

MARCELO AUGUSTO DA SILVA CARNEIRO

**EFEITO DE DIFERENTES PROGRAMAS DE TREINAMENTO DE FORÇA
EM MULHERES NA PÓS-MENOPAUSA: ALTERAÇÕES NA COMPOSIÇÃO
CORPORAL, CAPACIDADE FÍSICO-FUNCIONAL E MARCADORES
INFLAMATÓRIOS**

UBERABA

2019

UNIVERSIDADE FEDERAL DO TRIÂNGULO MINEIRO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA

Marcelo Augusto da Silva Carneiro

**EFEITO DE DIFERENTES PROGRAMAS DE TREINAMENTO DE FORÇA
EM MULHERES NA PÓS-MENOPAUSA: ALTERAÇÕES NA COMPOSIÇÃO
CORPORAL, CAPACIDADE FÍSICO-FUNCIONAL E MARCADORES
INFLAMATÓRIOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Educação Física, área de concentração “Esporte e Exercício” (Linha de Pesquisa: Exercício Físico, Ajustes e Adaptações Neuromusculares, Cardiorrespiratórias e Endócrino-metabólicas), da Universidade Federal do Triângulo Mineiro, como requisito parcial para obtenção do título de mestre.

Orientador: Dr. Fábio Lera Orsatti

Uberaba

2019

**Catálogo na fonte: Biblioteca da Universidade Federal do
Triângulo Mineiro**

C289e Carneiro, Marcelo Augusto da Silva
Efeito de diferentes programas de treinamento de força em mulheres na pós-menopausa: alterações na composição corporal, capacidade físico-funcional e marcadores inflamatórios / Marcelo Augusto da Silva Carneiro. -- 2019.
92 f. : il., graf., tab.

Dissertação (Mestrado em Educação Física) -- Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, MG, 2019
Orientador: Prof. Dr. Fábio Lera Orsatti

1. Educação física para idosos. 2. Adiposidade. 3. Inflamação. 4. Força muscular. 5. Mulheres. 6. Pós-menopausa. I. Orsatti, Fábio Lera. II. Universidade Federal do Triângulo Mineiro. III. Título.

CDU 613.71-053.9

Marcelo Augusto da Silva Carneiro

**EFEITO DE DIFERENTES PROGRAMAS DE TREINAMENTO DE FORÇA
EM MULHERES NA PÓS-MENOPAUSA: ALTERAÇÕES NA COMPOSIÇÃO
CORPORAL, CAPACIDADE FÍSICO-FUNCIONAL E MARCADORES
INFLAMATÓRIOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Educação Física, área de concentração “Esporte e Exercício” (Linha de Pesquisa: Exercício Físico, Ajustes e Adaptações Neuromusculares, Cardiorrespiratórias e Endócrino-metabólicas), da Universidade Federal do Triângulo Mineiro, como requisito parcial para obtenção do título de mestre.

Aprovado em 22 de fevereiro de 2019

Banca Examinadora:

Dr. Fábio Lera Orsatti - Orientador

Universidade Federal do Triângulo Mineiro/UFTM

Dr. Guilherme Morais Puga

Universidade Federal de Uberlândia/UFU

Dr. Markus Vinícius Campos Souza

Universidade Federal do Triângulo Mineiro/UFTM

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por me proporcionar esta oportunidade, pela saúde e força na realização deste trabalho. A toda minha família, em especial meus pais e minha namorada (Helci Perpétua da Silva Lopes, Celio Humberto Carneiro e Jéssica Beatriz Flavio de Sousa, respectivamente) por ter me dado todo amor, apoio, carinho e suporte necessário para concluir esta etapa.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Fabio Lera Orsatti, pela oportunidade de fazer parte do seu grupo de pesquisa por mais de quatro anos, por acreditar e confiar no meu trabalho e ter contribuído muito com seus ensinamentos para minha vida, que ajudaram no meu amadurecimento profissional e pessoal.

Aos integrantes do Grupo de Pesquisa em Biologia do Exercício (BioEx) e amigos que vou levar pela vida inteira Gersiel Nascimento de Oliveira Junior, Paulo Ricardo Prado Nunes, Cristiane Maria de Castro Franco, Daniel de Souza Teixeira, Fernanda Maria Martins, Jairo de Freitas Rodrigues de Sousa, Anselmo Alves de Oliveira, Samarita Beraldo Santagnello, Danyelle Cristina Silva Pelet e Camila Miranda, por toda ajuda durante os projetos, discussão de trabalhos e dados, além dos momentos de descontração.

Aos voluntários das pesquisas, obrigado pela confiança, comprometimento e carinho.

Por fim, a todos aqueles que contribuíram durante mais essa formação acadêmica, para que eu pudesse me manter firme nesta jornada, com intuito de encerrar mais essa fase da minha vida profissional e dar início a próxima, o meu muito obrigado!

“Não há fatos eternos, como não há verdades absolutas.”

Friedrich Nietzsche

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. ARTIGOS PRODUZIDOS	19
2.1. ARTIGO 1.....	19
2.1.1. Introdução.....	20
2.1.2. Métodos.....	22
2.1.3. Resultados.....	29
2.1.3. Discussão.....	45
2.1.4. Referências.....	48
2.2. ARTIGO 2.....	55
2.2.1. Introdução.....	57
2.2.2. Métodos.....	59
2.2.3. Resultados.....	66
2.2.3. Discussão.....	76
2.2.4. Conclusões.....	80
2.2.5. Referências.....	81
3. CONSIDERAÇÕES FINAIS	88
REFERÊNCIAS	89

RESUMO

A proposta do primeiro estudo foi investigar o efeito do treinamento de força com série *cluster* de carga alta (CSCA) ou carga baixa (CSCB) comparada ao treinamento de força com série tradicional de carga alta (TFCA) sobre o desempenho neuromuscular (massa, força e potência musculares, e taxa de desenvolvimento de força e de potência) em mulheres na pós-menopausa (PM). Cada perna das 23 PM foi randomizada e alocada em três grupos: TFCA (n = 12 pernas), CSCA (n = 14 pernas) e CSCB (n = 14 pernas). TFCA e CSCA realizaram três séries de quatro repetições máximas (1RM), 3s por ação muscular, com 1min e 30s de intervalo entre as séries. CSCB realizou três séries de seis repetições a 40% de 1RM (na maior velocidade possível) com 1min e 30s de intervalo entre as séries. Somente o CSCA e CSCB realizaram 30s de intervalo entre cada repetição. Todos os grupos treinaram duas vezes por semana durante oito semanas. Todos os grupos aumentaram a área muscular da coxa, força muscular máxima, média e pico de potência, média e pico de velocidade angular e taxa de desenvolvimento de potência dinâmica, sem diferença entre eles. CSCB foi superior ao TFCA e CSCA para melhorar o desempenho na taxa de desenvolvimento de força isométrica (TDFI) a 0–30, 0–50, 0–100 e 0–200ms. Esse estudo mostra que o TFCA, CSCA e CSCB são efetivos similarmente para melhorar o desempenho muscular (exceto para TDFI) em PM. Particularmente, CSCB é superior ao TFCA e CSCA para aumentar a TDFI (≤ 200 ms) em PM. Referente ao segundo estudo sabe-se pouco sobre o impacto do treinamento de força com carga baixa (BC) sobre os biomarcadores inflamatórios, gordura corporal e capacidade físico-funcional. Esse estudo testou se o BC é uma estratégia alternativa para melhorar os biomarcadores inflamatórios, gordura visceral, massa muscular e capacidade físico-funcional em PM quando comparado ao treinamento de força com alta baixa (AC). Além disso, nós testamos se as mudanças nos biomarcadores inflamatórios são associadas com as alterações na composição corporal e função muscular. Esse estudo incluiu vinte e nove PM: BC (n = 14, 30-35 repetições) e AC (n = 15, 8-12 repetições). Os treinamentos foram realizados três vezes por semana, durante doze semanas. Não houve diferença entre os grupos para as mudanças na gordura, 1RM, capacidade físico-funcional (testes curtos), citocinas e adipocinas. No entanto, uma maior magnitude de aumento foi observada para a massa magra das pernas no grupo BC. Maior magnitude de aumento foi observada para o 6-min e redução para o 400-m

no grupo AC. Houve uma superioridade para o AC em relação ao BC no aumento da HO-1. Além disso, o BC reduziu a eHSP70. Esses resultados sugerem que o BC é uma estratégia alternativa para melhorar os biomarcadores inflamatórios, gordura corporal, força muscular máxima e capacidade físico-funcional (testes curtos) em PM. Além disso, eHSP70 e HO-1 podem ser usados como biomarcadores para acompanhar as mudanças na massa muscular e capacidade físico-funcional.

Palavras-chave: Adiposidade, inflamação, intervalo entre as repetições, massa muscular, mulheres idosas.

ABSTRACT

The purpose of this first study was investigate effect of cluster-set training with higher load (CST-HL) or lower load (CST-LL) compared to traditional sets resistance training (TSRT) on muscle performance (muscle mass, strength, power and rate of force- and power- development) in postmenopausal women (PW). Each leg of 23 PW was randomly allocated into three groups: TSRT (n = 12 legs), CST-HL (n = 14 legs) and CST-LL (n = 14). TSRT and CST-HL performed three sets of four repetitions at 90% one repetition maximum (1RM), 3s per muscle action, with a 1.5-min rest interval between sets. CST-LL performed three sets of six repetitions at 40% 1RM (as fast and strongly as possible) with a 1.5-min rest interval between sets. Only CST-HL and CST-LL groups performed 30s interrepetition rest periods. All groups training twice-weekly during 8 weeks. All groups increase thigh muscle mass, maximal muscle strength, peak and mean power, peak and mean angular velocity and dynamic rate of power development, without difference between them. CST-LL was superior to TSRT and CST-HL for improving isometric RFD at 0–30, 0–50, 0–100 and 0–200ms. This study showed that TSRT, CST-HL and CST-LL are similarly effective at improving muscle performance (except to isometric RFD) in PW. Particularly, CST-LL is superior to TSRT and CST-HL in increasing isometric RFD (≤ 200 ms) in PW. About to the second study less is known about the impact of lower-load resistance training (LL) on inflammatory biomarkers, body adiposity, and physical function. This study tested whether LL is an alternative strategy for improving inflammatory biomarkers, visceral adiposity, muscle mass and physical function in PW when compared with higher-load resistance training (HL). Moreover, we tested whether changes in inflammatory biomarkers are associated with alterations in body composition and muscular function. This study included 29 PW: LL (n = 14, 30-35 repetitions) and HL (n = 15, 8-12 repetitions). LL and HL were performed three times per week, during 12 weeks. Body composition was measured using DXA, maximal muscle strength by 1RM and physical function by sit-to-stand test, timed-up and go, gait speed at 4 meters, 400 meters (400-m) and six-minute walk test (6MWT). The blood indicators were measured by ELISA. There were no differences between the groups in the changes of adiposity, 1RM, physical function (short tests), cytokines, and adipokines. However, greater magnitude of increase in leg lean body mass was observed in LL. Greater magnitudes of increase in

6MWT and of decrease in 400M were observed in HL. There was a superiority of HL over LL in increasing logHO-1. Moreover, the LL decreased HSP70/72. These results suggest that LL is an alternative strategy to improve inflammatory biomarkers, body adiposity, maximal muscle strength and physical function (short tests) in PW. Moreover, eHSP70 and HO-1 may be used as biomarkers to track changes in muscle mass and physical function.

Key-words: Adiposity, inflammation, interrepetition rest, muscle mass, older women.

1. INTRODUÇÃO

1.1 ENVELHECIMENTO

Com avanço da ciência, o aumento da expectativa de vida populacional (*lifespan*) brasileira aumentou. Atualmente, os idosos representam 13,45% da população nacional (de Gênero 2018). Especificadamente, as mulheres acima de 60 anos compõe 7,51% a quantidade de idosos no país (de Gênero 2018). Estima-se que o número de mulheres acima de 60 anos é 20% maior quando comparadas aos homens (DATASUS, 2009). Além disso, em países desenvolvidos, 95% das mulheres atingem a menopausa (Pinto-Neto; Paiva; Fosenchi-Carvasan et al. 2003) e vivem aproximadamente 7,1 anos a mais do que os homens (de Gênero 2018). Portanto, diante desse aumento da sobrevida das mulheres, os profissionais de saúde devem se atentar a essa importante parcela da população.

Nos últimos 30 anos, a estratégia de intervenção primária no campo de geriatria e gerontologia para promover saúde foi tratar as doenças crônicas associadas ao envelhecimento (Seals, Justice et al. 2016). Com isso, essa estratégia promoveu aumento da expectativa de vida, mas não o tempo de vida saudável (*healthspan*). James Fries sugeriu que estratégias eficientes consistem em atrasar o surgimento das morbidades/doenças crônicas, “empurrando” tais morbidades para o final da vida do indivíduo (Fries, Nesse et al. 1984), aumentando o tempo de vida saudável. Portanto, recentemente o termo *healthspan* tem sido proposto para se referir ao período que o indivíduo vive não só livre de doenças crônicas (por exemplo, obesidade, hipertensão, diabetes), mas também de incapacidade físico-funcional (esta sendo uma consequência do declínio físico-funcional) (Kirkland and Peterson 2009; Burch, Augustine et al. 2014; Kennedy, Berger et al. 2014; Seals, Justice et al. 2016).

1.2 DECLÍNIOS FÍSICO-FUNCIONAL E SUAS CONSEQUÊNCIAS

Com avanço da idade, ocorrem alterações significativas sobre as funções morfológicas e funcionais do idoso (Cruz-Jentoft, Baeyens et al. 2010). Sarcopenia é o processo de declínio da massa muscular e função (tal como força muscular e capacidade físico-funcional) (Cruz-Jentoft, Baeyens et al. 2010). Após os 50 anos de idade, a redução da massa muscular ocorre em uma taxa de 1-2% (Marcell 2003). Também, a força muscular reduz de maneira progressiva a partir dessa idade (Skelton, GREIG et al. 1994; Baumgartner, Koehler et al. 1998; Charlier, Mertens et al. 2015). Porém, a potência muscular (produto da força pela velocidade) reduz mais precocemente (a partir dos 40 anos de idade) (Charlier, Mertens et al. 2015) e de maneira mais acentuada (3-4% ao ano em idosos) quando comparado à força muscular (Izquierdo, Gorostiaga et al. 1999). Adicionalmente, a taxa de desenvolvimento de força e de potência (Δ força ou potência/ Δ tempo) reduz com o envelhecimento. Todos esses fatores (massa, força e potência musculares) são importantes preditores da capacidade funcional e das atividades de vida diária do idoso, como por exemplo, se levantar de uma cadeira, caminhar um quarteirão, levantar um objeto (Aagaard, Suetta et al. 2010).

Idosos com declínio na capacidade físico-funcional geram um custo anual para saúde 2,4 vezes mais quando comparado a idosos sem declínio (Pinedo-Villanueva, Westbury et al. 2018). Nesse sentido, o processo de envelhecimento “mal sucedido” leva ao declínio físico-funcional, contribuindo diretamente para o desenvolvimento de incapacidade físico-funcional, baixa qualidade de vida, risco de quedas, mais tempo em estado de hospitalização e mortalidade precoce (Rosenberg 1997; Skelton, Kennedy et al. 2002; Metter, Talbot et al. 2004; Pijnappels, Bobbert et al. 2005; Perry, Carville et al. 2007; Aagaard, Suetta et al. 2010; Bento, Pereira et al. 2010; Cruz-Jentoft, Baeyens et al. 2010; LaRoche, Cremin et al. 2010; Raj, Bird et al. 2010; Guadalupe-Grau, Carnicero et al. 2015; Beudart, Zaaria et al. 2017; Van Driessche, Delecluse et al. 2018). Assim, a redução das funções morfológicas e funcionais tem sido considerada o maior problema de saúde para os idosos (Buford, Anton et al. 2010). Portanto, estratégias de mudança de estilo de vida, tal como a prática do exercício físico, é uma intervenção para preservar a capacidade físico-funcional do idoso e reduzir o impacto sobre os custos de saúde pública.

1.3 MENOPAUSA, DECLÍNIO FÍSICO-FUNCIONAL E INFLAMAÇÃO

A menopausa é a cessação permanente da menstruação caracterizada por um intervalo mínimo de um ano da última menstruação. O período pós-menopausa se refere ao tempo de vida da mulher após a menopausa (Meeting and Organization 2013). O período pós-menopausa é associado com o aumento no tecido adiposo central (gordura visceral), redução da força muscular e da capacidade físico-funcional (Phillips, Rook et al. 1993; Kamel, Maas et al. 2002; Sirola and Rikkonen 2005; Cooper, Mishra et al. 2008; Bondarev, Laakkonen et al. 2018). Mulheres na pós-menopausa tem um declínio físico-funcional acentuado quando comparado aos homens da mesma idade (Kuh, Bassey et al. 2005). Além disso, ocorre um aumento crônico dos níveis de marcadores inflamatórios [por exemplo, interleucina-6 (IL-6), fator de necrose tumoral alfa (TNF α), proteína quimiotática do monócito-1 (MCP-1), proteínas de choque térmico extracelular (eHSP), e adipocinas, tal como a leptina e adiponectina] (Visser, Pahor et al. 2002; Piché, Lemieux et al. 2005; Lisko, Tiainen et al. 2012); (Son, Lee et al. 2013; Abraham, Junge et al. 2016; Ryter and Choi 2016); (Perez, Pareja-Galeano et al. 2016), que estão associados negativamente com a massa muscular e capacidade físico-funcional.

Evidências indicam que o estado inflamatório é um fator de risco para doenças cardiovasculares (Ruparelia, Chai et al. 2017; Ferrucci and Fabbri 2018), além de outras doenças crônicas não transmissíveis relacionadas ao envelhecimento (Fabbri, An et al. 2014). Recentemente, tem sido mostrado que o aumento crônico nos níveis de marcadores inflamatórios de baixo grau é associado à obesidade abdominal (gordura visceral) (Perez, Pareja-Galeano et al. 2016). Muitos pesquisadores propõem que o estado inflamatório de baixo grau pode acelerar o envelhecimento e que deve ser considerado como um dos pilares do envelhecimento (Hodes, Sierra et al. 2016). Nesse sentido, se faz importante a modulação da inflamação crônica de baixo grau em estágios iniciais (prevenção) (Ferrucci and Fabbri 2018), pois isso pode evitar o declínio físico-funcional da mulher na pós-menopausa. Portanto, são necessárias estratégias eficientes para prevenir e reduzir os níveis de marcadores inflamatórios em mulheres na pós-menopausa.

1.4 VARIÁVEIS DO TREINAMENTO DE FORÇA E MULHERES NA PÓS-MENOPAUSA

Uma maneira de prevenir o avanço na inflamação crônica de baixo grau, e consequentemente o desenvolvimento de incapacidade físico-funcional, é por meio do treinamento de força (ACSM 2009). Quando o objetivo é reduzir a gordura corporal, aumentar a massa, força e potência musculares em idosos, o treinamento de força é amplamente aceito como uma intervenção eficiente (ACSM 2009). Para reduzir a gordura corporal, aumentar a massa e força musculares, o Colégio Americano de Medicina do Esporte recomenda a prática do treinamento de força de 2 a 3 vezes por semana, de baixa a moderada velocidade de movimento, sem intervalo entre repetições, de 1 a 3 séries por exercício, com carga entre 60-80% de uma repetição máxima e 8-12 repetições (ACSM 2009; Steib, Schoene et al. 2010). Para aumentar a potência muscular, recomenda-se usar cargas entre 30-60% de uma repetição máxima e realizar de 6-10 repetições com alta velocidade de movimento, sem intervalo entre repetições (ACSM 2009; Byrne, Faure et al. 2016). Porém, sugere-se que a manipulação das variáveis do treinamento de força (carga, velocidade de movimento e intervalo entre repetições) pode influenciar as adaptações induzidas pelo treinamento (ACSM 2009; Steib, Schoene et al. 2010; Byrne, Faure et al. 2016), maximizando a redução de gordura corporal e o aumento de massa, força e potência musculares.

A carga de treinamento é a variável que representa a quantidade de peso (em quilos) que será utilizada para realização de um determinado exercício, geralmente prescrita a partir do percentual da carga máxima que o idoso é capaz de realizar em um exercício (ACSM 2009; Fleck and Kraemer 2017). Recomenda-se treinar com carga alta ($\geq 70\%$ de uma repetição máxima) para promover aumentar a massa e força musculares (ACSM 2009). No entanto, há algumas condições que a carga alta não pode ser utilizada (por exemplo, lesão ou em pacientes com comprometimento da integridade entre músculo e tendão após cirurgia) (Wernbom, Augustsson et al. 2008; Manini and Clark 2009). Nesse sentido, alguns idosos podem não aderir ao treinamento com carga alta (Burton, Farrier et al. 2017; Burton, Lewin et al. 2017). De fato, é muito baixa a proporção de idosos que aderem ao treinamento de força (Humphries, Duncan et al.

2010; Merom, Pye et al. 2012; Statistics 2015). Portanto, se faz necessário um melhor entendimento sobre a manipulação da carga de treinamento em idosos para aumentar a aderência a um exercício físico eficiente.

Recentemente, vários estudos têm evidenciado que o treinamento de força com carga baixa, quando realizado até ou próximo à falha voluntária é capaz de promover aumento da massa e força musculares em jovens e idosos (Cadore, Menger et al. 2018) (Mitchell, Churchward-Venne et al. 2012; Barcelos, Nunes et al. 2015; Cadore, Menger et al. 2018). Franco et al., 2019 mostraram que o treinamento de força com carga baixa é superior ao de carga alta no aumento da massa muscular em mulheres jovens (Franco, Carneiro et al. 2019). Resultados similares têm sido observados também em idosos (Cadore, Menger et al. 2018). No entanto, ainda não se sabe os efeitos do treinamento de força com carga baixa sobre os marcadores inflamatórios (especificamente nas proteínas químicas do estresse térmico) e gordura corporal (total e visceral).

A velocidade de movimento (ações concêntrica e excêntrica) é a variável que representa a distância pelo tempo em que são realizados (ACSM 2009; Fleck and Kraemer 2017). A velocidade de movimento é inversamente relacionada com a carga de treinamento, ou seja, o treinamento de força com carga alta permite a realização de velocidades mais baixas de movimento, o treinamento de força com carga baixa permite realizar velocidades mais rápidas de movimentos (ACSM 2009). Como a potência é o produto da relação entre força e velocidade, vem sendo recomendado para aumentar a potência é necessário treinar com carga baixa e velocidade alta de movimento (ACSM 2009; Byrne, Faure et al. 2016). Por outro lado, para maximizar os ganhos de força muscular, o treinamento de força com carga alta e baixa velocidade de movimento é mais recomendado quando comparado ao treinamento de força com carga baixa e alta velocidade de movimento (ACSM 2009; Steib, Schoene et al. 2010).

Devido à configuração tradicional da série de treinamento de força (sem pausa entre repetições) ocorre um aumento da demanda metabólica e fadiga neuromuscular (Izquierdo, Gonzalez-Badillo et al. 2006; Gorostiaga, Navarro-Amezqueta et al. 2010; Gorostiaga, Navarro-Amezqueta et al. 2012), resultando em um declínio agudo da técnica, força e velocidade de movimento da primeira para última repetição da série (ao longo das séries) (Gorostiaga, Navarro-Amezqueta et al. 2010; Gorostiaga, Navarro-

Amezqueta et al. 2012; Hardee, Triplett et al. 2012). A introdução de períodos curtos de recuperação intra-série (pausa entre repetições), denominado séries *Cluster*, vem sendo explorado em jovens (Tufano, Brown et al. 2017). Esse treinamento é capaz de evitar os efeitos da fadiga neuromuscular durante a série (intra-série), resultando em um menor declínio agudo da técnica, força e velocidade de movimento da primeira para última repetição (ao longo das séries) (Piché, Lemieux et al. 2005; Haff, Hobbs et al. 2008; Oliver, Jagim et al. 2013). Conseqüentemente, configurações de séries *Cluster* tem se mostrado maximizar os ganhos de força e potência musculares quando comparado à configuração tradicional da série de treinamento de força em jovens (Oliver, Jagim et al. 2013). No entanto, não há estudos que investigaram o efeito da configuração de séries *Cluster* sobre a força e potência musculares, taxa de desenvolvimento de força e potência em mulheres na pós-menopausa.

Com base nessas informações, se faz necessário uma melhor compreensão sobre a manipulação da carga de treinamento, velocidade de movimento e pausa entre repetições com intuito de maximizar os ganhos de massa, força e potência musculares, taxa de desenvolvimento de força e potência, e melhorias nos marcadores inflamatórios. Assim, foram elaborados dois estudos: o primeiro com a hipótese que o treinamento *Cluster* com carga alta ou carga baixa maximiza os ganhos de força e potência musculares, taxa de desenvolvimento de força e potência quando comparado ao treinamento de força tradicional. O segundo com a hipótese que o treinamento de força com carga baixa melhora a inflamação crônica de baixo grau, gordura visceral, massa e força musculares de forma similar ao treinamento de força com carga alta em mulheres na pós-menopausa.

2. ARTIGOS PRODUZIDOS

2.1. ARTIGO 1

EFEITO DO TREINAMENTO DE FORÇA SOBRE O DESEMPENHO NEUROMUSCULAR EM MULHERES NA PÓS-MENOPAUSA: UM ENSAIO CLÍNICO RANDOMIZADO SOBRE A EFICÁCIA DA INTENSIDADE E INTERVALO ENTRE AS REPETIÇÕES

RESUMO

A proposta deste estudo foi investigar o efeito do treinamento de força com série *cluster* de carga alta (CSCA) ou carga baixa (CSCB) comparada ao treinamento de força com série tradicional de carga alta (TFCA) sobre o desempenho neuromuscular (massa, força e potência musculares, e taxa de desenvolvimento de força e de potência) em mulheres na pós-menopausa (PM). Cada perna das 23 PM foi randomizada e alocada em três grupos: TFCA (n = 12 pernas), CSCA (n = 14 pernas) e CSCB (n = 14 pernas). TFCA e CSCA realizaram três séries de quatro repetições máximas (1RM), 3s por ação muscular, com 1min e 30s de intervalo entre as séries. CSCB realizou três séries de seis repetições a 40% de 1RM (na maior velocidade possível) com 1min e 30s de intervalo entre as séries. Somente CSCA e CSCB realizaram 30s de intervalo entre cada repetição. Todos os grupos treinaram duas vezes por semana durante oito semanas. Todos os grupos aumentaram ($P < 0,05$) a área muscular da coxa, força muscular máxima, média e pico de potência, média e pico de velocidade angular e taxa de desenvolvimento de potência dinâmica, sem diferença entre eles ($P > 0,05$). CSCB foi superior ao TFCA e CSCA para melhorar o desempenho na taxa de desenvolvimento de força isométrica (TDFI) a 0–30, 0–50, 0–100 e 0–200ms. Esse estudo mostra que o TFCA, CSCA e CSCB são similarmente efetivos para melhorar o desempenho muscular (exceto para TDFI) em PM. Particularmente, CSCB é superior ao TFCA e CSCA para aumentar a TDFI (≤ 200 ms) em PM.

Palavras-chave: intervalo entre as repetições, força muscular, potência muscular, taxa de desenvolvimento de força, taxa de desenvolvimento de potência

2.1.1 INTRODUÇÃO

A redução do desempenho neuromuscular [e.g. força e potência musculares (potência = força x velocidade)] com avanço da idade é considerado um fator importante que contribui para incapacidade físico-funcional, risco de quedas, baixa qualidade de vida, hospitalização, maior tempo hospitalizado e mortalidade precoce (1-13). A média anual para os custos em saúde pública é 2,4 vezes maior em indivíduos com baixo desempenho neuromuscular quando comparado a indivíduos sem baixo desempenho neuromuscular (14). Em particular, o período pós-menopausa é acompanhado por uma redução acentuada no desempenho neuromuscular (15-18) e assim mulheres tem uma redução mais rápida no desempenho neuromuscular do que homens de meia idade (16, 18, 19). Devido ao aumento da expectativa de vida, mulheres vivem um terço de sua vida no período pós-menopausa. Conseqüentemente, o impacto do baixo desempenho neuromuscular sobre os custos de saúde pública é maior em mulheres mais velhas do que em homens mais velhos (20). Assim, intervenções destinadas para prevenir o baixo desempenho neuromuscular associado a vários prejuízos com avanço da idade em mulheres na pós-menopausa (PM) são necessárias para reduzir o impacto nos custos de saúde pública.

O treinamento de força (TF) é uma intervenção segura, eficiente e bem aceita para melhorar o desempenho neuromuscular de idosos. A carga alta [(média de carga entre 70% e 85% da força muscular máxima (1RM)], realizando as repetições até ou próximo à falha volitiva sem intervalos entre as séries (8-12 repetições) e múltiplas séries (e.g. três séries) tem sido amplamente recomendado como um programa de TF para melhorar o desempenho neuromuscular de idosos (21-24). No entanto, há muitas condições em que a carga alta aplicada no TF não pode ser utilizada (e.g. lesão ou comprometimento da integridade musculotendínea) (25, 26). Além disso, devido à configuração de série tradicional do TF (realizando as repetições até ou próximo à falha volitiva sem intervalos entre as séries), ocorre um aumento na demanda metabólica e fadiga neuromuscular (27-29), resultando em uma redução aguda na qualidade da técnica, força e velocidade de movimento da primeira para a última repetição na série e ao longo das séries seguintes (28-30). Essa redução no desempenho (i.e. técnica, força e velocidade) e a fadiga instalada na série têm sido associadas com dano muscular, dor muscular de início tardio (31) e ganhos de desempenho neuromuscular reduzido (32).

Por isso, muitos idosos não engajam no TF com configuração de série tradicional (carga alta $\geq 70\%$ de 1RM, 8-12 repetições e séries múltiplas) (33, 34). De fato, a proporção de idosos que engajam no TF com configuração de série tradicional é muito baixa (35-37). Isto é alarmante considerando que o baixo desempenho neuromuscular é associado com vários resultados prejudicial (13) e também a ampla gama de benefícios para saúde associado ao TF sobre o desempenho neuromuscular de idosos (21-23).

Embora o TF com configuração de série tradicional (carga alta = $\geq 70\%$ de 1RM) vem sendo recomendado para melhorar o desempenho neuromuscular de idosos (21-24), alguns estudos têm suportado a eficácia do TF com carga baixa (15-50% de 1RM) para promover aumento na massa e força musculares similar ao TF com configuração de série tradicional em jovens e idosos (38, 39). Além disso, quando o TF com carga baixa é realizado na maior velocidade possível ocorrem ganhos similares na força e potência musculares quando comparado ao TF com configuração de série tradicional (22, 39). Mais recentemente, os efeitos dos intervalos entre as repetições sobre o desempenho neuromuscular vêm sendo explorados em jovens. A introdução de curtos períodos de intervalos entre as repetições [definido tradicionalmente como TF com configuração de série *cluster* (40)] parece atenuar os efeitos da fadiga instalada na série, resultando em uma menor redução da força e velocidade do movimento, e também da qualidade da técnica do movimento da primeira para última repetição (e ao longo da série) quando comparado ao TF com configuração de série tradicional em jovens (41-43). Consequentemente, o TF com configuração de série *cluster* vem se mostrado maximizar os ganhos de força e potência musculares quando comparado ao TF com configuração de série tradicional em jovens (42). Assim, é razoável assumir que realizar o TF com configuração de série *cluster* é um importante estímulo para maximizar os ganhos de desempenho neuromuscular quando comparado ao TF com configuração de série tradicional em jovens e idosos. No entanto, após revisão da literatura, não há estudos que avaliaram a influência do TF com configuração de série *cluster* sobre os ganhos de desempenho neuromuscular (massa, força e potência musculares) em idosos, particularmente em PM. Além disso, os efeitos do TF com configuração de série *cluster* sobre outras funções musculares, como a taxa de desenvolvimento de força e potência, permanecem indescritíveis. Assim, a proposta do presente estudo foi investigar se o TF com configuração de série *cluster* com carga alta

(CSCA) ou carga baixa (CSCB) maximiza os ganhos de massa, força e potência musculares, taxa de desenvolvimento de força e potência quando comparado ao treinamento de série tradicional com carga alta (TFCA) em PM.

2.1.2 MÉTODOS

2.1.2.1 DESENHO DO ESTUDO

Esse estudo randomizado (ClinicalTrials.gov Identificador: NCT03619070) foi conduzido durante um período de 11 semanas. Vinte e três PM foram selecionadas para esse estudo. Nós utilizamos uma ferramenta do Medcalc (criação de grupos aleatórios) para atribuir uma randomização dos casos entre os grupos (randomização das pernas). Uma perna foi excluída da randomização porque a voluntária relatou dor no joelho. Para evitar os efeitos contralaterais do treinamento, as pernas das mulheres foram randomizadas em um dos três programas de TF: TFCA (15 pernas), CSCA (15 pernas) e CSCB (15 pernas) (Figura 1).

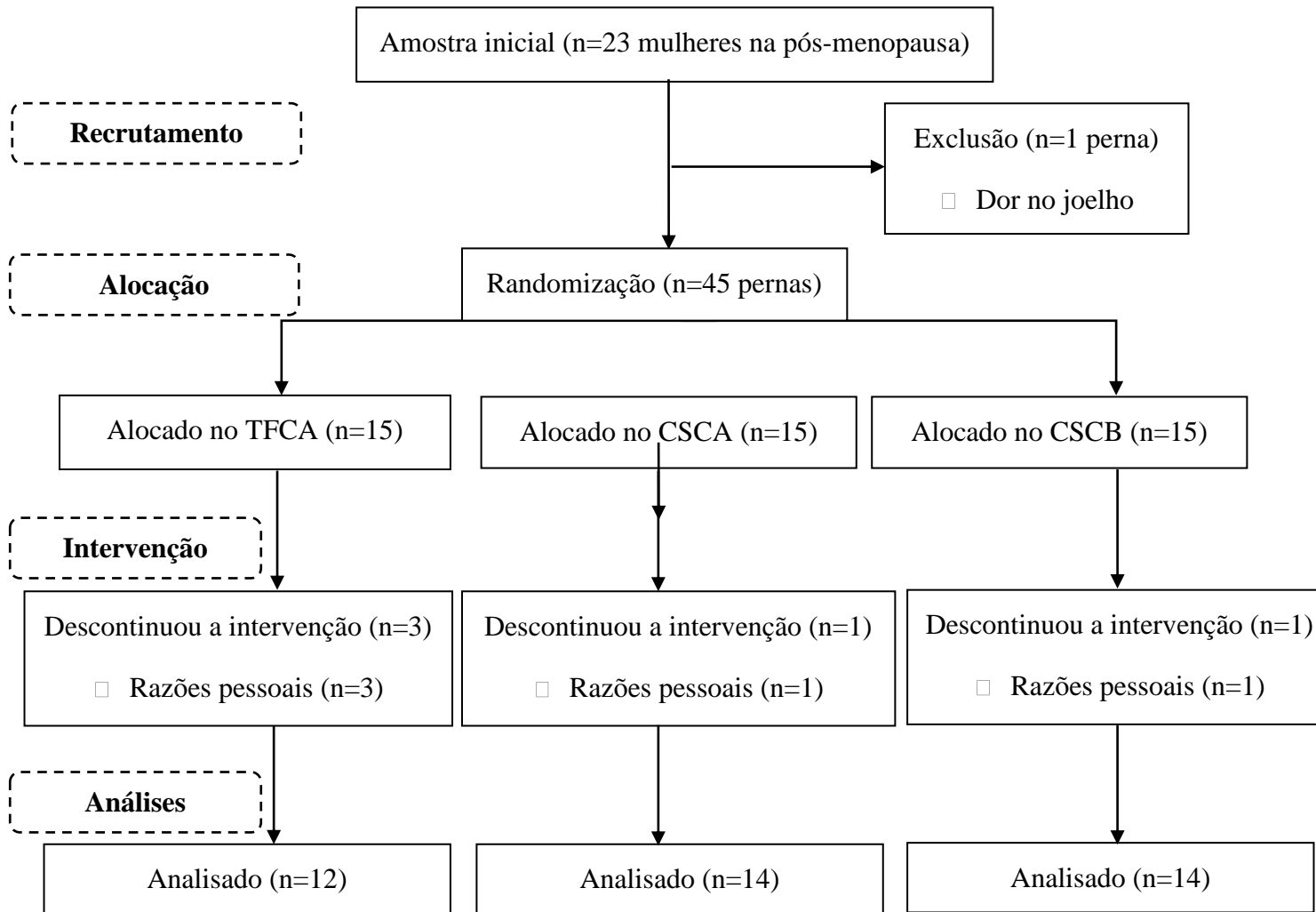


Figura 1. Fluxograma da amostra para o grupo treinamento de força com configuração de série tradicional com carga alta, grupo treinamento com configuração de série *cluster* com carga alta e grupo treinamento com configuração de série *cluster* com carga baixa.

Inicialmente, nós realizamos uma semana de familiarização para o exercício de extensão de perna unilateral (duas sessões em dias não consecutivos). Após isso, as medidas antropométricas e todos os testes de desempenho neuromuscular foram realizados na segunda semana. Então, cada perna de uma mulher realizou oito semanas de treinamento no exercício de extensão de perna unilateral (de acordo com a randomização: TFCA, CSCA e CSCB), com a frequência de duas vezes por semana (em dias não consecutivos). Após o período de treinamento, as medidas antropométricas e todos os testes de desempenho neuromuscular foram realizados 48 horas após a última sessão de treinamento, para evitar os efeitos residuais da última sessão de treinamento (décima primeira semana).

2.1.2.2 SUJEITOS

Todas PM (tabela 1) relataram estar no período pós-menopausa e não estar realizando exercícios físicos. Todas PM estavam entre 52 e 82 anos de idade e tiveram amenorreia há pelo menos 12 meses antes do início do estudo. Os critérios de inclusão consistiam em: não uso de terapia hormonal ou fito estrógenos; estar com a pressão arterial e glicemia controlada; ausência de miopatias, artropatias e neuropatias; ausência de distúrbios musculares, tromboembólicas e gastrointestinais; ausência de doenças infecciosas e cardiovasculares; não etilistas (sem ingestão de álcool em sua dieta), não fumantes e não participantes regulares em programas de TF nos últimos 6 meses.

Tabela 1. Características físicas e condições clínicas de mulheres na pós-menopausa no início do estudo.

Todas mulheres na pós-menopausa (n=23)	
Características gerais	
Idade (anos)	63,9 ± 7,1
Tempo de menopausa (anos)	17,0 ± 7,6
Terapia hormonal (%)	8,6
Fumantes (%)	13
Tratamento medicamentoso	
Hipertensão (%)	21,7
Diabéticas (%)	13,0
Estatinas (%)	39,0
DANes (%)	0
Medidas antropométricas	
Massa corporal (kg)	67,7 ± 14,9
Estatura (cm)	160,0 ± 0,1
IMC (kg/m²)	28,1 ± 5,1

Dados são expressos como média ± desvio padrão ou (%). DANes – drogas anti-inflamatórias não esteroidais; IMC – índice de massa muscular. Teste *t* pareado foi utilizado.

Todas as voluntárias foram esclarecidas sobre os objetivos e procedimentos do estudo e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido. O estudo foi aprovado pelo Conselho de Revisão da Universidade para o uso de sujeitos humanos (número 2.654.326, aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Triângulo Mineiro) e foi descrito de acordo com os padrões da Declaração de Helsinki.

2.1.2.3 MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS

A massa corporal e estatura foram mensuradas por meio de uma balança digital (Lider®, Brasil) e um estadiômetro fixo à balança, respectivamente. O índice de massa corporal ($IMC = \text{massa corporal} / \text{estatura}^2$) foi classificado de acordo com a Organização Mundial da Saúde. A circunferência da coxa foi mensurada em ambas as coxas com uma fita métrica de 200 cm de comprimento e precisão de 1 mm. Todas as voluntárias foram avaliadas na posição de pé. A circunferência da coxa foi mensurada no ponto medial entre o ligamento inguinal e a borda superior da patela. A espessura da coxa foi avaliada por meio de um adipômetro (Lange®) em ambos os lados do corpo por um avaliador experiente. Três medidas foram realizadas para utilização do valor médio (circunferência e espessura). A espessura da coxa foi mensurada no mesmo ponto médio em que foi medida a circunferência da coxa. A equação antropométrica para estimar a área muscular da coxa (AMC) foi: $(\text{circunferência da coxa} - \pi \cdot \text{espessura da coxa})^2 / 4\pi$ (44).

2.1.2.4 TAXA DE DESENVOLVIMENTO DE FORÇA ISOMÉTRICA

A taxa de desenvolvimento de força (TDF) isométrica foi obtida por meio da análise de uma rápida contração voluntária isométrica máxima de uma força de extensão de joelho unilateral sem movimento articular (Metrolog SD20-LVDT, São Carlos/SP, Brasil) de ambas as pernas (45). Todas as voluntárias foram familiarizadas com os procedimentos deste experimento. Resumidamente, cada voluntária realizou uma contração voluntária isométrica máxima (tempo de contração de 3s) separada por 30s de intervalo para cada perna, na seguinte ordem: perna direita e perna esquerda. Antes de cada medida, as voluntárias foram instruídas a realizar uma contração voluntária isométrica máxima “mais forte e mais rápido possível” após o estímulo verbal. Primeiro, a voluntária foi acomodada no aparato (cadeira) com ajuste individual para a perna (braço do dinamômetro fixado logo acima do maléolo medial sem fixação estática

na articular do quadril) e a 90° de flexão de joelho e quadril. Então, o procedimento foi explicado e o teste foi conduzido. Ao longo do teste, o mesmo avaliador experiente chegou à gravação da contração voluntária isométrica máxima e deu um estímulo verbal para incentivar a voluntária a alcançar seu melhor desempenho no teste. Quando necessário, as voluntárias receberam instruções corretivas. O momento da força (torque) foi calculado por meio da multiplicação da contração voluntária isométrica máxima pelo comprimento da perna (distância entre o maléolo medial e o espaço intra-articular do joelho). A TDF foi definida como a média da inclinação da curva do momento força-tempo ($\Delta\text{força}/\Delta\text{tempo}$) nos intervalos de tempo de 0–30, 0–50, 0–100, 0–200 e 0–500ms relativo ao início da contração. Esses intervalos de tempo foram escolhidos para análise porque a fase inicial da contração muscular ($\leq 200\text{ms}$) reflete uma característica de força explosiva do músculo (TDF). O início da contração muscular foi definido no momento em que a curva momento-tempo excedeu o momento basal de 7,5 N.m (TDF absoluta) (46). Todos os dados foram coletados e analisados por meio do software SD20 DataLogger v2.40 (Metrolog, São Carlos, SP, Brasil).

2.1.2.5 FORÇA MUSCULAR MÁXIMA

Antes da realização do teste de 1RM, todas as voluntárias participaram de uma semana de familiarização (duas sessões) com cargas baixas, em dias não consecutivos, para aprender as técnicas do exercício de cadeira extensora unilateral. As medidas do teste de 1RM foram realizadas em dois momentos durante o estudo: teste pré-treinamento e novamente após oito semanas de treinamento. Primeiro, a avaliação do teste de 1RM foi realizada na perna direita e após trinta minutos foi realizada na perna esquerda. O desempenho no teste de 1RM foi quantificado como a carga máxima levantada na máquina de cadeira extensora unilateral (Physical®, Rio de Janeiro, RJ, Brasil). Os procedimentos utilizados no teste de 1RM seguiram conforme descrito por Martins e colaboradores (2018) (47). Os resultados do teste de 1RM foram usados como indicador de força muscular máxima e também para prescrição da carga de treinamento em todos os programas de TF.

2.1.2.6 TESTE DE POTÊNCIA

A potência foi mensurada durante cinco movimentos de extensão unilateral de joelho (de 90° para ~10° de flexão de joelho) com o quadril posicionado a 90° na

máquina de extensão de joelho (Physical®, Rio de Janeiro, RJ, Brazil). A potência foi mensurada durante cada repetição usando um dinamômetro isoinercial (encoder linear) (Peak Power®, Cefise, Nova Odessa, SP, Brasil). Somente os dados da fase concêntrica foram usados. O dinamômetro isoinercial foi interfaceado para o *software* Peak Power 4.0 (Cefise, Nova Odessa, SP, Brasil). As configurações e calibrações seguiram as especificações do fabricante. O dinamômetro isoinercial foi posicionado no cabo próximo a bateria de pesos da máquina de cadeira extensora, para registrar o tempo e deslocamento de movimento.

As medidas de potência foram realizadas em ambas as pernas após vinte minutos do teste de 1RM. Cada perna da voluntária realizou uma série contínua de cinco repetições a 40%, 50% e 60% de 1RM. Um descanso de um minuto e trinta segundos foi dado entre cada teste de percentual de 1RM (40%, 50% e 60%). Todas as voluntárias foram encorajadas a realizar cada repetição na maior velocidade e força possível. Nós registramos o maior valor de pico de potência das cinco repetições (MVPP), o valor médio do pico de potência das cinco repetições (PP), o maior valor da média da potência (MVPM) e o valor médio da potência média (PM) em cada perna. A força e a velocidade também foram registradas. A TDF dinâmica e a taxa de desenvolvimento de potência (TDP) dinâmica foram determinadas nos cinco movimentos como a inclinação linear das curvas força-tempo ($\Delta\text{força}/\Delta\text{tempo}$) e potência-tempo ($\Delta\text{potência}/\Delta\text{tempo}$) a partir do MVPP nos intervalos de tempo de 0–60, 0–120, 0–180 e 0–240ms relativo ao início da contração muscular (4, 48, 49).

2.1.2.6 PROTOCOLOS DE TREINAMENTO DE FORÇA

Os protocolos de TF seguiram as recomendações para maximização dos ganhos de força máxima e potência musculares em idosos (21-24). Todas as sessões de treinamento foram realizadas em uma academia da Universidade local. Todas as voluntárias treinaram duas vezes por semana (em dias não consecutivos) durante oito semanas e todas as sessões de treinamento foram supervisionadas por um profissional. Um aquecimento (caminhada durante cinco minutos) foi realizado em uma intensidade auto selecionada, antes de cada sessão de treinamento. TFCA realizou três séries de quatro repetições (sem intervalos entre as repetições) a 90% de 1RM, 3s por ação muscular, com um intervalo entre as séries de um minuto e trinta segundos. CSCA

realizou três séries de quatro repetições (com intervalos de 30s entre as repetições) a 90% de 1RM, 3s por ação muscular, com um intervalo entre as séries de um minuto e trinta segundos. CSCB realizou três séries de seis repetições (com intervalos de 30s entre as repetições) a 40% de 1RM, maior velocidade e força possível por ação muscular, com um intervalo entre as séries de um minuto e trinta segundos. Em todos os TF, as cargas de treinamento foram ajustadas (aumento de 5-10%) na quarta semana de treinamento para garantir a carga relativa.

2.1.2.7 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

A distribuição dos dados e igualdade de variância foi determinada utilizando os testes de Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente. Se a distribuição dos dados não estivesse apropriada, uma transformação logarítmica (Log10) foi realizada. Os dados são apresentados como média \pm desvio padrão. Teste *t* dependente foi utilizado para verificar as características iniciais da amostra. ANOVA de medidas repetidas foi utilizada para comparação entre os grupos (TFCA vs. CSCA vs. CSCB) pelo tempo (pré e pós) e interação. O procedimento de Bonferroni foi utilizado como teste de *post-hoc* (*pairwise*). O tamanho do efeito foi mensurada por meio do eta parcial (η_p^2). Cohen (1988) define como efeito pequeno ($\eta_p^2 = 0,01$), efeito médio ($\eta_p^2 = 0,06$), e efeito grande ($\eta_p^2 = 0,14$) (50). O poder observado foi calculado para esse estudo. Valores $\geq 0,80$ de poder foi considerado grande. O nível de significância adotado foi de $p < 0,05$. Todas as análises foram realizadas utilizando o *software* STATISTICA (versão 8,0, StatSoft, Inc, Oklahoma City, OK, Estados Unidos).

2.1.2 RESULTADOS

A tabela 2 mostra os valores de AMC e 1RM antes e após oito semanas das intervenções em todos os grupos. Após as oito semanas de treinamento, AMC e 1RM aumentaram (efeitos significativos para o tempo, $P < 0,001$, $\eta_p^2 > 0,14$ e Poder $> 0,80$) em todos os grupos, sem diferença entre eles ($P > 0,05$).

Tabela 2. Medidas de área de secção transversa da coxa e força muscular máxima após 8 semanas de treinamento de força com configuração de série tradicional com carga alta vs. treinamento com configuração de série *cluster* com carga alta vs. treinamento com configuração de série *cluster* com carga baixa em mulheres na pós-menopausa.

	TFCA (n=12)		CSCA (n=14)		CSCB (n=14)		P Grupo	P Tempo	η_p^2	Poder	P Tempo vs. Grupo	η_p^2	Poder
	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós							
Log10 AMC (cm²)	2,36±0,13	2,40±0,11	2,29±0,09	2,32±0,09	2,28±0,10	2,31±0,10	0,076	<0,001	0,53	0,99	0,948	0,00	0,06
Log10 1RM (kg)	1,50±0,12	1,56±0,11	1,46±0,16	1,50±0,14	1,48±0,13	1,50±0,14	0,623	<0,001	0,49	0,99	0,278	0,07	0,27

Todos os valores são expressos como media e desvio padrão. TFCA: treinamento de força com configuração de série tradicional com carga alta, CSCA: treinamento com configuração de série *cluster* com carga alta, CSCB: treinamento com configuração de série *cluster* com carga baixa, AMC: área de secção transversa da coxa, 1RM: força muscular máxima na cadeira extensora unilateral. ANOVA de medidas repetidas.

A tabela 3 mostra os valores de MVPP, PP, MVPM e PM a 40%, 50% e 60% de 1RM antes e após oito semanas das intervenções em todos os grupos. MVPP, PP, MVPM e PM a 40%, 50% e 60% de 1RM aumentaram do pré para o pós-intervenção (efeitos significativos para o tempo, $P < 0,001$, $\eta_p^2 > 0,14$ e Poder $> 0,80$) em todos os grupos, sem diferença entre eles ($P > 0,05$).

Tabela 3. Medidas de pico e média de potência após 8 semanas de treinamento de força com configuração de série tradicional com carga alta vs. treinamento com configuração de série *cluster* com carga alta vs. treinamento com configuração de série *cluster* com carga baixa em mulheres na pós-menopausa.

	TFCA (n=12)		CSCA (n=14)		CSCB (n=14)		P Grupo	P Tempo	η_p^2	Poder	P Tempo vs. Grupo	η_p^2	Poder
	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós							
40% de 1RM													
Log10 PP (w)	2,26±0,13	2,38±0,20	2,26±0,26	2,33±0,27	2,23±0,22	2,28±0,23	0,598	<0,001	0,37	0,99	0,749	0,02	0,09
Log10 MVPP (w)	2,36±0,13	2,45±0,20	2,32±0,26	2,38±0,28	2,29±0,23	2,33±0,24	0,569	<0,001	0,39	0,99	0,398	0,05	0,20
Log10 PM (w)	2,08±0,13	2,14±0,20	2,03±0,24	2,08±0,23	2,00±0,22	2,04±0,21	0,561	<0,001	0,21	0,86	0,768	0,01	0,09
Log10 MVMP (w)	2,14±0,13	2,22±0,21	2,10±0,24	2,16±0,25	2,07±0,22	2,11±0,23	0,575	<0,001	0,31	0,97	0,390	0,05	0,20
50% de 1RM													
Log10 PP (w)	2,33±0,15	2,42±0,19	2,28±0,25	2,35±0,28	2,26±0,22	2,32±0,22	0,625	<0,001	0,54	0,99	0,401	0,05	0,20
Log10 MVPP (w)	2,38±0,15	2,47±0,20	2,33±0,26	2,43±0,28	2,31±0,23	2,38±0,24	0,697	<0,001	0,51	0,99	0,605	0,03	0,13
Log10 PM (w)	2,11±0,15	2,19±0,19	2,08±0,23	2,12±0,24	2,04±0,22	2,09±0,23	0,597	<0,001	0,38	0,99	0,444	0,04	0,18
Log10 MVMP (w)	2,18±0,14	2,27±0,18	2,13±0,23	2,19±0,24	2,10±0,24	2,17±0,23	0,536	<0,001	0,47	0,99	0,632	0,02	0,12

60% de 1RM

Log10 PP (w)	2,33±0,14	2,39±0,19	2,23±0,20	2,33±0,28	2,26±0,20	2,28±0,19	0,462	<0,001	0,23	0,89	0,249	0,07	0,29
Log10 MVPP (w)	2,37±0,15	2,44±0,19	2,32±0,25	2,39±0,28	2,31±0,21	2,34±0,20	0,604	<0,001	0,32	0,98	0,368	0,05	0,22
Log10 PM (w)	2,13±0,14	2,20±0,17	2,08±0,23	2,13±0,24	2,06±0,20	2,08±0,19	0,459	<0,001	0,27	0,95	0,134	0,10	0,41
Log10 MVMP (w)	2,19±0,13	2,27±0,17	2,14±0,24	2,21±0,26	2,12±0,21	2,15±0,20	0,500	<0,001	0,32	0,98	0,356	0,05	0,22

Todos os valores são expressos como media e desvio padrão. TFCA: treinamento de força com configuração de série tradicional com carga alta, CSCA: treinamento com configuração de série *cluster* com carga alta, CSCB: treinamento com configuração de série *cluster* com carga baixa, 1RM: uma repetição máxima, Log10: transformação logarítmica a base 10, PP: pico de potência, MV: maior valor, PM: potência média. ANOVA de medidas repetidas.

A tabela 4 mostra o maior valor do pico de torque (MVPT), o valor médio do pico de torque (PT), o maior valor do torque médio (MVTM), o valor médio do torque médio (TM), o maior valor da velocidade angular pico (MVVAP), o valor médio da velocidade angular pico (VAP), o maior valor da velocidade angular média (MVVAM) e o valor médio da velocidade angular média (VAM) a 40%, 50% e 60% de 1RM antes e após oito semanas das intervenções em todos os grupos. Os valores de torque e velocidade (a 40%, 50% e 60%) aumentaram do pré para o pós-intervenção (efeitos significativos para o tempo, $P < 0,001$, $\eta_p^2 > 0,14$ e Poder $> 0,80$) em todos os grupos, sem diferença entre eles ($P > 0,05$), exceto para PT a 60% de 1RM. Houve interação do tempo pelos grupos para PT a 60% de 1RM ($P = 0,040$, $\eta_p^2 = 0,16$, Poder = 0,62), indicando superioridade para o grupo TFCA. No entanto, o poder desta análise foi abaixo de 0,80.

Tabela 4. Medidas de pico e média de torque e velocidade angular média após 8 semanas de treinamento de força com configuração de série tradicional com carga alta vs. treinamento com configuração de série *cluster* com carga alta vs. treinamento com configuração de série *cluster* com carga baixa em mulheres na pós-menopausa.

	TFCA (n=12)		CSCA (n=14)		CSCB (n=14)		P Grupo	P Tempo	η_p^2	Poder	P Tempo vs. Grupo	η_p^2	Poder
	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós							
40% de 1RM													
Log10 PT (Nm)	1,81±0,13	1,88±0,16	1,79±0,21	1,84±0,20	1,76±0,20	1,80±0,18	0,606	<0,001	0,42	0,99	0,381	0,05	0,21
Log10 MVPT (Nm)	1,85±0,11	1,94±0,17	1,84±0,20	1,88±0,22	1,81±0,20	1,84±0,19	0,584	<0,001	0,38	0,99	0,134	0,10	0,41
Log10 TM (Nm)	1,74±0,13	1,80±0,16	1,73±0,19	1,76±0,17	1,69±0,18	1,73±0,16	0,617	<0,001	0,30	0,97	0,537	0,03	0,15
Log10 MVTM (Nm)	1,78±0,13	1,84±0,15	1,77±0,19	1,80±0,19	1,72±0,19	1,76±0,17	0,617	<0,001	0,40	0,99	0,249	0,07	0,29
Log10 VAP (°/s)	2,35±0,07	2,45±0,07	2,32±0,08	2,43±0,07	2,30±0,04	2,41±0,06	0,142	<0,001	0,78	1,00	0,891	0,01	0,07
Log10 MVVAP (°/s)	2,37±0,06	2,49±0,06	2,35±0,08	2,47±0,07	2,33±0,04	2,44±0,06	0,157	<0,001	0,85	1,00	0,569	0,03	0,14
Log10 VAM (°/s)	2,15±0,06	2,25±0,06	2,12±0,07	2,23±0,06	2,10±0,05	2,21±0,06	0,100	<0,001	0,79	1,00	0,867	0,01	0,07
Log10 MVVAM (°/s)	2,18±0,06	2,31±0,07	2,16±0,07	2,29±0,07	2,15±0,04	2,24±0,06	0,119	<0,001	0,86	1,00	0,078	0,13	0,51

50% de 1RM

Log10 PT (Nm)	1,88±0,13	1,97±0,16	1,86±0,20	1,92±0,20	1,83±0,19	1,88±0,19	0,675	<0,001	0,62	1,00	0,125	0,11	0,42
Log10 MVPT (Nm)	1,92±0,13	2,02±0,16	1,90±0,21	1,98±0,21	1,88±0,20	1,93±0,20	0,673	<0,001	0,57	1,00	0,116	0,11	0,43
Log10 TM (Nm)	1,82±0,13	1,89±0,15	1,80±0,18	1,85±0,18	1,77±0,18	1,82±0,18	0,680	<0,001	0,51	0,99	0,439	0,04	0,18
Log10 MVTM (Nm)	1,85±0,13	1,93±0,15	1,83±0,19	1,89±0,19	1,81±0,18	1,85±0,18	0,654	<0,001	0,55	0,99	0,362	0,05	0,22
Log10 VAP (°/s)	2,30±0,07	2,41±0,08	2,27±0,08	2,37±0,09	2,24±0,05	2,36±0,06	0,141	<0,001	0,74	1,00	0,902	0,01	0,06
Log10 MVVAP (°/s)	2,33±0,08	2,44±0,07	2,30±0,08	2,42±0,08	2,27±0,05	2,37±0,12	0,078	<0,001	0,67	1,00	0,699	0,02	0,10
Log10 VAM (°/s)	2,05±0,07	2,13±0,08	2,03±0,08	2,13±0,08	2,00±0,05	2,11±0,05	0,328	<0,001	0,59	1,00	0,639	0,02	0,12
Log10 MVVAM (°/s)	2,10±0,07	2,21±0,07	2,07±0,08	2,19±0,08	2,04±0,05	2,17±0,10	0,123	<0,001	0,71	1,00	0,906	0,01	0,06

60% de 1RM

Log10 PT (Nm)	1,93±0,13	2,01±0,14*	1,91±0,19	1,97±0,20	1,90±0,18	1,92±0,16	0,628	<0,001	0,48	0,99	0,040	0,16	0,62
Log10 MVPT (Nm)	1,97±0,13	2,06±0,15	1,95±0,19	2,01±0,22	1,93±0,19	1,96±0,18	0,625	<0,001	0,45	0,99	0,062	0,14	0,55
Log10 TM (Nm)	1,89±0,13	1,96±0,14	1,86±0,17	1,91±0,18	1,85±0,17	1,87±0,16	0,614	<0,001	0,54	1,00	0,059	0,14	0,56
Log10 MVTM (Nm)	1,91±0,13	2,00±0,14	1,88±0,19	1,94±0,19	1,87±0,17	1,90±0,16	0,585	<0,001	0,50	0,99	0,078	0,13	0,51
Log10 VAP (°/s)	2,24±0,08	2,34±0,08	2,21±0,11	2,31±0,10	2,17±0,04	2,29±0,07	0,164	<0,001	0,69	1,00	0,912	0,00	0,06
Log10 MVVAP (°/s)	2,27±0,08	2,37±0,08	2,24±0,10	2,35±0,09	2,21±0,05	2,30±0,11	0,084	<0,001	0,58	1,00	0,626	0,02	0,12

Log10 VAM (°/s)	2,05±0,07	2,13±0,08	2,03±0,08	2,13±0,08	2,00±0,05	2,11±0,05	0,328	<0,001	0,59	1,00	0,639	0,02	0,12
Log10 MVVAM (°/s)	2,10±0,07	2,21±0,07	2,07±0,08	2,19±0,08	2,04±0,05	2,17±0,10	0,123	<0,001	0,71	1,00	0,906	0,01	0,06

Todos os valores são expressos como média e desvio-padrão. TFCA: treinamento de força com configuração de série tradicional com carga alta, CSCA: treinamento com configuração de série *cluster* com carga alta, CSCB: treinamento com configuração de série *cluster* com carga baixa, 1RM: uma repetição máxima, Log10: transformação logarítmica a base 10, PT: pico de torque, MV: maior valor, TM: torque médio, VAP: velocidade angular pico, VAM: velocidade angular média. ANOVA de medidas repetidas.

A tabela 5 mostra os valores de TDF isométrica e dinâmica antes e após oito semanas das intervenções em todos os grupos. Após as oito semanas de treinamento, houve interação pelo tempo e grupos para TDF isométrica a 30ms ($P = 0,017$, $\eta_p^2 = 0,20$, Poder = 0,74), a 50ms ($P = 0,002$, $\eta_p^2 = 0,37$, Poder = 0,99), a 100ms ($P = <0,001$, $\eta_p^2 = 0,32$, Poder = 0,96), e a 200ms ($P = 0,004$, $\eta_p^2 = 0,26$, Poder = 0,88), indicando superioridade para o grupo CSCB. Não houve mudança para TDF isométrica a 500ms após as intervenções.

Para a TDF dinâmica (a 60ms, 120ms, 180ms e 240ms) a 40%, 50% e 60% de 1RM, houve aumento do pré para o pós-intervenção (efeitos significativos para o tempo, $P < 0,001$, $\eta_p^2 > 0,14$ e Poder $> 0,80$) em todos os grupos, sem diferença entre eles ($P > 0,05$), exceto para TDF dinâmica a 40% de 1RM a 60ms. Houve interação do tempo pelos grupos para TDF dinâmica a 40% de 1RM a 60ms ($P = 0,035$, $\eta_p^2 = 0,17$, Poder = 0,64), indicando superioridade para o grupo TFCA. No entanto, o poder desta análise foi abaixo de 0,80.

Tabela 5. Medidas de taxa de desenvolvimento de força isométrica e dinâmica após 8 semanas de treinamento de força com configuração de série tradicional com carga alta vs. treinamento com configuração de série *cluster* com carga alta vs. treinamento com configuração de série *cluster* com carga baixa em mulheres na pós-menopausa.

	TFCA (n=12)		CSCB (n=14)		CSCB (n=14)		P Grupo	P Tempo	η_p^2	Poder	P Tempo vs. Grupo	η_p^2	Poder
	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós							
Isométrica													
Log10 TDF-30ms (N.m.s⁻¹)	2,57±0,31	2,63±0,29	2,48±0,37	2,53±0,24	2,29±0,34	2,61±0,27*	0,420	0,002	0,24	0,91	0,017	0,20	0,74
Log10 TDF-50ms (N.m.s⁻¹)	2,57±0,27	2,57±0,24	2,54±0,36	2,49±0,29	2,26±0,34	2,56±0,26*	0,321	0,026	0,13	0,62	0,002	0,37	0,99
Log10 TDF-100ms (N.m.s⁻¹)	2,46±0,24	2,45±0,24	2,44±0,29	2,38±0,29	2,16±0,37	2,39±0,27*	0,220	0,082	0,08	0,41	<0,001	0,32	0,96
Log10 TDF-200ms (N.m.s⁻¹)	2,35±0,21	2,36±0,20	2,36±0,24	2,33±0,22	2,15±0,29	2,30±0,26*	0,262	0,084	0,08	0,41	0,004	0,26	0,88
Log10 TDF-500ms (N.m.s⁻¹)	2,14±0,16	2,13±0,17	2,13±0,16	2,11±0,15	2,03±0,19	2,09±0,18	0,460	0,460	0,01	0,11	0,083	0,13	0,50

Dinâmica a 40% de 1RM

Log10 TDF-30ms (N.m.s ⁻¹)	3,04±0,12	3,15±0,17	3,04±0,22	3,08±0,21	3,01±0,20	3,04±0,20	0,633	<0,001	0,37	0,99	0,035	0,17	0,64
Log10 TDF-50ms (N.m.s ⁻¹)	2,75±0,13	2,81±0,16	2,73±0,20	2,76±0,21	2,68±0,19	2,73±0,18	0,589	<0,001	0,33	0,99	0,345	0,06	0,23
Log10 TDF-100ms (N.m.s ⁻¹)	2,55±0,13	2,60±0,15	2,53±0,19	2,56±0,19	2,49±0,19	2,53±0,17	0,619	<0,001	0,38	0,99	0,400	0,05	0,20
Log10 TDF-200ms (N.m.s ⁻¹)	2,40±0,13	2,46±0,15	2,39±0,19	2,42±0,18	2,35±0,19	2,39±0,17	0,656	<0,001	0,36	0,99	0,327	0,06	0,24

Dinâmica a 50% de 1RM

Log10 TDF-30ms (N.m.s ⁻¹)	3,12±0,13	3,21±0,17	3,10±0,22	3,18±0,21	3,08±0,20	3,13±0,20	0,704	<0,001	0,55	0,99	0,322	0,06	0,24
Log10 TDF-50ms (N.m.s ⁻¹)	2,81±0,14	2,88±0,16	2,78±0,20	2,85±0,20	2,76±0,19	2,81±0,18	0,676	<0,001	0,57	0,99	0,385	0,05	0,21
Log10 TDF-100ms (N.m.s ⁻¹)	2,61±0,13	2,69±0,16	2,59±0,19	2,64±0,17	2,57±0,19	2,61±0,17	0,677	<0,001	0,54	0,99	0,381	0,05	0,21
Log10 TDF-200ms (N.m.s ⁻¹)	2,48±0,13	2,55±0,15	2,45±0,19	2,50±0,17	2,43±0,19	2,48±0,17	0,667	<0,001	0,52	0,99	0,483	0,04	0,17

Dinâmica a 60% de 1RM

Log10 TDF-30ms (N.m.s ⁻¹)	3,17±0,13	3,26±0,15	3,15±0,19	3,21±0,22	3,14±0,18	3,16±0,19	0,631	<0,001	0,37	0,99	0,152	0,10	0,38
Log10 TDF-50ms (N.m.s ⁻¹)	2,86±0,13	2,94±0,14	2,83±0,19	2,88±0,20	2,81±0,18	2,85±0,17	0,577	<0,001	0,49	0,99	0,183	0,09	0,35
Log10 TDF-100ms (N.m.s ⁻¹)	2,67±0,13	2,74±0,14	2,64±0,18	2,70±0,18	2,63±0,18	2,66±0,16	0,611	<0,001	0,50	0,99	0,103	0,12	0,46
Log10 TDF-200ms (N.m.s ⁻¹)	2,54±0,14	2,61±0,14	2,51±0,18	2,56±0,18	2,49±0,18	2,52±0,16	0,616	<0,001	0,48	0,99	0,139	0,10	0,40

Todos os valores são expressos como média e desvio-padrão. TFCA: treinamento de força com configuração de série tradicional com carga alta, CSCA: treinamento com configuração de série *cluster* com carga alta, CSCB: treinamento com configuração de série *cluster* com carga baixa, 1RM: uma repetição máxima, Log10: transformação logarítmica a base 10, TDF: taxa de desenvolvimento de força. ANOVA de medidas repetidas.

A tabela 6 mostra os valores de TDP dinâmica (a 60ms, 120ms, 180ms e 240ms) a 40%, 50% e 60% de 1RM antes e após oito semanas das intervenções em todos os grupos. Todas as medidas de TDP dinâmica a 40%, 50% e 60% de 1RM aumentaram após a intervenção (efeitos significativos para o tempo, $P < 0,001$, $\eta_p^2 > 0,14$ e Poder $> 0,80$) em todos os grupos, sem diferença entre eles ($P > 0,05$).

Tabela 6. Medidas de taxa de desenvolvimento de potência dinâmica após 8 semanas de treinamento de força com configuração de série tradicional com carga alta vs. treinamento com configuração de série *cluster* com carga alta vs. treinamento com configuração de série *cluster* com carga baixa em mulheres na pós-menopausa.

	TFCA (n=12)		CSCA (n=14)		CSCB (n=14)		P Grupo	P Tempo	η_p^2	Poder	P Tempo vs. Grupo	η_p^2	Poder
	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós							
Dinâmica a 40% de 1RM													
Log10 TDP-60ms (N.m.s ⁻¹)	3,11±0,23	3,44±0,31	3,17±0,34	3,39±0,34	3,10±0,36	3,24±0,38	0,556	<0,001	0,44	0,99	0,231	0,08	0,30
Log10 TDP-120ms (N.m.s ⁻¹)	3,08±0,17	3,28±0,23	3,11±0,30	3,20±0,30	3,02±0,29	3,10±0,32	0,476	<0,001	0,34	0,99	0,158	0,09	0,38
Log10 TDP-180ms (N.m.s ⁻¹)	3,02±0,14	3,13±0,19	3,01±0,27	3,07±0,25	2,93±0,24	2,98±0,29	0,422	<0,001	0,24	0,92	0,356	0,05	0,22
Log10 TDP-240ms (N.m.s ⁻¹)	2,91±0,14	2,98±0,19	2,89±0,24	2,93±0,22	2,83±0,22	2,85±0,27	0,433	0,050	0,10	0,51	0,623	0,03	0,12
Dinâmica a 50% de 1RM													
Log10 TDP-60ms (N.m.s ⁻¹)	3,21±0,29	3,43±0,31	3,23±0,35	3,39±0,39	3,13±0,46	3,29±0,41	0,663	<0,001	0,25	0,93	0,869	0,01	0,07
Log10 TDP-120ms (N.m.s ⁻¹)	3,13±0,22	3,31±0,24	3,11±0,31	3,23±0,31	3,02±0,34	3,15±0,31	0,465	<0,001	0,33	0,99	0,795	0,01	0,08

Log10 TDP-180ms (N.m.s ⁻¹)	3,05±0,17	3,16±0,21	3,00±0,26	3,09±0,24	2,96±0,29	3,05±0,24	0,533	<0,001	0,34	0,99	0,832	0,01	0,08
Log10 TDP-240ms (N.m.s ⁻¹)	2,94±0,16	3,03±0,20	2,89±0,23	2,95±0,21	2,86±0,25	2,93±0,22	0,513	<0,001	0,28	0,96	0,774	0,01	0,09
Dinâmica a 60% de 1RM													
Log10 TDP-60ms (N.m.s ⁻¹)	3,22±0,19	3,43±0,27	3,26±0,32	3,32±0,44	3,22±0,28	3,23±0,37	0,667	0,033	0,12	0,58	0,159	0,09	0,38
Log10 TDP-120ms (N.m.s ⁻¹)	3,16±0,15	3,27±0,21	3,11±0,30	3,16±0,36	3,05±0,27	3,12±0,27	0,453	0,006	0,19	0,81	0,707	0,02	0,10
Log10 TDP-180ms (N.m.s ⁻¹)	3,07±0,13	3,13±0,20	3,00±0,26	3,05±0,29	2,94±0,24	3,01±0,23	0,404	0,008	0,17	0,78	0,868	0,01	0,07
Log10 TDP-240ms (N.m.s ⁻¹)	2,96±0,14	3,01±0,18	2,90±0,25	2,94±0,25	2,84±0,22	2,91±0,20	0,413	0,005	0,19	0,82	0,828	0,01	0,08

Todos os valores são expressos como média e desvio-padrão. TFCA: treinamento de força com configuração de série tradicional com carga alta, CSCA: treinamento com configuração de série *cluster* com carga alta, CSCB: treinamento com configuração de série *cluster* com carga baixa, 1RM: uma repetição máxima, Log10: transformação logarítmica a base 10, TDF: taxa de desenvolvimento de potência. ANOVA de medidas repetidas.

2.1.2 DISCUSSÃO

O presente estudo randomizado foi o primeiro (após vasta revisão) a comparar os efeitos de duas configurações de série *cluster* (CSCA e CSCB) com os efeitos do TFCA sobre o desempenho neuromuscular [AMC, força e potência musculares, TDF (isométrica e dinâmica) e TDP] em PM. Nossos resultados mostraram que a configuração de série *cluster* (CSCA e CSCB) melhora a massa muscular e desempenho neuromuscular (exceto para TDF inicial ≤ 200 ms) similarmente ao TFCA. Além disso, CSCB foi superior ao CSCA e TFCA na melhorar de TDF inicial (≤ 200 ms). Esses resultados sugerem que a configuração de série *cluster*, particularmente a configuração CSCB, pode ser uma intervenção alternativa ao TFCA para melhorar o desempenho neuromuscular em PM. Nossos achados são importantes porque diferentes programas de TF para melhorar o desempenho neuromuscular são possíveis quando TF com configuração de série tradicional (e.g. TFCA e repetições realizadas até ou próximo à falha volitiva) não podem ser usadas. Assim, muitos idosos podem engajar em diferentes programas de TF (de acordo com a condição física e preferência), reduzindo a baixa proporção de idosos que não engajam no TF (35-37) e prevenindo o baixo desempenho neuromuscular associado a problemas prejudiciais de saúde (13).

Devido à configuração de série tradicional (fadiga instalada na série) (27-29), ocorre uma redução aguda na qualidade do movimento (técnica, força e velocidade) (28-30). Essa redução tem sido associada com atenuação nos ganhos de desempenho neuromuscular em jovens (32). De maneira inversa, como configuração de série *cluster* pode evitar a redução aguda no desempenho do movimento, alguns estudos prévios (mas não todos) tem observado que a configuração de série *cluster* maximiza os ganhos de força e potência musculares quando comparado à configuração de série tradicional do TF em jovens (42). Assim, nós esperávamos que a configuração de série *cluster* maximizasse os ganhos de desempenho neuromuscular quando comparado a configuração de série tradicional do TF em PM. No entanto, no presente estudo, o CSCA e CSCB aumentou a AMC e desempenho neuromuscular (1RM, potência muscular a 40%, 50% e 60% de 1RM, TDF dinâmica e TDP) similarmente ao grupo de TFCA. Esses resultados sugerem que os ganhos na massa muscular e no desempenho neuromuscular com TF ocorrem independentemente dos intervalos entre as repetições (e.g. fadiga instalada na série) em PM. Nossos resultados estão de acordo com outros

estudos prévios que não reportaram diferença entre as configurações de série tradicional e *cluster* sobre a massa, força e potência musculares em pessoas jovens (42, 51, 52). Embora a configuração de série *cluster* não se mostrou superior à configuração de série tradicional nos ganhos de massa muscular e desempenho neuromuscular, intervalos curtos entre as repetições podem evitar a fadiga instalada na série e manter o pico de força ao longo das repetições na série (43, 53, 54). Assim, a configuração de série *cluster* pode ser uma estratégia alternativa a configuração de série tradicional, particularmente para PM que não toleram a fadiga durante o TF (e.g. pessoas idosas e mulheres sobreviventes do câncer de mama).

No presente estudo, somente o grupo CSCB aumentou do pré para o pós-intervenção a TDF isométrica em 0–30, 0–50, 0–100 e 0–200ms quando comparado ao TFCA e ao CSCA. Aqui, o TFCA e o CSCA utilizaram cargas muito altas (90% de 1RM) enquanto o CSCB utilizou cargas leves (40% de 1RM). Cargas muito altas (e fadiga) promovem um tempo mais longo na duração da repetição do que cargas leves e moderadas (23). Conseqüentemente, o grupo TFCA e o grupo CSCA realizaram a fase concêntrica e excêntrica de cada repetição em uma velocidade baixa (3s), enquanto o grupo CSCB realizou uma velocidade rápida (< 1s). Aumentos na TDF isométrica em mulheres idosas tem sido reportadas por estudos prévios (55, 56) que utilizaram o TF (configuração de série tradicional) com cargas leves a moderadas (< 80% de 1RM) e velocidades rápidas (< 1s) a moderadas (1-2s) de contração (23). De fato, tem sido mostrado que o exercício que envolve velocidade rápida (e.g. ações musculares realizaram com TDF máxima intencional) é uma modalidade de treinamento eficiente, independente da carga utilizada, para induzir ganhos na TDF (45). Assim, parece que os aumentos na TDF isométrica no grupo CSCB foram relacionados à velocidade rápida de contração.

Nossos resultados sobre TDF isométrica são importantes porque a identificação de intervenções direcionadas à TDF isométrica (e.g. CSCB) pode reduzir o risco de quedas em PM. São observadas reduções significativas na TDF isométrica com o processo de envelhecimento (57). A habilidade de produzir força muscular rápida em idosos (e.g. TDF isométrica < 200ms) é necessário para uma recuperação adequada após tropeçar em um obstáculo (7); portanto, a baixa TDF isométrica é associada com um aumento no risco de quedas em idosos (5, 7, 8, 58). Além disso, como a redução da

TDF isométrica com o avanço da idade ocorre em uma maior magnitude do que a força máxima muscular (60), a TDF isométrica tem sido sugerida ser mais importante do que a força máxima muscular para aumentar o risco de quedas em idosos (58).

No presente estudo, todas as configurações de TF (TFCA, CSCA e CSCB) aumentaram similarmente a potência muscular (PP e PM) nos diferentes percentuais de 1RM (40%, 50% e 60% de 1RM) em PM. Esses resultados corroboram com uma grande parte de achados anteriores que o TF aumentou a potência muscular em diferentes percentuais de 1RM, independentemente da intensidade (% de 1 RM) usada no treinamento (carga) (22, 61, 62). Nossos achados têm implicações importantes porque a potência muscular em diferentes cargas (e.g. diferentes percentual de força máxima) é necessário para diferentes atividades da vida diária (e.g. básica vs. instrumental). Assim, diferentes configurações do TF podem ser utilizadas para melhorar a potência muscular em diferentes cargas em PM (de acordo com a condição e preferência).

Não somente a potência muscular, mas também a TDP (em diferentes velocidades e cargas) reduzem com o avançar da idade (48, 49). A redução na TDP tem sido associada com a redução no desempenho físico-funcional de idosos (4, 48). No presente estudo, os grupos TFCA, CSCA e CSCB aumentaram similarmente a TDP a 40%, 50% e 60% de 1RM em 0–60, 0–120, 0–180 e 0–240ms. Para nosso conhecimento, esse estudo foi o primeiro a comparar os efeitos de diferentes configurações de série do TF (TFCA, CSCA e CSCB) sobre a TDP em PM. Como a potência muscular é o produto da força e velocidade, aumentar a potência muscular requer um aumento na força, velocidade ou ambos (63-65). No presente estudo, a TDF dinâmica a 40%, 50% e 60% de 1RM em 0–60, 0–120, 0–180 e 0–240ms aumentou em todos os grupos, como observado na TDP. Esses resultados sugerem que o aumento na TDP após as intervenções (todos os grupos) foi pelo menos em parte devido ao aumento na TDF dinâmica. Coletivamente, esses achados sugerem que o TF, independentemente da intensidade e configuração da série, é uma estratégia para melhorar a TDP e prevenir a redução do desempenho físico-funcional em PM.

Uma possível limitação deste estudo foi a curta duração do TF. Embora tem sido aceito que as adaptações neuromusculares ocorrem durante estágios iniciais do

treinamento (66), isso não garante que tais adaptações neuromusculares serão similarmemente sustentadas em todos os grupos após oito semanas. Essa é uma questão importante para estudos futuros.

Em conclusão, esse estudo demonstrou que o TFCA, CSCA e CSCB são efetivos similarmemente para melhorar a área muscular da coxa, força e potência musculares, TDF isométrica e dinâmica, e TDP dinâmica após oito semanas de intervenção em PM. Particularmente, o CSCB é superior ao TFCA e CSCA no aumento da TDF isométrica ($\leq 200\text{ms}$).

REFERÊNCIAS

1. Raj IS, Bird SR, Shield AJ. Aging and the force-velocity relationship of muscles. *Exp Gerontol.* 2010;45(2):81-90. Epub 2009/11/04.
2. Cruz-Jentoft AJ, Baeyens JP, Bauer JM, Boirie Y, Cederholm T, Landi F, et al. Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis: Report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People. *Age and ageing.* 2010;39(4):412-23. Epub 2010/04/16.
3. Aagaard P, Suetta C, Caserotti P, Magnusson SP, Kjaer M. Role of the nervous system in sarcopenia and muscle atrophy with aging: strength training as a countermeasure. *Scandinavian journal of medicine & science in sports.* 2010;20(1):49-64. Epub 2010/05/22.
4. Van Driessche S, Delecluse C, Bautmans I, Vanwanseele B, Van Roie E. Age-related differences in rate of power development exceed differences in peak power. *Exp Gerontol.* 2018;101:95-100. Epub 2017/11/21.
5. LaRoche DP, Cremin KA, Greenleaf B, Croce RV. Rapid torque development in older female fallers and nonfallers: a comparison across lower-extremity muscles. *Journal of electromyography and kinesiology : official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology.* 2010;20(3):482-8. Epub 2009/09/29.
6. Reid KF, Fielding RA. Skeletal muscle power: a critical determinant of physical functioning in older adults. *Exercise and sport sciences reviews.* 2012;40(1):4.

7. Pijnappels M, Bobbert MF, van Dieen JH. Control of support limb muscles in recovery after tripping in young and older subjects. *Experimental brain research*. 2005;160(3):326-33. Epub 2004/08/24.
8. Bento PC, Pereira G, Ugrinowitsch C, Rodacki AL. Peak torque and rate of torque development in elderly with and without fall history. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2010;25(5):450-4. Epub 2010/03/31.
9. Skelton DA, Kennedy J, Rutherford OM. Explosive power and asymmetry in leg muscle function in frequent fallers and non-fallers aged over 65. *Age and ageing*. 2002;31(2):119-25. Epub 2002/04/09.
10. Perry MC, Carville SF, Smith IC, Rutherford OM, Newham DJ. Strength, power output and symmetry of leg muscles: effect of age and history of falling. *European journal of applied physiology*. 2007;100(5):553-61. Epub 2006/07/19.
11. Metter EJ, Talbot LA, Schragger M, Conwit RA. Arm-cranking muscle power and arm isometric muscle strength are independent predictors of all-cause mortality in men. *J Appl Physiol (1985)*. 2004;96(2):814-21. Epub 2003/10/14.
12. Guadalupe-Grau A, Carnicero JA, Gomez-Cabello A, Gutierrez Avila G, Humanes S, Alegre LM, et al. Association of regional muscle strength with mortality and hospitalisation in older people. *Age Ageing*. 2015;44(5):790-5. Epub 2015/07/15.
13. Beaudart C, Zaaria M, Pasleau F, Reginster JY, Bruyere O. Health Outcomes of Sarcopenia: A Systematic Review and Meta-Analysis. *PloS one*. 2017;12(1):e0169548. Epub 2017/01/18.
14. Pinedo-Villanueva R, Westbury LD, Syddall HE, Sanchez-Santos MT, Dennison EM, Robinson SM, et al. Health Care Costs Associated With Muscle Weakness: A UK Population-Based Estimate. *Calcified tissue international*. 2018. Epub 2018/09/24.
15. Sirola J, Rikkinen T. Muscle performance after the menopause. *The journal of the British Menopause Society*. 2005;11(2):45-50. Epub 2005/06/23.
16. Phillips SK, Rook KM, Siddle NC, Bruce SA, Woledge RC. Muscle weakness in women occurs at an earlier age than in men, but strength is preserved by hormone replacement therapy. *Clin Sci (Lond)*. 1993;84(1):95-8. Epub 1993/01/01.
17. Bondarev D, Laakkonen EK, Finni T, Kokko K, Kujala UM, Aukee P, et al. Physical performance in relation to menopause status and physical activity. *Menopause*. 2018;25(12):1432-41. Epub 2018/05/23.

18. Cooper R, Mishra G, Clennell S, Guralnik J, Kuh D. Menopausal status and physical performance in midlife: findings from a British birth cohort study. *Menopause*. 2008;15(6):1079-85. Epub 2008/06/04.
19. Kuh D, Bassey EJ, Butterworth S, Hardy R, Wadsworth ME. Grip strength, postural control, and functional leg power in a representative cohort of British men and women: associations with physical activity, health status, and socioeconomic conditions. *The journals of gerontology Series A, Biological sciences and medical sciences*. 2005;60(2):224-31. Epub 2005/04/09.
20. Steffl M, Sima J, Shiells K, Holmerova I. The increase in health care costs associated with muscle weakness in older people without long-term illnesses in the Czech Republic: results from the Survey of Health, Ageing and Retirement in Europe (SHARE). *Clinical interventions in aging*. 2017;12:2003-7. Epub 2017/12/12.
21. Chodzko-Zajko WJ, Proctor DN, Fiatarone Singh MA, Minson CT, Nigg CR, Salem GJ, et al. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and physical activity for older adults. *Med Sci Sports Exerc*. 2009;41(7):1510-30. Epub 2009/06/12.
22. Byrne C, Faure C, Keene DJ, Lamb SE. Ageing, Muscle Power and Physical Function: A Systematic Review and Implications for Pragmatic Training Interventions. *Sports Med*. 2016;46(9):1311-32. Epub 2016/02/20.
23. ACSM. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc*. 2009;41(3):687-708. Epub 2009/02/11.
24. Steib S, Schoene D, Pfeifer K. Dose-response relationship of resistance training in older adults: a meta-analysis. 2010.
25. Manini TM, Clark BC. Blood flow restricted exercise and skeletal muscle health. *Exercise and sport sciences reviews*. 2009;37(2):78-85. Epub 2009/03/24.
26. Wernbom M, Augustsson J, Raastad T. Ischemic strength training: a low-load alternative to heavy resistance exercise? *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. 2008;18(4):401-16. Epub 2008/05/10.
27. Izquierdo M, Gonzalez-Badillo J, Häkkinen K, Ibanez J, Kraemer W, Altadill A, et al. Effect of loading on unintentional lifting velocity declines during single sets of repetitions to failure during upper and lower extremity muscle actions. *International journal of sports medicine*. 2006;27(09):718-24.

28. Gorostiaga EM, Navarro-Amezqueta I, Cusso R, Hellsten Y, Calbet JA, Guerrero M, et al. Anaerobic energy expenditure and mechanical efficiency during exhaustive leg press exercise. *PLoS One*. 2010;5(10):e13486. Epub 2010/10/27.
29. Gorostiaga EM, Navarro-Amezqueta I, Calbet JA, Hellsten Y, Cusso R, Guerrero M, et al. Energy metabolism during repeated sets of leg press exercise leading to failure or not. *PLoS One*. 2012;7(7):e40621. Epub 2012/07/19.
30. Hardee JP, Triplett NT, Utter AC, Zwetsloot KA, McBride JM. Effect of interrepetition rest on power output in the power clean. *J Strength Cond Res*. 2012;26(4):883-9. Epub 2012/01/10.
31. Howatson G, van Someren KA. The prevention and treatment of exercise-induced muscle damage. *Sports Med*. 2008;38(6):483-503. Epub 2008/05/21.
32. Pareja-Blanco F, Rodríguez-Rosell D, Sánchez-Medina L, Sanchis-Moysi J, Dorado C, Mora-Custodio R, et al. Effects of velocity loss during resistance training on athletic performance, strength gains and muscle adaptations. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. 2017;27(7):724-35.
33. Burton E, Lewin G, Pettigrew S, Hill AM, Bainbridge L, Farrier K, et al. Identifying motivators and barriers to older community-dwelling people participating in resistance training: A cross-sectional study. *Journal of sports sciences*. 2017;35(15):1523-32. Epub 2016/08/26.
34. Burton E, Farrier K, Lewin G, Pettigrew S, Hill AM, Airey P, et al. Motivators and Barriers for Older People Participating in Resistance Training: A Systematic Review. *Journal of aging and physical activity*. 2017;25(2):311-24. Epub 2016/09/14.
35. Statistics NCFH. Health, United States, 2014: with special feature on adults aged 55–64. 2015.
36. Merom D, Pye V, Macniven R, van der Ploeg H, Milat A, Sherrington C, et al. Prevalence and correlates of participation in fall prevention exercise/physical activity by older adults. *Preventive medicine*. 2012;55(6):613-7. Epub 2012/10/16.
37. Humphries B, Duncan MJ, Mummery WK. Prevalence and correlates of resistance training in a regional Australian population. *British journal of sports medicine*. 2010;44(9):653-6. Epub 2008/07/08.
38. Barcelos LC, Nunes PRP, de Souza LRMF, de Oliveira AA, Furlanetto R, Marocolo M, et al. Low-load resistance training promotes muscular adaptation

regardless of vascular occlusion, load, or volume. *European journal of applied physiology*. 2015;115(7):1559-68.

39. Csapo R, Alegre L. Effects of resistance training with moderate vs heavy loads on muscle mass and strength in the elderly: A meta-analysis. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. 2016;26(9):995-1006.

40. Tufano JJ, Brown LE, Haff GG. Theoretical and practical aspects of different cluster set structures: a systematic review. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2017;31(3):848-67.

41. Tufano JJ, Conlon JA, Nimphius S, Brown LE, Seitz LB, Williamson BD, et al. Maintenance of velocity and power with cluster sets during high-volume back squats. *International journal of sports physiology and performance*. 2016;11(7):885-92.

42. Oliver JM, Jagim AR, Sanchez AC, Mardock MA, Kelly KA, Meredith HJ, et al. Greater gains in strength and power with intraset rest intervals in hypertrophic training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2013;27(11):3116-31.

43. Haff GG, Hobbs RT, Haff EE, Sands WA, Pierce KC, Stone MH. Cluster training: A novel method for introducing training program variation. *Strength & Conditioning Journal*. 2008;30(1):67-76.

44. Heymsfield SB, McManus C, Smith J, Stevens V, Nixon DW. Anthropometric measurement of muscle mass: revised equations for calculating bone-free arm muscle area. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 1982;36(4):680-90.

45. Maffiuletti NA, Aagaard P, Blazevich AJ, Folland J, Tillin N, Duchateau J. Rate of force development: physiological and methodological considerations. *European journal of applied physiology*. 2016:1-26.

46. Aagaard P, Simonsen EB, Andersen JL, Magnusson P, Dyhre-Poulsen P. Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. *Journal of applied physiology*. 2002;93(4):1318-26.

47. Martins FM, de Paula Souza A, Nunes PRP, Michelin MA, Murta EFC, Resende EAMR, et al. High-intensity body weight training is comparable to combined training in changes in muscle mass, physical performance, inflammatory markers and metabolic health in postmenopausal women at high risk for type 2 diabetes mellitus: A randomized controlled clinical trial. *Experimental gerontology*. 2018.

48. Van Driessche S, Van Roie E, Vanwanseele B, Van Leemputte M, Delecluse C. Age-related decline in leg-extensor power development in single- versus multi-joint movements. *Exp Gerontol.* 2018;110:98-104. Epub 2018/06/03.
49. Van Roie E, Van Driessche S, Inglis AJ, Thomis M, Delecluse C. Rate of power development of the knee extensors across the adult life span: A cross-sectional study in 1387 Flemish Caucasians. *Experimental gerontology.* 2018;110:260-6.
50. Cohen J. *Statistical power analysis for the behavioral sciences* 2nd edn. Erlbaum Associates, Hillsdale; 1988.
51. Nicholson G, Ispoglou T, Bissas A. The impact of repetition mechanics on the adaptations resulting from strength-, hypertrophy-and cluster-type resistance training. *European journal of applied physiology.* 2016;116(10):1875-88.
52. Tufano JJ, Halaj M, Kampmiller T, Novosad A, Buzgo G. Cluster sets vs. traditional sets: Levelling out the playing field using a power-based threshold. *PloS one.* 2018;13(11):e0208035.
53. Iglesias-Soler E, Carballeira E, Sanchez-Otero T, Mayo X, Jiménez A, Chapman M. Acute effects of distribution of rest between repetitions. *International journal of sports medicine.* 2012;33(05):351-8.
54. Willardson JM. A brief review: How much rest between sets? *Strength & Conditioning Journal.* 2008;30(3):44-50.
55. Gurjão ALD, Gobbi LTB, Carneiro NH, Gonçalves R, Ferreira de Moura R, Cyrino ES, et al. Effect of strength training on rate of force development in older women. *Research quarterly for exercise and sport.* 2012;83(2):268-75.
56. Tiggemann CL, Dias CP, Radaelli R, Massa JC, Bortoluzzi R, Schoenell MCW, et al. Effect of traditional resistance and power training using rated perceived exertion for enhancement of muscle strength, power, and functional performance. *Age.* 2016;38(2):1-12.
57. Aagaard P, Suetta C, Caserotti P, Magnusson SP, Kjær M. Role of the nervous system in sarcopenia and muscle atrophy with aging: strength training as a countermeasure. *Scandinavian journal of medicine & science in sports.* 2010;20(1):49-64.
58. Palmer TB, Thiele RM, Williams KB, Adams BM, Akehi K, Smith DB, et al. The identification of fall history using maximal and rapid isometric torque characteristics of the hip extensors in healthy, recreationally active elderly females: a

preliminary investigation. *Aging clinical and experimental research*. 2015;27(4):431-8. Epub 2014/12/30.

59. Pijnappels M, Bobbert MF, van Dieën JH. Control of support limb muscles in recovery after tripping in young and older subjects. *Experimental brain research*. 2005;160(3):326-33.

60. Izquierdo M, Aguado X, Gonzalez R, Lopez JL, Hakkinen K. Maximal and explosive force production capacity and balance performance in men of different ages. *European journal of applied physiology and occupational physiology*. 1999;79(3):260-7. Epub 1999/02/27.

61. Straight CR, Lindheimer JB, Brady AO, Dishman RK, Evans EM. Effects of Resistance Training on Lower-Extremity Muscle Power in Middle-Aged and Older Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Sports Med*. 2016;46(3):353-64. Epub 2015/11/08.

62. Alcazar J, Guadalupe-Grau A, Garcia-Garcia FJ, Ara I, Alegre LM. Skeletal Muscle Power Measurement in Older People: A Systematic Review of Testing Protocols and Adverse Events. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2018;73(7):914-24. Epub 2018/01/09.

63. Morin J-B, Samozino P. Interpreting power-force-velocity profiles for individualized and specific training. *International journal of sports physiology and performance*. 2016;11(2):267-72.

64. Alcazar J, Rodriguez-Lopez C, Ara I, Alfaro-Acha A, Rodriguez-Gomez I, Navarro-Cruz R, et al. Force-velocity profiling in older adults: An adequate tool for the management of functional trajectories with aging. *Exp Gerontol*. 2018;108:1-6. Epub 2018/03/24.

65. Alcazar J, Rodriguez-Lopez C, Ara I, Alfaro-Acha A, Manas-Bote A, Guadalupe-Grau A, et al. The Force-Velocity Relationship in Older People: Reliability and Validity of a Systematic Procedure. *Int J Sports Med*. 2017;38(14):1097-104. Epub 2017/11/11.

66. Staron R, Karapondo D, Kraemer W, Fry A, Gordon S, Falkel JE, et al. Skeletal muscle adaptations during early phase of heavy-resistance training in men and women. *Journal of Applied Physiology*. 1994;76(3):1247-55.

2. ARTIGOS PRODUZIDOS

2.2. ARTIGO 2

EFEITO DO TREINAMENTO DE FORÇA SOBRE BIOMARCADORES DA SARCOPENIA EM MULHERES NA PÓS-MENOPAUSA: UM ENSAIO CLÍNICO RANDOMIZADO SOBRE A EFICÁCIA DA INTENSIDADE

RESUMO

Como o período pós-menopausa é acompanhado por um aumento na obesidade abdominal e na inflamação, mulheres na pós-menopausa (PM) correm maior risco para desenvolver sarcopenia. Por outro lado, o treinamento de força com carga alta (AC) tem sido considerado uma estratégia que pode reduzir a obesidade abdominal e inflamação e aumentar a massa muscular e função, prevenindo a sarcopenia. No entanto, pouco se sabe sobre o impacto do treinamento de força com carga baixa (BC) sobre os biomarcadores inflamatórios, gordura corporal e capacidade físico-funcional. Esse estudo testou se o BC é uma estratégia alternativa para melhorar os biomarcadores inflamatórios, gordura visceral, massa muscular e capacidade físico-funcional em PM quando comparado ao AC. Além disso, nós testamos se as mudanças nos biomarcadores inflamatórios são associadas com as alterações na composição corporal e função muscular. Esse ensaio clínico randomizado incluiu vinte e nove PM: BC [n = 14, idade = $61,6 \pm 6,1$ anos, índice de massa corporal (IMC) = $26,9 \pm 4,1$ kg/m²] e AC (n = 15, idade = $62,9 \pm 7,4$ anos, IMC = $26,6 \pm 4,9$ kg/m²). A composição corporal foi mensurada por meio da absorciometria de raios-x de dupla energia (DXA), a força muscular máxima por meio do teste de uma repetição máxima (1RM) e a capacidade físico-funcional por meio do teste de sentar e levantar da cadeira (SL), *timed-up and go* (TUG) e velocidade de marcha em quatro metros (4-m), 400 metros (400-m) e teste de 6-minutos de caminhada (6-min). Ambos os grupos realizaram oito exercícios, três séries (BC = 30-35 repetições e AC = 8-12 repetições), três vezes por semana, durante doze semanas de intervenção. Os indicadores sanguíneos [fator de necrose tumoral *alpha*, interleucina-6, receptor antagonista da interleucina-1, proteína quimioatratadora de monócitos-1, molécula de adesão intercelular-1, leptina, adiponectina, heme oxigenase-1 (HO-1) e proteína do estresse químico 70 (eHSP70)] foram mensurados por ensaio de imunoabsorção enzimática. Não houve diferença entre os grupos para as

mudanças na gordura (total e visceral), 1RM, SL, TUG, 4-m, citocinas e adipocinas. No entanto, uma maior magnitude de aumento foi observada para a massa magra das pernas no grupo BC ($P = 0,049$). Maior magnitude de aumento para o 6-min ($P = 0,029$) e redução para o 400-m ($P = 0,019$) foi observada no grupo AC. Houve uma superioridade para o AC em relação ao BC no aumento da HO-1 ($P = 0,047$). Além disso, o BC reduziu a eHSP70 ($P = 0,041$). As mudanças na HO-1 e eHSP70 explicam as mudanças no 6min (19%) e massa magra das pernas (15%), respectivamente ($P < 0,05$). Esses resultados sugerem que o BC é uma estratégia alternativa para melhorar os biomarcadores inflamatórios, gordura corporal, força muscular máxima e capacidade físico-funcional (testes curtos) em PM. No entanto, nosso estudo fornece um destaque para manipulação da carga de treinamento para otimizar os ganhos de massa muscular e capacidade físico-funcional. Além disso, eHSP70 e HO-1 podem ser usados como biomarcadores para acompanhar as mudanças na massa muscular e capacidade físico-funcional.

Palavras-chave: adiposidade, inflamação, massa muscular, fraqueza muscular, capacidade físico-funcional e mulheres idosas.

2.2.1 INTRODUÇÃO

Sarcopenia (baixa massa muscular e fraqueza muscular) [1, 2] é uma condição importante associada com incapacidade físico-funcional, quedas, baixa qualidade de vida, hospitalização, maior tempo em hospitalização e morte precoce em idosos [1-4]. Conseqüentemente, a sarcopenia [5] e seus componentes (e.g. baixa massa muscular e fraqueza muscular) [6, 7] têm sido associados aos custos elevados do sistema de saúde e tais custos provavelmente aumentarão de maneira acentuada nas próximas décadas. Assim, o progresso no campo da prevenção da sarcopenia é essencial se queremos promover o envelhecimento saudável e bem-sucedido em idosos, além de reduzir o impacto sobre os custos para saúde.

O aumento crônico nos níveis de biomarcadores inflamatórios [e.g. interleucina-6 (IL-6), fator de necrose tumoral *alpha* (TNF α) e interleucina-1 *beta* (IL-1 β)] com avanço da idade (um fenômeno descrito como “*inflammaging*”) [8-11] tem sido consistentemente associado com a sarcopenia em idosos [1, 9, 11]. Vem sendo mostrado que esses biomarcadores inflamatórios (e.g. IL-6, TNF α , e IL-1 β) exercem um efeito prejudicial sobre o músculo esquelético [11]. Além disso, níveis elevados de proteínas extracelular do estresse térmico de peso molecular 72 kDa [membro da família das proteínas do estresse térmico extracelular de peso molecular de 70 kDa (eHSP70) [12]], que exerce ação de sinalização pró-inflamatória [13], é também associada com baixa massa e função musculares em idosos [14]. A eHSP70/72 é liberada no ambiente extracelular [15] e vem sendo sugerida como um biomarcador da sarcopenia [14, 16]. Recentemente, o excesso de tecido adiposo disfuncional (e.g. visceral) vem sendo mostrado ser associado com várias desordens relacionadas à idade (definido como “*adipaging*”), como inflamação crônica [17]. A enzima heme oxigenase-1 (HO-1), que pode também promove efeitos anti-inflamatórios e anti-oxidantes, devido a geração de biliverdina, ferro e monóxido de carbono, exercem papéis importantes na modulação da inflamação do tecido adiposo e proteção contra doenças vasculares [18-20]. Por isso, HO-1 tem sido sugerida como uma potencial estratégia terapêutica para reverter às complicações clínicas da obesidade [18-20]. HO-1, que também é classificada como uma HSP 32 kDa [18], são liberadas no ambiente extracelular [15]. No entanto, o papel da HO-1 sobre a massa muscular e capacidade físico-funcional permanece incerto. Nós encontramos somente um estudo que mostrou que a aumento da HO-1 pode atenuar a

atrofia muscular induzida pela obesidade (via TNF α /fator nuclear capa B) em ratos [21]. Além disso, as adipocinas (citocinas advindas dos adipócitos), tais como leptina e adiponectina, também têm sido associadas com a inflamação e sugeridas como biomarcadores da sarcopenia [22, 23]. Baseado nesses estudos tem sido sugerido que o estado pró-inflamatório do envelhecimento e a obesidade abdominal podem contribuir para o desenvolvimento da sarcopenia. Particularmente, o período pós-menopausa é acompanhado por um aumento no estado pró-inflamatório [24], na obesidade abdominal e uma redução acentuada na massa muscular e no desempenho físico [25-30]. Devido ao aumento da expectativa de vida, mulheres vivem um terço de sua vida no período pós-menopausa. Conseqüentemente, pode-se inferir que o impacto da sarcopenia (e.g. fraqueza muscular) sobre os custos de saúde podem ser maiores em mulheres quando comparado a homens idosos [31]. Levando isso em conta, mulheres na pós-menopausa (PM) tem maior risco de desenvolver sarcopenia e suas conseqüências para saúde.

O treinamento de força com carga alta [AC; alta carga \geq 70% de uma repetição máxima (1RM), 8-12 repetições e séries múltiplas] é uma intervenção segura, eficiente e bem aceita para melhorar o estado inflamatório [32], composição corporal (massa muscular e gordura corporal) [33, 34] e capacidade físico-funcional [35, 36] em idosos. No entanto, AC é desafiador para idosos. Como em muitas condições onde a AC não pode ser utilizada (e.g. pacientes com comprometimento musculotendíneo e/ou integridade articular acometida, dor, doença) [37, 38], muitos clínicos hesitam em prescrever o AC para idosos [39]. De fato, muitos idosos (somente de 7-12% cumprem a recomendação para o treinamento de força [40, 41]) não engajam no AC [42, 43]. Assim, intervenções alternativas ao AC são necessárias. Duas meta-análises já foram realizadas e compararam os efeitos do treinamento de força com carga baixa (BC) em relação ao AC sobre a força muscular máxima e capacidade físico-funcional [35, 36]. Embora essas meta-análises sugerem que o AC é mais eficiente do que o BC para aumentar a força muscular máxima, o AC parece não ser necessário para melhorar a capacidade físico-funcional (testes curtos de capacidade físico-funcional). Por outro lado, pouco se sabe sobre o impacto do BC sobre muitos aspectos, tais como a massa muscular, mediadores inflamatórios, gordura corporal e diferentes testes de capacidade físico-funcional (e.g. testes curtos e estendidos) em idosos, particularmente em PM. Os poucos dados disponíveis referentes aos efeitos do treinamento de força com cargas

diferentes sobre a massa muscular [33], biomarcadores inflamatórios [44, 45], e testes e capacidade físico-funcional [46] são dependentes da magnitude da carga, mas não todos [44, 45, 47]. Além disso, permanece incerto se o treinamento de força fornece um ambiente sistêmico anti-inflamatório (dependendo da carga de treinamento) que regula os ganhos sobre a massa muscular esquelética e capacidade físico-funcional. Também, após vasta revisão da literatura, não encontramos estudo que tenha verificado a eficácia do BC sobre a gordura corporal, particularmente gordura visceral, em idosos. Assim, informações inconsistentes e limitadas confundem [48] a determinação da relação específica entre o treinamento de força (e.g. carga/dose necessária para otimizar os efeitos do treinamento de força), respostas inflamatórias e adaptações musculares em idosos. Por esses motivos, a primeira proposta deste estudo foi testar se o BC é uma estratégia alternativa ao AC para melhorar os biomarcadores inflamatórios, gordura visceral, massa e função musculares. Para essa primeira proposta, nós investigamos o impacto de diferentes cargas do treinamento de força (AC vs. BC) sobre biomarcadores inflamatórios circulantes (citocinas, adipocinas e proteínas do estresse térmico), gordura visceral e total, massa muscular e capacidade físico-funcional em PM. A segunda proposta deste estudo foi verificar se as diferenças entre os grupos (AC e BC) nas mudanças dos biomarcadores inflamatórios explicam (pelo menos em partes) a diferenças entre os grupos nas mudanças da composição corporal e capacidade físico-funcional. Para essa segunda proposta, nós utilizamos o coeficiente de correlação adotando o modelo intra-sujeito.

2.2.2 MÉTODOS

2.2.2.1 DESENHO EXPERIMENTAL

Esse estudo randomizado (ClinicalTrials.gov Identificador: NCT03619070) foi conduzido por um período de quinze semanas, com doze semanas de intervenção (da terceira até a décima quarta semana), duas semanas de coleta de dados (segunda e décima quinta semana), e familiarização com as técnicas dos exercícios dinâmicos (primeira semana). Quarenta e quatro voluntárias foram selecionadas para esse estudo. Todas as voluntárias foram randomizadas para um dos dois protocolos de treinamento de força: BC (n = 14, três séries de 30-35 RMs a 30% de 1RM) e AC (n = 15, três séries

de 8-12 RMs a 80% de 1RM). Ambos os grupos realizaram oito exercícios para o corpo todo, três vezes por semana, durante doze semanas de intervenção. Nós utilizamos uma ferramenta do Medcalc (criação de grupos aleatórios) para atribuir uma randomização dos casos entre os grupos.

Na primeira semana, foi realizado um período de familiarização nos oito exercícios dinâmicos (três sessões). Após essa semana, foram realizadas três sessões (segunda semana) para coleta de dados (em dias não consecutivos): teste de sentar e levantar da cadeira (SL), *timed-up and go* (TUG), teste de quatro metros (4-m), teste de quatrocentos metros (400-m), teste de seis minutos de caminhada (6-min) (na primeira sessão), medidas antropométricas e composição corporal, e amostras de sangue (na segunda sessão), e teste de força muscular máxima em três exercícios dinâmicos (na terceira sessão). Da terceira até a décima quarta semana, os grupos de BC e AC realizaram doze semanas de intervenção, três vezes por semana (em dias não consecutivos). Na décima quinta semana, a composição corporal e todos os testes foram realizados 48 horas após a última sessão de treinamento para evitar os efeitos residuais do treinamento. Durante a intervenção, oito mulheres descontinuaram o estudo (BC: n = 6, AC: n = 5) e não realizaram as avaliações pós-intervenção.

2.2.2.2 SUJEITOS

Todas as voluntárias foram esclarecidas sobre os procedimentos e objetivos do estudo e nos deu seu consentimento informado por escrito. O estudo foi aprovado pelo Conselho de Revisão da Universidade para o uso de sujeitos humanos (número 2.654.326, aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Triângulo Mineiro) e foi descrito de acordo com os padrões da Declaração de Helsinki.

Todas as voluntárias cumpriram os critérios de inclusão, que foram: disponibilidade para realizar todas as avaliações (e.g. antropometria, composição corporal, teste de força muscular máxima e testes da capacidade físico-funcional), não realizar regularmente treinamento de força ou outro tipo de exercício nos últimos seis meses, ter 45 anos ou mais, e mulheres cuja amenorreia ocorreu nos últimos 12 meses. Os critérios de exclusão foram: uso de terapia hormonal ou fito estrógenos; não estar com a pressão arterial e glicemia controlada; presença de miopatias, artropatias e neuropatias; presença de desordens musculares, tromboembólicas e gastrointestinais;

presença de doenças infecciosas e cardiovasculares; etilistas (sem ingestão de álcool em sua dieta), e fumantes. O fluxograma da amostra é na figura 1.

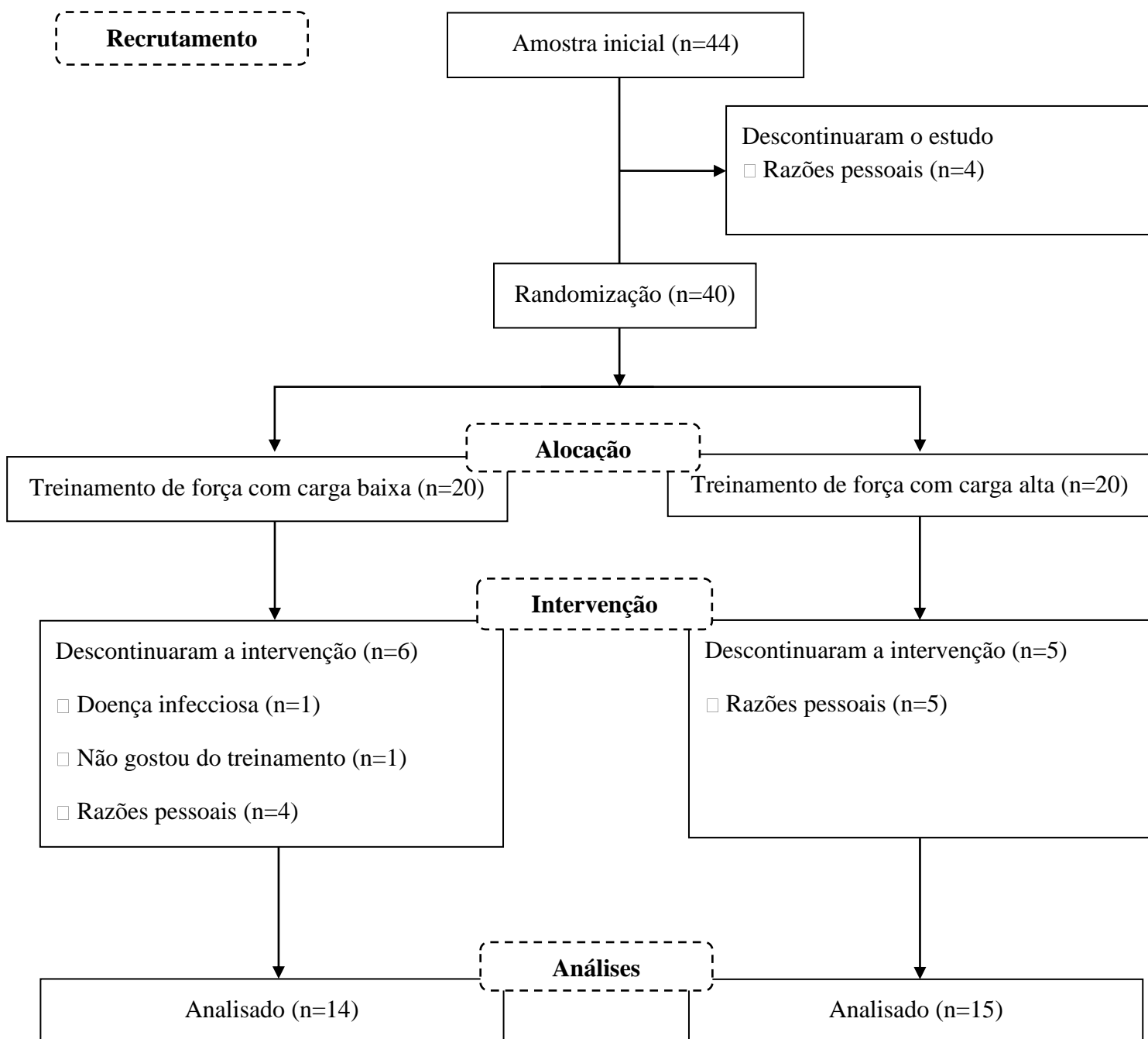


Figura 1. Fluxograma de alocação das voluntárias no grupo treinamento de força com carga alta e no grupo treinamento de força com carga baixa.

2.2.2.3 MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS E COMPOSIÇÃO CORPORAL

A massa corporal (kg) e estatura (cm) foram mensuradas utilizando uma balança digital do tipo plataforma com o estadiômetro fixo à balança (Lider®, Brasil). O índice de massa muscular (IMC) foi calculado por meio da equação: massa corporal/estatura². A composição corporal total e por região (massa gorda, percentual de gordura e massa magra) foi mensurada por meio da absorciometria de raios-x de dupla energia (GE/Lunar iDXA Corp, Madison, Estados Unidos) e quantificado pelo *software* Encore (versão 14.10). Para padronizar o nível de hidratação do corpo, os sujeitos foram instruídos a ingerir 2-L de água durante um período de 24-h, ao longo do dia para a medida da composição corporal. As medidas foram realizadas na mesma hora do dia (entre 08:00 e 10:00 da manhã), após jejum noturno de 8-10 horas. Todas as voluntárias foram instruídas a usar roupas leves, sem objetos de metal no dia do teste e a urinar imediatamente antes do teste. Após doze semanas de intervenção, as medidas da composição corporal foram realizadas após 48-h após a última sessão de treinamento.

2.2.2.4 MEDIDAS DA FORÇA MÁXIMA MUSCULAR

Todas as voluntárias participaram de uma semana de familiarização (três sessões na primeira semana) com cargas baixas (em dias não consecutivos) para familiarizar com as técnicas dos exercícios (cadeira extensora, mesa flexora e panturrilha sentado no *smith*) para realizar o teste de 1RM [49]. A avaliação do 1RM foi realizada três vezes durante o estudo: teste pré-treinamento, teste após seis semanas de treinamento e novamente após doze semanas de treinamento. Inicialmente, um aquecimento foi realizado utilizando cargas subjetivas, determinadas durante a familiarização, com aproximadamente 15 repetições a 30-40% de 1RM. Após um minuto e trinta segundos de intervalo, a carga foi aumentada e foi realizado de oito a doze repetições com carga subjetiva de 50-60% de 1RM. Após um minuto e trinta segundos de intervalo, a carga foi aumentada e foi realizado de três a cinco repetições com carga subjetiva de 80-90% de 1RM. Após de três a cinco minutos de intervalo, a carga foi aumentada consideravelmente e os sujeitos foram encorajados a vencer aquela carga usando um movimento completo. Quando a carga foi superestimada ou subestimada, os sujeitos descansavam de três a cinco minutos antes de ser realizada uma nova tentativa com uma carga maior ou menor, respectivamente. Esse procedimento foi realizado até encontrar a

carga máxima, que teve média entre duas a cinco tentativas. A carga que foi adotada como carga máxima foi à carga utilizada na execução da tentativa validada com um movimento completo realizado pelo sujeito. A cadeira extensora, mesa flexora e panturrilha sentado no *smith* foram os exercícios utilizados para determinar os ganhos de força muscular máxima, na sexta e décima segunda semana de intervenção.

2.2.2.5 MEDIDAS DA CAPACIDADE FÍSICO-FUNCIONAL

Antes dos testes, todas as voluntárias realizaram um aquecimento (caminhada por cinco minutos) com uma velocidade usual. O SL de cinco repetições foi realizado em uma cadeira padrão (42 cm de altura). As voluntárias realizaram o SL de cinco repetições na maior velocidade possível da posição sentada com suas nádegas tocando a cadeira, até a posição em pé, com os braços cruzado sobre o peito. O SL de cinco repetições finalizou quando as voluntárias sentarem na cadeira após as cinco repetições. Após completarem as cinco repetições, o tempo foi registrado. As voluntárias realizaram o TUG na maior velocidade possível, se levantar da cadeira (42 cm de altura), caminhar por três metros, dar a volta no cone e retornar a posição sentada na cadeira. O tempo para completar o TUG foi registrado. O teste de 4-m, 400-m e 6-min foi realizado em uma quadra poliesportiva. Os testes da capacidade físico-funcional foram realizados três vezes durante o estudo: pré-treinamento, após seis semanas de treinamento (meio) e após doze semanas de treinamento (pós). No teste de 4-m (velocidade de marcha usual), para eliminarmos a zona de aceleração e desaceleração, uma distância extra (dois metros) foi adicionado antes e após a zona de 4-m (distância total de seis metros). Nos testes de 400-m e 6-min, o percurso de caminhada foi de 103-m (32m + 19,5m + 32m + 19,5m de comprimento marcado a cada 3m). Uma linha de início, que indicava o princípio e fim dos 103-m a cada volta, foi marcada no chão utilizando uma fita adesiva colorida. Todas as voluntárias foram estimuladas (e.g.estímulos verbais, “você pode ir mais”, “caminha o mais rápido que puder”) em todos os testes de caminhada. No teste de 400-m e 6-min, todas as voluntárias foram orientadas a caminhar o mais rápido possível sem intervalos durante o teste. Após completar os 400-m, o time foi registrado e após os 6-min, a distância foi registrada.

2.2.2.6 AMOSTRAS SANGUÍNEAS

As amostras (venosas) foram coletadas em um tubo seco com gel separador ou EDTA (12ml, sistema selado à vácuo; Vacutainer, Inglaterra) entre 08:00 e 09:30 da manhã após um jejum noturno de 8-10h. As amostras foram centrifugadas por 10 min (3000 rpm), separadas, e estocadas (- 80 °C) para análises futuras. Os métodos e kits para determinar os indicadores sanguíneos foram: ensaio de imunoabsorção enzimática [fator de necrose tumoral *alpha*, interleucina-6, receptor antagonista da interleucina-1, proteína quimioatratadora de monócitos-1, molécula de adesão intercelular-1, leptina, adiponectina, heme oxigenase-1 (HO-1) e proteína do estresse químico 70 (eHSP70)] e pelos sistemas de kits R&D (Minneapolis, MN).

2.2.2.7 PROTOCOLOS DE TREINAMENTO DE FORÇA

O treinamento de força foi realizado por doze semanas. No BC, as cargas utilizadas para o treinamento foram às necessárias para se realizar de 30-35 repetições na primeira série de cada exercício, enquanto no AC as cargas utilizadas para o treinamento foram às necessárias para se realizar de 8-12 repetições na primeira série de cada exercício. Ambos os grupos realizaram três séries nos exercícios dinâmicos (Moldmac®, Franca, SP, Brasil): *leg press 45°*, supino reto, cadeira extensora, puxada frente, mesa flexora, *peck deck*, panturrilha sentado no *smith* e remada baixa no cabo, com 90s de intervalo entre séries e exercícios, e um segundo para cada ação muscular. Todas as voluntárias foram instruídas a realizar o máximo de repetições até a falha concêntrica em cada série. Todas as voluntárias realizaram os treinamentos três vezes por semana (em dias não consecutivos) e as sessões de treinamento foram supervisionadas por um profissional. Em cada semana de treinamento, as cargas foram ajustadas (~5%) para garantir a zona de repetições em cada grupo (BC = 30-35 repetições a 30% de 1RM e AC = 8-12 repetições a 80% de 1RM). Todas as repetições e cargas utilizadas foram registradas em todas as sessões de treinamento e o volume (repetições x carga) foi calculado.

2.2.2.8 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

A distribuição dos dados foi determinada utilizando o teste de Shapiro-Wilk. Se os dados não apresentassem distribuição normal, uma transformação logarítmica (Log10) foi realizada. Os dados são apresentados em média e desvio padrão, e média e

intervalo de confiança de 95%. ANCOVA (modelo linear generalizado), usando os dados pré como covariável, foram utilizados para comparar os deltas (ΔBC vs. ΔAC). O nível de significância adotado foi de $p < 0,05$. Todas as análises foram realizadas usando o *software* STATISTICA (versão 8,0, StatSoft, Inc, Oklahoma City, OK, Estados Unidos).

2.2.3 RESULTADOS

A tabela 1 mostra as características físicas e condições clínicas das PM ($n = 31$) no momento inicial do estudo. Não houve diferença entre os grupos para as características físicas e condições clínicas no momento inicial do estudo.

Tabela 1. Características físicas e condições clínicas de mulheres na pós-menopausa no início do estudo.

	BC (n=14)	AC (n=15)	P
<i>Características gerais</i>			
Idade (anos)	61,6 ± 6,1	62,9 ± 7,4	0,613
Tempo de menopausa (anos)	13,5 ± 8,0	12,6 ± 7,2	0,752
Terapia hormonal (%)	7,1	5,6	0,959
Fumantes (%)	7,1	13,3	0,584
Tempo sentado (min/semana)	2793,5 ± 930,7	2481,2 ± 931,9	0,374
<i>Tratamento medicamentoso</i>			
Hipertensão (%)	28,5	46,6	0,315
Diabéticas (%)	14,3	20	0,684
Estatinas (%)	28,5	33,3	0,781
DANEs (%)	0	0	-
<i>Medidas antropométricas</i>			
Massa corporal (kg)	66,2 ± 12,1	64,3 ± 14,8	0,695
Estatura (cm)	157,0 ± 0,1	155,0 ± 0,1	0,530
IMC (kg/m²)	26,9 ± 4,1	26,6 ± 4,9	0,855
Percentual de gordura (%)	39,6 ± 5,6	40,7 ± 6,5	0,633

Dados são expressos como média ± desvio padrão ou porcentagens (%). BC – treinamento de força com carga baixa; AC – treinamento de força com carga alta; DANEs – drogas anti-inflamatórias não esteroidais; IMC – índice de massa muscular. Teste *t* (média ± desvio padrão) and χ^2 (porcentagens) foram usados para comparar os grupos.

A tabela 2 mostra as mudanças (Δ) nos indicadores de massa muscular (MMT, MMP e IMM), massa gorda total (MGT) e tecido adiposo visceral (TAV) após doze semanas de intervenção nos grupos de BC e AC. Maior magnitude de aumento foi observada na MMP para o grupo BC quando comparado ao AC (BC: $\Delta = 0,4$ kg, IC95% = $0,2 - 0,7$ kg and AC: $\Delta = 0,1$ kg, IC95% = $-0,2 - 0,3$ kg; $P = 0,049$). Além disso, houve superioridade para o grupo de BC sobre os ganhos de MMT ($P = 0,057$) e IMM ($P = 0,064$). Não houve diferença entre os grupos nas magnitudes de mudanças sobre a MGT e TAV.

Tabela 2. Marcadores de massa magra nos grupos de mulheres na pós-menopausa no momento inicial e após 12 semanas de treinamento.

	BC (n=14)		AC (n=15)		BC	AC	P
	Pré	Pós	Pré	Pós	Δ	Δ	
MMT (kg)	37,5±5,4	38,5±5,1	35,7±6,3	36,1±6,4	1,1 (0,6 – 1,5)	0,4 (-0,1 – 0,9)	0,057
MMP (kg)	13,5±2,3	13,9±2,2	12,7±2,9	12,8±3,0	0,4 (0,2 – 0,7)	0,1 (-0,2 – 0,3)	0,049
IMM (kg)	7,1±0,8	7,3±0,7	6,9±1,3	6,9±1,3	0,2 (0,1 – 0,4)	0,0 (-0,1 – 0,2)	0,064
MGT (kg)	26,6±7,8	26,0±7,6	26,7±9,8	25,9±9,5	-0,6 (-1,1 – -0,1)	-0,8 (-1,3 – -0,3)	0,517
TAV (g)	850,0±525,8	788,8±483,6	912,1±546,6	840,7±499,0	-64,3 (-129,8 – -0,4)	-68,0 (-131,0 – -5,0)	0,938

Dados são apresentados em média e desvio padrão ou intervalo de confiança de 95%. BC – treinamento de força com carga baixa; AC – treinamento de força com carga alta; Δ – diferença entre o pré e pós-intervenção (computado para covariável); MMT – massa magra total; MMP – massa magra das pernas; IMM – índice de massa muscular. ANCOVA, utilizando os dados pré como covariável, foi utilizada para comparação entre grupos. Δ – diferença entre o pré e o pós-intervenção (computada para covariável).

A tabela 3 mostra as mudanças (Δ) nos testes de 1RM (EXT, FLE, PAN) e capacidade físico-funcional (4-m, SL, TUG, 400-m e 6-min) após seis e doze semanas de intervenção nos grupos de BC e AC. Após seis semanas de treinamento, não houve diferença entre os grupos para a magnitude de mudanças no 1RM e capacidade físico-funcional. Após doze semanas de treinamento, novamente, não houve diferença entre os grupos para a magnitude de mudanças no 1RM e capacidade físico-funcional, exceto para 400-m e 6-min. Maiores magnitudes de aumento no 6-min (BC: $\Delta = 20,9$ m, IC95% = -0,2 – 42,0 m e AC: $\Delta = 54,5$ m, IC95% = 34,1 – 75,0 m; P = 0,029) e redução no 400-m (BC: $\Delta = -6,2$ s, IC95% = -12,4 – -0,1 s e AC: $\Delta = -16,7$ s, IC95% = -22,7 – -10,18 s; P = 0,019) foram observadas no grupo AC quando comparado ao BC.

Tabela 3. Marcadores de força muscular máxima e capacidade físico-funcional de mulheres na pós-menopausa no momento inicial, após 6 semanas de treinamento e após 12 semanas de treinamento.

	BC			AC			BC	AC	P ¹	BC	AC	P ²
	Pré	Meio	Pós	Pré	Meio	Pós	Δ^1	Δ^1		Δ^2	Δ^2	
Força muscular máxima												
EXT (kg)	27,2±5,5	32,5±5,5	35,0±6,3	26,6±7,1	31,0±7,4	32,9±9,1	5,3 (3,5 – 7,1)	4,7 (2,9 – 6,4)	0,601	7,8 (5,2 – 10,3)	6,6 (4,1 – 9,1)	0,501
FLE (kg)	17,3±3,2	21,4±4,4	22,5±5,1	16,1±5,1	18,8±5,5	19,7±6,3	4,1 (2,7 – 5,4)	2,8 (1,5 – 4,0)	0,158	5,1 (3,7 – 6,5)	3,8 (2,5 – 5,1)	0,186
PAN (kg)	87,7±16,0	106,9±14,7	121,6±12,4	85,3±19,9	107,5±15,4	123,2±21,1	19,6 (13,9 – 25,3)	21,7 (16,2 – 27,2)	0,598	34,2 (27,9 – 40,4)	37,6 (31,5 – 43,6)	0,431
Capacidade físico-funcional												
4-m (s)	3,2±0,5	3,1±0,5	3,3±0,3	3,3±0,6	3,1±0,3	3,4±0,5	-0,2 (-0,3 – 0,0)	-0,3 (-0,4 – -0,1)	0,466	0,0 (-0,2 – 0,2)	0,1 (-0,1 – 0,3)	0,840
SL (s)	7,4±1,9	6,5±0,8	6,2±0,8	7,5±1,5	7,2±1,6	6,7±1,2	-0,9 (-1,5 – -0,3)	-0,3 (-0,9 – 0,2)	0,144	-1,3 (-1,8 – -0,8)	-0,8 (-1,3 – -0,3)	0,149
TUG (s)	6,1±1,1	6,1±0,7	5,7±0,7	6,3±1,2	6,1±0,9	6,1±0,8	-0,1 (-0,5 – 0,2)	-0,2 (-0,5 – 0,2)	0,859	-0,5 (-0,8 – -0,2)	-0,2 (-0,5 – 0,1)	0,177
400-m (s)	211,8±22,2	203,5±19,4	206,4±20,1	219,7±20,4	208,5±21,5	201,1±19,7	-8,8 (-13,5 – -4,1)	-10,7 (-15,3 – -6,2)	0,546	-6,2 (-12,4 – -0,1)	-16,7 (-22,7 – -10,8)	0,019
6-min (m)	625,4±76,8	679,2±73,9	645,2±73,0	588,3±53,5	645,2±80,3	644,0±71,2	56,2 (26,5 – 86,0)	54,4 (25,7 – 83,2)	0,931	20,9 (-0,2 – 42,0)	54,5 (34,1 – 75,0)	0,029

Dados são apresentados em média e desvio padrão ou intervalo de confiança de 95%. BC – treinamento de força com carga baixa; AC – treinamento de força com carga alta; EXT – cadeira extensora; FLE – mesa flexora; PAN – panturrilha sentado no *smith*; 4-m – teste de 4 metros; SL – teste de sentar e levantar da cadeira; TUG – *timed-up and go test*; 400-m – teste de caminhada de 400 metros; 6-min – teste de caminhada de 6 minutos. ANCOVA, utilizando os dados pré como covariável, foi utilizada para comparação entre grupos. Δ^1 – diferença entre o pré e o meio da intervenção (computada para covariável); Δ^2 – diferença entre o pré e o pós-intervenção (computada para covariável).

A tabela 4 mostra as mudanças (Δ) nos biomarcadores inflamatórios após doze semanas de intervenção nos grupos de BC e AC. Como os dados não apresentaram distribuição normal (biomarcadores inflamatórios), uma transformação logarítmica foi utilizada. Não houve diferença entre os grupos na magnitude das mudanças em Log10fator de necrose tumoral *alpha*, Log10interleucina-6, Log10receptor antagonista da interleucina-1, Log10proteína quimioatratadora de monócitos-1, Log10molécula de adesão intercelular-1, Log10leptina e Log10adiponectina. No entanto, houve superioridade para o grupo AC em relação ao BC no aumento do Log10heme oxigenase-1 (BC: $\Delta = 0,08$ pg/ml, IC95% = 0,02 – 0,14 pg/ml e AC: $\Delta = 0,17$ pg/ml, IC95% = 0,11 – 0,22 pg/ml; P = 0,047). Além disso, nós encontramos diferenças na magnitude de mudanças entre os grupos sobre Log10eHSP70. Enquanto o grupo BC reduziu, o AC aumentou a Log10eHSP70 (BC: $\Delta = -0,39$ pg/ml, IC95% = -0,70 – -0,05 pg/ml e AC: $\Delta = 0,10$ pg/ml, IC95% = -0,22 – 0,41 pg/ml; P = 0,041).

Tabela 4. Marcadores inflamatórios de mulheres na pós-menopausa no momento inicial e após 12 semanas de treinamento.

	BC (n=14)		AC (n=15)		BC	AC	P
	Pré	Pós	Pré	Pós	Δ	Δ	
Log10 TNFα (pg/ml)	0,53 \pm 0,25	-0,34 \pm 1,1	0,49 \pm 0,36	0,14 \pm 0,41	-0,86 (-1,31 – -0,41)	-0,35 (-0,77 – 0,06)	0,099
Log10 IL-6 (pg/ml)	0,43 \pm 0,13	0,36 \pm 0,12	0,41 \pm 0,15	0,36 \pm 0,17	-0,07 (-0,15 – 0,02)	-0,06 (-0,14 – 0,03)	0,859
Log10 IL-1ra (pg/ml)	2,52 \pm 0,19	2,57 \pm 0,16	2,55 \pm 0,28	2,57 \pm 2,26	0,04 (-0,07 – 0,15)	0,04 (-0,07 – 0,14)	0,950
Log10 MCP-1 (pg/ml)	2,02 \pm 0,12	2,03 \pm 0,15	2,06 \pm 0,17	2,04 \pm 0,17	0,01 (-0,06 – 0,08)	-0,01 (-0,08 – 0,05)	0,532
Log10 ICAM (pg/ml)	1,52 \pm 0,15	1,15 \pm 0,09	1,49 \pm 0,12	1,16 \pm 0,07	-0,36 (-0,40 – -0,32)	-0,35 (-0,39 – -0,31)	0,667
Log10 ADI (pg/ml)	1,64 \pm 0,32	1,49 \pm 0,27	1,72 \pm 0,21	1,54 \pm 0,26	-0,17 (-0,30 – -0,04)	-0,16 (-0,28 – -0,04)	0,949
Log10 LEP (pg/ml)	2,31 \pm 0,31	2,27 \pm 0,22	2,24 \pm 0,44	2,32 \pm 0,30	-0,02 (-0,01 – 0,07)	0,06 (-0,02 – 0,15)	0,150
Log10 HSP32 (pg/ml)	2,76 \pm 0,07	2,84 \pm 0,08	2,75 \pm 0,08	2,92 \pm 0,11	0,08 (0,02 – 0,14)	0,17 (0,11 – 0,22)	0,047
Log10 HSP70 (pg/ml)	4,64 \pm 0,66	4,32 \pm 0,51	4,80 \pm 0,45	4,83 \pm 0,60	-0,39 (-0,72 – -0,05)	0,10 (-0,22 – 0,41)	0,042

Dados são apresentados em média e desvio padrão ou intervalo de confiança de 95%. BC – treinamento de força com carga baixa; AC – treinamento de força com carga alta; TNF α – fator de necrose tumoral *alpha*; IL-6 – interleucina-6; IL-1ra – receptor antagonista da interleucina-1; MCP-1 – proteína do monócito quimioatratante-1; ICAM – molécula de adesão intercelular -1; ADI – adiponectina; LEP – leptina; HSP32 – proteína do estresse térmico 32/heme oxigenase-1; HSP70 – proteína do estresse térmico 70. Log10 – transformação logarítmica a base 10. ANCOVA, utilizando os dados pré como covariável, foi utilizada para comparação entre grupos. Δ – diferença entre o pré e o pós-intervenção (computada para covariável).

A tabela 5 mostra o coeficiente de correlação (R) e determinantes (R²) das proteínas do estresse térmico (Log10HO-1 e Log10eHSP70) nas mudanças da MMP e capacidade físico-funcional (400-m e 6-min) após doze semanas de treinamento utilizando o modelo intra-sujeito. As mudanças no Log10HO-1 explicam as mudanças no 6-min em 19% (P < 0,05). As mudanças no Log10eHSP70 explicam as mudanças na MMP em 15% (P = 0,018).

Tabela 5. Coeficiente de correlação (r) e determinantes (R^2) das mudanças das proteínas do estresse térmico (HSP32 e HSP70) e as mudanças na massa muscular das pernas e desempenho nos testes da capacidade físico-funcional (400-m e 6-min) após 12 semanas de treinamento utilizando o modelo intra-sujeito.

	HSP32			HSP70		
	r	R ²	P	r	R ²	P
MMP (kg)	0,22	0,05	0,225	0,38	0,15	0,037
400-m (s)	0,35	0,12	0,056	0,03	0,00	0,876
6-min (m)	0,43	0,19	0,015	0,04	0,00	0,852

HSP32 – proteína do estresse térmico 32; HSP70 – proteína do estresse térmico 70; MMP – massa magra das pernas; 400-m – teste de caminhada de 400 metros; 6-min – teste de caminhada de 6 minutos. Teste do modelo intra-sujeito.

O volume total do treinamento e o volume do treinamento de perna (repetições x carga) foram maiores no grupo BC do que no AC (volume total do treinamento: BC = 493,289.8 kg \pm 50,533.7 kg vs. AC = 311,521.8 kg \pm 65,864.3 kg, P < 0,001 e volume do treinamento de perna: BC = 329,244.7 kg \pm 32,795.0 kg vs. AC = 223,031.1 kg \pm 51,113.5 kg, P < 0,001).

2.2.4 DISCUSSÃO

Os principais achados do presente estudo foram que ambos os grupos, BC e AC, promoveram efeitos similares sobre a gordura visceral e total, força muscular máxima (1RM), testes curtos da capacidade físico-funcional (SL, TUG e 4-m), fator de necrose tumoral *alpha*, interleucina 6, receptor antagonista da interleucina-1, proteína quimioatratadora de monócitos-1, molécula de adesão intercelular-1, leptina e adiponectina em PM. No entanto, o BC aumentou a massa muscular (das pernas) e reduziu eHSP70 quando comparado ao AC, enquanto o AC melhorou os testes estendidos da capacidade físico-funcional (400-m e 6-min) e aumentou a HO-1 quando comparado ao BC. Além disso, as diferenças entre os grupos nas mudanças de eHSP70 e HO-1 explicam as diferenças (pelo menos em partes) entre os grupos nas mudanças na massa muscular e capacidade físico-funcional (6-min), respectivamente.

Nossos resultados revelaram que o BC foi superior ao AC no aumento da massa muscular em PM (Tabela 2). Embora seja assumido que o AC (e.g. \geq 70% de 1RM) é necessário para induzir aumentos significantes no tamanho do músculo [33], estudos recentes tem suportado que o BC (< 50% de 1RM), com repetições realizadas até ou próximo a falha volitiva, promovem ganhos superiores na massa muscular quando comparado ao AC em jovens [50] e em idosos [51]. A superioridade do BC nos ganhos de massa muscular vem sendo atribuída ao maior volume de treinamento observado no BC [50, 51]. Da Silva e colaboradores mostraram que quando o volume de treinamento é equalizado, o AC e BC promovem ganhos similares na massa muscular [51]. De fato, no presente estudo, o BC provocou um maior volume de treinamento do que o AC. Assim, o BC pode ser usado como uma estratégia alternativa para otimizar os ganhos de massa muscular em PM.

Em particular, nós mostramos (no modelo intra-sujeito) que as mudanças na massa muscular das pernas foram associadas com as mudanças na eHSP70 (Tabela 5).

Elevados níveis de eHSP72 (um membro da família da eHSP70 kDa) tem sido associada com diminuição da massa muscular e perda de força muscular em idosos [14]; portanto, eHSP72 tem sido sugerida como um potencial biomarcador da sarcopenia [14, 16]. No entanto, o papel da eHSP70 como um biomarcador da hipertrofia muscular após o TF tem sido pouco investigado. Nós encontramos somente um estudo que associou as mudanças na eHSP72 com as mudanças na massa muscular após o treinamento de força [52]. Esse estudo [52] observou redução na eHSP72 e aumento na massa muscular após o treinamento de força, no entanto, não houve associação entre as mudanças na eHSP72 com as mudanças na massa muscular. Os autores deste estudo argumentaram que uma baixa taxa de detecção da eHSP72 nas amostras de sangue levou a uma falta de poder estatístico [52]. Além disso, as análises estatísticas (correlação de Pearson) utilizada pelos autores para determinar associação entre as mudanças na eHSP72 com as mudanças na massa muscular podem ser altamente enganadoras [53]. Assim, nossos dados suportam o uso da eHSP70 como biomarcador para acompanhar as mudanças na massa muscular em PM.

No presente estudo, o BC reduziu significativamente os níveis basais de eHSP70 quando compara o AC em PM. Isso é importante porque altos níveis de eHSP70 têm sido associados com sarcopenia [14] e outras condições prejudiciais à saúde [2] de idosos. Nossos resultados corroboram, pelo menos em parte, com o que foi reportado por outros estudos na literatura [52, 54, 55]. Após revisão da literatura, encontramos somente dois estudos tem investigado a resposta da eHSP70 ao exercício de força em mulheres idosas [54, 55]. Esses dois estudos tem mostrado uma redução significativa na eHSP70 após doze semanas de treinamento de força [54, 55]. Diferentemente dos nossos resultados, Njemini e colaboradores têm reportado que somente o AC reduz os níveis basais de eHSP70 em mulheres idosas [54]. No entanto, o mecanismo por trás da redução dos níveis de eHSP70 após o exercício permanece desconhecido. Embora observamos melhoria em algumas citocinas (ver médias e intervalo de confiança de 95% na tabela 4), essa melhoria nas citocinas ocorreram em ambos os grupos, enquanto a eHSP70 reduziu somente no BC; portanto, parece não haver relação entre as mudanças nas citocinas (pelo menos as citocinas que foram estudadas aqui) e as mudanças na eHSP70. Periard e colegas [56] mostraram redução nos níveis basais de eHSP72 após 24h de um exercício realizado até a exaustão, independente da intensidade

(60% ou 75% do consumo máximo de oxigênio). Assim, a redução na eHSP70 após o exercício parece estar associada com o nível de fadiga que o exercício pode promover e não com a carga (intensidade) do exercício. Nesse sentido, embora no presente estudo o BC pode ter provocado maiores níveis de fadiga do que o AC, o BC foi bem tolerado pelas voluntárias e portanto o BC pode também ser utilizado como uma estratégia alternativa para reduzir eHSP70 em PM.

No presente estudo, a força muscular máxima (EXT, FLE e PAN) aumentou similarmente em ambos os grupos (tabela 3). Embora tenha sido sugerido que o AC é superior ao BC em aumentar a força muscular máxima, uma recente meta-análise concluiu que o BC quando realizado até ou próximo à falha volitiva pode induzir ganhos consideráveis de força muscular máxima em idosos [33]. O aumento na força muscular máxima pode resultar em melhorias na capacidade físico-funcional em idosos [57, 58]. De fato, nós observamos no presente estudo que em testes curtos da capacidade físico-funcional (4-m, TUG e SL) ambos os grupos melhoraram similarmente (tabela 3). Esses resultados são similares aos que foram reportados por duas meta-análises publicadas anteriormente [35, 36]. Esses resultados são importantes porque o desempenho no 4-m, SL e/ou TUG é fortemente associado com risco de quedas, hospitalização, doenças cardiovasculares, doenças cerebrais e mortalidade em idosos [59-61]. Assim, o BC pode ser uma estratégia alternativa para melhorar a força muscular máxima e a função nos testes curtos da capacidade físico-funcional em PM.

Por outro lado, nós encontramos que o AC foi mais efetivo do que o BC para melhorar a capacidade físico-funcional nos testes estendidos [400-m (tendência) e 6-min] (tabela 3). Esses resultados corroboram com o que foi reportado por Seynnes e colaboradores (2004)[46]. Eles mostraram que o AC foi mais efetivo do que o BC para melhorar o 6-min [46]. Esses achados têm implicações importantes porque baixos valores de 400-m e 6-min têm sido associados com mortalidade por todas as causas [62, 63]. Além disso, recentemente foi sugerido que os testes estendidos da capacidade físico-funcional são mais sensíveis para detectar a redução na capacidade físico-funcional com avanço da idade do que os testes curtos da capacidade físico-funcional; este último pode sofrer um efeito teto [64]. Os testes estendidos da capacidade físico-funcional permitem que os indivíduos atinjam um nível fisiológico mais alto e, portanto, distinguir gradações mais sutis da capacidade físico-funcional em idosos [64]. Assim,

parece que o AC é superior ao BC para melhorar os testes estendidos da capacidade físico-funcional em PM.

É assumido que o aumento no desempenho da capacidade físico-funcional após o treinamento de força é atribuído ao aumento na força muscular máxima [46]. No entanto, a força muscular máxima não explica totalmente a variabilidade na capacidade físico-funcional, particularmente nos testes estendidos da capacidade físico-funcional [64]. De fato, no presente estudo, enquanto ambos os grupos aumentaram similarmente a força muscular máxima, o grupo AC foi superior ao BC nos ganhos de 6-min (e houve tendência para redução no 400-m). Embora essa relação entre a carga de treinamento e os ganhos de desempenho nos testes estendidos da capacidade físico-funcional permaneça incerta, nós encontramos um grupo de AC que promoveu maior aumento na HO-1 quando comparado ao BC (tabela 4) e as mudanças na HO-1 foram associadas com as mudanças no 6-min (tabela 5). Como este estudo parece ser o primeiro estudo a mostrar que as mudanças na HO-1 são associadas com as mudanças no 6-min após o treinamento de força; portanto, nós não temos como comparar nossos resultados com outros estudos. Interessantemente, Tutakhail e colaboradores observaram que somente intensidade alta (exercício aeróbico) aumentou os níveis da proteína HO-1 no cérebro (hipotálamo e córtex) e reduziu a percepção de dor em ratos [65]. Os autores concluíram que somente o exercício físico forçado (intensidade alta) reduz a dor inflamatória via indução HO-1 [65]. Além disso, a ativação biológica e produção de HO-1 são aumentadas em resposta ao estresse [66], o qual é similar ao que é promovido pelo exercício [66, 67]. É assumido que a regulação positiva da HO-1 desempenha um papel fundamental nas fases iniciais das respostas adaptativas homeostáticas e a HO-1 é um importante protetor celular [67, 68]. Também, a geração de “bioprodutos” pela HO-1 no catabolismo heme (e.g. biliverdina, ferro e monóxido de carbono) desempenha importantes papéis na respiração celular, processos de diferenciação e produção de energia, vasodilatação e inibição de agregação de plaquetas [67, 68]. Todos esses efeitos da HO-1 podem ser associados com o aumento no desempenho [65, 67, 68]. Assim, nossos dados sugerem o uso da HO-1 como um biomarcador (ou mediador) para acompanhar as mudanças na capacidade físico-funcional (testes estendidos em PM). Além disso, nossos dados também sugerem que a indução (natural ou farmacológica) de HO-1 oferece uma promessa para prevenção e conduta para a baixa capacidade físico-

funcional (testes estendidos) em mulheres idosas. No entanto, apesar desses resultados promissores, estudos futuros são necessários para estabelecer causa e efeito entre as melhorias na capacidade físico-funcional e indução da HO-1.

Biomarcadores da inflamação crônica dependentes da obesidade [i.e. fator de necrose tumoral *alpha*, interleucina-6, receptor antagonista da interleucina-1 (anti-inflamatórios, antagonista da interleucina *1beta*), proteína quimioatratora de monócitos-1, molécula de adesão intercelular-1, adiponectina e leptina] [17] são associados com o desenvolvimento da sarcopenia [1, 9, 11, 22, 23]. Portanto, a redução desses biomarcadores pode ser necessária para prevenir a sarcopenia. Nossos resultados mostram efeitos comparáveis entre o BC e o AC sobre a gordura (total e visceral) e biomarcadores inflamatórios (tabela 2 e 4). Nossos resultados estão de acordo com outros estudos que não mostraram diferença entre BC e AC sobre as mudanças nos biomarcadores inflamatórios [44, 45]. Assim, o BC pode ser uma estratégia alternativa para melhorar a gordura corporal e os biomarcadores inflamatórios em PM.

As fraquezas deste estudo estão relacionadas com: o baixo número de participantes devido à natureza da intervenção, que pode enfraquecer as análises estatísticas. As forças deste estudo estão relacionadas com: o estudo ter sido controlado e randomizado, e os critérios de inclusão forneceram uma amostra homogênea de PM, reduzindo o viés. A intensidade, o volume e a frequência (100% em ambos os grupos) e a qualidade na técnica do exercício foram controlados para reduzir o viés. Todas as mulheres no presente estudo foram acompanhadas por profissionais habilitados do *fitness*, e eles completaram as intervenções com alta complacência. Para determinar se as mudanças na HO-1 e eHSP70 ao longo da intervenção, nós associamos as mudanças as mudanças na capacidade físico-funcional e massa muscular por meio do modelo intra-sujeito, para remover as diferenças entre os sujeitos e nós analisamos as mudanças intra-sujeito.

2.2.4 CONCLUSÕES

Os resultados do presente ensaio clínico, controlado e randomizado sugerem efeitos comparáveis entre o BC e o AC sobre os biomarcadores inflamatórios (exceto para eHSP70 e HO-1), gordura corporal, força e massa musculares, e capacidade físico-

funcional (testes curtos) em PM. Assim, o BC pode ser uma estratégia alternativa para melhorar biomarcadores inflamatórios, gordura corporal, força e massa musculares, e testes curtos da capacidade físico-funcional, para prevenir a sarcopenia em PM. No entanto, nosso estudo fornece um destaque sobre a importância da manipulação da carga de treinamento para otimizar os ganhos de massa muscular e capacidade físico-funcional. Além disso, esses achados mostram que eHSP70 e HO-1 podem ser associados com as mudanças dependentes da carga de treinamento na massa muscular e capacidade físico funcional, respectivamente. Assim, nossos dados sugerem o uso da eHSP70 e HO-1 como biomarcadores para acompanhar as mudanças na massa muscular e capacidade físico-funcional, respectivamente em PM.

REFERÊNCIAS

1. Cruz-Jentoft AJ, Baeyens JP, Bauer JM, Boirie Y, Cederholm T, Landi F, et al. Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis: Report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People. *Age and ageing*. 2010;39(4):412-23.
2. Beaudart C, Zaaria M, Pasleau F, Reginster JY, Bruyere O. Health Outcomes of Sarcopenia: A Systematic Review and Meta-Analysis. *PloS one*. 2017;12(1):e0169548.
3. Aagaard P, Suetta C, Caserotti P, Magnusson SP, Kjaer M. Role of the nervous system in sarcopenia and muscle atrophy with aging: strength training as a countermeasure. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. 2010;20(1):49-64.
4. Guadalupe-Grau A, Carnicero JA, Gomez-Cabello A, Gutierrez Avila G, Humanes S, Alegre LM, et al. Association of regional muscle strength with mortality and hospitalisation in older people. *Age Ageing*. 2015;44(5):790-5.
5. Mijnders D, Schols J, Halfens R, Meijers J, Luiking Y, Verlaan S, et al. Burden-of-illness of Dutch community-dwelling older adults with sarcopenia: Health related outcomes and costs. *European Geriatric Medicine*. 2016;7(3):276-84.
6. Janssen I, Shepard DS, Katzmarzyk PT, Roubenoff R. The healthcare costs of sarcopenia in the United States. *Journal of the American Geriatrics Society*. 2004;52(1):80-5.

7. Pinedo-Villanueva R, Westbury LD, Syddall HE, Sanchez-Santos MT, Dennison EM, Robinson SM, et al. Health Care Costs Associated With Muscle Weakness: A UK Population-Based Estimate. *Calcified tissue international*. 2018.
8. Franceschi C, Campisi J. Chronic inflammation (inflammaging) and its potential contribution to age-associated diseases. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2014;69 Suppl 1:S4-9.
9. Mathus-Vliegen EM. Prevalence, pathophysiology, health consequences and treatment options of obesity in the elderly: a guideline. *Obes Facts*. 2012;5(3):460-83.
10. Bektas A, Schurman SH, Sen R, Ferrucci L. Aging, inflammation and the environment. *Exp Gerontol*. 2018;105:10-8.
11. Beyer I, Mets T, Bautmans I. Chronic low-grade inflammation and age-related sarcopenia. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 2012;15(1):12-22.
12. Radons J. The human HSP70 family of chaperones: where do we stand? *Cell Stress Chaperones*. 2016;21(3):379-404.
13. Asea A, Kraeft SK, Kurt-Jones EA, Stevenson MA, Chen LB, Finberg RW, et al. HSP70 stimulates cytokine production through a CD14-dependant pathway, demonstrating its dual role as a chaperone and cytokine. *Nat Med*. 2000;6(4):435-42.
14. Ogawa K, Kim HK, Shimizu T, Abe S, Shiga Y, Calderwood SK. Plasma heat shock protein 72 as a biomarker of sarcopenia in elderly people. *Cell Stress Chaperones*. 2012;17(3):349-59.
15. Pockley AG, Henderson B. Extracellular cell stress (heat shock) proteins-immune responses and disease: an overview. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*. 2018;373(1738).
16. Calvani R, Marini F, Cesari M, Tosato M, Anker SD, von Haehling S, et al. Biomarkers for physical frailty and sarcopenia: state of the science and future developments. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*. 2015;6(4):278-86.
17. Perez LM, Pareja-Galeano H, Sanchis-Gomar F, Emanuele E, Lucia A, Galvez BG. 'Adipaging': ageing and obesity share biological hallmarks related to a dysfunctional adipose tissue. *J Physiol*. 2016;594(12):3187-207.
18. Ryter SW, Choi AM. Targeting heme oxygenase-1 and carbon monoxide for therapeutic modulation of inflammation. *Transl Res*. 2016;167(1):7-34.

19. Abraham NG, Junge JM, Drummond GS. Translational Significance of Heme Oxygenase in Obesity and Metabolic Syndrome. *Trends Pharmacol Sci.* 2016;37(1):17-36.
20. Son Y, Lee JH, Chung HT, Pae HO. Therapeutic roles of heme oxygenase-1 in metabolic diseases: curcumin and resveratrol analogues as possible inducers of heme oxygenase-1. *Oxid Med Cell Longev.* 2013;2013:639541.
21. Kim Y, Kim CS, Joe Y, Chung HT, Ha TY, Yu R. Quercetin Reduces Tumor Necrosis Factor Alpha-Induced Muscle Atrophy by Upregulation of Heme Oxygenase-1. *J Med Food.* 2018;21(6):551-9.
22. Lu Y, Karagounis LG, Ng TP, Carre C, Narang V, Wong G, et al. Systemic and Metabolic Signature of Sarcopenia in Community-Dwelling Older Adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2019.
23. Curcio F, Ferro G, Basile C, Liguori I, Parrella P, Pirozzi F, et al. Biomarkers in sarcopenia: A multifactorial approach. *Exp Gerontol.* 2016;85:1-8.
24. Pfeilschifter J, Koditz R, Pfohl M, Schatz H. Changes in proinflammatory cytokine activity after menopause. *Endocrine reviews.* 2002;23(1):90-119.
25. Sirola J, Rikkinen T. Muscle performance after the menopause. *The journal of the British Menopause Society.* 2005;11(2):45-50.
26. Phillips SK, Rook KM, Siddle NC, Bruce SA, Woledge RC. Muscle weakness in women occurs at an earlier age than in men, but strength is preserved by hormone replacement therapy. *Clin Sci (Lond).* 1993;84(1):95-8.
27. Bondarev D, Laakkonen EK, Finni T, Kokko K, Kujala UM, Aukee P, et al. Physical performance in relation to menopause status and physical activity. *Menopause.* 2018;25(12):1432-41.
28. Cooper R, Mishra G, Clennell S, Guralnik J, Kuh D. Menopausal status and physical performance in midlife: findings from a British birth cohort study. *Menopause.* 2008;15(6):1079-85.
29. Kuh D, Bassey EJ, Butterworth S, Hardy R, Wadsworth ME. Grip strength, postural control, and functional leg power in a representative cohort of British men and women: associations with physical activity, health status, and socioeconomic conditions. *The journals of gerontology Series A, Biological sciences and medical sciences.* 2005;60(2):224-31.

30. Orsatti FL, de Oliveira EP, Burini RC. Relationship between plasma hormones and anthropometric measures of muscle mass in postmenopausal women. *Handbook of Anthropometry*: Springer; 2012. p. 1481-90.
31. Steffl M, Sima J, Shiells K, Holmerova I. The increase in health care costs associated with muscle weakness in older people without long-term illnesses in the Czech Republic: results from the Survey of Health, Ageing and Retirement in Europe (SHARE). *Clinical interventions in aging*. 2017;12:2003-7.
32. Liberman K, Forti LN, Beyer I, Bautmans I. The effects of exercise on muscle strength, body composition, physical functioning and the inflammatory profile of older adults: a systematic review. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 2017;20(1):30-53.
33. Csapo R, Alegre L. Effects of resistance training with moderate vs heavy loads on muscle mass and strength in the elderly: A meta-analysis. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. 2016;26(9):995-1006.
34. Cavalcante EF, Ribeiro AS, do Nascimento MA, Silva AM, Tomeleri CM, Nabuco HC, et al. Effects of Different Resistance Training Frequencies on Fat in Overweight/Obese Older Women. *International journal of sports medicine*. 2018.
35. Raymond MJ, Bramley-Tzerefos RE, Jeffs KJ, Winter A, Holland AE. Systematic review of high-intensity progressive resistance strength training of the lower limb compared with other intensities of strength training in older adults. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2013;94(8):1458-72.
36. Steib S, Schoene D, Pfeifer K. Dose-response relationship of resistance training in older adults: a meta-analysis. *Medicine and science in sports and exercise*. 2010;42(5):902-14.
37. Manini TM, Clark BC. Blood flow restricted exercise and skeletal muscle health. *Exercise and sport sciences reviews*. 2009;37(2):78-85.
38. Wernbom M, Augustsson J, Raastad T. Ischemic strength training: a low-load alternative to heavy resistance exercise? *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. 2008;18(4):401-16.
39. Abellan van Kan G, Andre E, Bischoff Ferrari HA, Boirie Y, Onder G, Pahor M, et al. Carla Task Force on Sarcopenia: propositions for clinical trials. *J Nutr Health Aging*. 2009;13(8):700-7.

40. Humphries B, Duncan MJ, Mummery WK. Prevalence and correlates of resistance training in a regional Australian population. *British journal of sports medicine*. 2010;44(9):653-6.
41. Control CfD, Prevention. Strength training among adults aged \geq 65 years--United States, 2001. *MMWR Morbidity and mortality weekly report*. 2004;53(2):25.
42. Burton E, Lewin G, Pettigrew S, Hill AM, Bainbridge L, Farrier K, et al. Identifying motivators and barriers to older community-dwelling people participating in resistance training: A cross-sectional study. *Journal of sports sciences*. 2017;35(15):1523-32.
43. Burton E, Farrier K, Lewin G, Pettigrew S, Hill AM, Airey P, et al. Motivators and Barriers for Older People Participating in Resistance Training: A Systematic Review. *Journal of aging and physical activity*. 2017;25(2):311-24.
44. Forti LN, Van Roie E, Njemini R, Coudyzer W, Beyer I, Delecluse C, et al. Load-Specific Inflammation Mediating Effects of Resistance Training in Older Persons. *J Am Med Dir Assoc*. 2016;17(6):547-52.
45. Forti LN, Van Roie E, Njemini R, Coudyzer W, Beyer I, Delecluse C, et al. Effects of resistance training at different loads on inflammatory markers in young adults. *Eur J Appl Physiol*. 2017;117(3):511-9.
46. Seynnes O, Fiatarone Singh MA, Hue O, Pras P, Legros P, Bernard PL. Physiological and functional responses to low-moderate versus high-intensity progressive resistance training in frail elders. *The journals of gerontology Series A, Biological sciences and medical sciences*. 2004;59(5):503-9.
47. Cadore EL, Menger E, Teodoro JL, da Silva LXN, Boeno FP, Umpierre D, et al. Functional and physiological adaptations following concurrent training using sets with and without concentric failure in elderly men: A randomized clinical trial. *Experimental gerontology*. 2018;110:182-90.
48. Nissen SB, Magidson T, Gross K, Bergstrom CT. Publication bias and the canonization of false facts. *eLife*. 2016;5.
49. Rossato LT, Nahas PC, de Branco F, Martins FM, Souza AP, Carneiro MA, et al. Higher protein intake does not improve lean mass gain when compared with RDA recommendation in postmenopausal women following resistance exercise protocol: A randomized clinical trial. *Nutrients*. 2017;9(9):1007.

50. Franco CMC, Carneiro M, Alves LTH, Junior GNO, de Sousa JFR, Orsatti FL. Lower-Load is More Effective Than Higher-Load Resistance Training in Increasing Muscle Mass in Young Women. *Journal of strength and conditioning research*. 2019.
51. da Silva LXN, Teodoro JL, Menger E, Lopez P, Grazioli R, Farinha J, et al. Repetitions to failure versus not to failure during concurrent training in healthy elderly men: A randomized clinical trial. *Experimental gerontology*. 2018;108:18-27.
52. Perreault K, Courchesne-Loyer A, Fortier M, Maltais M, Barsalani R, Riesco E, et al. Sixteen weeks of resistance training decrease plasma heat shock protein 72 (eHSP72) and increase muscle mass without affecting high sensitivity inflammatory markers' levels in sarcopenic men. *Aging Clin Exp Res*. 2016;28(2):207-14.
53. Bland JM, Altman DG. Calculating correlation coefficients with repeated observations: Part 1--Correlation within subjects. *BMJ*. 1995;310(6977):446.
54. Njemini R, Forti LN, Mets T, Van Roie E, Coudyzer W, Beyer I, et al. Sex difference in the heat shock response to high external load resistance training in older humans. *Exp Gerontol*. 2017;93:46-53.
55. Ogawa K, Sanada K, Machida S, Okutsu M, Suzuki K. Resistance exercise training-induced muscle hypertrophy was associated with reduction of inflammatory markers in elderly women. *Mediators Inflamm*. 2010;2010:171023.
56. Periard JD, Ruell P, Caillaud C, Thompson MW. Plasma Hsp72 (HSPA1A) and Hsp27 (HSPB1) expression under heat stress: influence of exercise intensity. *Cell Stress Chaperones*. 2012;17(3):375-83.
57. Buchner DM, Larson EB, Wagner EH, Koepsell TD, De Lateur BJ. Evidence for a non-linear relationship between leg strength and gait speed. *Age and ageing*. 1996;25(5):386-91.
58. Ploutz-Snyder LL, Manini T, Ploutz-Snyder RJ, Wolf DA. Functionally relevant thresholds of quadriceps femoris strength. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*. 2002;57(4):B144-B52.
59. Guralnik JM, Ferrucci L, Pieper CF, Leveille SG, Markides KS, Ostir GV, et al. Lower extremity function and subsequent disability consistency across studies, predictive models, and value of gait speed alone compared with the short physical performance battery. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*. 2000;55(4):M221-M31.

60. Guralnik JM, Ferrucci L, Simonsick EM, Salive ME, Wallace RB. Lower-extremity function in persons over the age of 70 years as a predictor of subsequent disability. *New England journal of medicine*. 1995;332(9):556-62.
61. McGinn AP, Kaplan RC, Verghese J, Rosenbaum DM, Psaty BM, Baird AE, et al. Walking speed and risk of incident ischemic stroke among postmenopausal women. *Stroke*. 2008;39(4):1233-9.
62. Vestergaard S, Patel KV, Bandinelli S, Ferrucci L, Guralnik JM. Characteristics of 400-meter walk test performance and subsequent mortality in older adults. *Rejuvenation research*. 2009;12(3):177-84.
63. Yazdanyar A, Aziz MM, Enright PL, Edmundowicz D, Boudreau R, Sutton-Tyrell K, et al. Association between 6-minute walk test and all-cause mortality, coronary heart disease–specific mortality, and incident coronary heart disease. *Journal of aging and health*. 2014;26(4):583-99.
64. Francis P, Mc Cormack W, Lyons M, Jakeman P. Age-Group Differences in the Performance of Selected Tests of Physical Function and Association With Lower Extremity Strength. *J Geriatr Phys Ther*. 2019;42(1):1-8.
65. Tutakhail A, Nazary QA, Lebsir D, Kerdine-Romer S, Coudore F. Induction of brain Nrf2-HO-1 pathway and antinociception after different physical training paradigms in mice. *Life Sci*. 2018;209:149-56.
66. Ryter SW, Choi AM. Heme oxygenase-1: redox regulation of a stress protein in lung and cell culture models. *Antioxidants & redox signaling*. 2005;7(1-2):80-91.
67. Poon HF, Calabrese V, Scapagnini G, Butterfield DA. Free radicals: key to brain aging and heme oxygenase as a cellular response to oxidative stress. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2004;59(5):478-93.
68. Haines DD, Lekli I, Teissier P, Bak I, Tosaki A. Role of haeme oxygenase-1 in resolution of oxidative stress-related pathologies: focus on cardiovascular, lung, neurological and kidney disorders. *Acta Physiol (Oxf)*. 2012;204(4):487-501.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os achados obtidos no primeiro estudo (eficácia da carga/intensidade do treinamento de força e pausa entre repetições) podemos concluir que através de diferentes configurações das séries do treinamento de força (com ou sem pausa entre as repetições) podemos aumentar a força e potência musculares, taxa de desenvolvimento de força isométrica, taxa de desenvolvimento de força e de potência dinâmica. Adicionalmente, a configuração de série *Cluster* parece ser superior à configuração de série tradicional no aumento da taxa de desenvolvimento de força isométrica. Assim, a série *Cluster* pode ser uma alternativa ao TF tradicional.

Referente aos achados do segundo estudo (eficácia da carga/intensidade do treinamento de força) observou-se que o treinamento de força com carga baixa pode ser uma estratégia alternativa para melhorar biomarcadores inflamatórios [exceto eHSP70 e heme oxigenase-1 (HO-1)], adiposidade central, massa e força musculares e capacidade físico-funcional (testes curtos) em mulheres na pós-menopausa. No entanto, este estudo fornece importantes pontos sobre a manipulação da carga/intensidade do treinamento de força para otimizar os ganhos de massa muscular e melhorias nos testes de capacidade físico-funcional. Além disso, estes achados mostram que eHSP70 e HO-1 são associadas com as mudanças dependentes da carga/intensidade do treinamento de força sobre a massa muscular e capacidade físico-funcional. Portanto, o presente estudo sugere o uso de eHSP70 e HO-1 como biomarcadores para identificar mudanças sobre a massa muscular e capacidade físico-funcional em mulheres na pós-menopausa.

De maneira geral, ambos os estudos contribuem para o avanço da área do TF em mulheres na pós-menopausa mostrando que é possível utilizando diferentes estratégias de treinamento para melhorar função muscular, composição corporal e processos inflamatórios. Assim, a prescrição do TR para mulheres na pós-menopausa se torna mais flexível para atender diferentes necessidades e aumentar a aderência dos idosos ao TF.

REFERÊNCIAS

Aagaard, P., C. Suetta, et al. (2010). "Role of the nervous system in sarcopenia and muscle atrophy with aging: strength training as a countermeasure." Scandinavian journal of medicine & science in sports **20**(1): 49-64.

Aagaard, P., C. Suetta, et al. (2010). "Role of the nervous system in sarcopenia and muscle atrophy with aging: strength training as a countermeasure." Scand J Med Sci Sports **20**(1): 49-64.

Abraham, N. G., J. M. Junge, et al. (2016). "Translational Significance of Heme Oxygenase in Obesity and Metabolic Syndrome." Trends Pharmacol Sci **37**(1): 17-36.

ACSM (2009). "American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults." Med Sci Sports Exerc **41**(3): 687-708.

Barcelos, L. C., P. R. P. Nunes, et al. (2015). "Low-load resistance training promotes muscular adaptation regardless of vascular occlusion, load, or volume." European journal of applied physiology **115**(7): 1559-1568.

Baumgartner, R. N., K. M. Koehler, et al. (1998). "Epidemiology of sarcopenia among the elderly in New Mexico." American journal of epidemiology **147**(8): 755-763.

Beaudart, C., M. Zaaria, et al. (2017). "Health Outcomes of Sarcopenia: A Systematic Review and Meta-Analysis." PLoS One **12**(1): e0169548.

Bento, P. C., G. Pereira, et al. (2010). "Peak torque and rate of torque development in elderly with and without fall history." Clin Biomech (Bristol, Avon) **25**(5): 450-454.

Bondarev, D., E. K. Laakkonen, et al. (2018). "Physical performance in relation to menopause status and physical activity." Menopause **25**(12): 1432-1441.

Buford, T. W., S. D. Anton, et al. (2010). "Models of accelerated sarcopenia: critical pieces for solving the puzzle of age-related muscle atrophy." Ageing research reviews **9**(4): 369-383.

Burch, J. B., A. D. Augustine, et al. (2014). "Advances in geroscience: impact on healthspan and chronic disease." Journals of Gerontology Series A: Biomedical Sciences and Medical Sciences **69**(Suppl_1): S1-S3.

Burton, E., K. Farrier, et al. (2017). "Motivators and Barriers for Older People Participating in Resistance Training: A Systematic Review." J Aging Phys Act **25**(2): 311-324.

Burton, E., G. Lewin, et al. (2017). "Identifying motivators and barriers to older community-dwelling people participating in resistance training: A cross-sectional study." J Sports Sci **35**(15): 1523-1532.

Byrne, C., C. Faure, et al. (2016). "Ageing, Muscle Power and Physical Function: A Systematic Review and Implications for Pragmatic Training Interventions." Sports Med **46**(9): 1311-1332.

Cadore, E. L., E. Menger, et al. (2018). "Functional and physiological adaptations following concurrent training using sets with and without concentric failure in elderly men: A randomized clinical trial." Exp Gerontol **110**: 182-190.

Charlier, R., E. Mertens, et al. (2015). "Muscle mass and muscle function over the adult life span: a cross-sectional study in Flemish adults." Archives of gerontology and geriatrics **61**(2): 161-167.

Cooper, R., G. Mishra, et al. (2008). "Menopausal status and physical performance in midlife: findings from a British birth cohort study." Menopause **15**(6): 1079-1085.

Cruz-Jentoft, A. J., J. P. Baeyens, et al. (2010). "Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis Report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People A. J. Cruz-Gentoft et al." Age and ageing **39**(4): 412-423.

Cruz-Jentoft, A. J., J. P. Baeyens, et al. (2010). "Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis: Report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People." Age Ageing **39**(4): 412-423.

de Gênero, I. E. (2018). "Indicadores sociais das mulheres no Brasil." Estudos e Pesquisas-Informação Demográfica e Socioeconômica(38).

Fabbri, E., Y. An, et al. (2014). "Aging and the burden of multimorbidity: associations with inflammatory and anabolic hormonal biomarkers." Journals of Gerontology Series A: Biomedical Sciences and Medical Sciences **70**(1): 63-70.

Ferrucci, L. and E. Fabbri (2018). "Inflammageing: Chronic inflammation in ageing, cardiovascular disease, and frailty." Nature Reviews Cardiology: 1.

Fleck, S. J. and W. J. Kraemer (2017). Fundamentos do treinamento de força muscular, Artmed Editora.

Franco, C. M. C., M. A. S. Carneiro, et al. (2019). "Lower-Load is More Effective Than Higher-Load Resistance Training in Increasing Muscle Mass in Young Women." J Strength Cond Res **Publish Ahead of Print**.

Fries, J. F., R. M. Nesse, et al. (1984). "Aging, natural death, and the compression of morbidity." New England Journal of Medicine **310**(10): 659-660.

Gorostiaga, E. M., I. Navarro-Amezqueta, et al. (2012). "Energy metabolism during repeated sets of leg press exercise leading to failure or not." PLoS One **7**(7): e40621.

Gorostiaga, E. M., I. Navarro-Amezqueta, et al. (2010). "Anaerobic energy expenditure and mechanical efficiency during exhaustive leg press exercise." PLoS One **5**(10): e13486.

Guadalupe-Grau, A., J. A. Carnicero, et al. (2015). "Association of regional muscle strength with mortality and hospitalisation in older people." Age Ageing **44**(5): 790-795.

Haff, G. G., R. T. Hobbs, et al. (2008). "Cluster training: A novel method for introducing training program variation." Strength & Conditioning Journal **30**(1): 67-76.

Hardee, J. P., N. T. Triplett, et al. (2012). "Effect of interrepetition rest on power output in the power clean." J Strength Cond Res **26**(4): 883-889.

Hodes, R. J., F. Sierra, et al. (2016). "Disease drivers of aging." Annals of the New York Academy of Sciences **1386**(1): 45-68.

Humphries, B., M. J. Duncan, et al. (2010). "Prevalence and correlates of resistance training in a regional Australian population." Br J Sports Med **44**(9): 653-656.

Izquierdo, M., J. Gonzalez-Badillo, et al. (2006). "Effect of loading on unintentional lifting velocity declines during single sets of repetitions to failure during upper and lower extremity muscle actions." International journal of sports medicine **27**(09): 718-724.

Izquierdo, M., E. Gorostiaga, et al. (1999). "Maximal strength and power characteristics in isometric and dynamic actions of the upper and lower extremities in middle-aged and older men." Acta Physiologica Scandinavica **167**: 57-68.

Kamel, H. K., D. Maas, et al. (2002). "Role of hormones in the pathogenesis and management of sarcopenia." Drugs & aging **19**(11): 865-877.

Kennedy, B. K., S. L. Berger, et al. (2014). "Geroscience: linking aging to chronic disease." Cell **159**(4): 709-713.

Kirkland, J. L. and C. Peterson (2009). "Healthspan, translation, and new outcomes for animal studies of aging." Journals of Gerontology Series A: Biomedical Sciences and Medical Sciences **64**(2): 209-212.

Kuh, D., E. J. Bassey, et al. (2005). "Grip strength, postural control, and functional leg power in a representative cohort of British men and women: associations with physical activity, health status, and socioeconomic conditions." The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences **60**(2): 224-231.

Kuh, D., E. J. Bassey, et al. (2005). "Grip strength, postural control, and functional leg power in a representative cohort of British men and women: associations with physical activity, health status, and socioeconomic conditions." J Gerontol A Biol Sci Med Sci **60**(2): 224-231.

LaRoche, D. P., K. A. Cremin, et al. (2010). "Rapid torque development in older female fallers and nonfallers: a comparison across lower-extremity muscles." J Electromyogr Kinesiol **20**(3): 482-488.

Lisko, I., K. Tiainen, et al. (2012). "Inflammation, adiposity, and mortality in the oldest old." Rejuvenation research **15**(5): 445-452.

Manini, T. M. and B. C. Clark (2009). "Blood flow restricted exercise and skeletal muscle health." Exerc Sport Sci Rev **37**(2): 78-85.

Marcell, T. J. (2003). "Sarcopenia: causes, consequences, and preventions." The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences **58**(10): M911-M916.

Meeting, W. E. C. o. B. S. and W. H. Organization (2013). WHO Expert Committee on Biological Standardization: Sixty-Third Report, World Health Organization.

Merom, D., V. Pye, et al. (2012). "Prevalence and correlates of participation in fall prevention exercise/physical activity by older adults." Prev Med **55**(6): 613-617.

Metter, E. J., L. A. Talbot, et al. (2004). "Arm-cranking muscle power and arm isometric muscle strength are independent predictors of all-cause mortality in men." J Appl Physiol (1985) **96**(2): 814-821.

Mitchell, C. J., T. A. Churchward-Venne, et al. (2012). "Resistance exercise load does not determine training-mediated hypertrophic gains in young men." Journal of Applied Physiology **113**(1): 71-77.

Oliver, J. M., A. R. Jagim, et al. (2013). "Greater gains in strength and power with intraset rest intervals in hypertrophic training." The Journal of Strength & Conditioning Research **27**(11): 3116-3131.

Perez, L. M., H. Pareja-Galeano, et al. (2016). "'Adipaging': ageing and obesity share biological hallmarks related to a dysfunctional adipose tissue." J Physiol **594**(12): 3187-3207.

Perry, M. C., S. F. Carville, et al. (2007). "Strength, power output and symmetry of leg muscles: effect of age and history of falling." Eur J Appl Physiol **100**(5): 553-561.

Phillips, S. K., K. M. Rook, et al. (1993). "Muscle weakness in women occurs at an earlier age than in men, but strength is preserved by hormone replacement therapy." Clin Sci (Lond) **84**(1): 95-98.

Piché, M.-È., S. Lemieux, et al. (2005). "Relation of high-sensitivity C-reactive protein, interleukin-6, tumor necrosis factor-alpha, and fibrinogen to abdominal adipose tissue, blood pressure, and cholesterol and triglyceride levels in healthy postmenopausal women." The American journal of cardiology **96**(1): 92-97.

Pijnappels, M., M. F. Bobbert, et al. (2005). "Control of support limb muscles in recovery after tripping in young and older subjects." Exp Brain Res **160**(3): 326-333.

Pinedo-Villanueva, R., L. D. Westbury, et al. (2018). "Health Care Costs Associated With Muscle Weakness: A UK Population-Based Estimate." Calcif Tissue Int.

Raj, I. S., S. R. Bird, et al. (2010). "Aging and the force-velocity relationship of muscles." Exp Gerontol **45**(2): 81-90.

Reid, K. F. and R. A. Fielding (2012). "Skeletal muscle power: a critical determinant of physical functioning in older adults." Exercise and sport sciences reviews **40**(1): 4.

Rosenberg, I. H. (1997). "Sarcopenia: origins and clinical relevance." The Journal of nutrition **127**(5): 990S-991S.

Ruparelia, N., J. T. Chai, et al. (2017). "Inflammatory processes in cardiovascular disease: a route to targeted therapies." Nature Reviews Cardiology **14**(3): 133.

Ryter, S. W. and A. M. Choi (2016). "Targeting heme oxygenase-1 and carbon monoxide for therapeutic modulation of inflammation." Transl Res **167**(1): 7-34.

Seals, D. R., J. N. Justice, et al. (2016). "Physiological geroscience: targeting function to increase healthspan and achieve optimal longevity." The Journal of physiology **594**(8): 2001-2024.

Sirola, J. and T. Rikkinen (2005). "Muscle performance after the menopause." J Br Menopause Soc **11**(2): 45-50.

Skelton, D. A., C. A. GREIG, et al. (1994). "Strength, power and related functional ability of healthy people aged 65–89 years." Age and ageing **23**(5): 371-377.

Skelton, D. A., J. Kennedy, et al. (2002). "Explosive power and asymmetry in leg muscle function in frequent fallers and non-fallers aged over 65." Age Ageing **31**(2): 119-125.

Son, Y., J. H. Lee, et al. (2013). "Therapeutic roles of heme oxygenase-1 in metabolic diseases: curcumin and resveratrol analogues as possible inducers of heme oxygenase-1." Oxid Med Cell Longev **2013**: 639541.

Statistics, N. C. f. H. (2015). "Health, United States, 2014: with special feature on adults aged 55–64."

Steffl, M., J. Sima, et al. (2017). "The increase in health care costs associated with muscle weakness in older people without long-term illnesses in the Czech Republic: results from the Survey of Health, Ageing and Retirement in Europe (SHARE)." Clin Interv Aging **12**: 2003-2007.

Steib, S., D. Schoene, et al. (2010). Dose-response relationship of resistance training in older adults: a meta-analysis.

Tufano, J. J., L. E. Brown, et al. (2017). "Theoretical and practical aspects of different cluster set structures: a systematic review." The Journal of Strength & Conditioning Research **31**(3): 848-867.

Van Driessche, S., C. Delecluse, et al. (2018). "Age-related differences in rate of power development exceed differences in peak power." Exp Gerontol **101**: 95-100.

Visser, M., M. Pahor, et al. (2002). "Relationship of interleukin-6 and tumor necrosis factor- α with muscle mass and muscle strength in elderly men and women: the Health ABC Study." The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences **57**(5): M326-M332.

Wernbom, M., J. Augustsson, et al. (2008). "Ischemic strength training: a low-load alternative to heavy resistance exercise?" Scand J Med Sci Sports **18**(4): 401-416.