

RODRIGO OTÁVIO MARRA LOPES

**EFEITO DO TREINAMENTO DE FORÇA UTILIZANDO PROTOCOLOS COM
DIFERENTES DURAÇÕES DAS REPETIÇÕES NO PERFIL CINÉTICO E NO
DESEMPENHO EM UM TESTE DE 1RM**

Belo Horizonte

Universidade Federal de Minas Gerais

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional

2020

RODRIGO OTÁVIO MARRA LOPES

**EFEITO DO TREINAMENTO DE FORÇA UTILIZANDO PROTOCOLOS COM
DIFERENTES DURAÇÕES DAS REPETIÇÕES NO PERFIL CINÉTICO E NO
DESEMPENHO EM UM TESTE DE 1RM**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Esporte da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências do Esporte.

Orientador: Prof. Dr. Mauro Heleno Chagas

Linha de pesquisa: Análise de métodos para o desempenho humano e esportivo

Belo Horizonte

Universidade Federal de Minas Gerais

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional

2020

L864e 2020 Lopes, Rodrigo Otávio Marra
Efeito do treinamento de força utilizando protocolos com diferentes durações das repetições no perfil cinético e no desempenho em um teste de 1RM. [manuscrito] / Rodrigo Otávio Marra Lopes – 2020.
41 f., enc.: il.

Orientador: Mauro Heleno Chagas

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional.

Bibliografia: f. 37-41

1. Biomecânica – Teses. 2. Força muscular – Teses. 3. Exercícios físicos – Teses.
I. Chagas, Mauro Heleno. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional. III. Título.

CDU: 796.015.52

Ficha catalográfica elaborada pelo bibliotecário Danlo Francisco de Souza Lage, CRB 6: nº 3132, da Biblioteca da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG.



A Dissertação intitulada "**Efeito do treinamento de força utilizando protocolos com diferentes durações das repetições no perfil cinético e no desempenho em um teste de 1RM**", de autoria do mestrando **Rodrigo Otavio Marra Lopes**, defendida em 02 de março de 2020, na Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais, foi submetida à banca examinadora composta pelos professores:

Prof. Dr. Mauro Heleno Chagas (Orientador)
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional
Universidade Federal de Minas Gerais

Prof. Dr. André Gustavo Pereira de Andrade
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional
Universidade Federal de Minas Gerais

Prof. Dr. Osvaldo Costa Moreira
Universidade Federal de Viçosa

Belo Horizonte, 02 de março de 2020.

RESUMO

O efeito da manipulação das variáveis associadas ao protocolo de treinamento de força é investigado com o intuito de se compreender como diferentes configurações destes protocolos podem contribuir para otimizar as adaptações provocadas pelo treinamento. Embora o estresse mecânico seja apontado como fator importante para induzir adaptações ao treinamento de força, informações sobre a relação força x ADM (perfil cinético) em um teste de força máxima (e.g. teste de 1RM) antes e após um período de treinamento ainda são escassas. Dados referentes ao perfil cinético do desempenho em um teste de 1RM pode contribuir para um melhor entendimento das estratégias individuais de produção de força ao longo da ADM. Cabe ainda questionar se o perfil cinético registrado durante um teste de 1RM pode ser modulado de maneira específica por meio da configuração do protocolo de treinamento. Sendo assim, investigar se protocolos com diferentes durações das repetições (diferentes perfis cinéticos) pode modificar o perfil cinético de um teste de 1RM e se os protocolos interferem de forma diferente no aumento do desempenho do teste, permitirá ampliar a compreensão relativa à prescrição do treinamento, considerando esta perspectiva mecânica. Participaram deste estudo 9 voluntários do sexo masculino com idade entre 18 e 30 anos que estavam há seis meses, pelo menos, sem participar de um programa treinamento de força. Foram utilizados dois protocolos de treinamento durante 14 semanas, configurados com 3 a 4 séries com o número máximo de repetições, 3min de pausa entre séries e intensidade entre 50 e 60% de 1RM no exercício extensão de joelhos unilateral. Os protocolos foram diferenciados pela duração da repetição: um com 2 segundos (2s) e o outro, 6 segundos (6s). Os protocolos promoveram ganhos semelhantes no desempenho de força máxima dinâmica (teste de 1RM), assim como não alteram o perfil cinético do teste de 1RM, promovendo ganhos nos valores de força em toda a ADM, sem diferença entre os protocolos.

Palavras Chave: Duração da repetição. Perfil cinético. Desempenho de força máxima. Teste de 1RM.

ABSTRACT

The effect of the variables manipulation associated with the strength training protocol is investigated in order to understand how different configurations of these protocols can contribute to optimize the adaptations caused by training. Although mechanical stress is pointed out as an important factor to induce adaptations to strength training, information about the force x ROM ratio (kinetic profile) in a maximum strength test (e.g. 1RM test) before and after a training period are still scarce. Data related to the kinetic profile of performance in a 1RM test can contribute to a better understanding of individual strategies in force production throughout the ROM. It is also worth questioning whether the kinetic profile recorded during a 1RM test can be modulated in a specific way by training protocol configuration. Therefore, investigating whether protocols with different repetition durations (different kinetic profiles) can modify the kinetic profile of a 1RM test and whether the protocols interfere differently in increasing the test performance, will allow to expand the understanding regarding the training prescription, considering this mechanical perspective. Nine male aged between 18 and 30 years who have been at least six months did not participate in a strength training program participated in this study. Two training protocols were used for 14 weeks, configured with 3 to 4 sets with the maximum number of repetitions, 3 minutes of pause between sets and intensity between 50 and 60% of 1RM in the unilateral knee extension exercise. The protocols were differentiated by the duration of repetition: one with 2 seconds (2s) and the other, 6 seconds (6s). The protocols promoted similar gains in the performance of maximum dynamic strength (1RM test), as well as they do not alter the kinetic profile of the 1RM test, promoting gains in force values across the ROM, with no difference between the protocols.

Keywords: Duration of repetition. Kinetic profile. Maximum strength performance. 1RM test.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1- Desenho experimental	17
FIGURA 2- Aparelho banco extensor de joelhos utilizado no estudo	19
FIGURA 3- Perfil cinético dos testes de 1RM	27

LISTA DE TABELAS

TABELA 1- Protocolos de treinamento	22
TABELA 2- Caracterização da amostra	26
TABELA 3- Desempenho dos testes de 1RM	26

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADM -	Amplitude de movimento
ANOVA -	Análise de variância
CCI -	Coefficiente de correlação intraclasse
EEFFTO -	Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional
LAMUSC -	Laboratório do treinamento em musculação
NMR -	Número máximo de repetições
PAR-Q -	Questionário de prontidão para a atividade física
RM -	Repetição máxima
TCLE -	Termo consentimento livre esclarecido
UFMG -	Universidade Federal de Minas Gerais

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. OBJETIVOS	14
3. HIPÓTESES	15
4. MATERIAIS E MÉTODOS	16
4.1. Delineamento do Estudo	16
4.2. Cuidados Éticos	17
4.3. Amostra.....	18
4.3.1- Cálculo Amostral.....	18
4.4. Instrumentos e Procedimentos.....	18
4.4.1- Sessão de Coleta 1 – Assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e Caracterização da amostra.....	20
4.4.2- Sessões de Coleta 2 - Familiarização ao Teste (1RM)	20
4.4.3- Sessão de Coleta 3 – Pré-teste (1RM)	21
4.4.4- Sessões de Coleta 4 a 73 – Treinamento.....	21
4.4.5- Sessão de Coleta 74 - Pós-teste (1RM).....	24
4.5. Análise estatística	24
5. RESULTADOS	25
6. DISCUSSÃO	28
6.1. Influência dos protocolos de treinamento no desempenho do teste de 1RM.....	28
6.2. Influência dos protocolos de treinamento no perfil cinético do teste de 1RM.....	32
6.3. Limitações do estudo e sugestões futuras	35
7. CONCLUSÃO	36
REFERÊNCIAS	37
ANEXO	42

1 INTRODUÇÃO

O efeito da manipulação das variáveis associadas ao protocolo de treinamento de força é investigado com o intuito de compreender como diferentes configurações destes protocolos podem contribuir para otimizar as adaptações provocadas pelo treinamento (SAMPSON; GROELLER, 2016; TANIMOTO; ISHII, 2006). Uma das adaptações obtidas com o treinamento de força é o aumento do desempenho da força máxima, que vem sendo associado a alterações morfológicas (*e.g.* aumento da área de secção transversal muscular) e adaptações neurais (*e.g.* aumento no recrutamento de unidades motoras e na frequência de disparos) (GABRIEL; KAMEN; FROST, 2006; FOLLAND; WILLIAMS, 2007; ANDERSEN; AAGAARD, 2010). Contudo, apesar do aumento de força máxima promovido pelo treinamento estar relacionado ao estímulo mecânico inerente a sua realização (GEHLERT *et al.*, 2015), pouca atenção tem sido direcionada pelos pesquisadores às características mecânicas relativas ao protocolo de treinamento, em especial ao perfil cinético, entendido no presente estudo como o decurso da força produzida ao longo de uma amplitude de movimento (ADM) articular. Consequentemente, dados referentes ao impacto do perfil cinético do protocolo de treinamento no desempenho de força máxima são ainda incipientes. De fato, estudos têm mostrado que a manipulação de variáveis relacionadas com o treinamento de força, *e.g.* a duração da repetição, pode impactar no perfil cinético relativo ao protocolo de treinamento (TANIMOTO; ISHII, 2006; SAMPSON; DONOHOE; GROELLER, 2014). Assim, protocolos com menor duração da repetição resultam em maiores valores de força no início da ação muscular concêntrica (promovendo maior pico de força) e menores valores no final da ação concêntrica, enquanto execuções com maiores durações das repetições apresentam valores de força mais constantes durante toda a ação muscular (BENTLEY *et al.*, 2010; SAMPSON; DONOHOE; GROELLER, 2014; TANIMOTO; ISHII, 2006). Apesar do entendimento que protocolos de treinamento podem apresentar características cinéticas distintas, informações sobre a influência desta condição no perfil cinético associado ao desempenho de força máxima (*i.e.* teste de uma repetição máxima - 1RM) após um período de treinamento de força parecem não ter sido exploradas experimentalmente.

Embora o estresse mecânico seja apontado como fator importante do treinamento para promover aumento no desempenho de força (CREWETHER; CRONIN; KEOGH, 2005; PAREJA-BLANCO *et al.*, 2014) e esteja associado a mecanismos de hipertrofia muscular (*e.g.*

mecanotransdução) que atuam de forma diferente de acordo com o grau de estímulo mecânico provocado (OLSEN; NICOLL; FRY, 2019), informações sobre o perfil cinético em um teste de força máxima (*i.e.* teste de 1RM) ainda são escassas. Estudos que investiguem como a variação do estresse mecânico ao longo da ADM afeta as adaptações ao treinamento poderiam contribuir com uma melhor compreensão do desempenho de força máxima em um teste e, conseqüentemente, novos *insights* relacionados com a prescrição do treinamento e aplicação prática. Partindo deste contexto, o desempenho em um teste de 1RM é definido pela capacidade do indivíduo deslocar uma determinada resistência (massa) por uma ADM prefixada. Este entendimento é baseado na relação impulso-momento ($F.t = \Delta M$), derivada da segunda lei de Newton, em que uma força aplicada durante um determinado tempo (impulso) sobre um sistema provocará uma mudança na velocidade de uma determinada massa (Δ Momento; ΔM) (HALL, 2016). Assim, durante uma tentativa no teste de 1RM, se o impulso (Força x tempo; $F.t$) produzido pelo indivíduo for suficiente para que uma determinada massa (resistência) seja deslocada em uma ADM preestabelecida, alcançando uma velocidade final igual ou superior a zero no final dessa ADM articular, então esta tentativa será considerada válida. Caso a velocidade se reduza a zero antes de se completar a ADM, ocorrerá então uma falha na tentativa e ela será considerada inválida. Desta forma, como em um determinado exercício a magnitude da força de resistência pode variar ao longo da ADM e essa resistência precisa ser vencida para se completar a ADM, aumentar a capacidade de produção de força em ângulos específicos pode ser determinante para a melhora do desempenho no teste de 1RM daquele exercício.

Considerando esse raciocínio anterior pode ser esperado que, dados referentes ao perfil cinético do exercício executado durante a tentativa correspondente ao melhor desempenho em um teste de 1RM contribuam para um melhor entendimento sobre a força necessária em cada ângulo articular para se vencer uma resistência com variação específica ao longo da ADM demandada pelo exercício em questão. Suporte para esta expectativa é fornecido por Folland *et al.* (2005), que realizaram um estudo envolvendo o exercício banco extensor de joelhos. Esses autores relataram que o “ponto” de maior dificuldade (*sticking point*) durante a realização desse exercício é no início do movimento (musculatura mais alongada), uma vez que, a inércia relativa à resistência a ser deslocada necessita ser superada neste ponto. Baseado nisso, é possível hipotetizar que, o indivíduo irá necessitar alcançar uma maior produção de força nas ADM iniciais, com o objetivo de produzir um impulso suficiente para vencer a resistência gerada pela carga. Contudo, ainda são escassas as informações referentes ao perfil cinético produzido pelos diferentes indivíduos durante um teste de 1RM. Apesar desta questão

não ter sido tratada claramente na literatura, estudos prévios investigaram a influência de protocolos de treinamento de força com características mecânicas distintas no desempenho do teste de 1RM (MUNN *et al.*, 2005; TANIMOTO; ISHII, 2006; PADULO *et al.*, 2012; SAMPSON; GROELLER, 2016).

Padulo *et al.* (2012), comparando um protocolo de ação concêntrica com velocidade máxima com um protocolo de ação concêntrica com velocidade autosselecionada no exercício supino, verificaram que o protocolo com maior velocidade apresentou maior ganho no desempenho de força ao comparar o pré com o pós-teste de 1RM, corroborando com resultado encontrado por Munn *et al.* (2005) no exercício flexão de cotovelo unilateral. Diferentemente, em outros estudos, o aumento do desempenho no teste de 1RM após um período de treinamento, não apresentou diferença significativa quando comparados protocolos com diferentes durações das repetições (velocidades de movimento) (SAMPSON; GROELLER, 2016; TANIMOTO; ISHII, 2006). Porém, os resultados controversos entre estes estudos podem estar relacionados a diferenças metodológicas adotadas. Alguns estudos não equipararam aspectos como a intensidade (MUNN *et al.*, 2005; TANIMOTO; ISHII, 2006) e a pausa entre as repetições (TANIMOTO; ISHII, 2006), assim como não padronizaram o nível de esforço entre os grupos, sendo que determinados protocolos foram realizados até a falha muscular e outros não (TANIMOTO; ISHII, 2006; PADULO *et al.*, 2012; SAMPSON; GROELLER, 2016). Essa falta de equiparação de outras variáveis inviabiliza a atribuição dos resultados encontrados à manipulação da variável investigada, sendo que a identificação de diferenças ou não entre os resultados dos protocolos pode ser devido às diferentes durações das repetições como também pode ser atribuída a variação da intensidade, da pausa ou também ao fato do protocolo ser executado até a falha muscular ou não. Reforçando esta controvérsia, Carlson *et al.* (2019) não encontraram diferença no desempenho de força após treinamento com protocolos de diferentes durações das repetições nos exercícios supino, *leg press* e *pulley* e sugeriram que ganhos de força não são afetados pela duração de repetição utilizada, desde que o exercício represente um alto grau de esforço. Contudo, é possível concluir que não há um consenso acerca do efeito da duração da repetição sobre o aumento de força provocado pelo treinamento. Neste sentido, informações sobre o perfil cinético dos protocolos utilizados nos estudos poderiam contribuir para explicar as divergências dos resultados encontrados até o momento. Em conjunto estes resultados indicam a necessidade de se realizar estudos que tenham como objetivo investigar se as variáveis mecânicas (*i.e.* perfil cinético) dos protocolos de treinamento impactam no desempenho de força máxima após um período de treinamento.

Para além desta lacuna na literatura, cabe ainda questionar se o perfil cinético registrado durante um teste de 1RM pode ser modulado de maneira específica por meio da configuração do protocolo de treinamento. Fundamentos para sustentar este questionamento são fornecidos, primeiramente, pelo fato de que o perfil cinético de um protocolo de treinamento pode ser modificado por meio da manipulação de uma determinada variável, como por exemplo, a duração da repetição (BENTLEY *et al.*, 2010; SAMPSON; DONOHOE; GROELLER, 2014; TANIMOTO; ISHII, 2006). Protocolos com menor duração da repetição resultam em maiores valores de força no início da ação muscular concêntrica (promovendo maior pico de força) e menores valores no final da ação concêntrica, enquanto execuções com maiores durações das repetições apresentam valores de força mais constantes durante toda a ação muscular (SAMPSON; DONOHOE; GROELLER, 2014; TANIMOTO; ISHII, 2006).

Partindo deste contexto, é possível pensar que, para um determinado exercício com o “ponto” de maior dificuldade (*sticking point*) no início do movimento (musculatura mais alongada) (FOLLAND *et al.*, 2005), protocolos de treinamento que demandem uma maior produção de força nas ADMs iniciais do exercício poderiam ser mais efetivos para o aumento da força, quando testado nesta condição, em comparação com outros protocolos. Esta ponderação é sustentada na expectativa de uma especificidade entre o perfil cinético do teste e do protocolo de treinamento. Diferentes estudos têm investigado esta temática. Kubo *et al.* (2006) investigaram a especificidade angular em treinamento com exercício isométrico de extensão de joelhos e mostraram que o aumento da força máxima verificado no teste de contração isométrica voluntária máxima (CIVM) ocorreria predominantemente no ângulo treinado e em ângulos próximos. Entretanto, Noorkoiv *et al.* (2014) relatam que essa especificidade no aumento da força seria encontrada apenas em treinamentos realizados com o músculo em posição encurtada. Além disso, Rhea *et al.* (2016) têm chamado a atenção para uma perspectiva diferente em relação à especificidade. Esses autores atestam que o aumento da força em ADM específicas parece estar mais relacionado com a magnitude da sobrecarga imposta nos ângulos articulares treinados do que com o fato de que o treinamento ocorreu nessas ADM. Com isso, investigar se protocolos de treinamento de força com diferentes durações das repetições (diferentes perfis cinéticos) realizados durante um período de treinamento pode modificar o perfil cinético registrado durante um teste de 1RM, permitirá ampliar a compreensão existente sobre este fenômeno e, conseqüentemente, aumentar a qualidade da prescrição do treinamento, considerando esta perspectiva mecânica.

2 OBJETIVOS

- Comparar o efeito do treinamento de força utilizando protocolos com diferentes durações das repetições no desempenho de força máxima dinâmica (teste de 1RM) para os extensores do joelho.
- Comparar o efeito do treinamento de força utilizando protocolos com diferentes durações das repetições no perfil cinético durante o teste de 1RM para os extensores do joelho.

3 HIPÓTESES

- O protocolo de treinamento com menor duração da repetição promoverá maior aumento no desempenho de força máxima dinâmica (teste de 1RM) que o protocolo com maior duração da repetição.
- O protocolo com menor duração da repetição apresentará maior aumento na resposta de força nos ângulos iniciais da ação concêntrica e o protocolo com maior duração da repetição apresentará maior aumento na resposta de força nos ângulos finais da ação concêntrica durante o teste de 1RM.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Delineamento do Estudo

No presente estudo os voluntários foram submetidos a dois protocolos de treinamento com diferentes durações das repetições: Protocolo 6s - duração da repetição de 6s (3:3); Protocolo 2s - duração da repetição de 2s (1:1). Com objetivo de minimizar a variabilidade entre indivíduos, foi utilizado um desenho experimental intra-indivíduo (NÓBREGA *et al.*, 2018). A redução da variabilidade da resposta entre indivíduos apresenta vantagens metodológicas, como a necessidade de um menor número de voluntários para realização do estudo. Os voluntários executaram o protocolo 6s com um dos membros inferiores e o protocolo 2s com o membro contralateral, sendo que a distribuição dos protocolos entre os membros de cada voluntário foi realizada de forma randomizada e a preferência lateral foi utilizada como critério de balanceamento dos protocolos entre os membros inferiores dos voluntários (MARIM; LAFASSE; OKAZAKI, 2011). O membro preferido foi identificado através da resposta fornecida pelo voluntário à seguinte pergunta: “Se fosse pedido para você chutar uma bola, com qual perna você chutaria?”. Assim, metade dos voluntários realizou o protocolo 6s com o membro inferior preferido e a outra metade realizou o protocolo 2s com o membro inferior preferido. Este procedimento teve o objetivo de minimizar a influência de possíveis diferenças de força muscular entre os dois membros inferiores dos voluntários nas respostas de força proporcionadas pelos protocolos investigados.

Para a realização dos testes e treinamento foi utilizado o exercício extensor de joelhos unilateral em um aparelho. As sessões dedicadas aos testes foram realizadas em horário próximo ao da sessão de familiarização ao teste de 1RM no intuito de padronizar a influência do ritmo circadiano no desempenho de força (DRUST *et al.*, 2005). Na sessão de coleta 1, os voluntários realizaram a leitura e assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE), como também foram realizadas medidas antropométricas (massa e estatura) para caracterização da amostra. Nas sessões de coleta 2 e 3 foram realizados testes de força máxima dinâmica (1RM), dos quais foram extraídas as médias dos valores de força em faixas de ângulos a cada 10° (30 a 40°, 40 a 50° e assim por diante), totalizando 7 faixas entre 30° e 100°. Os dados da sessão de coleta 3 foram utilizados para futuras análises.

Entre as sessões 3 e 4, os voluntários tiveram de 48 a 72 h de recuperação. Nas sessões de coleta 4 a 73, os voluntários compareceram a 5 sessões de treinamento semanais, alternando os membros inferiores e respeitando um período de 24h de descanso entre um membro e outro, por um período de 14 semanas ao Laboratório do Treinamento em Musculação (LAMUSC) localizado na Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional (EEFFTO) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Após 72-120h da última sessão de treinamento, na sessão de coleta 74, os voluntários repetiram o teste de 1RM. O desenho experimental do estudo pode ser visualizado na Figura 1.

Figura 1 - Desenho experimental do estudo.

Sessão de coleta 1 24 h	TCLE / Caracterização da Amostra
Sessão de coleta 2 48 - 72 h	Familliarização ao teste (1RM)
Sessão de coleta 3 48 - 72 h	Pré-teste (1RM)
Sessão de coleta 4 a 73 72 - 120 h	Período de treinamento
Sessão de coleta 74	Pós-teste (1RM)

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.2 Cuidados Éticos

O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e possui o Certificado de Apresentação para Aprovação Ética número 79108117.5.0000.5149 (ANEXO I), sendo também aprovado pelo colegiado de Pós-graduação do Programa em Ciências do Esporte da EEFFTO da UFMG. Este estudo respeitou todas as normas estabelecidas pelo Conselho Nacional em Saúde (Resolução 466/2012) envolvendo pesquisas com seres humanos. Antes de iniciarem as atividades neste projeto, os voluntários receberam informações quanto aos objetivos, à metodologia do projeto, bem como aos possíveis riscos e benefícios de participação no estudo. Os voluntários assinaram o TCLE (ANEXO II), onde foram informados que podiam deixar de participar da pesquisa a qualquer momento. Foram tomadas precauções no intuito de preservar a privacidade, sendo que a saúde e o bem-estar dos voluntários estiveram acima de qualquer outro interesse.

4.3 Amostra

Participaram deste estudo voluntários do sexo masculino com idade entre 18 e 30 anos. Foram selecionados indivíduos que estavam há seis meses, pelo menos, sem participar de um programa treinamento de força (NÓBREGA *et al.*, 2018) e que não apresentavam histórico de lesões musculotendíneas nos membros inferiores, coluna e pelve. Não foi permitido o uso de ergogênicos farmacológicos ou nutricionais, bem como participar de qualquer outro treinamento de força durante o período de treinamento estabelecido na pesquisa. Também, só foram aceitos os voluntários que responderam negativamente todas as questões do questionário PAR-Q e não possuíam qualquer outra doença endócrina ou metabólica.

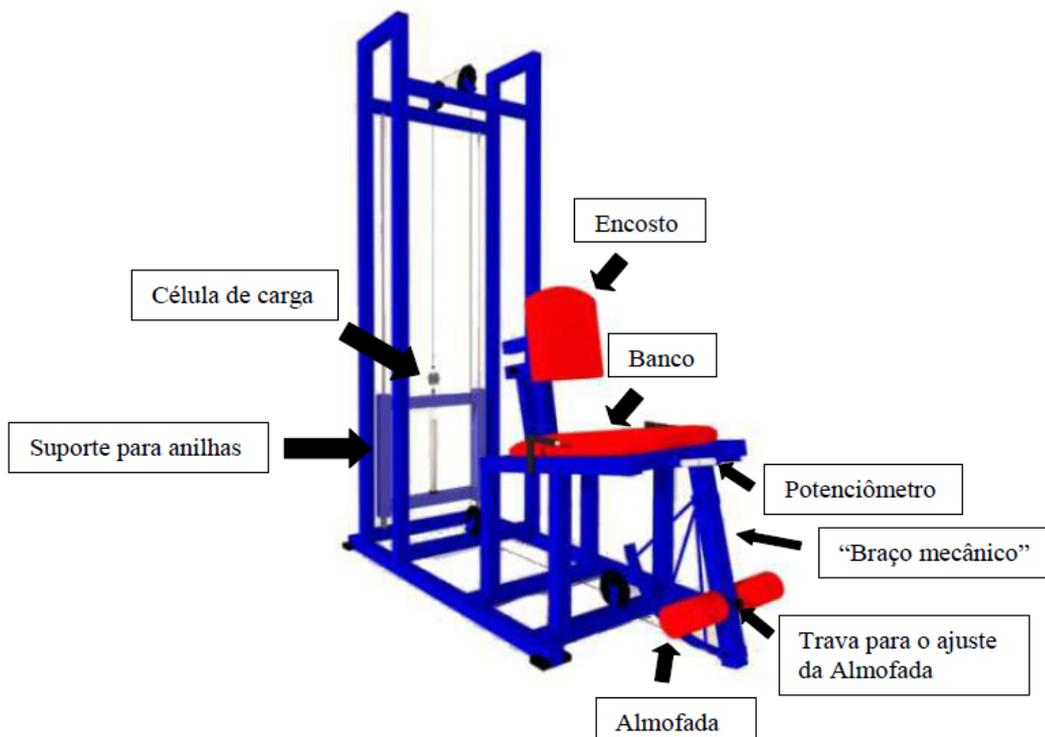
4.3.1 Cálculo Amostral

O cálculo amostral foi realizado através do *software G.Power* (versão 3.1.9.3), tendo como referência as orientações propostas por Beck (2013). Utilizando o tratamento estatístico previsto para o presente estudo (ANOVA: *Repeated measures, within-between interaction*), adotou-se um erro alfa de 0,05, poder de 0,90, correlação entre medidas de 0,7 e correção de não esfericidade de 1. Para a variável “tamanho do efeito”, foi adotado o valor de 0,35, que por sua vez foi obtido a partir de dados de força máxima do estudo de Tanimoto e Ishii (2006). Neste estudo foi analisado o efeito de protocolos de treinamento com diferentes durações das repetições no exercício extensor de joelhos no desempenho do teste de 1RM, sendo esse um procedimento similar ao que foi adotado na presente investigação. Também, foi utilizada uma amostra com características semelhantes às que foram usadas no presente estudo (homens adultos jovens que não participaram de qualquer atividade sistematizada envolvendo o treinamento de força no último ano). Através destas informações, o *software G.Power* determinou um tamanho amostral de 16 (16 membros inferiores – 8 indivíduos).

4.4 Instrumentos e Procedimentos

Os testes e treinamentos foram realizados no aparelho banco extensor de joelhos da marca ®Master Equipamentos adaptado com ferramentas para permitir a realização do estudo. Uma imagem ilustrativa do aparelho pode ser observada na Figura 2.

Figura 2 – Imagem ilustrativa do banco extensor de joelhos adaptado.



Fonte: Arquivo do LAMUSC.

Fixo ao eixo de rotação do aparelho banco extensor, um potenciômetro linear de 10 k Ω , com erro de linearidade de 2%, faixa de tensão de +10V a -10V, permitirá a mensuração dos ângulos no aparelho, conseqüentemente da ADM realizada durante o movimento de extensão de joelhos e a duração das ações musculares. Para registrar as medidas de força, uma célula de carga de tração e compressão (tipo S, TEDEA) (faixa de tensão de +10V a -10V e suportando até 500 kg) foi ligada em série com o cabo de aço. Na literatura tem sido relatada a utilização da célula de carga e potenciômetro em aparelhos comerciais para mensurar a força e a ADM, respectivamente (DALLEAU *et al.*, 2010). O potenciômetro foi calibrado com a ajuda de um goniômetro manual e a célula de carga através da multiplicação da massa de uma anilha conhecida (mensurada em uma balança eletrônica com precisão de 0,01 kg) e do suporte de anilhas (9,3 kg) pelo valor da gravidade (9,81 m/s²), resultando em um valor de força com que o cabo de aço tracionava a célula de carga.

4.4.1 Sessão de Coleta 1 – Assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e Caracterização da amostra

Na sessão de coleta 1, após receberem informações sobre o estudo e darem o consentimento por escrito (TCLE), os voluntários responderam o questionário PAR-Q (ACSM, 2014) e foram submetidos a uma anamnese, buscando verificar possíveis limitações relacionadas à participação na pesquisa. Em seguida foram caracterizados com relação a sua massa corporal e estatura. A massa corporal foi obtida por meio de uma balança digital (FILIZOLA, Brasil) com precisão de 0,1 kg, enquanto a estatura foi verificada pelo estadiômetro acoplado, com precisão de 0,5cm (FILIZOLA, Brasil).

Ainda nesta sessão experimental, foram padronizadas as posições do indivíduo para a execução do exercício extensão de joelhos. Os voluntários foram posicionados no banco extensor de joelhos de forma a manter o quadril com um ângulo de 110°, o epicôndilo lateral do fêmur alinhado com o potenciômetro colocado no eixo de rotação do aparelho e o suporte distal do aparelho foi colocado aproximadamente 3cm acima do maléolo medial (ULLRICH; KLEINÖDER; BRÜGGEMANN, 2009). Os ajustes necessários para que o voluntário ficasse nesta posição foram registrados para posterior replicação nos testes e sessões de coleta subsequentes.

4.4.2 Sessões de Coleta 2 - Familiarização ao Teste de 1RM

Na sessão de coleta 2, após o posicionamento do voluntário no banco, foi realizada a familiarização ao teste de 1RM, que adotou as seguintes orientações: número máximo de seis tentativas; pausa de 5min entre tentativas; progressão gradual do peso mediante percepção dos voluntários e dos avaliadores (ajuste mínimo 0,5 kg) (LACERDA *et al.*, 2019). A pausa entre os testes dos diferentes membros inferiores foi de 5min. O peso no aparelho foi progressivamente aumentado até que não fosse possível alcançar a ADM pré-determinada para a realização do exercício na ação muscular concêntrica, sendo que o valor definido como desempenho de 1RM do indivíduo foi o peso levantado na tentativa anterior. Assim como Diniz (2016), a ADM utilizada nos testes de 1RM e protocolos de treinamento foi de 70° (limite superior de 30° e inferior de 100° de flexão de joelhos). Segundo Levinger *et al.* (2009), protocolos de teste de 1RM que incluem uma sessão de familiarização e uma sessão de teste

são capazes de mensurar de forma confiável a força máxima dinâmica de indivíduos não treinados, resultando em valores de CCI superiores a 0,99, valores próximos aos encontrados neste estudo.

4.4.3. Sessão de Coleta 3 – Pré-teste (1RM)

Na sessão de coleta 3, foram repetidos os procedimentos realizados na sessão anterior e o teste iniciou com o peso definido como desempenho máximo na familiarização.

4.4.4 Sessões de Coleta 4 a 73 – Treinamento

Após a fase inicial dos testes, iniciou-se o treinamento com os dois protocolos, que diferiam entre si em suas durações das repetições: 6s (Treinamento com 6s de duração da repetição – 3:3); 2s (Treinamento com 2s de duração da repetição – 1:1). Os treinamentos foram realizados no exercício extensor de joelhos sentado unilateral durante 14 semanas (2 ou 3 sessões semanais para cada membro, com 24h de intervalo entre as sessões de um membro e outro). Para auxiliar os voluntários a manter as durações das repetições pré-determinadas durante o treinamento, foi utilizado um metrônomo e a duração de cada ação muscular fornecida pelo potenciômetro era exibida em uma tela de computador durante a execução (LACERDA *et al.*, 2019).

Para a comparação do efeito de diferentes durações das repetições nas respostas de força, é necessária a equiparação de outras variáveis nos protocolos de treinamento investigados, para minimizar a influência destas nos resultados obtidos. Assim, os dois protocolos foram configurados com 3 a 4 séries com o número máximo de repetições (NMR), executadas até a falha muscular, caracterizada pela incapacidade de executar a ação muscular concêntrica de uma repetição na ADM previamente estipulada (70°) (IZQUIERDO *et al.*, 2006; BURD *et al.*, 2010; SCHOENFELD *et al.*, 2014). Além disso, os protocolos possuíam 3 min de pausa entre séries e intensidade de 50 e 60% de 1RM. As configurações da carga de treinamento utilizadas estão em faixas de valores recomendados para o treinamento de força muscular (WERNBOM; AUGUSTSSON; THOMEÉ, 2007; ACSM, 2009). Além disso, estudos têm verificado que protocolos executados com durações das repetições semelhantes às

investigadas no presente estudo foram capazes de proporcionar aumentos na resposta de força muscular após um período de treinamento (TANIMOTO; ISHII, 2006; TANIMOTO *et al.*, 2008). Os protocolos de treinamento utilizados no presente estudo estão detalhados na Tabela 1.

Tabela 1 - Descrição dos protocolos de treinamento

Protocolo	Séries	Repetições	Intensidade (% de 1RM)	Duração das ações musculares		Pausa entre séries (s)
				Conc. (s)	Exc. (s)	
6s	3-4	NMR	50-60	3	3	180
2s	3-4	NMR	50-60	1	1	180

Legenda: % de 1RM – percentual do desempenho no teste de 1RM; Conc. – concêntrica; Exc. – excêntrica; NMR – número máximo de repetições; s – segundo.

O efeito cruzado da fadiga deve ser levado em consideração ao se investigar as respostas de força muscular unilateral. Este termo tem sido usado para denotar um déficit de força temporário após a realização de um protocolo de treinamento unilateral no desempenho de força do membro contralateral (MARTIN; RATTEY, 2007; DOIX; LEFÈVRE; COLSON, 2013). Dessa forma, para minimizar um possível efeito cruzado da fadiga e das respostas hormonais agudas nas adaptações crônicas promovidas pelos protocolos de treinamento investigados, foi dado um intervalo mínimo de 24h entre os treinamentos de um membro e outro. Esse procedimento tem o objetivo de minimizar um possível efeito da ordem no desempenho e na condição fisiológica para a execução dos protocolos (MORTON; MCGLORY; PHILLIPS, 2015). A definição desse intervalo foi confirmada por um estudo piloto onde os voluntários realizaram testes de 1RM unilaterais, com os dois membros sendo testados no mesmo dia (com 20 minutos de pausa entre os testes de cada membro) e em dias separados. Os resultados mostraram que, quando testados os dois membros no mesmo dia, o membro que realizou o teste posteriormente apresentou menor desempenho do que quando testado em dia separado.

Os dois protocolos sofreram as mesmas progressões da carga de treinamento ao longo do estudo. Os voluntários iniciaram o período de treinamento realizando três séries a 50% 1RM por 2 semanas. Na 3ª semana, a intensidade foi aumentada para 60% 1RM e na 8ª semana do estudo foi acrescentada uma série à sessão de treinamento. Portanto os voluntários

começaram o estudo realizando três séries com 50% 1RM e terminaram com quatro séries com 60% 1RM. As características dos protocolos e a progressão da carga de treinamento foram controladas de forma que a manipulação de outras variáveis, para além da duração da repetição, não provocasse um viés nos resultados obtidos.

A cada duas semanas, nas duas primeiras sessões semanais, foram realizados testes de 1RM com o membro que treinaria naquela sessão, antes da realização do protocolo para reajuste da carga de treinamento (EMA *et al.*, 2013). O peso relativizado pelo desempenho no teste de 1RM foi utilizado como o parâmetro representativo da intensidade do treinamento (TAN, 1999). Considerando que indivíduos não treinados (não realizaram treinamento de força nos últimos 12 meses) são capazes de aumentar seu desempenho no teste de 1RM no banco extensor com apenas duas semanas de treinamento (ABE *et al.*, 2000), a realização dos testes nesse intervalo de tempo permitiu que o peso relativo utilizado ao longo das 14 semanas de treinamento (50-60% de 1RM) estivesse dentro das configurações propostas para os protocolos de treinamento. Foi fornecida uma pausa de 10min entre o teste de 1RM e o treinamento (LACERDA *et al.*, 2019). As sessões de treinamento que continham testes de 1RM foram realizadas próximo ao horário em que o voluntário havia feito a sessão de familiarização ao teste de 1RM, com o objetivo padronizar as influências do ritmo circadiano no desempenho de força (DRUST *et al.*, 2005).

Com objetivo de medir a ADM, a duração das ações musculares e a força durante a realização de cada protocolo de treinamento, foram registrados o deslocamento angular por meio do potenciômetro e a força aplicada no braço mecânico do equipamento de extensão de joelhos utilizando a célula de carga em todas as sessões de treinamento e testes. As durações das ações musculares foram quantificadas a partir do deslocamento angular do braço mecânico do equipamento. O tempo gasto entre o maior e menor valor de posição angular (100° até 30°) foi definido como a duração da ação muscular concêntrica. Consequentemente, o tempo entre a menor e a maior posição angular (30° até 100°) determinou a duração da ação muscular excêntrica. Esses procedimentos foram semelhantes aos realizados em estudos anteriores do LAMUSC (DINIZ, 2016; LACERDA *et al.*, 2019).

Os sinais do potenciômetro e da célula de carga foram sincronizados e convertidos usando uma placa Analógico/Digital (Biovision, Wehrheim, Alemanha). A frequência de amostragem utilizada foi de 4.000 Hz. O *software* usado para registro e tratamento dos dados foi o DasyLab 11.0 (Measurement Computing Corporation, Norton, MA, EUA).

4.4.5 Sessão de Coleta 74 - Pós-teste (1RM)

Após um intervalo entre 72 e 120 h da sessão de coleta 73 (última sessão de treinamento), os voluntários repetiram o teste de 1RM, mantendo os procedimentos realizados nas sessões de coleta 2 e 3. Os valores verificados nos testes de 1RM foram utilizados na análise estatística.

4.5 Variáveis Mensuradas

Para a variável força máxima dinâmica (desempenho no teste de 1RM) foram utilizados os valores de desempenho, através dos quais foi calculado um coeficiente de correlação intraclasse (CCI_{3,1}) considerando os desempenhos das sessões de familiarização (sessão de coleta 2) e pré-teste (sessão de coleta 3). Já na variável perfil cinético, foram analisados os valores médios de força em 7 faixas de 10° através de toda a ADM do teste de 1RM (entre 100 e 30°), em que a faixa 1 representa a ADM entre 100 e 90° (início da ação concêntrica) e a faixa 7 representa a ADM entre 40 e 30° (final da ação concêntrica). Os dados foram normalizados pela resistência oferecida pelo peso das anilhas e seu suporte registrado no pré-teste (produto da massa das anilhas e do suporte de anilhas pelo valor da aceleração da gravidade; massa x 9,81 m/s²), obtendo assim um percentual de força tendo como referência a força de resistência promovida pelo suporte com as anilhas. O valor de força normalizado foi calculado através da equação: $F_{NORM} = F / (m \times G) \times 100$, onde F é o valor de força registrado na célula de carga, m é a soma das massas do suporte e das anilhas e G é a aceleração da gravidade.

4.6 Análise estatística

Inicialmente, foi realizada uma análise descritiva das variáveis investigadas no estudo e os dados apresentados em média ± desvio padrão. A normalidade da distribuição e a homogeneidade das variâncias foram verificadas por meio dos testes *Shapiro-Wilk* e *Levene*, respectivamente, como pré-requisito para realização das ANOVA. Para verificar possível aumento do desempenho no teste de 1RM foi realizada uma ANOVA *two-way* (Fator 1: Tempo e Fator 2: Protocolo) para comparar o desempenho dos dois protocolos nas condições pré e pós-

teste. Já para a variável perfil cinético, a partir dos dados normalizados foi realizada uma ANOVA *three-way* (Fator 1: tempo, Fator 2: protocolo e Fator 3: ângulo) para comparação dos valores de força dos pós e o pré-teste nas 7 faixas de 10° dos dois protocolos, com o objetivo de identificar se cada protocolo favorece o aumento da resposta de força em ADM diferentes.

Em caso de presença de um valor significativo de F , foi aplicado como *post-hoc* o teste de Bonferroni. Para a ANOVA foi determinado o *eta square* (η^2), que é utilizado para determinar o tamanho do efeito e descreve a proporção que um fator (Efeito) da ANOVA está sendo considerado dentro da variabilidade total nos dados (FRITZ; MORRIS; RICHLER, 2012). O η^2 foi calculado dividindo a soma dos quadrados do efeito do tratamento pela soma de quadrados de todos os efeitos. Segundo Cohen (1988), os valores de η^2 representam a magnitude das diferenças dos tratamentos investigados, portanto pode-se considerar o tamanho do efeito de $\eta^2=0,14$ como grande, $\eta^2=0,06$, como médio e $\eta^2=0,01$ como pequeno. O procedimento relatado para determinação do poder foi realizado para todas as variáveis estudadas, considerando os fatores principais e interações das ANOVA. Os procedimentos estatísticos foram realizados no pacote estatístico SPSS 22.0 (SPSS, Inc., IL), adotando o nível de significância $\leq 0,05$.

5 RESULTADOS

O estudo iniciou com 11 voluntários, dos quais 9 concluíram o treinamento (18 membros inferiores). As duas perdas amostrais foram pela falta de interesse de um voluntário em continuar na pesquisa (1) e por lesão (1) sofrida em atividade não relacionada ao treinamento do estudo. Na tabela 2 estão apresentadas as características da amostra.

Tabela 2 – Caracterização da amostra

Variável	Média	Desvio Padrão	Valores mínimos	Valores máximos	
Idade (anos)	23,4	4,8	19,2	30,9	
Massa Corporal (Kg)	68,5	10,0	47,7	78,0	
Estatutura (cm)	171,0	7,0	159,0	183,0	
1RM (Kg)	6s	28,4	8,0	16,1	43,3
	2s	29,3	8,6	17,1	46,4

Legenda: 1RM – teste de uma repetição máxima; 6s – protocolo com duração da repetição de 6 segundos; 2s – protocolo com duração da repetição de 2 segundos;

Fonte: Elaborado pelo autor (dados extraídos da pesquisa).

As médias das durações das repetições dos protocolos 6s e 2s foram $5,98 \pm 0,09$ s e $2,05 \pm 0,08$ s e do número de repetição por série foi de $7,3 \pm 1,89$ e $14,81 \pm 3,81$, respectivamente. A média da ADM registrada nos protocolos foi de $71,08 \pm 0,85^\circ$ no protocolo 6s e $70,32 \pm 1,18^\circ$ no protocolo 2s. As médias de duração da ação concêntrica das tentativas válidas nos pré e pós-testes de 1RM foram $3,08 \pm 2,66$ s e $2,41 \pm 1,12$ s nos testes realizados com o membro do protocolo 6s e $2,95 \pm 2,33$ s e $2,20 \pm 1,91$ s nos testes realizados com o membro do protocolo 2s. Foi verificado um CCI de 0,95 ($p < 0,001$) considerando os valores de desempenho de 1RM da familiarização e do pré-teste. A análise inferencial do desempenho de 1RM foi realizada através de ANOVA *two-way* (tempo x protocolo), que não apresentou interação significativa ($F_{1,8} = 0,109$, $p = 0,75$, $\eta^2 < 0,001$), nem efeito de protocolo ($F_{1,8} = 3,632$, $p = 0,09$, $\eta^2 = 0,03$). Foi verificado apenas efeito de tempo ($F_{1,8} = 27,277$, $p < 0,01$, $\eta^2 = 0,68$), sendo o desempenho do pós-teste dos protocolos maior que do pré-teste (TABELA 3).

Tabela 3 – Desempenho nos testes de 1RM (média \pm DP)

Protocolos	Pré-teste (Kg)	Pós-teste (Kg)
6s	$28,3 \pm 7,9$	$32,47 \pm 9,4$ *
2s	$29,2 \pm 8,6$	$33,19 \pm 9,8$ *

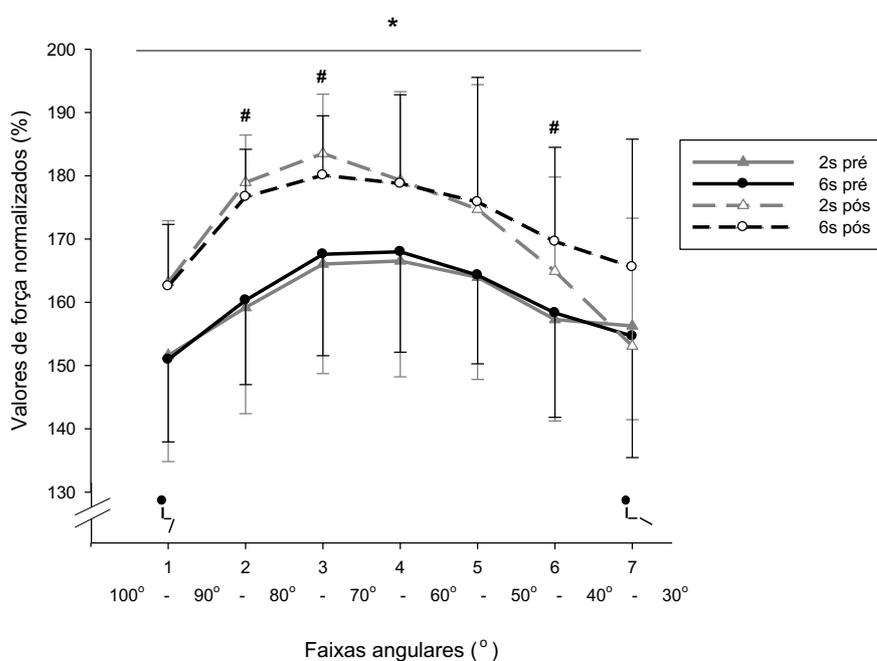
Legenda: 1RM – teste de uma repetição máxima; DP – desvio padrão; 6s – protocolo com duração da repetição de 6 segundos; 2s – protocolo com duração da repetição de 2 segundos; * Pós-teste maior que pré-teste.

Fonte: Elaborado pelo autor (dados extraídos da pesquisa).

Assim como para o desempenho de 1RM, foi verificada também a confiabilidade das medidas referente aos valores de força ao longo da ADM, utilizando os dados da familiarização e do pré-teste (sessões de coleta 2 e 3). Foi calculado o CCI de cada faixa angular considerando os dois protocolos, obtendo assim 7 valores de CCI, que ficaram entre 0,83 e 0,86 ($p < 0,001$).

Na comparação dos valores de força em cada faixa angular entre o pré e o pós-teste de cada protocolo, a ANOVA *three-way* (tempo x protocolo x ângulo) não apresentou interação tripla significativa ($F_{1,8} = 2,506, p = 0,13, \eta^2 = 0,01$). Também não foram verificadas interações significantes de tempo x protocolo ($F_{1,8} = 0,126, p = 0,73, \eta^2 < 0,01$), tempo x ângulo ($F_{1,8} = 1,736, p = 0,21, \eta^2 = 0,02$) e protocolo x ângulo ($F_{1,8} = 0,952, p = 0,41, \eta^2 < 0,01$). Além disso, não houve efeito principal de protocolo ($F_{1,8} = 0,426, p = 0,53, \eta^2 < 0,01$). Contudo, foi observado efeito principal de tempo ($F_{1,8} = 10,416, p = 0,01, \eta^2 = 0,19$) sendo os valores de força registrados no pós-teste maiores que no pré-teste. Por fim, foi verificado também efeito principal de ângulo ($F_{1,8} = 17,369, p < 0,01, \eta^2 = 0,25$), ocorrendo aumento dos valores de força da faixa 1 à faixa 3 e diminuição do valor da faixa 5 para a faixa 6 (Figura 3).

Figura 3: Perfil cinético dos testes de 1RM



Legenda: Valores médios de força ao longo das 7 faixas de 10° nos pré e pós-teste dos protocolos 6s e 2s; desvio padrão (linhas verticais). * Pós-teste maior que pré-teste; # diferente da faixa angular anterior ($1 < 2 < 3$ e $5 > 6$). Valores de força normalizados pelo peso levantado no pré-teste.

Nota: Os valores de desvio padrão superiores do pré-teste e inferiores do pós-teste foram suprimidos para não se sobreporem aos dados da outra curva e poluir a figura.

6 DISCUSSÃO

No presente estudo, os protocolos de treinamento utilizados proporcionaram ganhos similares no desempenho do teste de 1RM. Além disso, os protocolos 2s e 6s não apresentaram diferenças no perfil cinético mensurado no pré-teste de 1RM, sendo os valores de força aferidos no pós-teste maiores do que no pré-teste. Esses resultados indicam que ambos os protocolos foram capazes de aumentar similarmente os valores de força nas faixas angulares, assim como o desempenho de força máxima dinâmica dos indivíduos testados.

6.1 Influência dos protocolos de treinamento no desempenho no teste de 1RM

A hipótese de que o protocolo com menor duração da repetição promoveria maior aumento no desempenho do teste de 1RM que o protocolo com maior duração da repetição foi rejeitada. Essa hipótese foi fundamentada no entendimento de que o teste de 1RM identifica a carga máxima com que um indivíduo consegue executar uma repetição completa do exercício (GENTIL *et al.*, 2017) e o êxito na execução de uma repetição completa é definido pela capacidade do indivíduo deslocar uma determinada resistência (massa) por uma ADM preestabelecida. Para isso é necessário produzir um impulso suficiente para manter a velocidade positiva até se completar a ADM. De acordo com a relação impulso – momento, a resultante do impulso angular ((torque articular – torque de resistência) x tempo) provoca alteração na velocidade, havendo uma relação direta entre o impulso e a aceleração. Mesmo em uma posição em que o torque resultante seja negativo e a velocidade diminua, o momento angular (propriedade inercial angular x velocidade angular) produzido pelo impulso gerado até então, contribui para a continuidade do movimento. Isso garante o êxito na tentativa (execução da repetição na ADM completa) desde que essa aceleração negativa não reduza a velocidade a zero (0) antes de percorrer a ADM pré-estabelecida.

O ângulo da ADM em que é verificada a menor diferença entre a capacidade de produzir torque articular e o torque de resistência denomina-se *sticking point (region)*, que determina a região em que comumente ocorre a falha na tentativa do teste de 1RM (VAN DEN TILLAAR; ETTEMA, 2010; KOMPFF; ARANDJELOVIĆ, 2016). Neste sentido, de acordo com os dados apresentados por Folland *et al.* (2005) de que no exercício banco extensor de joelhos a *sticking region* está no início da ação concêntrica, desenvolver a capacidade de produzir

maiores valores de força nestes ângulos iniciais do movimento contribuiria para aumentar a produção de torque nas proximidades da *sticking region*. De acordo com Rhea *et al.* (2016), o ganho de força provocado pelo treinamento ocorre especificamente nos ângulos articulares que recebem sobrecarga adequada e não necessariamente em todos os ângulos abrangidos pela ADM, definindo um conceito de “sobrecarga ângulo-específica”. Considerando que os ganhos na capacidade de produção de torque apresentam especificidade em relação aos ângulos articulares treinados (GRAVES *et al.*, 1989; MCMAHON *et al.*, 2014) e à variação da magnitude da sobrecarga imposta ao longo da ADM (RHEA *et al.*, 2016), o protocolo com menor duração da repetição, por apresentar maiores valores de força no início da ação concêntrica (TANIMOTO; ISHII, 2006; BENTLEY *et al.*, 2010; SAMPSON; DONOHOE; GROELLER, 2014), poderia proporcionar maiores ganhos de força nessa faixa da ADM, favorecendo o desempenho do teste de 1RM neste exercício. Embora a análise do desenho das curvas de força x ADM dos testes de 1RM (Figura 3) apresente características que corroboram a fundamentação da hipótese, os resultados encontrados foram diferentes do esperado. Os dois protocolos de treinamento utilizados neste estudo não promoveram diferença significativa entre si no aumento do desempenho do teste de 1RM, concordando com os achados da meta-análise de Davies *et al.* (2017), que também investigaram a influência de protocolos de treinamento com diferentes durações das repetições no desempenho do teste de 1RM. No contexto da fundamentação da hipótese de que o treinamento com o protocolo de menor duração da repetição poderia contribuir mais com o aumento do desempenho no teste de 1RM que o protocolo de maior duração da repetição em um exercício com a *sticking region* no início da ação concêntrica, um aspecto que possivelmente pode ter influenciado para que o presente estudo não tenha encontrado diferença entre os protocolos de treinamento é a característica mecânica do aparelho utilizado, uma vez que, diferentes aparelhos de extensão de joelhos podem apresentar diferentes perfis cinéticos de resistência ao exercício (FOLLAND; MORRIS, 2008).

O aparelho utilizado no presente estudo possui um sistema de polias com uma estrutura para guiar o cabo de aço (guia), ficando esta acoplada ao braço mecânico do aparelho (estrutura móvel, que permite o indivíduo realizar a extensão de joelho, por exemplo) (Figura 2). A distância perpendicular entre o ponto de contato do cabo de aço na guia e o eixo de rotação varia 5%, sendo maior na posição final da extensão de joelhos (100°: $r = 0,504\text{m}$ e 30°: $r = 0,529\text{m}$). Considerando que o peso levantado é constante, o torque de resistência (força x braço de resistência) promovido pela massa levantada também será 5% maior no final quando comparado ao início da ação concêntrica. Além disso, a resistência oferecida pelo peso da

estrutura móvel do aparelho (braço mecânico com a guia e as almofadas) durante o movimento aumenta na medida em que o joelho se estende. Como o assento do aparelho possui uma inclinação de 10° , no ângulo de 100° entre o braço mecânico e o assento, em que a perna está perpendicular ao solo, o peso dessa estrutura não acrescenta resistência ao movimento, pois a distância perpendicular entre o vetor da força da gravidade que atua no centro de gravidade da estrutura móvel e o eixo de rotação é praticamente zero (0). Na medida em que o joelho vai se estendendo, essa distância aumenta e o peso da estrutura móvel contribui cada vez mais para o torque de resistência promovido pelo aparelho (peso levantado + estrutura móvel). Sendo assim, no aparelho utilizado neste estudo, quanto mais próximo dos 30° de flexão de joelhos (0° = extensão completa do joelho), maior a resistência a ser vencida. Essa variação da resistência foi medida em estudo prévio do LAMUSC (DINIZ, 2016) e registrou um aumento ao longo da ADM, mostrando que nos ângulos finais da extensão de joelhos, a estrutura móvel do equipamento (braço mecânico + almofada de contato + guia do cabo de aço) oferece $\cong 80$ N a mais de resistência que os ângulos iniciais (ANEXO III). De forma semelhante à resistência provocada pela estrutura móvel do aparelho, ocorre também uma resistência causada pelo peso da perna do indivíduo, que aumenta ao longo da ação concêntrica, se somando às outras fontes de resistência do exercício. Considerando que nos extremos da ADM estão os ângulos com menor capacidade de produção de torque de extensão de joelhos (FOLLAND; MORRIS, 2008; LANZA; BALSHAW; FOLLAND, 2019) e que o exercício utilizado neste estudo oferece maior resistência nos ângulos finais da extensão, a *sticking region* deste exercício está localizada ao final da ação muscular concêntrica e este fato pode ter influenciado na comparação do aumento de desempenho no teste de 1RM entre os membros que treinou cada protocolo.

Os ângulos da ADM em que se encontra a *sticking region* do exercício podem influenciar na diferença entre o aumento do desempenho do teste de 1RM provocado pelos protocolos de treinamento. Este argumento é fundamentado no fato de que superar esta região angular de maior dificuldade depende da força produzida nesta região e antes dela. O impulso produzido nos ângulos anteriores à *sticking region* aumenta a velocidade angular e consequentemente o momento angular, diminuindo a dificuldade de superá-la (KOMPF; ARANDJELOVIĆ, 2016). Logo, considerando que na *sticking region* é onde comumente ocorre a falha na tentativa do teste de 1RM (VAN DEN TILLAAR; ETTEMA, 2010; KOMPF; ARANDJELOVIĆ, 2016), o que fará diferença no desempenho é a capacidade de gerar força nos ângulos da *sticking region* e anteriores a ela. Na possibilidade de dois protocolos de treinamento favorecerem o ganho na capacidade de produzir força em ângulos diferentes da

ADM, por gerarem maior tensão mecânica em faixas angulares diferentes (um nos ângulos iniciais e outro nos ângulos finais), eles poderão beneficiar o desempenho do teste de 1RM de forma diferente ou semelhante, dependendo da posição na ADM em que se encontra a *sticking region* do exercício. Em um aparelho que a *sticking region* esteja localizado no início da ADM, um protocolo de treinamento que favoreça o aumento na capacidade de produção de força nos ângulos iniciais da ADM beneficiará o aumento no desempenho pois o ganho será nos ângulos próximos à *sticking region*. Já um protocolo que promova maiores ganhos nos ângulos finais da ADM não refletiria esse aumento no desempenho do teste de 1RM pois esses ângulos estariam após a *sticking region*, não contribuindo para se ultrapassar esta região de maior dificuldade. Por outro lado, em um aparelho que a *sticking region* esteja localizado no final da ADM, tanto o protocolo de treinamento que favoreça o aumento na capacidade de gerar força nos ângulos iniciais, quanto o que promova maiores ganhos nos ângulos finais da ADM, contribuiria com o aumento no desempenho do teste de 1RM na mesma proporção, pois os dois protocolos favoreceriam o ganho na capacidade de produção de força em ângulos próximos à *sticking region* ou antes dela.

O raciocínio apresentado alerta para o fato de que estudos que visem investigar a diferença promovida por diferentes protocolos de treinamento no desempenho de força máxima, devem observar as características mecânicas do aparelho para garantir que estas condições sejam adequadas para identificar o efeito da variável estudada. Além disso, a comparação entre estudos que utilizem o mesmo tipo de aparelho (neste caso, o extensor de joelhos), porém com características mecânicas diferentes (*e.g.* localização da *sticking region* na ADM), devem ser feitas com cautela para não resultar em conclusões equivocadas.

No presente estudo, os protocolos 6s e 2s promoveram um aumento significativo no desempenho do teste de 1RM (14,4 e 13,3 %, respectivamente - TABELA 3) porém sem diferença significativa entre protocolos. Esse resultado corrobora dados de outros estudos que também compararam protocolos com diferentes durações das repetições no exercício extensão de joelhos. Tanimoto e Ishii (2006) que encontraram 28,1 e 31,8 % em 12 semanas, utilizando dois protocolos com NMR e Fielding *et al.* (2002) com aumento de 44,1 e 41,8 % em 16 semanas de treinamento. Já Watanabe *et al.* (2014) encontraram aumentos no desempenho do teste de 1RM de 18,5 e 18,6 % após 12 semanas de treinamento utilizando intensidade de 30% 1RM. Em outro estudo, Watanabe *et al.* (2013) apresentaram aumentos de desempenho no teste de 1RM de, 7,5 e 7,9 %, utilizando protocolos com 3 séries do exercício extensão de joelhos com

intensidade de 50% de 1RM durante 12 semanas. As diferenças entre as magnitudes de ganho no desempenho encontradas na literatura podem estar relacionadas a fatores como o critério utilizado para se definir o desempenho, que no presente estudo foi definido como a massa das anilhas levantadas, adicionada à massa do suporte de anilhas, o que faz com que as anilhas sejam parte da massa que define o desempenho. Desta forma, a variação da massa das anilhas representa um percentual menor no aumento do desempenho, por significar um aumento de parte da massa levantada, do que se fosse considerado apenas a massa das anilhas como desempenho, pois assim seria um aumento da massa total determinada como desempenho. Além disso, a diferença entre número de exercícios utilizados (outros exercícios além da extensão de joelhos), progressão da carga de treinamento, intensidade, número de sessões, característica da amostra e características mecânicas do equipamento inviabilizam a comparação entre os trabalhos. Contudo, assim como este estudo, nenhum deles encontrou diferença significativa no aumento do desempenho de força entre os protocolos com diferentes durações das repetições.

Buckner *et al.* (2017) ressaltam que o teste para se avaliar o desempenho de força deve ser específico e que o teste de 1RM seria mais sensível para identificar alterações provocadas por treinamentos que utilizem intensidade mais próxima de 100% de 1RM, corroborando com a meta-análise de Davies *et al.* (2017) que comparou o efeito de protocolos de treinamento de força com diferentes durações das repetições no desempenho do teste de 1RM. A revisão abordou estudos com intensidade entre 30 e 95% de 1RM e não encontrou diferença significativa entre os protocolos ($p = 0,48$). Porém, quando restringiram a análise de estudos com intensidade entre 60 e 79% de 1RM, encontraram uma tendência favorável ao protocolo com menor duração da repetição ($p = 0,06$). Estudos futuros, que utilizem intensidades maiores que a utilizada neste estudo (50 – 60% 1RM) e aproximando da intensidade do teste (100% 1RM), podem favorecer a identificação de diferenças provocadas por protocolos com diferentes durações das repetições no desempenho do teste de 1RM.

6.2 Influência dos protocolos de treinamento no perfil cinético do teste de 1RM

O perfil cinético do teste de 1RM apresentou alterações semelhantes após treinamento com protocolos de diferentes durações das repetições, fazendo com que a hipótese de que os valores de força dos diferentes ângulos da ADM aumentariam de acordo com as características do perfil cinético de cada protocolo fosse rejeitada. Este resultado aponta um

questionamento acerca da transferência da especificidade angular identificada em treinamento com exercício isométrico (KUBO *et al.*, 2006; NOORKOIV; NOSAKA; BLAZEVIČH, 2014) para o treinamento com exercício dinâmico como o utilizado no presente estudo. O aumento nos valores de força não foram maiores nas faixas angulares em que o perfil cinético de determinado protocolo de treinamento proporcionavam maiores valores de força durante o treinamento, como sugeriram Rhea *et al.* (2016). Apesar dos protocolos não terem provocado alterações significativas no perfil cinéticos dos testes de 1RM, é possível observar que o protocolo com maior duração da repetição foi mais favorável ao aumento do valor médio de força na faixa angular 7 (40 a 30°) no teste de 1RM (ângulos finais da extensão de joelho) (Figura 3). Nesta faixa angular do teste de 1RM, considerando a variação dos valores de força entre o pré e o pós-teste, o membro que treinou o protocolo 6s apresentou um aumento de 7%, enquanto o membro que treinou o protocolo 2s apresentou diminuição de 2%. Estes dados concordam com a hipótese de que o treinamento com protocolos de maior duração da repetição poderiam favorecer o aumento nos valores de força nos ângulos finais do perfil cinético do teste de 1RM. Já na faixa angular 1 (100 a 90°) os dois protocolos promoveram um aumento no valor de força de 8 % quando comparado o pós com o pré-teste. Na faixa angular 3 (80 a 70°), o membro do protocolo 6s apresentou um aumento de 7%, enquanto o membro do protocolo 2s apresentou aumento de 11%. Esse aumento semelhante dos dois protocolos na faixa angular 1 e o aumento ao protocolo 2s na faixa angular 3 pode sugerir uma tendência do protocolo de menor duração da repetição beneficiar o aumento da taxa de produção de força nos ângulos iniciais do perfil cinético do teste de 1 RM. Estudos futuros que incluam esta variável como medida de desempenho nas comparações entre protocolos com diferentes durações das repetições poderiam identificar informações relevantes ao treinamento de força.

Outra questão relevante é o método utilizado para mensuração da força máxima. Diferentes procedimentos são utilizados para se mensurar esta variável como o teste de 1RM (isoinercial), testes isométricos ou isocinéticos (GUILHEM; GUÉVEL; CORNU, 2010; BUCKNER *et al.*, 2017; GENTIL *et al.*, 2017; PLAUTARD *et al.*, 2018). O teste de 1RM apresenta um padrão de contração mais próximo da realidade cotidiana e esportiva, sendo também um método confiável para avaliação de força muscular (CRONIN; MCNAIR; MARSHALL, 2003; VERDIJK *et al.*, 2009). Entretanto, é importante considerar que no exercício isoinercial, apesar da resistência oferecida pelo peso das anilhas e pelo suporte ser constante durante toda a ADM, a demanda de esforço sobre a musculatura fica subestimada em alguns ângulos articulares devido às propriedades biomecânicas relacionadas ao movimento

articular (GUILHEM; GUÉVEL; CORNU, 2010). Além disso, a relação força-velocidade do músculo não permite caracterizar a capacidade máxima de força de uma posição articular, mas sim, a capacidade dinâmica (CRONIN; MCNAIR; MARSHALL, 2003), que sofre interferência variada de acordo com a magnitude da velocidade aplicada e o ângulo articular (FREY-LAW *et al.*, 2012). Sendo assim, para se avaliar dinamicamente a real capacidade de produção de força nos diferentes ângulos da ADM, o teste isocinético seria mais apropriado (GENTIL *et al.*, 2017). A alta confiabilidade e objetividade da dinamometria (condições isométricas ou isocinéticas) conferem a este tipo de teste o “padrão ouro”, mas, por outro lado, este tipo de ação muscular não simula o movimento natural do corpo, que inclui aceleração e desaceleração, ficando distante dos padrões esportivos e cotidianos (CRONIN; MCNAIR; MARSHALL, 2003). Contudo, o teste isocinético se diferencia do isoinercial pelo fato de sua velocidade controlada permitir a produção de força máxima em todos os ângulos (GUILHEM; GUÉVEL; CORNU, 2010; GENTIL *et al.*, 2017), porém, métodos mais precisos e confiáveis nem sempre são os mais práticos (MCMASTER *et al.*, 2014). Embora os dois testes sejam válidos para se avaliar mudanças na capacidade da força muscular, a escolha do teste deve levar em consideração a variável em estudo (GENTIL *et al.*, 2017), com o objetivo de garantir mais especificidade entre teste e treinamento.

No teste de 1RM, como o utilizado neste estudo, a dinâmica do movimento afeta os valores de força ao longo da ADM, considerando que a velocidade do movimento possui uma relação inversa com a capacidade de produção de força do músculo (FREY-LAW *et al.*, 2012). Assim, mesmo na hipótese dos dois protocolos promoverem ganhos diferentes na capacidade de produzir força em cada faixa angular, é possível que no teste de 1RM não se identifique essa capacidade ângulo-específica. Isso pode ocorrer porque os valores de força podem ser afetados pela velocidade do movimento, a qual não é controlada durante o teste de 1RM. Um movimento com maior velocidade, conseqüentemente com maior momento angular, precisará de maior desaceleração nos ângulos finais e para que isso ocorra é necessário que a força aplicada seja reduzida, fazendo com que a velocidade chegue a zero ao final da ADM. Desta forma, um teste de 1RM executado com maior velocidade pode ter os valores de força nos ângulos finais menores, não por uma menor capacidade de produzir torque, mas por consequência do momento angular gerado. Neste contexto, a velocidade de execução do teste deve ser levada em consideração ao se avaliar a capacidade de produção de força dinâmica em diferentes ângulos através do teste de 1RM. No presente estudo, não houve diferença significativa nas durações dos

testes de 1RM entre os membros que realizaram cada protocolo de treinamento e também entre o pré e pós-teste.

Entretanto, na comparação entre os valores de força registrados nas faixas angulares durante os pré e pós-teste de 1RM, a faixa angular 3 apresentou valores de força maiores que as faixas 1 e 2, assim como o valor da faixa angular 5 foi maior que as faixas 6 e 7. Portanto, os maiores valores de força registrados estão entre as faixas 3 e 5, que abrangem a amplitude de 80 a 50°, concordando com o que outros estudos têm apontado como os ângulos em que os extensores do joelho apresentam maior capacidade de produção de força (FOLLAND; MORRIS, 2008; LANZA; BALSHAW; FOLLAND, 2019).

6.3 Limitações do estudo e sugestões futuras

Uma possível limitação do desenho experimental intra-indivíduo é o efeito do treinamento de força unilateral no membro contralateral (cross-training effect ou cross education- efeito cruzado) (BEYER *et al.*, 2016). Entretanto, Madarame *et al.* (2008) verificaram que apenas o membro treinado foi capaz de aumentar o desempenho de força máxima (dinâmica e isométrica) após 10 semanas de treinamento, descartando o efeito cruzado para as variáveis analisadas. Além disso, Mitchell *et al.* (2012) não verificaram uma correlação significativa entre os ganhos de força máxima dinâmica dos dois membros inferiores ($r = 0,33$), sugerindo que o efeito do treinamento contralateral é mínimo ou inexistente para esta variável, quando os dois membros realizam o treinamento com diferentes protocolos (MUNN; HERBERT; GANDEVIA, 2004).

No presente estudo definimos por uma análise estatística tradicional para a análise do perfil cinético. Contudo, seria interessante que outras técnicas de análise possam ser implementadas como intuito de verificar se permitem novos insights sobre o fenômeno investigado. Além disso, um período maior de treinamento poderia permitir que as diferenças geradas pelos protocolos alcançassem níveis mais evidentes. Uma possível vantagem no aumento da taxa de produção de força nos ângulos iniciais da ADM promovido pelo protocolo com menor duração da repetição proporcionaria maior tensão mecânica nessa região angular podendo favorecer o aumento na capacidade de produção de torque nestes ângulos.

7 CONCLUSÃO

Os resultados encontrados no presente estudo mostram que protocolos configurados com diferentes durações das repetições, porém equiparados pela intensidade, pausa, número de séries e executados com NMR promovem ganhos semelhantes no desempenho de força máxima dinâmica (teste de 1RM). Adicionalmente, o treinamento destes protocolos não altera o perfil cinético do teste de 1RM, promovendo ganhos nos valores de força em toda a ADM, sem diferença entre os protocolos.

REFERÊNCIAS

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. 174–180, fev. 2000.

ACSM. Progression Models in Resistance Training for Healthy Adults. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 41, n. 3, p. 687–708, mar. 2009.

ACSM. **Diretrizes do ACSM para os testes de esforço e sua prescrição**. 10. ed. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014.

ANDERSEN, J. L.; AAGAARD, P. Effects of strength training on muscle fiber types and size; consequences for athletes training for high-intensity sport. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 20, p. 32–38, 14 set. 2010.

BECK, T. The importance of a priori sample size estimation in strength and conditioning research. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 27, n. 8, p. 2323–2337, 2013.

BENTLEY, J. R. *et al.* Effects of different lifting cadences on ground reaction forces during the squat exercise. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 24, n. 5, p. 1414–1420, maio 2010.

BEYER, K. S. *et al.* Short-term unilateral resistance training results in cross education of strength without changes in muscle size, activation, or endocrine response. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 30, n. 5, p. 1213–1223, maio 2016.

BUCKNER, S. L. *et al.* Determining Strength: A Case for Multiple Methods of Measurement. **Sports Medicine**, v. 47, n. 2, p. 193–195, 5 fev. 2017.

BURD, N. A. *et al.* Low-load high volume resistance exercise stimulates muscle protein synthesis more than high-load low volume resistance exercise in young men. **PloS one**, v. 5, n. 8, p. e12033, 9 ago. 2010.

CARLSON, L. *et al.* Neither repetition duration nor number of muscle actions affect strength increases, body composition, muscle size, or fasted blood glucose in trained males and females. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 44, n. 2, p. 200–207, fev. 2019.

COHEN, J. **Statistical power analysis for the behavioral sciences**. 2nd. ed. [s.l.] Lawrence Erlbaum Associates, 1988.

CREWETHER, B.; CRONIN, J.; KEOGH, J. Possible stimuli for strength and power adaptation: acute mechanical responses. **Sports Medicine (Auckland, N.Z.)**, v. 35, n. 11, p. 967–989, 2005.

CRONIN, J. B.; MCNAIR, P. J.; MARSHALL, R. N. Force-velocity analysis of strength-training techniques and load: implications for training strategy and research. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 17, n. 1, p. 148–155, fev. 2003.

DALLEAU, G. *et al.* The influence of variable resistance moment arm on knee extensor performance. **Journal of Sports Sciences**, v. 28, n. 6, p. 657–665, abr. 2010.

DAVIES, T. B. *et al.* Effect of Movement Velocity During Resistance Training on Dynamic Muscular Strength: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Sports Medicine**, v. 47, n. 8, p. 1603–1617, 20 ago. 2017.

DINIZ, R. C. R. **Comparação das respostas de hipertrofia inter e intramuscular e de força em ângulo específico após protocolos de treinamento de força com diferentes durações das ações musculares**. 2016. 86f. Tese de Doutorado - Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016.

DOIX, A.-C. M.; LEFÈVRE, F.; COLSON, S. S. Time course of the cross-over effect of fatigue on the contralateral muscle after unilateral exercise. **PloS one**, v. 8, n. 5, p. e64910, 2013.

DRUST, B. *et al.* Circadian rhythms in sports performance--an update. **Chronobiology international**, v. 22, n. 1, p. 21–44, 2005.

EMA, R. *et al.* Inhomogeneous architectural changes of the quadriceps femoris induced by resistance training. **European Journal of Applied Physiology**, v. 113, n. 11, p. 2691–2703, nov. 2013.

FIELDING, R. A. *et al.* High-Velocity Resistance Training Increases Skeletal Muscle Peak Power in Older Women. **Journal of the American Geriatrics Society**, v. 50, n. 4, p. 655–662, abr. 2002.

FOLLAND, J. *et al.* Strength Training: Isometric Training at a Range of Joint Angles versus Dynamic Training. **Journal of Sports Sciences**, v. 23, n. 8, p. 817–824, ago. 2005.

FOLLAND, J.; MORRIS, B. Variable-cam resistance training machines: Do they match the angle – torque relationship in humans? **Journal of Sports Sciences**, v. 26, n. 2, p. 163–169, 15 jan. 2008.

FOLLAND, J. P.; WILLIAMS, A. G. The Adaptations to Strength Training. **Sports Medicine**, v. 37, n. 2, p. 145–168, 2007.

FREY-LAW, L. A. *et al.* Knee and Elbow 3D Strength Surfaces: Peak Torque-Angle-Velocity Relationships. **Journal of Applied Biomechanics**, v. 28, n. 6, p. 726–737, dez. 2012.

FRITZ, C. O.; MORRIS, P. E.; RICHLER, J. J. Effect size estimates: current use, calculations, and interpretation. **Journal of experimental psychology: General**, v. 141, n. 1, p. 2–18, fev. 2012.

GABRIEL, D. A.; KAMEN, G.; FROST, G. Neural Adaptations to Resistive Exercise. **Sports Medicine**, v. 36, n. 2, p. 133–149, 2006.

GEHLERT, S. *et al.* High force development augments skeletal muscle signalling in resistance exercise modes equalized for time under tension. **Pflügers Archiv - European Journal of Physiology**, v. 467, n. 6, p. 1343–1356, 29 jun. 2015.

GENTIL, P. *et al.* Isokinetic Dynamometry and 1RM Tests Produce Conflicting Results for Assessing Alterations in Muscle Strength. **Journal of Human Kinetics**, v. 56, n. 1, p. 19–27, 25 fev. 2017.

GRAVES, J. E. *et al.* Specificity of limited range of motion variable resistance training.

Medicine & Science in Sports & Exercise, v. 21, n. 1, p. 84–89, fev. 1989.

GUILHEM, G.; GUÉVEL, A.; CORNU, C. A standardization method to compare isotonic vs. isokinetic eccentric exercises. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 20, n. 5, p. 1000–1006, out. 2010.

HALL, S. J. **Biomecânica Básica**. 7. ed. ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 2016.

IZQUIERDO, M. *et al.* Differential effects of strength training leading to failure versus not to failure on hormonal responses, strength, and muscle power gains. **Journal of Applied Physiology**, v. 100, n. 5, p. 1647–1656, maio 2006.

KOMPF, J.; ARANDJELOVIĆ, O. Understanding and Overcoming the Sticking Point in Resistance Exercise. **Sports Medicine**, v. 46, n. 6, p. 751–762, 12 jun. 2016.

KUBO, K. *et al.* Effects of isometric training at different knee angles on the muscle-tendon complex in vivo. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v. 16, n. 3, p. 159–167, jun. 2006.

LACERDA, L. T. *et al.* Variations in repetition duration and repetition numbers influence muscular activation and blood lactate response in protocols equalized by time under tension. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 30, n. 1, p. 251–258, jan. 2016.

LACERDA, L. T. *et al.* Is Performing Repetitions to Failure Less Important Than Volume for Muscle Hypertrophy and Strength? **Journal of Strength and Conditioning Research**, 2019.

LANZA, M. B.; BALSHAW, T. G.; FOLLAND, J. P. Explosive strength: effect of knee-joint angle on functional, neural, and intrinsic contractile properties. **European Journal of Applied Physiology**, v. 119, n. 8, p. 1735–1746, 21 ago. 2019.

LEVINGER, I. *et al.* The reliability of the 1RM strength test for untrained middle-aged individuals. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 12, n. 2, p. 310–316, mar. 2009.

MADARAME, H. *et al.* Cross-Transfer Effects of Resistance Training with Blood Flow Restriction. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 40, n. 2, p. 258–263, fev. 2008.

MARIM, E.; LAFASSE, R.; OKAZAKI, V. Inventário de preferência lateral global (IPLAG). **Brazilian Journal of Motor Behavior**, v. 6, n. 3, p. 14–23, 2011.

MARTIN, P. G.; RATTEY, J. Central fatigue explains sex differences in muscle fatigue and contralateral cross-over effects of maximal contractions. **Pflügers Archiv - European Journal of Physiology**, v. 454, n. 6, p. 957–969, set. 2007.

MCCMAHON, G. E. *et al.* Impact of range of motion during ecologically valid resistance training protocols on muscle size, subcutaneous fat, and strength. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 28, n. 1, p. 245–255, jan. 2014.

MCMMASTER, D. T. *et al.* A Brief Review of Strength and Ballistic Assessment Methodologies in Sport. **Sports Medicine**, v. 44, n. 5, p. 603–623, 5 maio 2014.

MITCHELL, C. J. *et al.* Resistance exercise load does not determine training-mediated hypertrophic gains in young men. **Journal of Applied Physiology**, v. 113, n. 1, p. 71–77, jul.

2012.

MORTON, R. W.; MCGLORY, C.; PHILLIPS, S. M. Nutritional interventions to augment resistance training-induced skeletal muscle hypertrophy. **Frontiers in Physiology**, v. 6, p. 245, 2015.

MUNN, J. *et al.* Resistance training for strength: effect of number of sets and contraction speed. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 37, n. 9, p. 1622–1626, set. 2005.

MUNN, J.; HERBERT, R. D.; GANDEVIA, S. C. Contralateral effects of unilateral resistance training: a meta-analysis. **Journal of Applied Physiology**, v. 96, n. 5, p. 1861–1866, maio 2004.

NÓBREGA, S. R. *et al.* Effect of resistance training to muscle failure vs. volitional interruption at high- and low-intensities on muscle mass and strength. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 32, n. 1, p. 162–169, jan. 2018.

NOORKOIV, M.; NOSAKA, K.; BLAZEVIČH, A. J. Neuromuscular adaptations associated with knee joint angle-specific force change. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 46, n. 8, p. 1525–1537, ago. 2014.

OLSEN, L. A.; NICOLL, J. X.; FRY, A. C. The skeletal muscle fiber: a mechanically sensitive cell. **European Journal of Applied Physiology**, v. 119, n. 2, p. 333–349, 5 fev. 2019.

PADULO, J. *et al.* Effect of different pushing speeds on bench press. **International Journal of Sports Medicine**, v. 33, n. 5, p. 376–380, maio 2012.

PAREJA-BLANCO, F. *et al.* Effect of movement velocity during resistance training on neuromuscular performance. **International Journal of Sports Medicine**, v. 35, n. 11, p. 916–924, out. 2014.

PLAUTARD, M. *et al.* Comparison of two methodological approaches for the mechanical analysis of single-joint isoinertial movement using a customised isokinetic dynamometer. **Sports Biomechanics**, v. 17, n. 3, p. 287–302, 3 jul. 2018.

RHEA, M. R. *et al.* Joint-Angle Specific Strength Adaptations Influence Improvements in Power in Highly Trained Athletes. **Human Movement**, v. 17, n. 1, 1 jan. 2016.

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.

SAMPSON, J. A.; GROELLER, H. Is repetition failure critical for the development of muscle hypertrophy and strength? **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 26, n. 4, p. 375–383, abr. 2016.

SCHOENFELD, B. J. *et al.* Muscle activation during low- versus high-load resistance training in well-trained men. **European Journal of Applied Physiology**, v. 114, n. 12, p. 2491–2497, 12 dez. 2014.

TAN, B. Manipulating Resistance Training Program Variables to Optimize Maximum Strength in Men: A Review. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 13, n. 3, p. 289–304,

1999.

TANIMOTO, M. *et al.* Effects of whole-body low-intensity resistance training with slow movement and tonic force generation on muscular size and strength in young men. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 22, n. 6, p. 1926–1938, nov. 2008.

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, abr. 2006.

ULLRICH, B.; KLEINÖDER, H.; BRÜGGEMANN, G. Moment-angle relations after specific exercise. **International Journal of Sports Medicine**, v. 30, n. 04, p. 293–301, 6 abr. 2009.

VAN DEN TILLAAR, R.; ETTEMA, G. The “sticking period” in a maximum bench press. **Journal of Sports Sciences**, v. 28, n. 5, p. 529–535, mar. 2010.

VERDIJK, L. B. *et al.* One-repetition maximum strength test represents a valid means to assess leg strength in vivo in humans. **Journal of Sports Sciences**, v. 27, n. 1, p. 59–68, 15 jan. 2009.

WATANABE, Y. *et al.* Increased muscle size and strength from slow-movement, low-intensity resistance exercise and tonic force generation. **Journal of aging and physical activity**, v. 21, n. 1, p. 71–84, jan. 2013.

WATANABE, Y. *et al.* Effect of very low-intensity resistance training with slow movement on muscle size and strength in healthy older adults. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v. 34, n. 6, p. 463–470, nov. 2014.

WERNBOM, M.; AUGUSTSSON, J.; THOMEÉ, R. The influence of frequency, intensity, volume and mode of strength training on whole muscle cross-sectional area in humans. **Sports Medicine**, v. 37, n. 3, p. 225–264, 2007.

ANEXO I: Parecer consubstanciado do Comitê de Ética

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
MINAS GERAIS



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Influência do treinamento de força realizado até a falha muscular e com diferentes durações da repetição nas respostas de hipertrofia e força muscular

Pesquisador: Mauro Heleno Chagas

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 79108117.5.0000.5149

Instituição Proponente: PRO REITORIA DE PESQUISA

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.422.873

Apresentação do Projeto:

O treinamento de força realizado até a falha muscular (FM) tem sido utilizado na musculação como tentativa de maximizar as respostas de força e hipertrofia muscular. Porém, a falta de equiparação dos protocolos de treinamento que investigaram o tema seria um fator causador de um viés nas adaptações crônicas promovidas pelo treinamento até a FM e sem a presença da falha muscular (SFM. Na presente proposta os pesquisadores pretendem realizar dois experimentos em que os voluntários serão submetidos à diferentes protocolos de treinamento durante 14 semanas (42 sessões de treinamento), havendo também a realização de testes antes e após este período. Participarão deste estudo voluntários do sexo masculino com idade entre 18 e

30 anos. Os protocolos de treinamento serão configurados da seguinte forma: Protocolo A - duração da repetição de 8s e realizado até a falha muscular; Protocolo B - duração da repetição de 8s e a média do número de repetições realizadas no protocolo A; Protocolo C - duração da repetição de 2s e realizado até a falha muscular. No Experimento 1, serão comparados os protocolos A e B, e no Experimento 2, os protocolos A e C. Dez voluntários participarão do Experimento 1 e os outros 10 voluntários executarão o Experimento 2. Todos os voluntários realizarão os treinamentos no banco extensor de joelhos unilateral e leg press 45º três vezes por semana, sendo que cada membro inferior executará um dos protocolos de treinamento. As sessões de testes serão realizadas sempre no mesmo horário do dia para um determinado voluntário. Na sessão de coleta 1, os voluntários realizarão a leitura e assinatura do termo

Endereço: Av. Presidente Antônio Carlos, 6627 2º Ad Sl 2005

Bairro: Unidade Administrativa II **CEP:** 31.270-901

UF: MG **Município:** BELO HORIZONTE

Telefone: (31)3409-4592

E-mail: coep@prpq.ufmg.br

Continuação do Parecer: 2.422.873

consentimento livre esclarecido (TCLE), como também, para caracterização da amostra, serão aferidas medidas antropométricas (massa e estatura) e de composição corporal (percentual de gordura). Na sessão de coleta 2, serão realizados exames de ressonância magnética computadorizada (RMC) para determinação da área de secção transversa (AST) de diferentes regiões dos músculos que compõem o grupo muscular quadríceps. Após um período mínimo de 48h (sessões de coleta 3 e 4), serão realizados testes de força máxima isométrica (CIVM), força máxima dinâmica (1RM) e resistência de força (RF). Nas sessões de coleta 5 a 46, os voluntários comparecerão a 3 sessões de treinamento semanais, separadas por um período de 48h, por um período de 14 semanas ao Laboratório do Treinamento em Musculação (LAMUSC) localizado na Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional (EEFFTO) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Após 72-120h da última sessão de treinamento, na sessão de coleta 47, voluntários serão encaminhados para uma nova avaliação de RMC. Na sessão de coleta 48, serão repetidos os testes de CIVM, 1RM e RF para todos protocolos de treinamento investigados. Os protocolos de treinamento serão os seguintes: A (Treinamento FM com 6s de duração da repetição); B (Treinamento até a SFM com 6s de duração da repetição); C (Treinamento até a FM com 2s de duração da repetição).

Objetivo da Pesquisa:

São objetivos do estudo: 1 - Comparar o efeito de 14 semanas de treinamento nas respostas de hipertrofia muscular, força máxima (isométrica e dinâmica), resistência de força e atividade eletromiográfica utilizando um protocolo de treinamento realizado até falha muscular e outro que não será executado até a falha muscular (Experimento 1). 2 - Comparar o efeito de 14 semanas de treinamento nas respostas de hipertrofia muscular, força máxima (isométrica e dinâmica), resistência de força e atividade eletromiográfica utilizando dois protocolos de treinamento realizados até a falha muscular, porém com diferentes durações da repetição (Experimento 2).

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Os pesquisadores declaram que os riscos da participação no estudo envolvem lesões musculó-esqueléticas. Estes riscos são similares ao de uma prática convencional de exercícios de força na musculação. 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).

Endereço: Av. Presidente Antônio Carlos, 6627 2º Ad S/N 2005

Bairro: Unidade Administrativa II CEP: 31.270-901

UF: MG Município: BELO HORIZONTE

Telefone: (31)3409-4592

E-mail: coep@prpq.ufmg.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
MINAS GERAIS



Continuação do Parecer: 2.422.873

Os benefícios declarados são contribuir para o estudo da atividade física e do esporte, ajudando a descobrir novos métodos que auxiliem na compreensão das variáveis que influenciam o treinamento de na musculação e a realização de um programa de exercícios orientado por profissionais de Educação Física.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O projeto está bem fundamentado, corresponde à linha de pesquisa do pesquisador, é exequível e atende às normas éticas para pesquisa envolvendo seres humanos.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Foram apresentados os seguintes documentos referentes ao projeto: informações básicas, projeto detalhado, Termos de consentimento livre e esclarecido (TCLE) para o estudo e teste piloto, folha de rosto preenchida pelo pesquisador e assinada pela direção da EEEFTO/UFMG, cronograma do estudo, termo de compromisso do pesquisador e parecer consubstanciado emitido pela Câmara Departamental de Esportes da EEEFTO.

Recomendações:

Caso a página de assinaturas continuar constituindo-se uma folha em separado, solicita-se o cuidado de obter a rubrica do participante da pesquisa e do pesquisador nas demais folhas do TCLE, considerando-se a proteção do participante bem como do pesquisador (Resolução CNS nº 466 de 2012 itens IV.5.d). Aconselha-se, portanto, inserir campo para rubrica para o participante e o pesquisador.

16. Fazer um termo de consentimento ou assentimento pós-informação, com as devidas assinaturas.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Sou, SMJ pela aprovação do projeto.

Considerações Finais a critério do CEP:

Tendo em vista a legislação vigente (Resolução CNS 466/12), o COEP-UFMG recomenda aos Pesquisadores: comunicar toda e qualquer alteração do projeto e do termo de consentimento via emenda na Plataforma Brasil, informar imediatamente qualquer evento adverso ocorrido durante o desenvolvimento da pesquisa (via documental encaminhada em papel), apresentar na forma de notificação relatórios parciais do andamento do mesmo a cada 06 (seis) meses e ao término da pesquisa encaminhar a este Comitê um sumário dos resultados do projeto (relatório final).

Endereço: Av. Presidente Antônio Carlos, 6627 2º Ad SI 2005

Bairro: Unidade Administrativa II

CEP: 31.270-901

UF: MG

Município: BELO HORIZONTE

Telefone: (31)3409-4592

E-mail: coep@prpq.ufmg.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
MINAS GERAIS



Continuação do Parecer: 2.422.873

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1009195.pdf	18/10/2017 14:09:18		Aceito
Outros	Carta_resposta_pendencia_parecer.pdf	18/10/2017 14:08:18	Mauro Heleno Chagas	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_detalhado_modificado.pdf	18/10/2017 14:01:47	Mauro Heleno Chagas	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_Estudo_principal_e_piloto_Modificado.pdf	18/10/2017 14:00:57	Mauro Heleno Chagas	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_rosto_modificado.pdf	18/10/2017 13:59:26	Mauro Heleno Chagas	Aceito
Orçamento	Orcamento.pdf	10/10/2017 12:28:55	Mauro Heleno Chagas	Aceito
Cronograma	Cronograma.pdf	10/10/2017 12:26:27	Mauro Heleno Chagas	Aceito
Outros	Termodecompromisso.pdf	10/10/2017 12:17:06	Mauro Heleno Chagas	Aceito
Outros	PARECER.pdf	10/10/2017 12:15:24	Mauro Heleno Chagas	Aceito
Outros	79108117parece.pdf	07/12/2017 16:01:10	Vivian Resende	Aceito
Outros	79108117aprovacao.pdf	07/12/2017 16:01:39	Vivian Resende	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

BELO HORIZONTE, 07 de Dezembro de 2017

Assinado por:
Vivian Resende
(Coordenador)

Endereço: Av. Presidente Antônio Carlos, 6627 2º Ad Si 2005
 Bairro: Unidade Administrativa II CEP: 31.270-901
 UF: MG Município: BELO HORIZONTE
 Telefone: (31)3409-4592 E-mail: coep@prpq.ufmg.br

ANEXO II - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Venho por meio deste, convidá-lo a participar da pesquisa intitulada "Influência do treinamento de força realizado até a falha muscular e sua interação com diferentes durações da repetição nas respostas de hipertrofia e força muscular", 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. Mauro Heleno Chagas (Orientador) e Lucas Túlio de Lacerda (Doutorando).

A pesquisa consistirá na realização de 42 sessões de treinamento na musculação, que serão executadas com uma frequência de três vezes na semana. Será analisado o efeito de diferentes protocolos de treinamento durante esse período, avaliando as respostas de força e ativação muscular de membros inferiores, como também o aumento da massa muscular envolvida no exercício banco extensor de joelhos. Para que seja possível realizar tais avaliações, será necessário que você seja submetido a testes de força máxima no exercício extensor de joelhos e a exames de ressonância magnética computadorizada no quadríceps femoral antes da primeira e após a última semana de treinamento.

Um objetivo adicional da pesquisa é investigar as respostas neuromusculares decorrentes dos protocolos de treinamento selecionados neste estudo. Para isso, em dois dos dias de exercício, haverá a mensuração da atividade eletromiográfica do reto femoral, vasto lateral e vasto medial (músculos que compõe o quadríceps femoral) por meio de eletrodos de superfície. Será realizada a tricotomização (raspagem dos pêlos) na região da coxa para a colocação de eletrodos de superfície.

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 procuram para fins esportivos quanto para a própria saúde. Sua participação colaborará para que se atinja tal objetivo. Além disso, você se beneficiará da realização de um programa de exercícios orientado por profissionais de Educação Física.

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. Considerando que tais práticas serão supervisionadas, a ocorrência de problemas se torna ainda mais reduzida. Estes eventos 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. Mauro Heleno Chagas, tel. 3409-2334 e Rodrigo César Ribeiro Diniz, tel. 98832 0283 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 "Influência do treinamento de força realizado até a falha muscular e com diferentes durações da repetição nas respostas de hipertrofia e força muscular", 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 2018.

Assinatura do voluntário: _____

Nome do voluntário: _____

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

Lucas Túlio de Lacerda
Doutorando em Ciências do Esporte – EEEFTO/ UFMG

ANEXO III: Dados de calibragem da célula de carga

POT (°)	AJ	Suporte sem peso		Suporte + 9,9kg		Suporte + 19,74kg		Suporte + 29,58kg	
		F SP (N)	F AL (N)	F AP (N)	F PÉ (N)	F AP (N)	F PÉ (N)	F AP (N)	F PÉ (N)
90	4	99,1	126,3	198,6	242,2	298,0	354,5	397,8	498,0
	3	98,9	140,6	198,9	269,8	297,7	409,6	400,6	556,2
	2	98,3	150,5	198,1	321,0	297,7	466,2	398,5	627,9
80	4	98,7	133,2	200,0	256,7	298,7	377,8	400,2	501,5
	3	98,8	151,1	199,5	284,9	300,0	427,2	399,5	564,4
	2	99,0	167,6	199,0	318,9	299,5	479,5	399,5	636,8
70	4	99,4	154,6	198,7	279,4	299,8	4005,6	398,0	532,5
	3	99,3	165,0	199,1	297,3	300,2	437,0	399,1	581,0
	2	99,3	179,0	199,1	334,2	299,8	493,0	398,5	650,0
60	4	99,5	166,0	199,7	295,0	299,5	422,0	399,3	547,6
	3	99,7	179,2	199,7	319,0	300,8	465,3	398,3	606,0
	2	99,3	203,8	199,6	368,8	300,4	540,8	398,7	700,0
50	4	99,4	179,5	199,0	306,2	299,6	433,4	398,5	562,4
	3	99,5	193,2	199,1	331,8	299,6	472,6	400,1	629,0
	2	99,5	220,0	198,8	376,7	296,8	535,0	398,0	713,6
40	4	97,0	175,2	196,7	294,0	295,9	416,2	395,7	544,6
	3	96,5	196,5	196,3	327,3	296,7	464,8	395,7	600,0
	2	96,6	216,3	196,1	368,4	298,2	535,6	395,9	680,6
30	4	98,0	196,0	197,7	325,9	297,7	441,2	398,9	590,1
	3	97,5	222,3	197,4	361,5	298,8	507,2	398,3	652,1
	2	97,0	236,2	195,5	389,4	299,3	562,0	397,8	711,8
20	4	97,3	200,7	197,3	319,3	298,7	444,0	398,3	566,0
	3	98,5	215,2	199,3	346,9	300,3	484,4	400,1	657,4
	2	97,7	238,0	198,9	395,8	300,2	547,9	398,7	729,3

POT. = ângulo no potenciômetro no eixo de rotação do aparelho; AJ = posição da trava de ajuste da almofada; F SP = força na célula de carga presa em série no suporte com pesos; F AL = força na célula de carga presa na almofada.

Fonte: DINIZ, 2016 (Apêndice II)