

Camila Nepomuceno Caldeira

**EFEITO AGUDO DE DIFERENTES DURAÇÕES DAS REPETIÇÕES EM
PROTOCOLOS DE TREINAMENTO DE FORÇA ATÉ A FALHA MUSCULAR NAS
RESPOSTAS DE FORÇA ISOMÉTRICA VOLUNTÁRIA MÁXIMA**

Belo Horizonte

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional/UFMG

2021

Camila Nepomuceno Caldeira

**EFEITO AGUDO DE DIFERENTES DURAÇÕES DAS REPETIÇÕES EM
PROTOCOLOS DE TREINAMENTO DE FORÇA ATÉ A FALHA MUSCULAR NAS
RESPOSTAS DE FORÇA ISOMÉTRICA VOLUNTÁRIA MÁXIMA**

Monografia apresentada ao Curso de graduação em Educação Física da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito à obtenção do título de Bacharel em Educação Física.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Vitor Lima

Belo Horizonte

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional/UFMG

2021

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Erika Ludmila Nepomuceno e Claudio Marcos Caldeira, à minha avó, Vanda Dias Nepomuceno, por todo amor, carinho, incentivo, paciência, por sempre acreditarem que eu sou capaz de alcançar meus objetivos e por todo suporte necessário para que eu pudesse me dedicar integralmente à minha formação acadêmica. A todos os professores e funcionários da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional pelo aprendizado e atenção, em especial ao professor e meu orientador, Fernando Vitor Lima, por tudo que me ensinou e por todas as oportunidades que me foram oferecidas durante meu percurso acadêmico, em especial pela oportunidade de ter feito parte como estagiária do Projeto de Extensão da Musculação, onde eu pude crescer imensamente como profissional e como pessoa. Onde passei grande parte do tempo durante minha graduação, convivi com profissionais incríveis e fiz amigos que levarei para a vida. A todos os colegas e amigos da graduação que estiveram presentes tanto nos momentos de dificuldades quanto nos momentos de felicidades, tornando todo o processo mais leve, em especial a minha amiga Katy Guo, e aos meus amigos Haendrix Monteiro, Eduardo Nogueira, Humberto Gomes e Felipe Guerra. Ao Mateus Camargos Gomes, amigo e companheiro de laboratório, por todos os momentos compartilhados tanto no LAMUSC quanto no Projeto de Extensão, por todo o suporte técnico durante a escrita do TCC e pelo ombro amigo na vida pessoal. Por fim, agradeço a todos que contribuíram de alguma forma para que eu chegasse até aqui.

RESUMO

O presente estudo teve o objetivo de comparar o efeito de diferentes durações das repetições no teste de contração isométrica voluntária máxima (CIVM). Onze voluntários do sexo masculino destreinados em musculação realizaram dois protocolos de treinamento de força até a falha muscular (FM) no exercício extensor de joelhos unilateral, ambos com 3 séries, pausa de 180 segundos a 60% de uma repetição máxima (1RM). O protocolo A consistia em realizar o número máximo de repetições (NMR) com uma duração da repetição de 6s, enquanto que no protocolo B os voluntários deveriam realizar o NMR com uma duração de 2s. A CIVM foi realizada antes dos protocolos, imediatamente após e decorrido um período de 20 minutos da finalização destes. Os resultados mostraram reduções similares nas respostas de força imediatamente após a execução dos protocolos quando comparados ao pré-teste. Foram verificados aumentos similares da CIVM da 2ª para a 3ª tentativa após um intervalo de 20 minutos. Os dados obtidos no presente estudo demonstram que protocolos de treinamento de força com diferentes durações das repetições realizados até a falha muscular geram reduções similares no teste de CIVM e subsequente similar recuperação da força.

Palavras chave: Duração da repetição. Falha muscular. Contração isométrica voluntária máxima. Treinamento de força.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	5
2 MÉTODOS	9
2.1 Amostra.....	9
2.2 Delineamento Experimental	9
2.3 Procedimentos Experimentais.....	10
2.4 Análise Estatística.....	12
3 RESULTADOS.....	14
4 DISCUSSÃO	17
5 CONCLUSÃO	21
REFERÊNCIAS.....	22
APÊNDICE.....	25

1 INTRODUÇÃO

Os programas de treinamento na musculação são estruturados visando o desenvolvimento da capacidade força muscular, considerando os componentes da carga de treinamento como: intensidade, densidade, volume, duração e frequência e uma série de variáveis estruturais, por exemplo, ação muscular, peso, duração da repetição, número de repetições, número de séries, número de sessões, amplitude de movimento entre outras (CHAGAS; LIMA, 2015). Vale ressaltar também, que existe uma relação de interdependência entre estas e os componentes da carga do programa de treinamento na musculação. Dado isso, a elaboração de um programa de treinamento não deve ser pensada a partir da análise de apenas uma variável ou componente ou ainda por repetições de procedimentos vivenciados na prática, muitas vezes sem o devido fundamento científico. Um exemplo desse processo é a prescrição generalizada do treinamento de força até a falha muscular (FM). Uma justificativa encontrada para esta prescrição é que os processos associados à fadiga promovem um estímulo para o aumento de força muscular (ROONEY; HERBERT; BALNAVE, 1994), maximizando o número de unidades motoras ativas e, conseqüentemente, a magnitude das adaptações geradas pelo sistema nervoso, sendo assim um importante facilitador no desenvolvimento de força (DRINKWATER *et al.*, 2005), uma vez que a medida que repetições consecutivas são realizadas, as unidades motoras de menor limiar de estimulação inicialmente recrutadas se tornam ,progressivamente, fadigadas. Como consequência, unidades motoras de maior limiar também são recrutadas, as quais são capazes de maiores aumentos de força e hipertrofia (WILLARDSON, 2007); Além disso, de acordo com Giessing *et al.* (2016) o aumento da quantidade de líquido intracelular proveniente do treinamento até a falha muscular pode ser um dos mecanismos pelos quais há a maximização das adaptações musculares, dado sua participação nos processos que envolvem a síntese e a degradação de proteínas; Segundo Schoenfeld e Grgic (2019) também tem sido hipotetizado que o aumento do estresse metabólico gerado pelo treinamento até a falha muscular aumenta o crescimento muscular e, nesse sentido, Wackerhage *et al.* (2019) sugeriram que as mudanças nas concentrações de metabólitos, como a redução de fosfocreatina ou aumento de lactato, induzam um estímulo anabólico, contribuindo para a hipertrofia muscular.

No entanto, os estudos que têm investigado as adaptações crônicas induzidas por protocolos de treinamento de força até a FM e não-falha muscular (NFM) encontraram resultados distintos e até mesmo controversos. Enquanto que alguns reportam superioridade para protocolos realizados até a FM (ROONEY; HERBERT; BALNAVE, 1994; DRINKWATER *et al.*, 2005), outros autores suportam protocolos NFM (IZQUIERDO-GABARREN *et al.*, 2010) e outros mostram ganhos significativos em ambas as condições (FISHER; BLOSSOM; STEELE, 2016; MARTORELLI *et al.*, 2017; VIEIRA *et al.*, 2019; LACERDA *et al.*, 2020; SANTANIELO *et al.*, 2020). Tais diferenças podem ser atribuídas ao fato de os autores não equipararem os protocolos de treinamento, como é o caso de Drinkwater *et al.* (2005) que não igualaram a duração da repetição e o consequente tempo sob tensão, Izquierdo-Gabarren *et al.* (2010) que avaliaram protocolos com diferentes volumes de treinamento e Vieira *et al.* (2019) que não equipararam a intensidade relativa dos protocolos.

Vale destacar que, a falha muscular pode ser atingida por meio de diferentes manipulações da carga de treinamento. Pode-se realizar 3 séries do número máximo de repetições (NMR) a 60% de uma repetição máxima (1RM) em todas as séries, mantendo a duração da repetição e a pausa entre séries constantes, bem como realizar 3 séries de 6 repetições máximas também mantendo as outras variáveis constantes, sendo possível para estas mesmas situações anteriores, manipular tanto a duração da repetição quanto a pausa entre séries.

Nesse sentido, Jenkins *et al.* (2016) demonstraram que o treinamento de força até a FM constituído por 3 séries do NMR a 30% de 1RM se comparado a 80% de 1RM foi capaz de induzir aumentos similares no tamanho muscular, enquanto que apenas o protocolo com maior intensidade apresentou aumentos de força nos testes de 1RM e contração isométrica voluntária máxima (CIVM) após 6 meses de treinamento. Ambos os protocolos tiveram tanto a duração da repetição quanto a pausa equiparada, assim o protocolo de menor intensidade resultou em um maior número de repetições e um maior tempo sob tensão total (TST). Vale destacar que, este pode ser configurado através da manipulação do número de repetições realizado durante cada série bem como da duração da repetição, ou seja, o tempo gasto durante a execução das ações musculares concêntrica e excêntrica (LACERDA *et al.*, 2016).

De maneira similar, no estudo de Fisher, Ironside e Steele (2017) o protocolo realizado a aproximadamente 50% do torque isométrico voluntário máximo também apresentou um maior número de repetições e TST quando comparado ao realizado a 80%, porém os autores encontraram ganhos similares de força. Tais diferenças observadas entre os resultados dos estudos podem estar relacionadas ao fato de o protocolo de menor intensidade no estudo de Fisher, Ironside e Steele (2017) ter sido configurado a uma intensidade diferente (50% do torque máximo) se comparado ao primeiro estudo (30% de 1RM). Além disso, as diferentes configurações das durações das repetições entre os dois estudos podem ter influenciado nos resultados encontrados, já que Jenkins *et al.* (2016) utilizaram uma menor duração da repetição.

Nesta perspectiva, Tanimoto e Ishii (2006) compararam dois protocolos de treinamento de força no exercício extensor de joelhos, diferenciados pela duração da repetição. Ambos os protocolos foram realizados com 3 séries de 8 repetições máximas, sendo que enquanto um teve a configuração de 3s para a ação muscular concêntrica e 3s para a ação excêntrica, com 1s de isometria na transição entre as ações o outro se configurou com 1s para a ação concêntrica e 1s para a ação excêntrica, com 1s de pausa ao final da ação excêntrica. Dessa forma, o peso utilizado pelo grupo que treinou com uma menor duração da repetição correspondeu a aproximadamente 80% de 1RM, enquanto que o peso do grupo que treinou com uma maior duração correspondeu a 50% de 1RM. Os resultados mostraram aumentos significativos similares de área de seção transversa em ambas as condições experimentais. Isso pode ser explicado pelo fato de que embora um dos protocolos tenha sido realizado a uma intensidade relativa menor (50% de 1RM), a maior duração da repetição aliada à isometria na transição entre as ações proporcionou um maior TST. Em contrapartida, o grupo que treinou com maior intensidade relativa e menor duração da repetição apresentou maiores ganhos de força no teste de CIVM se comparado ao outro grupo.

No que se refere à duração da repetição, um estudo desenvolvido paralelamente por estes mesmos autores revelou que durante a realização do protocolo com maior duração da repetição o torque de extensão de joelho foi quase constante no decorrer das ações musculares concêntrica e excêntrica, permitindo uma tensão muscular constante, enquanto no protocolo com menor duração da

repetição houve uma rápida redução do torque ao final da ação concêntrica e início da ação excêntrica. Uma tensão constante tem sido associada a uma restrição do fluxo sanguíneo durante o exercício e um conseqüente estresse metabólico (TANIMOTO; ISHII, 2006; PEREIRA *et al.*, 2016), dado que nesta condição há a compressão dos vasos sanguíneos durante um período maior (PEREIRA *et al.*, 2016). Embora a duração da repetição e o TST sejam capazes de influenciar nas mudanças agudas resultantes de protocolos de treinamento de força (TANIMOTO; ISHII, 2006) e, conseqüentemente, talvez estejam relacionadas aos mecanismos responsáveis pela hipertrofia muscular (TANIMOTO; ISHII, 2006; PEREIRA *et al.*, 2016; JENKINS *et al.*, 2016; FISHER; IRONSIDE; STEELE, 2017) ainda restam muitas configurações destas variáveis na carga de treinamento nos protocolos a serem investigadas buscando o entendimento destas manipulações nas respostas de força, bem como na fadiga muscular proporcionada por diferentes protocolos de treinamento de força até a FM. Este entendimento se faz necessário a fim de tornar as análises e comparações mais adequadas para futuras prescrições de programas de treinamento de força na musculação visando hipertrofia muscular.

Considerando que a fadiga neuromuscular é conceituada pela incapacidade do músculo esquelético de gerar elevados níveis de força muscular ou manter esses níveis no tempo (ASCENSÃO *et al.*, 2003), sendo associada a diferentes manifestações de incapacidade funcional seja durante a realização do exercício bem como após a finalização deste (ASCENSÃO *et al.*, 2003), o presente estudo tem o objetivo de analisar o efeito agudo de diferentes configurações da duração das repetições em protocolos de treinamento de força até a falha muscular nas respostas de força isométrica voluntária máxima. A primeira hipótese do estudo é que o protocolo com maior duração da repetição apresentará um tempo sob tensão significativamente maior em cada série quando comparado ao protocolo com menor duração da repetição. A segunda hipótese é que a redução no valor de força máxima produzida após a realização dos protocolos será significativamente maior para o protocolo com maior duração da repetição. Por fim, a terceira hipótese do estudo é que o protocolo com maior duração da repetição apresentará um valor de força máxima significativamente menor decorrido 20 minutos da finalização dos protocolos.

2 MÉTODOS

2.1 Amostra

Onze voluntários do sexo masculino com idade entre 18 e 33 anos (média \pm DP: 28,55 idade; \pm 2,91 anos; altura 1,75; \pm 0,08 m; massa corporal 81,48; \pm 18,98 kg; percentual de gordura 16,45; \pm 8,07 %) participaram do presente estudo. Os critérios de inclusão foram: (a) não estar realizando um programa de treinamento de força há pelo menos seis meses; (b) não possuir histórico de lesões musculotendíneas nos membros inferiores, coluna e pelve; e (c) responder negativamente todas as questões do PAR-Q e não possuir qualquer outra doença endócrina ou metabólica. Todos os objetivos e protocolos foram esclarecidos aos voluntários antes de iniciarem a participação no estudo, os quais foram recrutados por meio de contato direto da pesquisadora. O Termo de Consentimento Livre Esclarecido (APÊNDICE) foi lido e assinado por todos. Além disso, cada indivíduo foi instruído a se abster de qualquer outra atividade física durante o período do experimento.

2.2 Delineamento Experimental

No presente estudo foi adotado um delineamento experimental de medidas repetidas (PORTNEY; WATKINS, 2008), isto é, todos os voluntários foram submetidos a todas as condições experimentais. Cada voluntário compareceu ao Laboratório do Treinamento na Musculação (LAMUSC) em quatro dias diferentes (sessões de 1 a 4), separados por um período mínimo de 48 horas. Nas sessões 1 e 2 foram realizados testes de uma repetição máxima (1RM) no exercício banco extensor de joelhos e familiarização com a duração das ações musculares dos protocolos A e B. Nas sessões 3 e 4 foram realizados testes de contração isométrica voluntária máxima (CIVM) e execução dos protocolos. As sessões de coleta foram realizadas sempre no mesmo horário em todos os dias, a fim de padronizar as influências do ritmo circadiano no desempenho de força (DRUST *et al.*, 2005). A Figura 1 apresenta o delineamento experimental.

2.3 Procedimentos Experimentais

Na sessão 1, inicialmente, foi realizada a mensuração de medidas antropométricas. Assim, os voluntários foram caracterizados quanto à massa corporal, estatura corporal e percentual de gordura. Posteriormente, os indivíduos foram posicionados no aparelho banco extensor de joelhos (Figura 2) para registro dos ajustes necessários a padronização da posição no aparelho, a qual foi repetida nas subseqüentes sessões de coleta, bem como a amplitude de movimento (ADM) determinada de 70° de extensão de joelho, sendo as posições angulares da articulação do joelho mínima e máxima de 30° e 100°, respectivamente. Então, foi realizado um teste inicial de 1RM como familiarização dos voluntários com os procedimentos do teste, seguindo os processos descritos por Lacerda *et al.* (2016, 2020). Após um intervalo de 10 minutos, os voluntários foram familiarizados com o controle da duração das ações musculares do protocolo A, realizando 3 séries do número máximo de repetições (NMR) a uma intensidade de 60% de 1RM com a duração das ações concêntrica de 3s e excêntrica de 3s, respeitando uma pausa de 3 minutos. Em ambos os protocolos todas as séries foram realizadas até os indivíduos se tornarem incapazes de executar a ação concêntrica em uma ADM completa (70°), caracterizando-se assim a falha muscular.

Na sessão 2, 48 horas após a primeira sessão, os voluntários realizaram o teste de 1RM que serviu como parâmetro para a determinação do peso utilizado (% 1RM) durante a execução dos protocolos. Logo após um intervalo de 10 minutos, a familiarização dos indivíduos com a duração das ações musculares do protocolo B se deu com a execução de 3 séries do NMR a uma mesma intensidade de 60% de 1RM com a duração das ações concêntrica de 1s e excêntrica de 1s e pausa de 3 minutos. A Tabela 1 apresenta os protocolos de treinamento.

Durante a sessão 3, novamente após um período mínimo de 48 horas, foi realizado o primeiro teste de CIVM. Após um intervalo de 2 minutos, os voluntários realizaram o protocolo A com um membro inferior (unilateral) (LACERDA *et al.*, 2020). Imediatamente após a conclusão do protocolo o segundo teste de CIVM foi realizado. Transcorrido um intervalo de tempo de 20 minutos, um terceiro teste de CIVM foi executado.

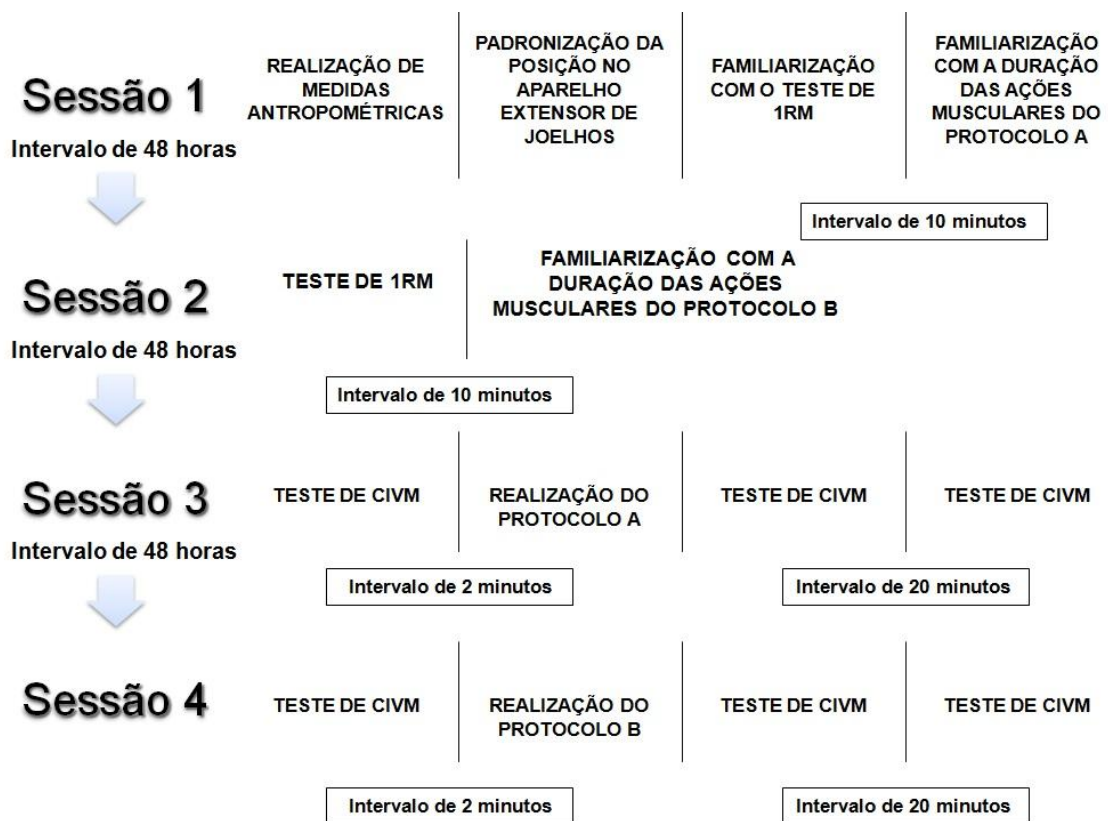
Tabela 1- Configuração dos protocolos de treinamento

Séries	Repetições	Intensidade (% 1RM)	Duração das ações musculares Concêntrica(s): Excêntrica(s)	Pausa (minutos)
A	3	60	3:3	3
B	3	60	1:1	3

Fonte: Elaboração própria

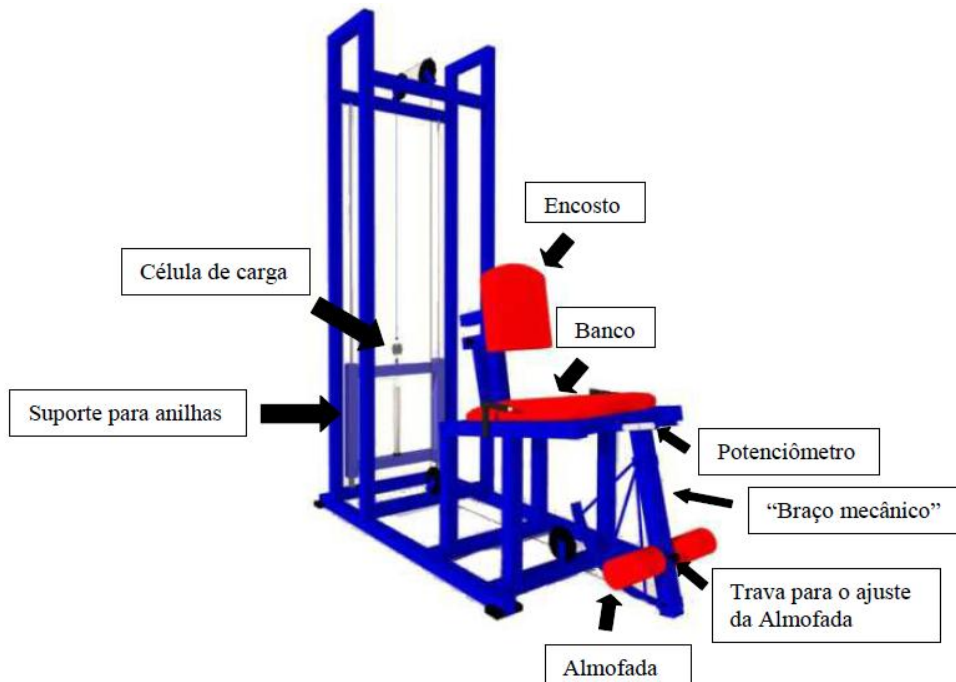
De maneira semelhante, na sessão 4, decorrido o período mínimo de 48 horas, logo após a realização do primeiro de teste CIVM os voluntários executaram o protocolo B no mesmo membro inferior do protocolo A e seguiram com os dois testes finais de CIVM.

Figura 1 - Delineamento Experimental



Fonte: Elaboração própria

Figura 2 - Aparelho Banco Extensor de Joelhos



Fonte: Arquivo de figuras do LAMUSC

2.4 Análise Estatística

Em primeiro lugar, foi realizada uma análise descritiva das variáveis envolvidas no estudo. Em seguida, a normalidade e homogeneidade das variâncias foram verificadas usando os testes *Shapiro-Wilk* e *Levene*, respectivamente. Estes foram analisados utilizando o pacote estatístico SPSS para Windows versão 20.0 (SPSS, inc., Chicago, IL, USA). Os dados foram apresentados como média \pm DP. Logo após, objetivando comparar as respostas de força entre os diferentes protocolos de treinamento ao longo das tentativas uma ANOVA *two-way* (protocolo x tentativa) com medidas repetidas foi feita. Para a análise dos tempos sob tensão entre os protocolos de treinamento ao longo das séries uma ANOVA *two-way* (protocolo x série) com medidas repetidas foi realizada. Quando necessário, um *post hoc* de **Bonferroni** foi realizado a fim de encontrar as diferenças reportadas na ANOVA. O coeficiente de correlação intraclass (CCI) foi verificado para as respostas de força máxima isométrica. Além disso, foram adotados os seguintes valores de *eta square* (η^2) de modo a refletir à magnitude das diferenças entre cada

tratamento: pequeno= 0,01, médio= 0,06, e grande= 0,14 (COHEN, 1998). O nível de significância estatística dos testes realizados foi de $p \leq 0,05$.

3 RESULTADOS

Os resultados da análise descritiva da amplitude de movimento (ADM) realizada durante os protocolos de treinamento estão apresentados na Tabela 2. Foi possível verificar que os dois protocolos foram executados em uma amplitude de movimento próxima da pré determinada de 70°.

Na Tabela 3 se encontram os resultados da análise descritiva das diferentes durações das repetições e durações das ações musculares dos protocolos de treinamento. Também foi possível constatar que ambos os protocolos foram realizados com durações das repetições e das ações musculares próximas das pré determinadas.

Tabela 2 – Dados descritivos da ADM realizada durante os diferentes protocolos de treinamento

Protocolo	Média (DP) (°)	Máxima (DP) (°)	Mínima (DP) (°)
A	70,36 (0,93)	99,44 (0,86)	29,08 (1,03)
B	70,19 (0,85)	98,64 (0,95)	28,44 (0,74)

DP - Desvio padrão

Fonte: Elaboração própria

Tabela 3 – Dados descritivos da duração das repetições e duração das ações musculares dos diferentes protocolos de treinamento

Protocolo	Duração (Repetição) Média (DP) (s)	Duração (Concêntrica) Média (DP) (s)	Duração (Excêntrica) Média (DP) (s)
A	6,06 (0,30)	2,96 (0,37)	3,10 (0,24)
B	2,09 (0,07)	1,03 (0,04)	1,06 (0,09)

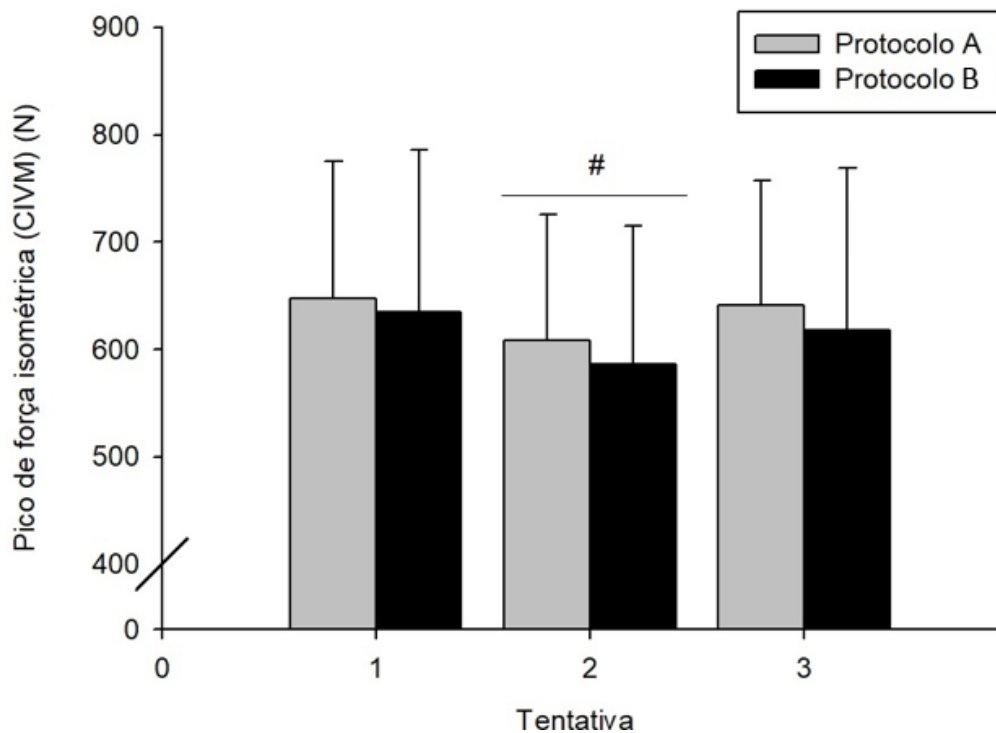
DP - Desvio padrão

Fonte: Elaboração própria

Nos testes de CIVM, os coeficientes de correlação intraclassa (ICC) intra protocolo e entre protocolos foram verificados, apresentando valores entre 0,88 - 0,90 e 0,87 - 0,95, respectivamente.

Considerando o desempenho no teste de força medido pela CIVM, a ANOVA *two-way* (protocolo x tentativa) com medidas repetidas não indicou uma diferença significativa nos valores de pico de força entre os protocolos de treinamento realizados até a falha muscular concêntrica com diferentes durações das repetições em nenhuma das três tentativas. Porém, foi identificado um efeito principal de tentativa ($F(2;20) = 6,54$ $p < 0,01$; tamanho do efeito grande: $\eta^2 = 0,19$), sendo que os dois protocolos de treinamento apresentaram uma diferença significativa da segunda se comparada com a primeira e terceira tentativas, com menores valores de pico de força (Gráfico 1).

Gráfico 1 – Comparação das respostas de força isométrica voluntária máxima entre os protocolos A e B



- Diferença significativa ($p < 0,01$), sendo tentativa 2 < 1 e 3 em ambos os protocolos de treinamento.

Fonte: Elaboração própria

Com relação aos tempos sob tensão entre os diferentes protocolos de treinamento ao longo das três séries, a ANOVA *two-way* (protocolo x série) com medidas repetidas indicou um efeito de interação (protocolo x série) ($F(2;20) = 11,95$ $p < 0,01$; tamanho do efeito grande: $\eta^2 = 0,19$), de modo que os tempos sob tensão no protocolo A (6s) foram maiores em cada série quando comparado ao protocolo B (2s). Além disso, no protocolo A todas as três séries foram significativamente diferentes, sendo que a 1ª série foi maior que a 2ª e a 2ª maior que a 3ª (1ª série > 2ª série > 3ª série), enquanto que no protocolo B a 1ª série não foi significativamente diferente da 2ª, sendo que a 1ª e a 2ª séries foram significativamente diferentes da 3ª série (1ª série = 2ª série > 3ª série).

4 DISCUSSÃO

Considerando que a falha muscular pode ser alcançada por meio de diferentes manipulações das variáveis, o presente estudo comparou de forma aguda o desempenho de força medido através do teste de CIVM entre dois protocolos de treinamento de força realizados até a falha muscular concêntrica, equiparados pela intensidade relativa (% 1RM), número de séries e pausa entre séries, mas com diferentes durações das repetições no exercício extensão de joelhos unilateral.

Os principais resultados mostraram que ambos os protocolos geraram reduções similares nas respostas de força medida pela CIVM imediatamente após a execução dos protocolos quando comparados ao pré-teste. Verificou-se também aumentos similares nos valores do pico de força da 2ª para a 3ª tentativa no teste de CIVM após um intervalo de 20 minutos. Estes resultados não confirmam as hipóteses 2 e 3 do estudo de que o protocolo de treinamento com duração da repetição maior provocaria uma redução significativamente maior na produção de força máxima imediatamente após a execução dos protocolos e apresentaria um valor significativamente menor decorrido 20 minutos se comparado com o protocolo com duração da repetição menor. Considerando os tempos sob tensão, resultantes da duração da repetição e do número de repetições realizado em cada protocolo, em cada série os tempos sob tensão foram maiores no protocolo A (6s) quando comparados ao protocolo B (2s), confirmando a hipótese 1 do estudo.

Esses resultados estão de acordo com Morton *et al.* (2019) que avaliaram o efeito de diferentes intensidades e durações das repetições em protocolos de treinamento de força realizados até a FM no exercício extensão de joelhos unilateral na fadiga muscular e, também, encontraram reduções similares no pico de torque isométrico após a realização de cada série dos protocolos, embora os tempos sob tensão totais tenham sido diferentes entre as condições experimentais. Segundo os autores independente da duração da repetição ou peso utilizado, realizar a tarefa até a falha muscular resulta em magnitudes similares de depleção de glicogênio entre as condições nas fibras musculares do tipo I e tipo II (MORTON *et al.*, 2019). De maneira complementar, os pesquisadores encontraram uma correlação significativa positiva entre a depleção de glicogênio e a redução no pico de torque isométrico, isto é, quanto maior a depleção de glicogênio maior foi a fadiga muscular.

De modo semelhante, reduções similares na produção de força máxima isométrica foram observadas por Sampson, Donohoe e Groeller (2014) imediatamente após a realização de três protocolos de treinamento de força realizados até a FM diferenciados pela duração da repetição. Neste estudo os grupos que executaram a flexão de cotovelo seguindo os protocolos com uma menor duração da repetição (1- máxima aceleração durante a ação concêntrica: 2s na ação excêntrica e 2- máxima aceleração durante a ação concêntrica e máxima aceleração durante a ação excêntrica) apresentaram um tempo sob tensão 30% e 40% menor, respectivamente, quando comparado ao grupo controle (3- 2s na ação concêntrica e 2s na ação excêntrica). Os autores encontraram um aumento significativo na amplitude eletromiográfica (EMG) do músculo Bíceps Braquial ao longo das repetições em todas as condições experimentais e não encontraram diferença na força média produzida durante a ação concêntrica ao longo das três condições experimentais, relacionada pelos pesquisadores a uma desaceleração ao final da ação concêntrica, resultando em um declínio de força, comum ao movimento não balístico (SAMPSON; DONOHOE; GROELLER, 2014). Adicionalmente, a força média gerada durante a ação excêntrica foi similar entre os grupos. É importante ressaltar que todos os protocolos foram realizados com um peso correspondente a 6RM.

Em contrapartida, Sakamoto e Sinclair (2012) analisaram os efeitos de diferentes durações das repetições no desenvolvimento da fadiga neuromuscular no exercício supino reto guiado e hipotetizaram que protocolos realizados até a FM com maiores durações das repetições resultariam em maiores níveis de fadiga, observados por meio de diferenças na ativação dos músculos Peitoral Maior, Tríceps Braquial e Deltóide. De fato, a fadiga muscular encontra-se relacionada a determinadas alterações nos parâmetros eletromiográficos durante contrações isométricas e dinâmicas, bem como máximas e submáximas (ASCENSÃO *et al.*, 2003). Nesse sentido, tem sido proposto que quando protocolos submáximos são realizados até a FM o sistema nervoso adota a estratégia de aumentar o recrutamento de unidades motoras (GOMES *et al.*, 2020) e/ou sua sincronização a fim de compensar a redução da capacidade de gerar força pelas unidades motoras, conseqüentemente há um aumento na amplitude do sinal EMG (ASCENSÃO *et al.*, 2003) como mencionado anteriormente, por Sampson, Donohoe e Groeller (2014). Além disso, é esperado que a frequência da EMG diminua ao longo das repetições

devido a uma redução na velocidade de condução do potencial de ação como consequência, pelo menos em parte, do aumento da concentração de ácido láctico durante a realização dos protocolos de treinamento e consequente redução do pH sanguíneo (ASCENSÃO *et al.*, 2003; GOMES *et al.*, 2020).

Assim, como resultado do estudo, Sakamoto e Sinclair (2012) encontraram um aumento da amplitude EMG e uma diminuição da frequência do sinal EMG durante a ação concêntrica no momento de fadiga muscular para os três músculos testados no estudo, independente da duração da repetição e tempo sob tensão. Ademais, os pesquisadores observaram uma diminuição similar da frequência da EMG após a fadiga para os músculos Peitoral Maior e Deltóide, levando-os a concluir que para estes músculos os níveis de fadiga foram similares entre as condições assim como no presente estudo.

Concomitantemente, estes mesmos autores demonstraram que diferentes durações das repetições resultam em padrões diferentes de ativação muscular. Observou-se que uma menor duração da repetição resultou em maiores amplitudes EMG durante a ação concêntrica quando comparada a uma maior duração. Além disso, os autores encontraram uma queda na amplitude EMG para uma menor duração da repetição ao final da ação concêntrica, enquanto que durante uma maior duração esta foi mais constante ao longo de toda a ação muscular.

No entanto, Martins-Costa *et al.* (2016) compararam o efeito de dois protocolos de treinamento de força diferenciados apenas pela duração da repetição (2s ação concêntrica: 2s ação excêntrica x 2s ação concêntrica: 4s ação excêntrica) e encontraram que o protocolo com a maior duração da repetição (6s) apresentou uma maior amplitude do sinal EMG se comparado ao protocolo com a menor duração (4s). Vale ressaltar que, de maneira oposta aos estudos anteriormente citados e ao presente estudo, os protocolos não foram realizados até FM. Sendo assim, é possível sugerir que quando protocolos submáximos de treinamento de força não são realizados até FM tais diferenças no sinal EMG resultantes de diferentes durações das repetições talvez gerem níveis de fadiga diferentes.

Por certo uma redução da força muscular que um indivíduo é capaz de gerar durante e após exercícios máximos e submáximos representa uma demonstração direta de fadiga (HAKKINEN, 1993; GANDEVIA, 2001; ASCENSÃO *et al.*, 2003; WALKER *et al.*, 2011; COOK; MURPHY; LABARBERA, 2013; CARROLL; TAYLOR; GANDEVIA, 2017; LOONEY *et al.*, 2016). Esse processo é atribuído tanto

a mecanismos centrais quanto periféricos (GANDEVIA, 2001; ASCENSÃO *et al.*, 2003; WALKER *et al.*, 2011; COOK; MURPHY; LABARBERA, 2013) e, embora o tempo de recuperação da função muscular seja fortemente dependente das configurações da carga de treinamento (GOTO *et al.*, 2008; CARROLL; TAYLOR; GANDEVIA, 2017), assim como no estudo de Goto *et al.* (2008) no qual os pesquisadores avaliaram a recuperação da força muscular após a realização de protocolos até a FM com maior e menor duração da repetição (3s ação concêntrica: 3s ação excêntrica x 1s ação concêntrica: 1s ação excêntrica) e não encontraram diferença significativa entre as condições experimentais, no presente estudo independente da duração da repetição a queda observada na produção de força foi revertida após 20 minutos da finalização dos protocolos. Portanto, a duração da repetição e o tempo sob tensão não foram fatores determinantes do desempenho de força, uma vez que ambos os protocolos foram realizados até a FM com intensidades, número de séries e pausas equiparadas. Tais informações acerca do processo de recuperação da função muscular após a execução de protocolos de treinamento de força devem ser consideradas no momento da elaboração de um cronograma adequado das sessões de treino, especificamente o efeito de diferentes durações das repetições nesse processo, a fim de permitir uma recuperação apropriada entre as sessões de um programa de treinamento de força (GOTO *et al.*, 2008).

Por fim, é importante enfatizar que o presente estudo fornece informações acerca das respostas geradas de forma aguda e que estudos futuros são necessários, objetivando determinar o impacto das diferentes configurações da carga de treinamento aqui apresentadas na ativação muscular e suas possíveis implicações de forma crônica nas respostas de força e hipertrofia muscular.

5 CONCLUSÃO

Os resultados do presente estudo revelaram que protocolos de treinamento de força com diferentes durações das repetições e tempos sob tensão, equiparados pela intensidade relativa, número de séries e pausa entre séries, quando realizados até a falha muscular concêntrica geram reduções similares no teste de CIVM e subsequente similar recuperação da força. Como aplicação prática, esses dados demonstram a possibilidade por parte de professores e treinadores, de prescrição de protocolos de treinamento de força até a FM para indivíduos destreinados com durações das repetições e tempos sob tensão maiores ou menores, já que nestas condições os níveis de fadiga e taxa de recuperação da função muscular são similares.

REFERÊNCIAS

- ASCENSÃO, A. *et al.* Fisiologia da fadiga muscular. Delimitação conceptual, modelos de estudo e mecanismos de fadiga de origem central e periférica. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**, vol. 3, n. 1, p. 108-123, 2003.
- CARROLL, T. J.; TAYLOR, J. L.; GANDEVIA, S. C. Recovery of central and peripheral neuromuscular fatigue after exercise. **Journal of Applied Physiology**, v. 122, n. 5, p. 1068-1076, maio. 2017.
- CHAGAS, M. H.; LIMA, F. V. **Musculação: Variáveis Estruturais Programas de Treinamento Força Muscular**. 3 ed. ampl. Belo Horizonte: Sigla Comunicação, 2015. 132p.
- COHEN, J. **Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences**. 2 ed. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc., 1988.
- COOK, S. B.; MURPHY, B. G.; LABARBERA, K. E. Neuromuscular function after a bout of low-load blood flow-restricted exercise. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 45, n. 1, p. 67-74, jan. 2013.
- DRINKWATER, E. J; LAWTON, T. W.; LINDSELL, R. P. *et al.* Training leading to repetition failure enhances bench press strength gains in elite junior athletes. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 19, n. 2, p. 382-388, maio. 2005.
- DRUST, B.; WATERHOUSE, J.; ATKINSON, G. *et al.* Circadian rhythms in sports performance—an update. **Chronobiology International**, v. 22, n. 1, p. 21-44, fev. 2005.
- FISHER, J. P.; BLOSSOM, D.; STEELE, J. A comparison of volume-equated knee extensions to failure, or not to failure, upon rating of perceived exertion and strength adaptations. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 41, n. 2, p. 168-174, out. 2016.
- FISHER, J. P.; STEELE, J. Heavier and lighter load resistance training to momentary failure produce similar increases in strength with differing degrees of discomfort. **Muscle & Nerve**, v. 56, n. 4, p. 797-803, dez. 2017.
- GANDEVIA, S. C. Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. **Physiological reviews**, v. 81, n. 4 p. 1725–1789, out. 2001.
- GIESSING, J.; FISHER, J.P.; STEELE, J. *et al.* The effects of low volume resistance training with and without advanced techniques in trained participants. **J Sports Med Phys Fitness**, v. 56, n. 3, p. 249-258, mar. 2016.
- GOMES, M. C. *et al.* Repetitions to failure increase pectoralis major activation with similar neuromuscular fatigue in trained men. **Journal of Physical Education**, v. 1, n. 32, p. e-3214, nov. 2020.
- GOTO, K. *et al.* Hormone and recovery responses to resistance exercise with slow movement. **The Journal of Physiological Sciences**, v. 58, n. 1, p. 7-14, fev. 2008.

HÄKKINEN, K. Neuromuscular fatigue and recovery in male and female athletes during heavy resistance exercise. **International journal of sports medicine**, v. 14, n. 2, p. 53-59, jan. 1993.

IZQUIERDO-GABARREN, M. *et al.* Concurrent endurance and strength training not to failure optimizes performance gains. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 42, n. 6, p. 1191-1199, maio. 2010.

JENKINS, N. DM. *et al.* Neuromuscular adaptations after 2 and 4 weeks of 80% versus 30% 1 repetition maximum resistance training to failure. **Journal of strength and conditioning research**, v. 30, n. 8, p. 2174-2185, ago. 2016.

LACERDA, L. T.; MARRA-LOPES, R. O.; DINIZ, R. C. R. *et al.* Is Performing Repetitions to Failure Less Important Than Volume for Muscle Hypertrophy and Strength?. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 34, n. 5, p. 1237-1248, maio 2020.

LACERDA, L. T.; MARTINS-COSTA, H. C.; DINIZ, R. C. R. *et al.* Variations in repetition duration and repetition numbers influence muscular activation and blood lactate response in protocols equalized by time under tension. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 30, n. 1, p. 251-258, jan. 2016.

LOONEY, D. P. *et al.* Electromyographical and perceptual responses to different resistance intensities in a squat protocol: does performing sets to failure with light loads produce the same activity?. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 30, n. 3, p. 792-799, mar. 2016.

MARTINS-COSTA, H. C. *et al.* Longer repetition duration increases muscle activation and blood lactate response in matched resistance training protocols. **Motriz: Revista de Educação Física**, v. 22, n. 1, p. 35-41, jan./mar. 2016.

MARTORELLI, S.; CADORE, E. L.; IZQUIERDO, M. *et al.* Strength training with repetitions to failure does not provide additional strength and muscle hypertrophy gains in young women. **European Journal of Translational Myology**, v. 27, n. 2, jun. 2017.

MORTON, R. W. *et al.* Muscle fibre activation is unaffected by load and repetition duration when resistance exercise is performed to task failure. **The Journal of physiology**, v. 597, n. 17, p. 4601-4613, jul. 2019.

PEREIRA, P. E. A. *et al.* Resistance training with slow speed of movement is better for hypertrophy and muscle strength gains than fast speed of movement. **International Journal of Applied Exercise Physiology**, v. 5, n. 2, jul. 2016.

PORTNEY, L.G.; WATKINS, M.P. **Foundations of Clinical Research: Applications to Practice**. 3 ed. Prentice Hall, 2008, p.837-891.

ROONEY, K. J.; HERBERT, R. D.; BALNAVE, R. J. Fatigue contributes to the strength training stimulus. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 26, n. 9, p. 1160-1164, set. 1994.

SAKAMOTO, A.; SINCLAIR, P. J. Muscle activations under varying lifting speeds and intensities during bench press. **European journal of applied physiology**, v. 112, n. 3, p. 1015-1025, jul. 2012.

SAMPSON, J. A.; DONOHOE, A.; GROELLER, H. Effect of concentric and eccentric velocity during heavy-load non-ballistic elbow flexion resistance exercise. **Journal of science and medicine in sport**, v. 17, n. 3, p. 306-311, maio. 2014.

SANTANIELO, N. *et al.* Effect of resistance training to muscle failure vs non-failure on strength, hypertrophy and muscle architecture in trained individuals. **Biology of Sport**, v. 37, n. 4, p. 333, jul. 2020.

SCHOENFELD, B. J.; GRGIC, J. Does training to failure maximize muscle hypertrophy?. **Strength & Conditioning Journal**, v. 41, n. 5, p. 108-113, jan. 2019.

TANIMOTO, M.; ISHII, N. Effects of low-intensity resistance exercise with slow movement and tonic force generation on muscular function in young men. **Journal of Applied Physiology**, v. 100, n. 4, p. 1150-1157, abril. 2006.

VIEIRA, J. G. *et al.* Resistance Training with Repetition to Failure or Not on Muscle Strength and Perceptual Responses. **Journal of Professional Exercise Physiology**, v. 22, n. 4, ago. 2019.

WACKERHAGE, H.; SCHOENFELD, B. J.; HAMILTON, D. L. *et al.* Stimuli and sensors that initiate skeletal muscle hypertrophy following resistance exercise. **Journal of Applied Physiology**, v.126, n. 1, p. 30-43, jan. 2019.

WALKER, S. *et al.* Neuromuscular and hormonal responses to constant and variable resistance loadings. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 43, n. 1, p. 26-33, jan. 2011.

WILLARDSON, J. M. The application of training to failure in periodized multiple-set resistance exercise programs. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 21, n. 2, p. 628, maio 2007.

APÊNDICE

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Venho por meio deste, convidá-lo a participar da pesquisa intitulada "Efeito agudo de diferentes durações das repetições em protocolos de treinamento de força até a falha muscular concêntrica nas respostas de força isométrica voluntária máxima", que será realizada no Laboratório do Treinamento na Musculação da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional – UFMG sob responsabilidade dos pesquisadores Prof. Dr. Fernando Vitor Lima (Orientador) e Camila Nepomuceno Caldeira (Graduanda).

A pesquisa consistirá na realização de quatro sessões separadas por um período mínimo de 48 horas, nas quais ocorrerão testes de força máxima dinâmica e isométrica acompanhados da execução de dois protocolos de treinamento de força realizados até a falha muscular concêntrica com diferentes durações das repetições. O objetivo da pesquisa é investigar as respostas de força máxima isométrica imediatamente após a execução dos protocolos e decorridos vinte minutos.

A justificativa da realização deste estudo está associada à possibilidade de entender melhor a estruturação de programas de treinamento na musculação, repercutindo na qualidade da elaboração desse tipo de treinamento tanto para pessoas que o procuraram para fins esportivos quanto para a própria saúde. Sua participação colaborará para que se atinja tal objetivo.

Por se tratar de uma pesquisa que realizará protocolos de treinamento de força na musculação, há risco de ocorrência de lesões musculoesqueléticas e traumatismos. Estes riscos são similares ao de uma prática convencional de exercícios de força na musculação e ocorrem em baixa frequência em condições controladas e quando realizadas por pessoas capacitadas. Caso ocorra algum trauma/lesão decorrente de realização dos protocolos de treinamento, os pesquisadores levarão o voluntário, em carro próprio, para o serviço de pronto atendimento da Universidade Federal de Minas Gerais ou acionarão o Serviço Médico de Atendimento de Urgência (SAMU).

Será garantido o anonimato dos voluntários e os dados obtidos serão utilizados exclusivamente para fins de pesquisa pelo Laboratório do Treinamento na Musculação. Os seus dados serão disponibilizados para você ao final da pesquisa. Além disso, você também poderá se recusar a participar desse estudo ou abandoná-lo a qualquer momento, sem precisar justificar-se e sem gerar qualquer constrangimento ou transtorno.

Destacamos que não está prevista qualquer forma de remuneração para participar do estudo. Além disso, todas as despesas especificamente relacionadas à pesquisa são de responsabilidade do Laboratório do Treinamento na Musculação. Por fim, os pesquisadores podem decidir sobre a exclusão de qualquer voluntário do estudo por razões científicas, sobre as quais os mesmos serão devidamente informados.

Você dispõe de total liberdade para esclarecer as questões que possam surgir durante a pesquisa. Para qualquer dúvida referente aos aspectos éticos que envolvem a sua participação nessa pesquisa, por favor, entre em contato com os pesquisadores responsáveis pelo estudo: Dr. Fernando Vitor Lima, tel. 9956 7005, Camila Nepomuceno Caldeira, tel. 99415 8702 ou com o Comitê de Ética em Pesquisa: Av. Presidente Antônio Carlos, 6627 – Unidade Administrativa II – 2º andar, sl. 2005 cep. 31270901 - BH/MG; tel.: 34094592; email: coep@prpq.ufmg.br.

Após ter todas as suas dúvidas esclarecidas pelos pesquisadores responsáveis, se você concordar em participar dessa pesquisa, você deverá assinar este termo em duas vias, sendo que uma via permanecerá com você e outra será destinada aos pesquisadores responsáveis

CONSENTIMENTO

Acredito ter sido suficientemente informado a respeito de todos os dados que li e concordo, voluntariamente, em participar do estudo “Efeito agudo de diferentes durações das repetições em protocolos de treinamento de força até a falha muscular concêntrica nas respostas de força isométrica voluntária máxima”, que será realizado no Laboratório do Treinamento na Musculação da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais. Além disso, estou ciente de que posso me recusar a participar deste

estudo e/ou abandoná-lo a qualquer momento, sem precisar me justificar e sem que isso seja motivo de qualquer tipo de constrangimento para mim.

Belo Horizonte _____ de _____ de 2020

Assinatura do voluntário:

Nome do voluntário:

Declaro que expliquei os objetivos deste estudo para o voluntário, dentro dos limites dos meus conhecimentos científicos.

Camila Nepomuceno Caldeira

Graduanda em Educação Física – EEFFTO/ UFMG