro padrão da média) obtida durante os testes dinamométricos de contração concêntrica voluntária máxima nas condições pré (S1), após quatro semanas (S4) e após oito semanas (S8) de treinamento de força. Grupo controle (n = 4); Grupo Com dor aguda (n = 5)

As figuras 7, 8, 9 e 10 mostram os valores de amplitude do sinal elétrico dos músculos bíceps braquial e tríceps braquial adquiridos durante o teste de contração isométrica e concêntrica voluntária máxima, gerados nas condições pré (S1), após quatro semanas (S4) e após oito semanas (S8) de treinamento de força. Tanto para o grupo experimental quanto o grupo controle não mostraram diferenças significantes ao longo das oito semanas de treinamento. Também não houve diferença significante entre os grupos.

Figura 7 – Atividade elétrica (EMG) do músculo bíceps braquial adquirida durante o teste de contração isométrica voluntária máxima

Fonte: Camila Carvalho de Souza, 2018.

*Atividade elétrica (valor eficaz) do músculo bíceps braquial adquirida durante o teste de contração isométrica voluntária máxima (CIVM) nas condições pré (S1), após quatro semanas (S4) e após oito semanas (S8) de treinamento de força. Grupo controle (n = 4); Grupo com dor aguda (n = 5)

Figura 8 – Atividade elétrica (EMG) do músculo tríceps braquial adquirida durante o teste de contração isométrica voluntária máxima

Fonte: Camila Carvalho de Souza, 2018

*Atividade elétrica (valor eficaz) do músculo tríceps braquial adquirida durante o teste de contração isométrica voluntária máxima (CIVM) nas condições pré (S1), após quatro semanas (S4) e após oito semanas (S8) de treinamento de força. Grupo controle (n = 4); Grupo Com dor aguda (n = 5).

Figura 9 – Atividade elétrica (EMG) do músculo bíceps braquial adquirida durante o teste de contração concêntrica voluntária máxima

Fonte: Camila Carvalho de Souza, 2018.

*Atividade elétrica (valor eficaz) do músculo bíceps braquial adquirida durante o teste de contração concêntrica voluntária máxima (CCVM) nas condições pré (S1), após quatro semanas (S4) e após oito semanas (S8) de treinamento de força. Grupo controle (n = 4); Grupo com dor aguda (n = 5).

Figura 10 – Atividade elétrica (EMG) do músculo tríceps braquial adquirida durante o teste de contração concêntrica voluntária máxima

Fonte: Camila Carvalho de Souza, 2018.

*Atividade elétrica (valor eficaz) do músculo tríceps braquial adquirida durante o teste de contração concêntrica voluntária máxima (CCVM) nas condições pré (S1), após quatro semanas (S4) e após oito semanas (S8) de treinamento de força. Grupo controle (n = 4); Grupo Com dor aguda (n = 5).

Os valores da intensidade de dor são ilustrados na figura 11. A intensidade dolorosa mensurada através da escala numérica de dor foi obtida imediatamente após as infusões intramusculares de solução salina hipertônica e ao final da última repetição do treinamento. A média da intensidade dolorosa dos cinco voluntários é apresentada nas condições pré (S1; 1º sessão de treinamento), após quatro semanas (S4; 12º sessão de treinamento) e após oito semanas (S8; 24ª sessão de treinamento) de treinamento de força.

Figura 11 - Intensidade de dor

Fonte: Camila Carvalho de Souza, 2018.

* Média da intensidade de dor mensurada através da escala numérica de dor nas condições pré (S1; 1º sessão de treinamento), após quatro semanas (S4; 12º sessão de treinamento) e após oito semanas (S8; 24ª sessão de treinamento) de treinamento de força. V1 a V5 representam respectivamente os cinco voluntários que participaram do grupo com dor aguda.

Todos os voluntários realizaram o treinamento de força imediatamente após receberem a infusão intramuscular de solução salina hipertônica. Contudo, um dos voluntários (V4) referiu ausência de dor a partir da 12ª sessão de treinamento. O grupo controle relatou dor inexpressiva ou inexistente.

7 DISCUSSÃO

Este estudo foi pioneiro em investigar a influência da dor muscular aguda, presente em todas as sessões de um protocolo de treinamento de força, no desempenho da força muscular. Para tanto, voluntários foram submetidos a 24 sessões de treinamento, nas quais dor muscular aguda foi induzida imediatamente antes do início de cada sessão. Ambos os grupos, experimental e controle, mostraram aumento na capacidade de gerar força máxima dinâmica (1RM) dos músculos flexores da articulação do cotovelo ao final do estudo, corroborando com o princípio da especificidade ao treinamento. Contudo, os dados obtidos nas avaliações isocinéticas não mostraram aumento da capacidade de gerar torque flexor da articulação do cotovelo.

No presente estudo, o aumento da capacidade de gerar força dos músculos flexores da articulação do cotovelo, medida pela avaliação de 1 RM, foi de 26% para o grupo controle e 64% para o grupo com dor aguda. Em um protocolo semelhante, Sørensen et al., (2012) observaram que um grupo de voluntários saudáveis, expostos a um protocolo de dor aguda induzida no tendão infrapatelar, apresentaram aumento de 25% da capacidade de gerar força dos músculos extensores da articulação de joelho, após 24 sessões de treinamento (todas elas realizadas na presença de dor aguda). No mesmo estudo, o grupo controle, que realizou treinamento sem a presença de dor, apresentou aumento de 7% na capacidade de gerar força. Os resultados de Sørensen et al., (2012) vão de encontro aos resultados dos estudos que mostraram que dor originada do tendão resulta em maior intensidade dolorosa, em decorrência da maior densidade de fibras aferentes nociceptivas, quando comparada ao ventre muscular e, portanto, quanto maior a intensidade dolorosa menor a capacidade de gerar força muscular (ARENDR-NIELSEN; FERNÁNDEZ-DE-LAS-PEÑAS; GRAVEN-NIELSEN, 2011; GIBSON; ARENDR-NIELSEN; GRAVEN-NIELSEN, 2006; LE PERA et al., 2001).

Assim como no estudo de Sorensen et al. (2012), o maior aumento da capacidade de gerar força muscular observado no grupo com dor aguda não pode ser explicado pela diferença no desempenho de força inicial dos voluntários ou por alterações no volume total de treinamento (intensidade x repetições) quando comparado ao grupo controle. O acompanhamento da variável percepção subjetiva de esforço, mensurada ao final da última repetição de cada sessão de treinamento em ambos os grupos, permitiu modificar intensidade (kg) de treinamento em cada sessão de modo que todos os voluntários realizassem o treinamento em esforço próximo ao máximo. Nesse sentido, o número de

repetições por série também não apresentou diferença significativa entre os grupos e a PSE foi semelhante, considerada como extremamente intensa ($19,29 \pm 0,99$ para o grupo com dor aguda e $19,53 \pm 0,79$ para o grupo controle). Estas variáveis não apresentaram diferenças significantes entre os grupos e, a provável explicação para o maior aumento de força observado no grupo com dor aguda consiste na infusão intramuscular de solução salina hipertônica durante 24 sessões de treinamento.

O maior aumento da capacidade de gerar força muscular na presença de dor parece ocorrer especificamente através de adaptações neurais. Farina et al. (2004) observaram que dor seletivamente inibiu unidades motoras menores e promoveu o recrutamento adicional e antecipado de unidades motoras maiores, sendo que estas são responsáveis pela inervação de fibras musculares do tipo II e estão relacionadas a maior produção de força muscular. O presente estudo sugere que este fenômeno pode ter sido responsável pelo maior aumento da força dinâmica máxima observado no grupo com dor aguda.

Um outro mecanismo responsável pelo aumento da capacidade de gerar força muscular durante condições dolorosas constitui em maior atividade dos músculos sinergistas ao movimento (ERVILHA et al., 2005). Dessa forma, o presente estudo pressupõe que movimentos compensatórios ou indesejados podem ter ocorrido com maior frequência no grupo experimental durante as sessões de treinamento. A distribuição da atividade entre os músculos somado a alteração no padrão do recrutamento de unidades motoras acarreta maior gasto energético e potencialmente contribui para o aumento da fadiga, sobrecarga e consequentes lesões musculoesqueléticas (CIUBOTARIU; ARENDT-NIELSEN; GRAVEN-NIELSEN, 2004).

A redistribuição da atividade dentro e entre os músculos está de acordo com o novo modelo adaptação-dor proposto por Tucker et al. (2010). Contudo, no presente estudo, a atividade elétrica dos músculos bíceps e tríceps braquial adquirida durante o teste dinamométrico não apresentou diferença significativa em ambos os grupos, controle e com dor aguda. Uma possível explicação para este resultado seria considerar que a dor aguda induzida durante a aquisição da atividade elétrica muscular, não foi suficiente para alterar a ativação das unidades motoras para a geração de força máxima.

No presente estudo, o aumento da capacidade de gerar força dinâmica máxima obtida nos testes de 1 RM não foi seguido por aumento da variável pico de torque, seja isométrico ou concêntrico. Estes resultados contradizem os obtidos por Sørensen et al. (2012), que mostraram que dor experimentalmente induzida no tendão infrapatelar em 24 sessões de treinamento de força promoveu o aumento do torque isométrico e concêntrico

máximo dos músculos extensores e flexores de joelho em todas as velocidades testadas (60°/s, 120°/s e 180°/s) no dinamômetro isocinético. Talvez, parte da explicação para isto seja a necessidade de mais sessões de familiarização com o equipamento de dinamometria com o intuito de otimizar a ativação neuromuscular específica ao movimento, conforme apontado por Sampson et al. (2013). Além disso, a amplitude, posicionamento e velocidade de execução do movimento (45°/segundo) testadas durante as avaliações dinamométricas se diferiram da forma de execução do treinamento com peso livre.

Outra possível explicação para a não alteração do torque flexor isométrico e concêntrico da articulação do cotovelo gerado após 24 sessões de treinamento de força pode ser a modificação da coordenação intermuscular ocorrida durante condições dolorosas. Nesse caso, o modelo adaptação-dor, proposto por Lund et al. (1991), sugere que a atividade das fibras aferentes nociceptivas do grupo III e IV provoca simultaneamente a excitação dos motoneurônios- α que inervam os músculos antagonistas ao movimento e inibição dos motoneurônios- α que inervam os músculos agonistas ao movimento. No entanto, no presente estudo, os testes dinamométricos foram realizados na ausência de dor aguda e a atividade elétrica dos músculos tríceps e bíceps braquial não apresentaram alterações significantes.

A antecipação à dor também pode ter sido um fator de influência na capacidade de gerar força muscular. No estudo de Tucker et al. (2012), os voluntários realizaram contrações isométricas dos músculos flexores de joelho sob ameaça de dor (através da estimulação elétrica no tendão infrapatelar) e os autores observaram que a antecipação a dor reduziu a frequência de disparo de unidades motoras de baixo limiar e promoveu o recrutamento de novas unidades motoras previamente inativas. Desse modo, estímulos nocivos ou ameaça à dor podem potencialmente alterar mecanismos centrais e afetar o desempenho motor.

Na ausência de dor, Moritani e Devries (1979) mostraram que a capacidade de gerar força muscular aumenta nas semanas iniciais de treinamento de força predominantemente através do aumento da atividade elétrica muscular e são precedidas por alterações morfológicas de hipertrofia muscular, no decorrer da quarta semana. No presente estudo, o aumento de força dinâmica máxima ocorrido predominantemente entre a quarta e oitava semana pode potencialmente ter ocorrido através de adaptações morfológicas de hipertrofia muscular. No entanto, no presente estudo, não foi possível mensurar a magnitude de hipertrofia muscular.

O menor aumento de força observado previamente à quarta semana de treinamento em ambos os grupos pode ter sido decorrente de danos à estrutura do músculo e presença de dor muscular tardia comprometendo a produção de força muscular (NOSAKA; NEWTON, 2002). Dor e dano diminuem continuamente com a repetição das sessões de treinamento (NOSAKA et al., 2001). Este mecanismo gera adaptações morfológicas de hipertrofia muscular e contribui para o aumento da capacidade de gerar força muscular (NOSAKA et al., 2001). Este estudo sugere que investigações semelhantes a esta analisem a presença de dor muscular tardia nas semanas iniciais do treinamento de força.

Apesar de dano e dor muscular tardia comprometerem a produção de força muscular, Tegeder et al. (2002) observaram que dor muscular tardia gerada após um protocolo de contrações concêntricas e excêntricas ocorreu pela elevação dos níveis de lactato, prostaglandinas e substância P, enquanto dor gerada por solução salina hipertônica decorre da alta concentração extracelular de sódio e liberação de glutamato e, diferentemente da dor muscular tardia, não compromete as propriedades eletrofisiológicas da estrutura muscular. Deste modo, alterações da capacidade de gerar força muscular observadas em condições de dor experimental ocorrem especificamente através de mecanismos neurais (GRAVEN-NIELSEN et al., 2002).

Estudos mostram que a infusão de 1,5 ml a uma concentração de 4% a 6% de solução salina hipertônica tem sido suficiente para gerar dor aguda de intensidade moderada (valor médio de 5,5 numa escala de 0 a 10, sendo “0” ausência de dor e “10” dor máxima suportável (ERVILHA et al., 2005; GRAVEN-NIELSEN et al., 1997b). No presente estudo, o valor médio da intensidade de dor medida logo após a infusão intramuscular de solução salina hipertônica na primeira sessão de treinamento dos cinco voluntários foi de 4,0 considerada como dor moderada enquanto o valor médio obtido na última sessão de treinamento foi de 1,2, considerada como dor mínima ou leve.

Berg et al. (1994) mostraram que um protocolo 24 sessões de treinamento de força (oito semanas) para os músculos flexores, extensores e rotadores da região cervical foi efetivo no aumento da capacidade de gerar força muscular e atenuação de dor nesta região. A relação entre causa e efeito ainda necessita ser investigada, no entanto, estudos mostram que após algumas sessões de treinamento pode ocorrer o aumento da tolerância e limiar à dor através da excitação dos sistemas opioides endógenos e mecanismos descendentes inibitórios nocivos (KOLTYN, 2002; NEWCOMB et al., 2011). Este

fenômeno pode explicar a atenuação de dor observada ao longo de 24 sessões de treinamento.

Dadas as dificuldades em se recrutar voluntários dispostos a comparecer em 24 sessões de treinamento nas quais serão submetidos a uma ou duas infusões intramuscular de solução salina para causar dor aguda de moderada intensidade, nosso tamanho amostral ainda é reduzido, levando à possíveis obstruções dos verdadeiros efeitos do treinamento realizado na presença de dor. Portanto, mais voluntários serão recrutados para dar sequência ao protocolo experimental.

8 CONCLUSÃO

Considerando-se a população estudada e o método empregado, pode-se concluir que:

- a) Dor aguda presente em 24 sessões de treinamento de força aumenta a capacidade de gerar força dinâmica máxima de indivíduos destreinados quando comparado ao treinamento realizado na ausência de dor.
- b) O torque flexor isométrico e concêntrico da articulação de cotovelo não foi alterado de forma significativa após 24 sessões de treinamento de força realizado tanto presença, quanto na ausência de dor aguda.
- c) A atividade elétrica do músculo agonista e antagonista não apresentou diferença estatisticamente significante entre o treinamento realizado na ausência e presença de dor aguda.

O suporte científico sobre como dor muscular aguda presente durante várias sessões de treinamento de força pode influenciar no desempenho motor, mais especificamente, na capacidade de gerar força muscular ainda é escasso. Portanto, este estudo sugere que mais investigações sejam realizadas com o objetivo de analisar este fenômeno e quais protocolos podem ser efetivos nestas condições.

9 LIMITAÇÕES DO ESTUDO

Antes da execução do presente estudo foram realizadas duas coletas de dados, uma no período de agosto a outubro do ano de 2017 com total de seis voluntários, quatro pertencentes ao grupo experimental e dois alocados ao grupo controle (Estudo 1) e a segunda coleta, no período de abril a junho do ano de 2018 com um total de cinco voluntários, um pertencente ao grupo experimental e quatro alocados ao grupo controle (Estudo 2).

Participaram destes protocolos indivíduos do sexo masculino de 18 a 30 anos considerados destreinados, isto é, aqueles não realizaram qualquer tipo de treinamento de força e/ou resistência por pelo menos seis meses previamente ao estudo. O recrutamento dos voluntários ocorreu por meio de redes sociais e contato direto. Uma vez que estes dois estudos incluíram metodologia longitudinal (oito semanas) e indução de dor experimental, o número de indivíduos interessados em participar do experimento, bem como apresentaram disponibilidade e assiduidade durante todo protocolo foi reduzido.

Em ambos os protocolos, o treinamento de força unilateral (membro superior dominante) para os músculos flexores da articulação do cotovelo foi realizado com frequência de duas vezes por semana (intervalo mínimo de 72 horas e máximo de 96 horas entre as sessões), totalizando 16 sessões (oito semanas). O grupo experimental foi submetido a infusão de 2,5ml de solução salina hipertônica para induzir dor aguda no músculo bíceps braquial (figura 9) no início de cada sessão de treinamento, enquanto o grupo controle não foi submetido a nenhum tipo de infusão. Todas as sessões de treinamento foram realizadas no dinamômetro isocinético ajustado em modo concêntrico, numa amplitude de movimento de 120° e com velocidade fixada em 45°/segundo. Os voluntários foram orientados a realizarem esforço máximo durante todo o protocolo.

Figura 12 - Infusão manual de solução salina hipertônica ventre do músculo bíceps braquial do membro superior a ser treinado

Fonte: Camila Carvalho de Souza, 2018.

Testes de contração isométrica e concêntrica voluntária máxima de flexão da articulação do cotovelo foram mensuradas no equipamento de dinamometria isocinética (Biodex System 3[®]) em três momentos: durante a primeira sessão de treinamento, após quatro semanas (9^a sessões) e 48 horas após o término da última sessão de treinamento (17^a sessão). Durante as avaliações dinamométricas, foram captados sinais elétricos (EMG Sytem do Brasil[®]) dos seguintes músculos: m. bíceps braquial, m. trapézio superior, m. tríceps braquial e m. braquiorradial do membro superior a ser treinado.

No estudo 1, o protocolo de treinamento de força consistiu em quatro séries de oito repetições de flexão da articulação de cotovelo (em esforço máximo) com 90 segundos de intervalo entre as séries. Nesse mesmo estudo, um pesquisador treinado em exames de imagem realizou avaliação da espessura do músculo bíceps braquial através do equipamento de ultrassonografia de B-mode Khz, imediatamente após as avaliações dinamométricas e eletromiográficas. A determinação da região anatômica em que a aquisição das imagens foi realizada seguiu a metodologia utilizada por Schoenfeld et al (2015). Para isso, foi medido o comprimento do segmento braço, adotando como referência a distância entre o processo acromial da escápula e o epicôndilo lateral do úmero e a região analisada correspondeu a 60% do comprimento do segmento, partindo do processo acromial (Figura 13). A análise foi realizada com os voluntários sentados.

Figura 13 - Marcações no membro superior para aplicação do cabeçote do ultra-som e realização das medidas de espessura muscular

Figura A

Figura B

Fonte: Camila Carvalho de Souza, 2018.

*Figura A. 60% do comprimento; Figura B. região de análise dos músculos flexores do cotovelo.

Os resultados apresentados no estudo 1 mostraram que o treinamento de força realizado no dinamômetro isocinético não alterou o pico de torque flexor isométrico da articulação de cotovelo, conforme mostrado na figura 14. O pico de torque flexor concêntrico e espessura muscular também não apresentaram diferenças significantes entre os grupos.

Figura 14. Pico de torque flexor isométrico (estudo 1)

Fonte: Camila Carvalho de Souza, 2018.

* Pico de torque flexor isométrico mensurados na primeira sessão de treinamento (S1) 9ª sessão e 48h após a última sessão de treinamento (S17). Cor vermelha: grupo controle, cor preta: grupo experimental

Uma segunda coleta de dados foi proposta com o objetivo de otimizar o protocolo de treinamento. No estudo 2, o protocolo de treinamento de força consistiu em três séries de dez a doze repetições nas primeiras quatro semanas e quatro séries de oito a dez repetições da quarta a oitava semana, sempre em esforço máximo. Semelhantemente aos resultados obtidos anteriormente, este protocolo não resultou em alteração do pico de torque isométrico e concêntrico da articulação de cotovelo após o treinamento de força realizado ao longo de oito semanas em ambos os grupos.

Possíveis fatores podem ser considerados para explicar a ausência no ganho de força muscular observado após a execução destes protocolos em indivíduos destreinados há pelo menos seis meses. Segundo Sampson et al. (2013) a inclusão de um período de familiarização previamente a aplicação do protocolo experimental é fundamental para reduzir fatores que interferem na adaptação neuromuscular ao treinamento de força, no entanto, sessões de familiarização não foram adicionadas a estes protocolos. Além disso, Ylinen (2007) mostrou que o mesmo protocolo de treinamento de força realizado três vezes por semana foi superior em promover aumento de força muscular quando comparado ao treinamento de força realizado duas vezes por semana.

O protocolo de treinamento de força foi realizado no equipamento de dinamometria o que permitiu avaliar o comportamento do torque durante todas as sessões. No entanto, uma vez que a resistência do dinamômetro isocinético é proporcional à força aplicada pelo indivíduo (BALTZOPOULOS; BRODIE, 1989), não há garantia de que os indivíduos realizaram força máxima durante todo o experimento, mesmo na presença de encorajamento verbal. Dessa forma, frente aos possíveis fatores que puderam interferir nos resultados do presente estudo, foi realizada uma nova proposta de protocolo de treinamento de força para investigar como a dor pode influenciar no desempenho motor ao treinamento de força.

Assim como nos protocolos anteriores, no que se refere à limitação do presente estudo (estudo 3), houve restrição para o número da amostra em função da frequência semanal, período total de realização do estudo (oito semanas/24 sessões) e método de indução de dor experimental. Um outro fator limitante, constituiu na manutenção da assiduidade dos voluntários em datas de feriados regionais e nacionais e mobilização dos mesmos para os diferentes laboratórios. Além disso, no presente estudo, não foi possível realizar a análise das adaptações morfológicas ao treinamento nas condições com e sem dor muscular.

Este estudo foi pioneiro em investigar como dor muscular presente em todas as sessões de um treinamento pode influenciar no desempenho de força muscular e, portanto, a fundamentação teórica para discussão e análise dos resultados foi restrita. Apesar de métodos de indução de dor experimental reduzirem a validade ecológica, este estudo pode fundamentar investigações futuras e contribuir para o desenvolvimento de protocolos de treinamento de força para indivíduos portadores de dor.

REFERENCIAS

- ABE, T. et al. Time course for strength and muscle thickness changes following upper and lower body resistance training in men and women. **European journal of applied physiology**, v. 81, n. 3, p. 174–80, 2000.
- ARENDT-NEILSON, L.; SVENSSON, P. Referred muscle pain: basic and clinical findings. **The Clinical journal of pain**, v. 17, p. 11–19, 2001.
- ARENDT-NIELSEN, L.; FERNÁNDEZ-DE-LAS-PEÑAS, C.; GRAVEN-NIELSEN, T. Basic aspects of musculoskeletal pain: from acute to chronic pain. **The Journal of manual & manipulative therapy**, v. 19, n. 4, p. 186–93, 2011.
- BALTZOPOULOS, V.; BRODIE, D. A. Isokinetic Dynamometry: Applications and Limitations. **Sports Medicine**, v. 8, n. 2, p. 101–116, 1989.
- BERG, H. E. Dynamic Neck Strength Training Effect on Pain and Function. v. 75, n. June, 1994.
- BORG, A. V. G. Psychophysical bases of perceived exertion. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 14, n. 5, p. 377–381, 1982.
- BROWN, L. E.; WEIR, J. P. Accurate Assessment of Muscular Strength and Power JEPonline Journal of Exercise Physiologyonline ASEP Procedures Recommendation ASEP PROCEDURES RECOMMENDATION I: ACCURATE ASSESSMENT OF MUSCULAR STRENGTH AND POWER. **An International Electronic Journal**, v. 4, n. 3, p. 1–21, 2001.
- BURKE, R. E. Motor Units: Anatomy, Physiology, and Functional Organization. **Handbook of Physiology. The Nervous System. Motor Control. American Physiological Society.**, v. 2, n. 543, p. 345–422, 1981.
- CASEY, Y. C. et al. Transition from acute to chronic pain and disability: A model including cognitive, affective, and trauma factors. **Pain**, v. 134, n. 1–2, p. 69–79, 2008.
- CIUBOTARIU, A.; ARENDT-NIELSEN, L.; GRAVEN-NIELSEN, T. The influence of muscle pain and fatigue on the activity of synergistic muscles of the leg. **European Journal of Applied Physiology**, v. 91, n. 5–6, p. 604–614, 2004.
- CRAIG, A. D.; SORKIN, S. L. Pain and Analgesia. **Life Sciences**, p. 1–8, 2001.
- DUCHATEAU, J.; SEMMLER, J. G.; ENOKA, R. M. Neural Changes Associated with Training Training adaptations in the behavior of human motor units. **J Appl Physiol**, v. 101, n. 60, p. 1766–1775, 2006.
- ERVILHA, U. F. et al. Experimental muscle pain changes motor control strategies in dynamic contractions. **Experimental Brain Research**, v. 164, n. 2, p. 215–224, 2005.
- FALLA, D. et al. Muscle pain induces task-dependent changes in cervical agonist/antagonist activity. **Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)**, v. 102, n. 2, p. 601–9, 2007.

FARINA, D. et al. Effect of Experimental Muscle Pain on Motor Unit Firing Rate and Conduction Velocity. **J Neurophysiol**, v. 91, p. 1250–1259, 2004.

FERREIRA-VALENTE, M. A.; PAIS-RIBEIRO, J. L.; JENSEN, M. P. Validity of four pain intensity rating scales. **Pain**, v. 152, n. 10, p. 2399–2404, 2011.

GIBSON, W.; ARENDT-NIELSEN, L.; GRAVEN-NIELSEN, T. Referred pain and hyperalgesia in human tendon and muscle belly tissue. **Pain**, v. 120, n. 1–2, p. 113–123, 2006.

GRAVEN-NIELSEN, T. et al. Experimental muscle pain: A quantitative study of local and referred pain in humans following injection of hypertonic saline. **Journal of Musculoskeletal Pain**, v. 5, n. 1, p. 49–69, 1997a.

GRAVEN-NIELSEN, T. et al. In vivo model of muscle pain: Quantification of intramuscular chemical, electrical, and pressure changes associated with saline-induced muscle pain in humans. **Pain**, v. 69, n. 1–2, p. 137–143, 1997b.

GRAVEN-NIELSEN, T. et al. Inhibition of maximal voluntary contraction force by experimental muscle pain: A centrally mediated mechanism. **Muscle and Nerve**, v. 26, n. 5, p. 708–712, 2002.

GRAVEN-NIELSEN, T. Fundamentals of muscle pain, referred pain, and deep tissue hyperalgesia. **Scandinavian journal of rheumatology. Supplement**, v. 122, n. Suppl 122, p. 1–43, 2006.

GRAVEN-NIELSEN, T.; ARENDT-NIELSEN, L. Peripheral and central sensitization in musculoskeletal pain disorders: an experimental approach. **Current rheumatology reports**, v. 4, p. 313–321, 2002.

GRAVEN-NIELSEN, T.; MENSE, S. The peripheral apparatus of muscle pain: evidence from animal and human studies. **The Clinical journal of pain**, v. 17, n. 1, p. 2–10, 2001.

GRAVEN-NIELSEN, T.; SEVENSSON, P.; ARENDT-NIELSEN, N. Effects of experimental muscle pain on muscle activity and co-ordination during static and dynamic motor function. **Electroencephalography and clinical Neurophysiology**, v. 105, n. 96, p. 156–164, 1997.

HALAKI, M.; GINN, K. Normalization of EMG Signals: To Normalize or Not to Normalize and What to Normalize to?, Computational Intelligence in Electromyography Analysis - A Perspective on Current Applications and Future Challenges. **Computational Intelligence in Electromyography Analysis - A Perspective on Current Applications and Future Challenges**, p. 448, 2012.

HASHMI, J. A. et al. Shape shifting pain: Chronification of back pain shifts brain representation from nociceptive to emotional circuits. **Brain**, v. 136, n. 9, p. 2751–2768, 2013.

HENRIKSEN, M. et al. Experimental Knee Pain Reduces Muscle Strength. **The**

Journal of Pain, v. 12, n. 4, p. 460–467, 2011a.

HENRIKSEN, M. et al. Effect of Experimental Muscle Pain on Motor Unit Firing Rate and Conduction Velocity Effect of Experimental Muscle Pain on Motor Unit Firing Rate and Conduction Velocity. **J Neurophysiol**, v. 91, p. 1250–1259, 2011b.

HERMENS, H. J. et al. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 10, n. 5, p. 361–374, 2000.

HERMENS, H. J.; FRERIKS, B. European Activities on Surface Electromyography. **Proceedings of the first general SENIAM workshop, Torino, Italy**, n. September, p. 4–5, 1996.

HIDES, J. et al. Effect of Stabilization Training On Multifidus Muscle Cross-sectional Area Among Young Elite Cricketers With Low Back Pain. **Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy**, v. 38, n. 3, p. 101–108, 2008.

HILL, N. **A lei do triunfo**. [s.l: s.n.]. v. 91

HODGES, P. W.; ERVILHA, U. F.; GRAVEN-NIELSEN, T. Changes in Motor Unit Firing Rate in Synergist Muscles Cannot Explain the Maintenance of Force During Constant Force Painful Contractions. **Journal of Pain**, v. 9, n. 12, p. 1169–1174, 2008.

HODGES, P. W.; TUCKER, K. Moving differently in pain: A new theory to explain the adaptation to pain. **Pain**, v. 152, n. SUPPL.3, p. S90–S98, 2011.

KHAN, S. I. et al. Effect of experimental muscle pain on maximal voluntary activation of human biceps brachii muscle. **Journal of Applied Physiology**, n. 55, p. 743–750, 2011.

KOLTYN, K. F. Exercise-induced hypoalgesia and intensity of exercise. **Sports Medicine**, v. 32, n. 8, p. 477–487, 2002.

KOSEK, E.; EKHOLM, J.; HANSSON, P. Modulation of pressure pain thresholds during and following isometric contraction in patients with fibromyalgia and in healthy controls. **Pain**, v. 64, n. 3, p. 415–423, 1996.

LE PERA, D. et al. Inhibition of motor system excitability at cortical and spinal level by tonic muscle pain. **Clinical Neurophysiology**, v. 112, n. 9, p. 1633–1641, 2001.

LUND, P. J. et al. **The pain-adaptation model: a discussion of the relationship between chronic musculoskeletal pain and motor activity**, Can. J. Physiol. Pharmacol., 1991.

MARTIN, P. G. et al. Group III and IV muscle afferents differentially affect the motor cortex and motoneurons in humans. **Journal of Physiology**, v. 586, n. 5, p. 1277–1289, 2008.

MELZACK, R. Pain and the neuromatrix in the brain. **Journal of dental education**, v.

65, n. 12, p. 1378–1382, 2001.

MERSKEY, H.; BOGDUK, N. **Classification of Chronic Pain**. [s.l: s.n.].

MORITANI, T.; DEVRIES, H. Neural Factors Versus Hypertrophy in the Time Course of Muscle Strength Gain. **American Journal of Physical Medicine**, v. 58, n. 3, 1979.

NARICI, M. V. et al. Changes in force, cross-sectional area and neural activation during strength training and detraining of the human quadriceps. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 59, n. 4, p. 310–319, 1989.

NEWCOMB, L. W. et al. Influence of preferred versus prescribed exercise on pain in fibromyalgia. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 43, n. 6, p. 1106–1113, 2011.

NOSAKA, K. et al. How long does the protective effect on eccentric exercise-induced muscle damage last? **Med. Sci. Sports Exerc**, v. 33, p. 1490–1495, 2001.

NOSAKA, K.; NEWTON, M. Concentric or eccentric training effect on eccentric exercise-induced muscle damage. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 34, n. 1, p. 63–69, 2002.

OLDFIELD, C. R. **The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh inventory**, 1971.

RIBEIRO, N. et al. Acute effects of aerobic exercise performed with different volumes on strength performance and neuromuscular parameters. **European Journal of Sport Science**, v. 0, n. 0, p. 1–8, 2018.

SAMPSON, J. A. et al. The effect of a familiarisation period on subsequent strength gain. **Journal of Sports Sciences**, v. 31, n. 2, p. 204–211, 2013.

SCHOMBURG, E. D.; STEFFENS, H.; KNIFFKI, K. Contribution of group III and IV muscle afferents to multisensorial spinal motor control in cats. v. 33, p. 195–206, 1999.

SEYNNES, O. R. et al. Early skeletal muscle hypertrophy and architectural changes in response to high-intensity resistance training. **J Appl Physiol**, v. 102, p. 368–373, 2007.

SØRENSEN, T. J. et al. Experimental knee joint pain during strength training and muscle strength gain in healthy subjects: A randomized controlled trial. **Arthritis Care and Research**, v. 64, n. 1, p. 108–116, 2012.

TEGEDER, L. et al. Release of algescic substances in human experimental muscle pain. **Inflammation research : official journal of the European Histamine Research Society ... [et al.]**, v. 51, n. 8, p. 393–402, 2002.

TUCKER, K. et al. Similar alteration of motor unit recruitment strategies during the anticipation and experience of pain. **Pain**, v. 153, n. 3, p. 636–643, 2012.

WINTER, D. A. **Muscle Mechanics Biomechanics and Motor Control of Human**

Movement, 1990. Disponível em:

<<http://onlinelibrary.wiley.com/book/10.1002/9780470549148%5Cnhttp://doi.wiley.com/10.1002/9780470549148>>

WITTSTEIN, J. et al. Isokinetic testing of biceps strength and endurance in dominant versus nondominant upper extremities. **Journal of Shoulder and Elbow Surgery**, v. 19, n. 6, p. 874–877, 2010.

YLINEN, J. Physical exercises and functional rehabilitation for the management of chronic neck pain. **Europa Medicophysica**, v. 43, n. May, p. 119–132, 2007.

APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Dados sobre a pesquisa:

- I. **Título da pesquisa:** Influência da dor muscular aguda presente em todas as sessões de treinamento de força sobre o desempenho de força muscular.
- II. **Pesquisador Responsável:** Prof. Dr. Ulysses Fernandes Ervilha.
- III. **Instituição/Departamento:** Universidade São Judas Tadeu e Escola de Artes Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo.
- IV. **Pesquisador Responsável:** Camila Carvalho de Souza
- V. **Endereço:** Rua Taquari, 546 - Mooca, São Paulo - SP, 03166-000.
- VI. **Telefones para contato:** Prof. Dr. Ulysses F. Ervilha (12) 981144632 e Camila Carvalho de Souza (12) 988638773;

Prezado,

Muito obrigado por se dispor a ler este documento.

Você está sendo convidado a participar como voluntário desta pesquisa que tem por objetivo analisar a influência da dor muscular aguda presente em todas as sessões de treinamento de força. Leia atentamente o que segue e caso tenha alguma dúvida, pergunte ao pesquisador responsável pelo estudo até que todas as informações sejam totalmente esclarecidas.

Você pode escolher entre participar ou não. Caso decida participar, saiba que você estará livre para interromper sua participação a qualquer momento, sem que recaia sobre você qualquer prejuízo. Para fazer parte da pesquisa, assine ao final deste documento, duas vias de igual teor, que estão assinadas pelo pesquisador. Uma delas é sua e a outra ficará com o pesquisador responsável. Reafirmo que em caso de recusa em participar ou desistência no decorrer da pesquisa, você não sofrerá qualquer advertência ou dano.

Este estudo propõe que você realize um treinamento de força com o membro superior que utiliza para realizar atividades diárias, como por exemplo, escrever, comer ou carregar objetos. O protocolo experimental consistirá em 28 sessões (três delas somente para que você realize testes e se familiarize com os procedimentos do estudo) e será realizado em dois laboratórios de biomecânica, um da Universidade São Judas Tadeu/SP (USJT) e outro da Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo (EACH/USP). Você precisará comparecer ao laboratório de biomecânica da USJT em três momentos pois sua força máxima será avaliada em um aparelho denominado dinamômetro isocinético. Você será supervisionado e precisará realizar movimentos fazendo força máxima para flexionar (dobrar) o cotovelo. As outras sessões serão realizadas no laboratório de biomecânica da EACH/USP e você realizará o

treinamento de força para o músculo bíceps braquial com o membro superior que utiliza para realizar atividades diárias. O treinamento de força terá duração de oito semanas consecutivas, com três sessões por semana. O protocolo de treinamento será realizado com pesos livres e supervisionado pelo pesquisador responsável. Dois grupos realizarão o mesmo treinamento, porém, um grupo simplesmente realizará o treinamento e o segundo grupo receberá uma injeção de solução salina (água com sal) no músculo bíceps braquial no início de cada sessão de treinamento (espera-se que o voluntário sinta dor por aproximadamente 12 minutos, isto ocorrerá porque a concentração de sal, neste caso, é grande o suficiente para causar dor por até 12 minutos). A partir da terceira sessão de treinamento e em todas as sessões de treinamento, será adicionada uma infusão de 1,5 ml desta mesma solução.

O estudo apresenta risco mínimo. Poderá ocorrer um desconforto ou dor muscular tardia de intensidade leve a moderada após a sessão de treinamento. É importante ressaltar que os procedimentos envolvendo a infusão manual intramuscular de solução salina não causarão danos ao tecido nervoso ou vascular, pois o local onde será introduzida a agulha não possui vasos ou nervos calibrosos (largos) nas proximidades. Não há relato na literatura de lesão causada pela injeção de solução salina nas concentrações que serão utilizadas nesta pesquisa. Todo o material será esterilizado e descartável.

Será utilizado também um equipamento que registrará a atividade elétrica muscular enquanto você estiver executando força máxima no aparelho dinamômetro na USJT. Para isto, será necessário apenas colocar eletrodos sobre sua pele. Nenhuma corrente elétrica será enviada para o seu corpo, pois o equipamento somente capta a corrente elétrica produzida dentro do seu músculo.

Você será orientado para que não altere o seu nível de atividade física e não mude o seu hábito alimentar durante as semanas de treinamento.

Sob completo anonimato quanto aos participantes, os resultados desta pesquisa serão divulgados para a comunidade científica em Simpósios, Congressos e revistas especializadas. Cabe ressaltar que todas as informações obtidas durante a pesquisa serão mantidas em total sigilo e sua identidade será preservada em todas as situações que envolvam discussão e apresentação acadêmica ou publicação dos resultados desta pesquisa.

Você não receberá nenhuma quantia como forma de gratidão por sua participação no experimento, nem terá despesas com instrumentos ou qualquer outro material, estando livre para abandonar o experimento a qualquer momento e sem justificativa.

A sua adesão a esta pesquisa é importante, pois você estará contribuindo para a produção de conhecimento científico sobre como a dor muscular pode influenciar no treinamento de força. Além disso, os resultados do presente estudo ajudarão a melhorar os ajustes necessários a serem feitos no protocolo de treinamento de força na presença de dor muscular tanto para o desempenho de atletas quanto no tratamento de pacientes em reabilitação.

Por fim, gostaria de informar que O Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade São Judas Tadeu (CEP/USJT) é um órgão colegiado, de natureza técnico-científica constituído nos termos da Resolução 466/12. O CEP/USJT foi criado em 31 de julho de 2003 para avaliar aspectos éticos envolvidos em pesquisas com seres humanos. A finalidade é regulamentar, cumprir, analisar e fiscalizar a realização de pesquisa envolvendo seres humanos seguindo a resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde - CNS, assim como quaisquer outras que venham a ser normalizadas. Você pode, a qualquer tempo e sem aviso, entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa. Segue abaixo endereço e contatos do CEP.

Secretaria do Comitê de Ética em Pesquisa

Endereço: Rua Taquari, 546 - Mooca

Cidade: São Paulo - SP

CEP 03166-000

Tel.: 2799-1944

E-mail: cep@usjt.br

AUTORIZAÇÃO PARA PARTICIPAR DA PESQUISA

Eu, _____, após a leitura e compreensão destas informações, entendo que a minha participação nesta pesquisa é voluntária e que recebi os esclarecimentos necessários sobre os procedimentos, possíveis desconfortos e riscos decorrentes do estudo. Estou ciente de que minha privacidade será respeitada, ou seja, meu nome ou qualquer outro dado ou elemento que possa, de alguma forma me identificar será mantido em sigilo. Também fui informado de que posso me recusar a participar do estudo ou retirar meu consentimento a qualquer momento, sem precisar justificar, e se desejar sair da pesquisa, não sofrerei qualquer prejuízo à assistência que venho recebendo.

Confiro que recebi cópia deste termo de consentimento, e autorizo a execução do trabalho de pesquisa e a divulgação dos dados obtidos neste estudo.

Declaro que obtive voluntariamente o Consentimento Livre e Esclarecido sobre a minha participação neste estudo.

_____, de _____, de 2018.

Nome e assinatura do voluntário

Pesquisador Responsável

APÊNDICE B – CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO DO ESTUDO

Data: ____/____/____

Nome: _____

Data de Nascimento ____/____/____ Contato: () _____

1. Você costuma sentir:

- () Dores articulares () Dor no cotovelo () Dores Musculares
() Dor no ombro () arritmia () Convulsão
() Desmaios () Tonturas () Visão turva
() Dificuldades respiratórias () outros sintomas _____

2. Já realizou algum tipo de cirurgia nos membros superiores nos últimos seis meses?

() Não () Sim Qual? _____

3. Apresenta limitação de amplitude de movimento dos membros superiores?

() Não () Sim. Qual? _____

Há quanto tempo? _____

4. Sentiu algum tipo de dor por mais de uma semana nos últimos três meses?

() Não () Sim. Qual? _____

Há quanto tempo? _____

5. Você tem alguma limitação para realizar movimentos com os membros superiores?

() Não () Sim. Qual? _____

Há quanto tempo? _____

6. Você realiza com frequência (regular) algum tipo de treinamento de força?

() Não () Sim. Qual? _____

Há quanto tempo? _____

ANEXO A- INVENTÁRIO DE DOMINÂNCIA LATERAL DE EDIMBURGO

Por favor, indique sua preferência no uso das mãos nas seguintes atividades pela colocação do sinal + na coluna apropriada. Onde a preferência é tão forte que você nunca usaria a outra mão a menos que fosse forçado a usá-la, coloque ++. Se em algum caso a mão utilizada é realmente indiferente, coloque + em ambas as colunas. Algumas das atividades requerem ambas as mãos. Nestes casos a parte da tarefa, ou objeto, para qual preferência manual é desejada é indicada entre parênteses. Por favor, tente responder a todas as questões, e somente deixe em branco se você não tiver qualquer experiência com o objeto ou tarefa.

		Esquerda	Direita
1	Escrever		
2	Desenhar		
3	Arremessar		
4	Uso de tesouras		
5	Escovar os dentes		
6	Uso de faca (sem garfo)		
7	Uso de colher		
8	Uso de vassoura (mão superior)		
9	Acender um fósforo (mão do fósforo)		
10	Abrir uma caixa (mão da tampa)		

Fonte: Oldfield, (1971)

ANEXO B – ESCALA DE PERCEPÇÃO SUBJETIVA DE ESFORÇO

Escala de percepção subjetiva de esforço	
(RPE – Ratings of Percieved Exertion)	
6	Sem nenhum esforço
7	
	Extremamente leve
8	
9	Muito leve
10	
11	Leve
12	
13	Um pouco intenso
14	
15	Intenso (pesado)
16	
17	Muito intenso
18	
19	Extremamente intenso
20	Máximo esforço

Fonte: Borg, (1982)

ANEXO C- ESCALA NUMÉRICA DE DOR

Fonte: Ferreira-Valente; Pais-Ribeiro; Jensen (2011)