

RODOLFO FERREIRA DE PAULA

**EFEITO DA INTENSIDADE DE CARGA NO TREINAMENTO RESISTIDO DE
SÉRIE ÚNICA SOBRE A COMPOSIÇÃO CORPORAL, FORÇA E
DESEMPENHO FÍSICO EM MULHERES NA PÓS-MENOPAUSA**

UBERABA

2022

UNIVERSIDADE FEDERAL DO TRIÂNGULO MINEIRO

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA

Rodolfo Ferreira de Paula

**EFEITO DA INTENSIDADE DE CARGA NO TREINAMENTO RESISTIDO DE
SÉRIE ÚNICA SOBRE A COMPOSIÇÃO CORPORAL, FORÇA E
DESEMPENHO FÍSICO EM MULHERES NA PÓS-MENOPAUSA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física, área de concentração “Educação Física esporte e saúde” (Linha de Pesquisa: Aspectos Psicobiológicos do Exercício Físico Relacionados à Saúde e ao Desempenho), da Universidade Federal do Triângulo Mineiro, como requisito parcial a obtenção do título de mestre.

Orientador: Dr. Markus Vinicius Campos Souza

Co-orientador: Dr. Anderson Diogo de Souza Lino

UBERABA

2022

Catálogo na fonte:

Biblioteca da Universidade Federal do Triângulo Mineiro

P349e Paula, Rodolfo Ferreira de
Efeito da intensidade de carga no treinamento resistido de série única sobre a composição corporal, força e desempenho físico em mulheres na pós-menopausa. / Rodolfo Ferreira de Paula. -- 2022.
68 f. : il., graf., tab.

Dissertação (Mestrado em Educação Física) -- Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, MG, 2022
Orientador: Prof. Dr. Markus Vinicius Campos Souza
Coorientador: Prof. Dr. Anderson Diogo de Souza Lino

1. Treinamento de força. 2. Teste de esforço. 3. Mulheres - Saúde e higiene. 4. Pós-menopausa. I. Souza, Markus Vinicius Campos. II. Universidade Federal do Triângulo Mineiro. III. Título.

CDU 613.99

Rodolfo Ferreira de Paula

**EFEITO DA INTENSIDADE DE CARGA NO TREINAMENTO RESISTIDO DE
SÉRIE ÚNICA SOBRE A COMPOSIÇÃO CORPORAL, FORÇA E
DESEMPENHO FÍSICO EM MULHERES NA PÓS-MENOPAUSA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física, área de concentração “Educação Física esporte e saúde” (Linha de Pesquisa: Aspectos Psicobiológicos do Exercício Físico Relacionados à Saúde e ao Desempenho), da Universidade Federal do Triângulo Mineiro, como requisito parcial a obtenção do título de mestre.

Aprovada em 31 de janeiro de 2022

Banca examinadora

Dr. Markus Vinícius Campos Souza - Orientador
Universidade Federal do Triângulo Mineiro

Dr. Francisco Teixeira Coelho
Universidade Federal do Triângulo Mineiro

Dr. Nuno Manoel Frade de Sousa
Faculdade Estácio de Sá de Vitória

Dedico e agradeço a Deus pela oportunidade de mais essa vitória, por ter estado comigo desde sempre, por ter dado saúde para chegar a mais essa conquista, por sempre me guiar e dar forças para superar as adversidades.

Dedico às mulheres de minha vida, sem elas eu não seria nada e nada faria sentido.

A minha avó Ilda que durante todo período de mestrado foi minha grande companheira de convivência, estando comigo diariamente nos momentos bons e principalmente nos não tão bons assim, sabendo como me acalantar nos momentos tristes e tendo a sabedoria para me animar quando foi preciso.

A minha mãe Marluce que sempre cuidou de mim e que foi o motivo de eu querer mais e mais na vida, por ter me ensinado tudo que sei e por ter sido sempre um grande exemplo de caráter, fortaleza e sensibilidade tudo ao mesmo tempo.

A minha tia Marilaine, que na realidade é minha segunda mãe, por ter proferido palavras de carinho e de força que me fizeram manter firme até o fim deste processo, por ter estado comigo em todas as conquistas desde o começo e por sempre confiar que eu era capaz.

A minha Irmã Lorena, por ter sido muito mais do que uma companheira, assumindo para si as responsabilidades de muitos interesses meus enquanto eu mesmo não estava em condições de por mim mesmo fazer, por sempre me enxergar com olhos bondosos até mesmo quando eu já não me via assim, e por sempre ter se mantido por perto, sendo referência de amor incondicional.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por jamais me desamparar, por sempre estar comigo e por toda intercessão benevolente que dele recebi desde o dia de meu nascimento.

Agradeço aos meus companheiros e companheiras de mestrado. Aos funcionários da instituição por toda paciência. “Muito obrigado á todos que tive a oportunidade de conhecer e conviver neste período, cada um de vocês foram impares em minha vida e muito acrescentaram ao que sou hoje.”

Um “obrigado” especial ao meu irmão Danilo França C. D Santos que tive o prazer de conhecer durante essa caminhada, e também aos amigos (as) Camila Miranda, Caroline F. França, Danylle C. S. Pelet, Fernanda M. Martins, Gersiel N. O. Junior, Jonathã L. J. da Silva, Luanna R. Margato, Marcelo A. S. Carneiro, Rosely Modesto Silva, Samarita B. Santagnello, Vinicius F. B. de Moraes, Vitor F. S. Souza e Wellington G. Sousa, que estiveram sempre por perto. “Sobre todos vocês meu único lamento diante de nossa relação é não ter podido passar mais tempo com vocês.”

Obrigado aos meus professores do programa de pós-graduação.

E um agradecimento especial a aqueles que mais próximo estiveram, cada um tendo um papel fundamental nesta difícil jornada.

Deixo aqui meu agradecimento ao Prof. Dr. Fábio Lera Orsatti, por sempre ter sido referência durante minha trajetória, “obrigado por sempre ter me instigado a buscar mais e por tudo que fez por mim, sem a sua ajuda tudo teria sido muito mais difícil, obrigado de coração por também me orientar nessa jornada.”

Ao Prof. Dr. Anderson Diogo de Souza Lino que foi sempre muito presente, que sempre acreditou em meu potencial, e que com certeza deixou minha trajetória mais leve exatamente por me ensinar quais erros não cometer e por qual caminho seria melhor trilhar, “obrigado por cada momento de descontração e também por todas as vezes que me disse ...nada está tão bom que não possa ser melhorado... isso ficou marcado e me guia desde então.”

Por fim, mas nunca menos importante, agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Markus Vinícius Campos Souza, por todo carinho e companheirismo desde sempre. Por sempre ter sido uma referência de pessoa humana, que sempre se preocupa e entende o próximo. “Obrigado por ter estado sempre presente quando precisei e por cada vez que por mim intercedeu.” Gostaria de ressaltar, que antes do mestrado, quando em uma conversa me referia ao professor Markus, sempre destacava que ele era uma pessoa

competente, de coração bom, generoso e que sempre recebe os outros com um sorriso. Hoje após esse ciclo que junto percorremos, descobri que eu não estava enganado e que de muitas mais qualidades ele é dotado. “Obrigado por ter se tornado tão importante em minha vida professor Markus, jamais vou esquecer toda a contribuição do Sr. para minha formação pessoal e profissional.”

Conheça todas as teorias,
domine todas as técnicas,
mas ao tocar uma alma
humana, seja apenas outra
alma humana.

(Carl Jung)

É necessário sempre
acreditar que um sonho é
possível.

(Edy rock)

Deus é bom o tempo todo.

(Salmos 86:15)

RESUMO

O objetivo do presente estudo foi, analisar se em condição de série única a intensidade de carga do treinamento resistido (TR) impacta positivamente na composição corporal (massa muscular e gordura), força muscular e desempenho físico de mulheres na pós-menopausa. Finalizaram o estudo 32 participantes que estavam alocadas randomicamente em uma de três condições: grupo controle (CT, n = 10; idade = $62,5 \pm 7,4$; IMC = $28,3 \pm 5,2$), grupo TR de baixa carga (BC, n = 10; idade = $62,7 \pm 8,2$; IMC = $26,8 \pm 5,1$) que realizou uma série de 25-30 repetições máximas por exercício, e grupo TR de alta carga (AC, n = 12; idade = $61,5 \pm 7,2$; IMC = $26,3 \pm 6,2$) que realizou uma série de 8-12 repetições máximas por exercício. Os grupos TR realizaram oito exercícios, com 90 segundos de intervalo entre os exercícios, três vezes por semana durante 24 semanas. A massa muscular, o percentual de gordura (%Gord) e a massa gorda do tronco (MGTronco) foram avaliada pelo DEXA. A força muscular foi medida através do teste de uma repetição máxima no *leg press*. O desempenho físico foi avaliado pelo teste *Timed Up and Go* (TUG) e pelo teste de levantar e sentar de 30 segundos. Para análise dos dados, os ganhos (Δ) entre os grupos foram comparados usando ANCOVA (covariáveis: idade, uso de anti-hipertensivo, terapia de reposição hormonal e valores do momento pré). O nível de significância adotado foi de 5%. Após as 24 semanas de TR, a massa muscular de membros inferiores e superiores (somados) aumentou em ambos os grupos AC ($\Delta = 0,58$ kg; IC95%: 0,27 - 0,89 kg) e BC ($\Delta = 0,46$ kg; IC95%: 0,18 - 0,74 kg) em relação ao CT ($\Delta = -0,005$ kg; IC95%: -0,36 - 0,26 kg) sem diferença entre eles ($p=0,016$ $\eta^2=0,30$ poder= 0,76). Para a força muscular, o grupo AC ($\Delta = 48,7$ kg; IC95%: 32,9 - 64,4 kg) obteve maiores ganhos em relação aos grupos CT ($\Delta = 4,1$ kg; IC95%:-10,6 - 18,9 kg) e BC ($\Delta = 21,7$ kg; IC95%:7,6 - 35,7 kg) ($p=0,001$ $\eta^2=0,41$ poder= 0,95). A MGTronco, o %Gord, assim como desempenho físico não alteraram de forma diferente entre os grupos TR e o grupo CT. Assim concluímos que em uma situação de baixo volume de TR (uma série por exercício), a intensidade de carga não afeta a hipertrofia em mulheres na pós-menopausa. No entanto, para o aumento de força muscular parece existir dependência do uso cargas mais altas. O %Gord, a MGTronco e o desempenho físico não foram alterados de forma diferente entre os grupos após a investigação.

Palavras Chaves: Treinamento de força; variáveis do treinamento; massa muscular; testes de capacidade física; 1RM; mulher pós-menopausa.

ABSTRACT

The purpose of present study was, to analyze whether, under single set conditions, the load intensity of resistance training (RT) has a positive impact on body composition (muscle and fat mass), muscle strength and physical performance of postmenopausal women. 32 participants who were randomly assigned to one of three conditions completed the study: control group (CT, n = 10; age = 62.5 ± 7.4 ; BMI = 28.3 ± 5.2), low-load RT group (LL, n = 10; age = 62.7 ± 8.2 ; BMI = 26.8 ± 5.1) that performed one set of 25-30 maximum repetitions per exercise and the high load RT group (HL n = 12; age = 61.5 ± 7.2 ; BMI = 26.3 ± 6.2) which performed one set of 8-12 repetitions maximum per exercise. The RT groups performed 8 exercises, with an interval of 90 seconds between exercises, 3 times a week for 24 weeks. Muscle mass, fat percentage (%Fat) and trunk fat mass (Trunk fat) were evaluated by DEXA. Muscle strength was measured by the one-repetition maximum leg press test. The physical performance by the Timed Up and Go test and the thirty-second stand-up test. The ANVOCA test (covariates: age, use of antihypertensive drugs, hormone replacement therapy and pre-time values) was used to analyse the gains (Δ) between groups. The significance level adopted was 5%. After 24 weeks of RT, lower and upper limb muscle mass (together) increased in both HL ($\Delta = 0.58$ kg; 95% CI: 0.27 - 0.89 kg) and LL ($\Delta = 0.46$ kg; 95% CI: 0.18 - 0.74 kg) in relation to CT ($\Delta = -0.005$ kg; 95% CI: -0.36 - 0.26 kg) with no difference between them ($p = 0.016$ $\eta = 0.30$ power = 0.76). For muscle strength, the HL group ($\Delta = 48.7$ kg; 95% CI: 32.9 - 64.4 kg) obtained greater gains in muscle strength compared to the groups CT ($\Delta = 4.1$ kg; CI 95 %: -10.6 - 18.9 kg) and LL ($\Delta = 21.7$ kg; 95% CI: 7.6 - 35.7 kg) ($p = 0.001$ $\eta^2 = 0.41$ power = 0.95). Trunk fat, %Fat, as well as physical performance did not change differently between the TR groups and the CT group. Thus we conclude that in a low-volume RT situation (one set per exercise), load intensity does not affect hypertrophy in postmenopausal women. However, to increase muscle strength there seems to be dependence on the use of higher loads. %Fat, trunk fat and physical performance did not change differently between the groups after the investigation.

Key Words: Strength training; weight training; training variables; skeletal muscle hypertrophy; muscle mass; functional physical performance; 1RM.

LISTA DE FIGURAS

Figura

1 Fluxograma da seleção da amostra.....	20
2 Progresso cronológico do estudo em semanas.....	22
3 Exercícios que compunham o protocolo de TR.....	25
4 Efeito do TR de AC vs BC sobre a massa muscular de MMII e MMSS.....	28
5 Efeito do TR de AC vs BC sobre a Força muscular.....	30
6 Volume total de trabalho em toneladas (TON).....	31

LISTA DE TABELAS

Tabela

1 Caracterização inicial dos grupos de intervenção.....	21
2 Indicadores da composição corporal antes e após 24 semanas de intervenção nos grupos controle, alta carga e baixa carga.....	27
3 Força muscular (1RM) e desempenho físico (LS e TUG) antes e após 12 e 24 semanas de intervenção nos grupos controle, alta carga e baixa carga.....	29

LISTA DE ACRÔNIMOS

%GORD- PERCENTUAL DE GORDURA

AC-ALTA CARGA

BC-BAIXA CARGA

CT- CONTROLE

DEXA- DENSITOMETRIA POR EMISSÃO DE RAIOS-X DE DUPLA ENERGIA

FSH- HORMÔNIO FOLÍCULO ESTIMULANTE

LS- TESTE DE LEVANTAR E SENTAR

MGTTronco- MASSA GORDA DO TRONCO

MMII- MEMBROS INFERIORES

MMSS- MEMBROS SUPERIORES

RM- REPETIÇÃO MÁXIMA

TH- TERAPIA HORMONAL

TR-TREINAMENTO RESITIDO

TUG- TIMED UP AND GO TEST

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVO	13
3. REVISÃO DE ITERATURA	13
3.1 PÓS-MENOPAUSA.....	13
3.2 ENVELHECIMENTO.....	15
3.3 TREINAMENTO RESISTIDO.....	16
4. MÉTODOS	18
4.1 PROCEDIMENTOS ÉTICOS.....	18
4.2 DELINEAMENTO DO ESTUDO.....	19
4.3 AVALIAÇÕES.....	21
4.4 PROTOCOLO DE TREINAMENTO.....	24
4.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	26
5. RESULTADOS	26
6. DISCUSSÃO	31
7. CONCLUSÃO	35
REFERÊNCIAS	36
ANEXOS	39
ANEXO A - REGISTRO PROJETO	39
ANEXO B - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	40
ANEXO C - ARTIGO PRODUZIDO	43

1 INTRODUÇÃO

O treinamento resistido (TR) de moderada e alta intensidade de carga (> 60% de 1 repetição máxima) é amplamente aceito como intervenção eficiente para prevenir e tratar a sarcopenia (perda de massa muscular, força muscular e desempenho físico) entre indivíduos mais velhos (CHODZKO-ZAJKO et al., 2009; FRAGALA et al., 2019). Recentemente, a busca por protocolos de treinamento mais simples, com objetivos de transpor as barreiras à prática do TR (i.e., falta de tempo durante o treinamento), vem crescendo (FISHER et al., 2017). Neste sentido, identificar qual é a dose mínima de TR suficientes para promover adaptações musculares e funcionais em pessoas mais velhas são de grande interesse para a literatura (FISHER et al., 2017).

O TR de baixo volume (ex. baixo número de séries, tal como uma série) têm mostrado eficiência na economia de tempo de treinamento, nas adaptações musculares (RIBEIRO et al., 2015; GALVÃO; TAAFF, 2005; CUNHA et al., 2018) e na melhora do desempenho físico-funcional (GALVÃO; TAAFF, 2005) em indivíduo mais velhos. Um ponto comum a estes estudos que investigaram protocolos de TR de baixo volume é a utilização de cargas de moderada a alta intensidade. Compreendendo que, a percepção de pouca saúde, fadiga e também o cansaço estão entre as razões mais citadas como barreiras á pratica do TR (CAVILL et al., 2018; HERAZO et al., 2017), pode-se considerar que o uso de cargas mais intensas talvez não seja apropriado a todos, e exatamente por se relacionar negativamente a essas barreiras anteriormente citadas, acaba por dificultar ou até mesmo impedir o engajamento em uma rotina de TR.

Uma vez que a prescrição de intensidades de carga de moderada a alta intensidade não é sempre possível, faz-se necessário em alguns casos o uso de intensidade de carga mais baixa para a aplicação do TR. Intensidades de carga mais baixas (i.e., 30-50% de 1 repetição máxima), quando realizada próximo à falha concêntrica e séries múltiplas, tem-se mostrado eficientes em promover adaptações similares ao treinamento com carga mais elevadas em mulheres na pós-menopausa (CARNEIRO et al., 2020). Acredita-se que repetições próximas a falha e séries múltiplas podem promover maior recrutamento de fibras para manter a tensão muscular durante o exercício (MORTON et al., 2019; HARMON et al., 2021). Assim, um maior tempo de tensão e volume de treinamento (repetições x carga) são gerados, o que, presumidamente, estimula a síntese de proteína e a hipertrofia musculares (SCHOENFELD, 2010; BURD et al., 2012).

A necessidade do elevado volume (e.g., séries múltiplas) no treinamento de baixa intensidade implica em um elevado tempo da sessão de treinamento. Como estudos investigando o papel da intensidade de carga baixa têm utilizado séries múltiplas, pouco se

conhece sobre o papel da intensidade de carga nas adaptações sobre os indicadores da composição corporal, força muscular e desempenho físico quando o treinamento resistido é de baixo volume em mulheres na pós-menopausa.

2 OBJETIVOS

Verificar se a intensidade de carga em condição de série única de TR, influência sobre as mudanças na composição corporal, força muscular e desempenho físico de mulheres na pós-menopausa. A hipótese deste estudo foi que apenas a alta intensidade de carga promoveria benefícios sobre os desfechos avaliados.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 PÓS MENOPAUSA

Menopausa é o nome dado à última menstruação da mulher e por definição, é considerado que a mulher passou pela menopausa quando por um período de 12 meses consecutivos a mesma não teve ciclo menstrual (de forma natural, não patológicas ou ocasionada por uso de medicamentos) (MINKIN, 2019; NELSON, 2008). Durante este marco da vida da mulher ocorre cessação da produção dos hormônios ovarianos como progesterona e estrogênio e é nesta fase da vida que a mulher transita da fase reprodutiva para não reprodutiva (MINKIN, 2019; NELSON, 2008). O período da pós-menopausa compreende a todo o período de vida da mulher após a menopausa.

A transição da fase reprodutiva da mulher para a não reprodutiva é dividida basicamente em três fases: A primeira é chamada de pré-menopausa, que nada mais é do que o início do fim da vida reprodutiva da mulher, normalmente esta fase tem início entre a 4^o e 5^o década de vida da mulher. A fase da pré-menopausa é marcada principalmente por ciclos menstruais normais, sendo que irregularidades não são comuns a esta fase. Já a segunda fase, é a fase da perimenopausa, fase a qual é marcada por variações hormonais, e irregularidades mais frequentes dos ciclos menstruais. E a terceira fase é a fase da pós-menopausa, fase em que existe a cessação permanente da menstruação por mais de 12 meses, nesta última fase a mulher não tem mais a capacidade reprodutiva (HARLOW et al., 2012; NELSON, 2008).

Nesta fase de transição da menopausa a mulher vivencia alterações hormonais características à fase, como por exemplo aumento dos níveis de hormônio folículo estimulante (FSH) (HARLOW et al., 2012; NELSON, 2008). Os elevados níveis de FSH funcionam como um mecanismo compensatório e permite com que os níveis de estrogênio se mantenham

relativamente estáveis por um certo tempo durante este período de perimenopausa, contudo a medida que o tempo passa esses níveis logo começam diminuir até níveis mais baixos na pós-menopausa (HARLOW et al., 2012). Por volta de dois anos antes do último ciclo menstrual da mulher, o estrogênio começa a declinar de forma acelerada, atingindo um platô por volta de dois anos mais tarde, esse acontecimento é experienciado de forma concomitante a estabilização dos valores de FSH (HARLOW et al., 2012; NELSON, 2008)

Por conta de todas variações e mudanças hormonais relacionadas a deficiência do estrogênio, mulheres na fase de transição da menopausa são acometidas por vários sintomas, como: Ondas de calor, sudorese noturna, insônia e secura vaginal (MINKIN, 2019; NELSON, 2008). Já no período de pós-menopausa, o hipoestrogenismo, está associado à alterações na composição corporal, como por exemplo aumento da gordura corporal com maior acúmulo de tecido adiposo na área central do corpo (gordura visceral) diminuição massa muscular e da densidade mineral óssea, além de também ser comuns nesta fase mudanças funcionais como redução nos níveis de força(MINKIN, 2019).

Por conta dos fatores anteriormente citados, pode se considerar que a transição para a menopausa e a vida na pós-menopausa por si só já é um marco negativo para a vida da mulher, exatamente pelo fato de que nessa fase o conjunto de alterações hormonais, morfológicas e funcionais trazem prejuízos ao desempenho físico funcional e a qualidade de vida dessas mulheres (MINKIN, 2019; NELSON, 2008). Um outro ponto que por sua vez faz intensificar os males advindos da transição para a pós-menopausa é o fato de que está acontece de forma concomitante a outros processos como o envelhecimento (NELSON, 2008).

3.2 ENVELHECIMENTO

Por meio do avanços tecnológicos na área da ciência da saúde, a expectativa de vida mundial vêm aumentando, assim é possível observar acentuado crescimento da população idosa nos países desenvolvidos e também naqueles em desenvolvimento (KONTIS et al., 2017). Este aumento da expectativa de vida da população se deve principalmente ao fato de que nas últimas décadas, os esforços em saúde estavam voltados principalmente ao tratamento de doenças crônicas associadas ao processo de envelhecimento (SEALS et al., 2016). Estratégias dessa natureza, como dito anteriormente, foram sim eficientes em aumentar o tempo de vida geral, mas quando se observa o tempo de vida saudável, proporcional aumento não foi visto (SEALS et al., 2016).

De forma natural, diversas alterações nas funções morfológicas e funcionais são observadas com o avançar da idade (CRUZ-JENTOFT et al., 2019; SEALS et al., 2016). Após a 5ª década de vida, a redução na quantidade de massa muscular ocorre a uma taxa de 1-2% (MARCELL, 2003) e da mesma forma a força muscular também reduz de maneira mais veloz a partir desta idade. Ao processo de redução da massa muscular e também da função muscular (e.g força e desempenho físico) relacionado ao envelhecimento se dá o nome de sarcopenia (CRUZ-JENTOFT et al., 2019; MARCELL, 2003).

É sabido que a massa muscular e a força muscular são importantes preditores de independência física até mesmo para as atividades diárias da pessoa idosa, sendo importantes para o bom desempenho de atividades como por exemplo caminhar, levantar um objeto ou até mesmo para se levantar e sentar da cadeira (CRUZ-JENTOFT et al., 2019; SEALS et al., 2016; MALMSTROM et al., 2016). Assim indubitavelmente a massa muscular pode ser considerada de grande importância devido ao seu importante papel funcional e metabólico, e um ponto interessante a se observar, é que a redução de massa muscular seja em conjunto com a perda de força ou não, por si só já está associada a diversas consequências negativas para os idosos tais como prejuízos na função motora, aumentando o risco de dependência (MALMSTROM et al. 2016), quedas, fraturas (SCHAAP et al. 2018) e consequente redução na qualidade de vida.

Tais reduções nas funções morfológicas e funcionais tem sido considerada um dos mais graves problemas de saúde para idosos (SEALS et al. 2016). Alguns autores como Fries et al. (1984) sugerem que para aumentar o tempo de vida saudável, é necessário investir esforços em estratégias que busquem atrasar o surgimento de morbidades e doenças crônicas fazendo com que o aparecimento de tais agravos se deem mais próximo ao fim da vida do indivíduo, assim favorecendo o um maior o tempo de vida saudável. Dessa forma estratégias que buscam mudanças de estilo de vida tal como a pratica de exercício físico é uma intervenção a ser levada

em consideração no intuito de preservar a capacidade funcional do indivíduo reduzindo ou ao menos atrasando os impactos do envelhecimento (CRUZ-JENTOFT et al., 2019; SEALS et al., 2016).

3.3 TREINAMENTO RESISTIDO

Como dito anteriormente, o processo de envelhecimento é um processo natural, que inevitavelmente vem acompanhado por gradativas reduções na massa muscular, força e função física (CRUZ-JENTOFT et al., 2019). Neste contexto, o TR é tido como um método eficiente e amplamente aceito para o aumento e manutenção de massa muscular, força e capacidade funcional (FRAGALA et al., 2019; ACSM 2009).

Já é bem difundido e aceito que a utilização de um protocolo tradicional como o recomendado pelo *American College Sport Medicine* (ACSM) (que sugere a realização de TR de duas a três vezes por semana, composto por uma a três séries por exercício de 8-12 repetições, utilizando carga dentre 60-80% de uma repetição máxima), é eficiente para promover inúmeros benefícios em pessoas em diferentes idades (jovens ou idosos) condições de saúde (saudáveis ou doentes), ou sexo (masculino e feminino) (WESTCOTT, 2012). No entanto este protocolo tido como padrão pode não ser viável a todos, devido as particularidades de cada indivíduo (HU et al., 2021).

Nesse sentido, mesmo que existam recomendações norteadoras, alguns autores sugerem que a manipulação de variáveis do treinamento tais como intensidade de carga, velocidade de execução número de repetições e de séries podem facilitar a prática ao treinamento, modular as respostas adaptativas assim como podem também facilitar a adesão por um maior tempo (FRAGALA et al., 2019 FISHER et al., 2017; SILVA et al., 2014). Com base nisso protocolos alternativos tem sido testados.

A quantidade de carga em quilos que é utilizada para realização de um exercício em específico comumente da se o nome de carga de treinamento, geralmente esta é prescrita com base em um percentual de carga máxima a qual o indivíduo consegue realizar, mas devido à dificuldade de se realizar um teste máximo, está também pode ser prescrita por outros meios como por exemplo as zonas de repetições (ACSM, 2009). De maneira mais usual, recomenda-se que intensidades de carga mais alta sejam utilizadas para obter aumento na força muscular (FRAGALA et al., 2019; ACSM 2009).

Sabe-se que a medida que os idosos envelhecem um estado de fragilidade gradativamente vai se instalando, e assim de forma comum, nesta fase os idosos têm uma percepção de menos saúde, além de perceberem uma maior fadiga e cansaço no seu cotidiano (CAVILL et al. 2018; HERAZO-BELTRÁN et al. 2017; BURTON et al. 2017). Dessa forma, é comum que idosos venham a não aderir a treinamentos que utilizam altas cargas. De fato, é pequeno o número de idosos que aderem ao treinamento de força (BURTON et al. 2017; HUMPHRIES et al. 2010) e isso reforça a necessidade de investigação de protocolos alternativos que superem essas barreiras de adesão.

Como dito, diversos autores concordam que é por meio do uso da alta intensidade de carga no TR que se obtém melhores adaptações musculares, contudo algumas divergências existem (FRAGALA et al., 2019; ACSM 2009). Algumas pesquisas tem destacado que o TR com baixas cargas (quando realizado até a falha concêntrica do movimento e com séries múltiplas) é uma eficiente forma de treinamento e que por vezes geram benefícios musculares de magnitude similares aos obtidos em protocolos que utilizam cargas mais altas (CARNEIRO et al., 2020; CADORE et al., 2018). Dessa forma, fica implícito que estes protocolos de baixa carga, ao superar a dificuldade de se treinar com altas intensidade, favorecem a pratica do TR, tornando-o acessível a um maior número de pessoas.

Existem diversas barreiras a prática do TR e uma outra barreira além das anteriormente citadas, que é frequentemente apontada como empecilho a pratica do TR em idosos é a falta de tempo (CAVILL et al. 2018; BURTON et al. 2017). Neste contexto, protocolos de séries múltiplas e com elevado número de repetições (tal como os que usam baixa carga até a falha) não são favoráveis a idosos com menor disponibilidade de tempo. Com intuito de reduzir o tempo da sessão do TR alguns autores tem estudado protocolos de TR mais curtos, e assim realizado comparações entre protocolos com diferentes números de séries (RIBEIRO et al., 2015; GALVÃO; TAAFF, 2005; CUNHA et al., 2018).

Neste contexto, o TR de baixo volume (ex. baixo número de séries, tal como uma série) têm mostrado eficiência na economia de tempo de treinamento, nas adaptações musculares (RIBEIRO et al., 2015; GALVÃO; TAAFF, 2005; CUNHA et al., 2018) e na melhora do desempenho físico-funcional (GALVÃO; TAAFF, 2005) até mesmo em indivíduo mais velhos. Contudo, um ponto comum a estes estudos que investigaram protocolos de TR de baixo volume é a utilização de cargas de moderada a alta intensidade. Ao Compreender que, a percepção de pouca saúde, fadiga e também o cansaço são algumas das barreiras á pratica do TR (CAVILL et al., 2018; HERAZO et al., 2017), pode-se considerar que o uso de cargas mais intensas talvez

não seja apropriado a todos, e exatamente por se relacionar negativamente a essas barreiras anteriormente citadas, o que acaba por dificultar ou até mesmo impedir o engajamento em uma rotina de TR.

Como estudos investigando o papel da intensidade de carga baixa têm utilizado séries múltiplas, e os estudos que investigaram sobre o papel do baixo número de séries (baixo volume) tem usado carga alta, pouco se conhece sobre o papel da intensidade de carga nas adaptações sobre os indicadores a composição corporal quando o treinamento resistido é de baixo volume em mulheres na pós-menopausa.

4 MÉTODOS

4.1 PROCEDIMENTOS ÉTICOS.

O presente estudo se trata de um estudo experimental, randomizado e controlado. O estudo foi conduzido pelo Grupo de Pesquisa em exercício, nutrição e fisiologia aplicada (PHYNER), nas dependências do Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Federal do Triângulo Mineiro (PPGEF/UFTM). Este estudo foi realizado de acordo com a declaração de Helsinki e com a resolução n° 196/96 do Conselho Nacional de Saúde. A pesquisa foi aprovada pelo comitê de ética da Universidade Federal do Triângulo Mineiro (n° de protocolo 85052218.0.0000.51.54). Antes de qualquer intervenção as participantes foram informadas de todos objetivos e procedimentos do estudo e, após concordarem com o apresentado, forneceram sua assinatura no termo de consentimento livre e esclarecido.

Sujeitos e procedimentos de elegibilidade

As participantes foram convidadas para o projeto “Sarcopenia: Prevalência e intervenção em mulheres na pós-menopausa”, realizado no PPGEF / UFTM, Uberaba, Minas Gerais, Brasil, (SigProj n° 326719.1589.77048.15032019) pelos integrantes do Grupo de pesquisa PHYNER.

Os critérios de elegibilidade consistiam em critérios de inclusão: a) Idade ≥ 50 anos; b) amenorreia espontânea a pelo menos 12 meses (pós-menopausa); c) pressão arterial e glicose sanguínea controladas; d) não possuir doença nas articulações e músculos; e) não possuir doença de caráter neurológico, cancerígeno ou cardiovascular; f) não consumir drogas (ex. tabaco e álcool), g) não ter participado de programa de treinamento resistido nos últimos seis meses, e f) não fazer uso de suplementação nutricional. Os critérios de exclusão foram: a)

contra-indicação médica à prática de exercícios; b) ser afetada por doença ou agravo que prejudicasse o treinamento ou as reavaliações c) ferir alguns dos critérios de inclusão durante o período de intervenção.

Ao final do protocolo de TR, somente foram inseridas nas análises estatísticas as voluntárias que chegaram ao final do período intervenção e que tiveram frequência superior ou igual a duas vezes por semana.

Um cálculo amostral a priori foi realizado antes do início do estudo. O tamanho da amostra foi calculado por meio do software G * Power (versão 3.1.9.2). O tamanho do efeito moderado (diferença do grupo controle) foi escolhido baseado nos efeitos do treinamento resistido sobre os desfechos escolhidos (ex. força muscular). A análise de poder demonstrou que pelo menos 10 participantes são necessários para cada grupo para detectar um tamanho de efeito moderado (tamanho do efeito $\eta^2 = 0,06$, família de teste f, medidas repetidas, interação intra e entre grupos), poder estatístico de 80%, três medidas repetidas, correlação entre as medidas repetidas de 0.6 e correção de não esfericidade de 1.0.

4.2 DELINEAMENTO DO ESTUDO

Este é um estudo randomizado paralelo, análise por protocolo (*per protocol analysis*), com três braços: 1) Grupo controle (CT, n=10), que realizou exercícios de alongamento; 2) grupo TR de alta carga (AC, n=12), que realizou uma série de 8-12 repetições máximas em cada série de exercícios; e 3) grupo baixa carga (BC, n=10), que realizou uma série de 25-30 repetições máximas em cada série de exercícios (Figura 1).

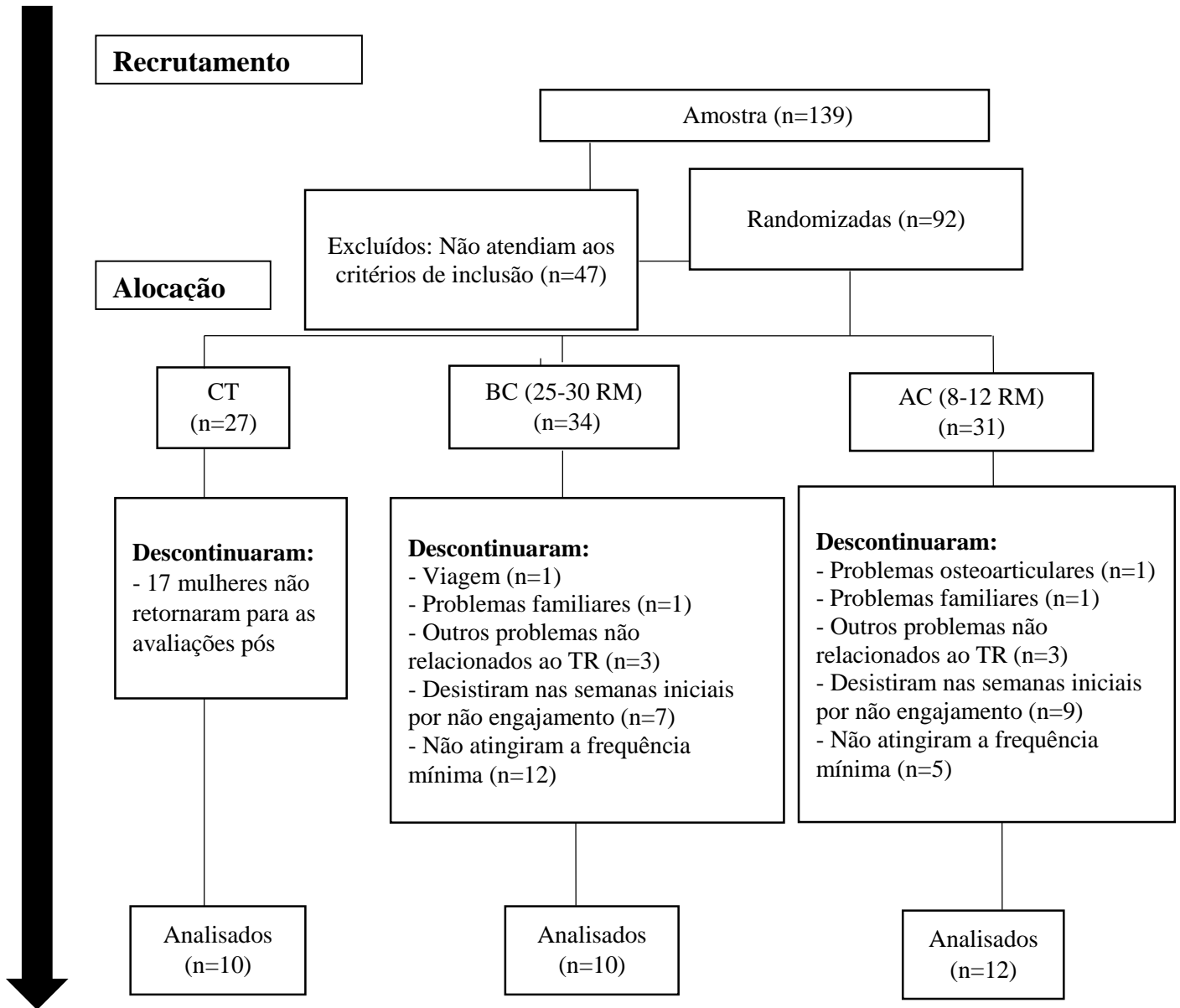


Figura 1. Fluxograma da seleção da amostra.

CT= controle; BC= baixa carga; AC= alta carga; TR= Treinamento Resistido.

A caracterização da amostra está apresentada na tabela 1. Não foram observadas diferenças entre os grupos para as variáveis analisadas na linha de base.

Tabela 1. Caracterização inicial dos grupos de intervenção.

Variáveis	CT (n=10)	AC (n=12)	BC (n=10)
Idade (anos)	62,5±7,4	61,5±7,2	62,7±8,2
Tempo de menopausa (anos)	13,1±8,4	16,0±10,7	12,1±6,1
IMC (kg/m²)	28,3±5,2	26,3±6,2	26,8±5,1
Gordura corporal (%)	43,1±7,6	41,3±5,5	42,4±4,4
IMM (kg/m²)	7,1±0,9	6,7±1,4	6,8±0,9
Uso de medicamentos (n)			
<i>Anti-hipertensivo</i>	3	4	4
<i>Terapia hormonal</i>	1	2	0
<i>Anti-inflamatórios</i>	0	0	0
<i>Hipoglicemiantes</i>	0	0	0

IMC= Índice de massa corporal (IMC= massa corporal/estatura²); IMM = índice de massa muscular (massa muscular apendicular/estatura²)

Para investigar o efeito da carga em um protocolo de TR de baixo volume, esse estudo controlado foi desenvolvido em um período de 28 semanas (Figura 2), sendo uma semana de familiarização (três sessões de TR) para aprendizado da técnica de execução dos exercícios que integrariam o protocolo de TR (semana 1). Três semanas para avaliações (coleta de dados) (semanas 2, 15 e 28), e 24 semanas para a intervenção de TR (semanas 3 à 14 – 16 à 27). As avaliações de força muscular, assim como as avaliações de desempenho funcional, foram realizadas (na semana 2), antes da primeira sessão de TR (linha de base), no meio, após 12^o semanas de TR (na semana 15) e no final após a 24^o semanas de TR (semana 28). A composição corporal foi analisada somente nos momentos linha de base e final (semanas 2 e 28 respectivamente).

4.3 AVALIAÇÕES

As avaliações de: anamnese, avaliação de composição corporal, avaliação do desempenho funcional e avaliação de força muscular sempre foram realizadas em fases. As fase aconteceram em dias diferentes e não consecutivos; Fase 1: Anamnese e testes funcionais. Fase 2: Avaliação antropométrica. Fase 3: teste de força máxima (Figura 2).

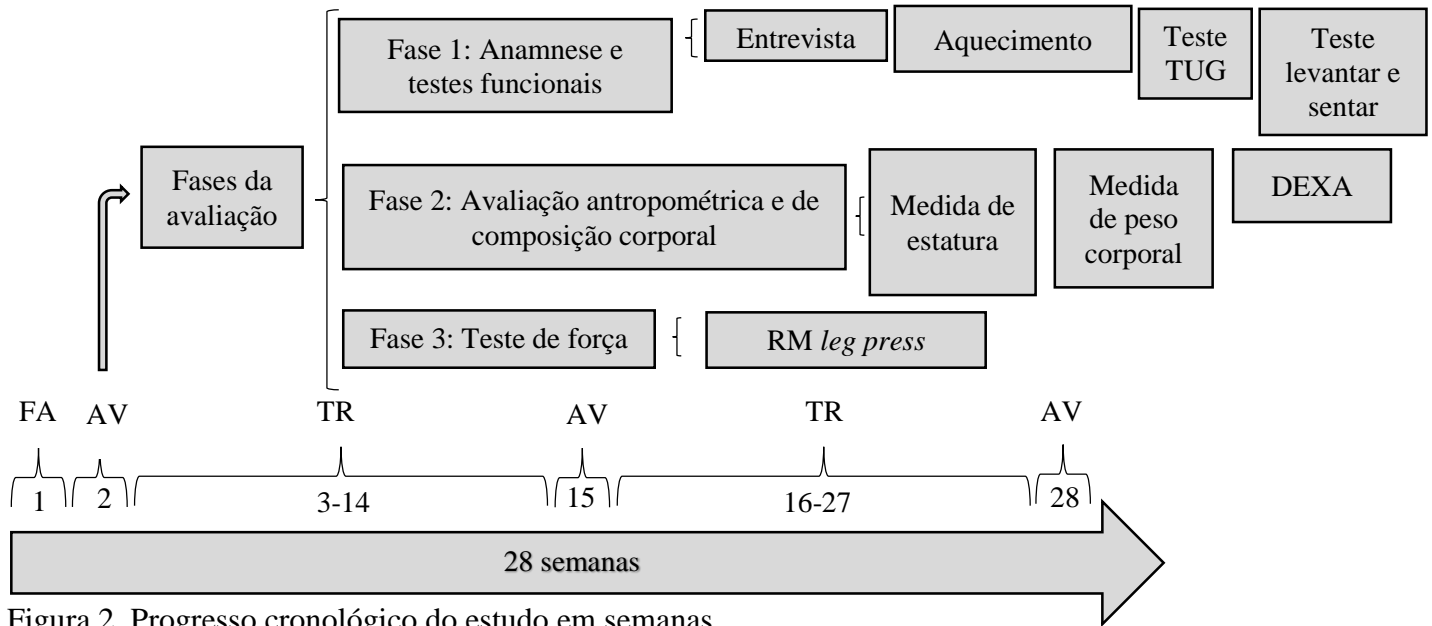


Figura 2. Progresso cronológico do estudo em semanas

FA= Familiarização, AV= Avaliações, TR= semanas de intervenção, TUG= *timed up and go test*, DEXA= densitometria por dupla emissão de raio-x, RM= repetição máxima

Anamnese

Antes de iniciarmos o protocolo de TR, foi realizada a entrevista de anamnese, assim, as voluntárias responderam sobre dados clínicos e outros pertinentes aos critérios de inclusão (idade, tempo de menopausa, uso de drogas e histórico clínico de doenças atuais e passadas).

Medidas antropométricas e avaliação de composição corporal

A massa corporal foi pesada em balança digital (Lider ®, Brazil) e a estatura foi medida por meio de um estadiômetro acoplado à balança. O índice de massa corporal foi calculado a partir da seguinte fórmula matemática ($IMC = \text{massa corporal} / \text{estatura}^2$).

A massa muscular dos membros inferiores (MMII), a massa muscular dos membros superiores (MMSS), o percentual de gordura corporal (%Gord) e a massa gorda do tronco (MGTronco) foram avaliados por meio de densitometria por emissão de raio-x de dupla energia [(DEXA) (Lunar iDXA; GE®, Madison, WI, USA)] e um *software* específico foi utilizado para quantificar os desfechos (*Encore Software, version 14.10*). Em ambos os momentos (linha de base e final), a avaliação de composição corporal foi realizada no mesmo período do dia, entre 08h00 e 10h00 da manhã. As voluntárias foram orientadas a se hidratar previamente, ingerindo pelo menos 2 litros de água no dia anterior da avaliação, vestir roupas leves que não continham objetos metálicos, urinar imediatamente antes da avaliação e comparecer a avaliação em jejum de no mínimo 8 horas. Todas as avaliações foram realizadas pelo mesmo avaliador.

Testes de desempenho funcional

Em todos os momentos de avaliação de desempenho físico os testes foram realizados no mesmo período do dia (entre 08h00 e 10h00 da manhã). As participantes eram orientadas a comparecerem ao local da avaliação alimentadas, vestindo roupas leves e usando calçados que proporcionassem segurança na realização dos testes. Antes do teste propriamente dito era realizado cinco minutos de caminhada em velocidade habitual objetivando aquecimento. O mesmo avaliador realizou todas as avaliações.

Timed up and go test (TUG)

O teste TUG (PODSIADLO; RICHARDSON, 1991) foi realizado em um percurso retilíneo, plano, bem iluminado e coberto. O teste teve início com as participantes sentadas em uma cadeira (aproximadamente 43 cm). Após comando padronizado (“prepara, vai!”), elas realizaram o seguinte protocolo o mais rápido possível: Levantar da cadeira sem ajuda dos braços, andar em linha reta por uma distância de três metros, contornar um cone e retornar à posição inicial. O teste foi repetido duas vezes e para a análise de dados o menor tempo foi considerado.

Teste de levantar e sentar de 30 segundos

O teste de levantar e sentar (LS) de 30 segundos (RIKLI; JONES, 2008) foi realizado em uma cadeira com altura do assento padronizada em 43 cm. O teste teve início com as participantes sentadas de forma confortável, com os braços cruzados na frente do tronco e com os pés apoiados no chão. Após comando padronizado (“prepara, vai!”) elas realizaram o seguinte protocolo: Sem o auxílio dos braços, levantar e sentar o maior número de vezes que conseguissem no período de 30 segundos.

Teste de força máxima por uma repetição máxima (1RM)

Para quantificar a força máxima de membros inferiores, foi realizado o teste de uma repetição máxima (1RM). Previamente ao teste, todas as participantes realizaram uma semana de familiarização (3 sessões em dias não consecutivos), utilizando cargas baixas para o aprendizado da técnica de execução do exercício (*leg press* Mold Mac®). Como estratégia de aquecimento, antes do teste, foi solicitado que a voluntária caminhasse em velocidade habitual

por 5 minutos. Após isso, foi iniciado o aquecimento no equipamento específico. Três séries de aquecimento foram realizadas, entre cada série havia 90 segundos para o descanso. Durante o aquecimento, gradualmente em cada série o peso foi progressivamente aumentado (30-40%, 50-60% e 80-90% de 1RM respectivamente para cada uma das três séries) à medida em que as repetições reduziam (15-20, 8-12 e 3-5 respectivamente). A carga usada durante o aquecimento foi determinada subjetivamente com base na performance observada durante a semana de familiarização.

Ao fim do aquecimento específico as participantes descansavam de 3-5 minutos, a carga era aumentada consideravelmente e a voluntária era motivada a superar a resistência usando movimento total (amplitude de movimento: 90° - 0°). Quando a carga era superestimada ou subestimada, a voluntária descansava por 3-5 minutos antes de uma nova tentativa ser realizada com uma carga menor ou maior, respectivamente em cada um dos casos. Esse procedimento foi realizado até encontrar a carga equivalente a 1RM. Em nenhuma das avaliações foi necessário mais do que 5 tentativas para obtermos o valor de 1RM.

4.4 PROTOCOLO DE TREINAMENTO

A intervenção de TR foi realizada por um período de 24 semanas. Antes do início da intervenção de TR, todas as participantes realizaram uma semana de familiarização e adaptação ao protocolo. As sessões de TR eram realizadas 3 vezes por semana em dias não consecutivos, totalizando 72 sessões de treinamento ao final do período. O protocolo de TR proposto seguiu as recomendações do *American College of Sports Medicine* (2009). O grupo AC realizou uma série com 8-12 repetições máximas por exercício. O grupo BC realizou uma série com 25-30 repetições máximas por exercício. Todas as participantes foram instruídas a realizar repetições até a falha concêntrica. Para cada repetição foi recomendado manter pelo menos 1,5 segundos por fase de contração muscular (sem intervalo entre as fases), e o intervalo entre os exercícios foi de 90 segundos. As participantes de ambos os grupos TR realizaram os mesmos 8 exercícios dinâmicos (figura 3), na seguinte ordem: *leg press* 45° , *peck deck*, flexão de perna, puxador de costas, extensão de perna, tríceps *scott*, panturrilha em pé, e abdominal supra no chão (as máquinas de TR usadas são da marca Moldmac® Soil, Franca, SP, Brasil). Os exercícios de panturrilha e abdominal não tiveram sua carga quantificada, contudo as participantes de ambos os grupos mantinham nestes exercícios todas as demais características já elucidadas para seu grupo. Todas as sessões de TR foram supervisionadas por profissional habilitado e qualificado. Para garantir progressiva sobrecarga e a permanência dentro da zona de repetição de cada

respectivo grupo, ajustes semanais nas cargas de treinamento eram realizados quando existia extrapolação do limite superior ou inferior do número de repetições designado para cada grupo, aumentando ou reduzindo a carga em torno de 5-10% respectivamente para cada situação. Antes de todas as sessões de TR, era realizado aquecimento geral (caminhada em velocidade habitual) por 5 minutos.

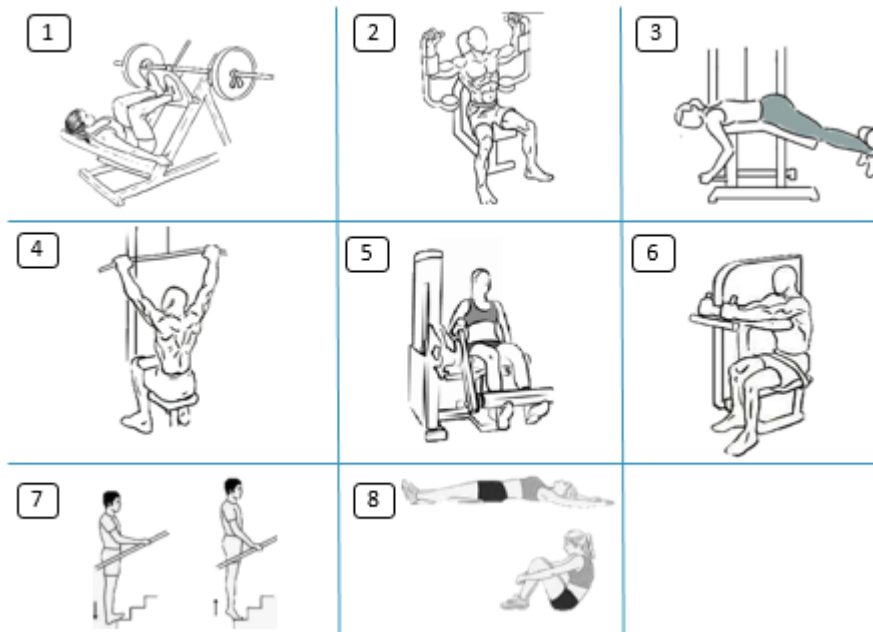


Figura 3. Exercícios que compunham o protocolo de TR.

Legenda. Ordem de realização dos exercícios realizados durante a sessão de treinamento resistido: 1 = *leg press* 45°, 2 = *peck deck*, 3 = flexão de perna, 4 = puxador de costas, 5 = extensão de perna, 6 = *tríceps scott*, 7 = panturrilha em pé, e 8 = abdominal supra no chão

Volume de Treinamento

As cargas (kg) utilizadas, assim como o número de repetições que cada voluntária realizava foram anotadas em todas as 72 sessões de treinamento, para todos os exercícios. O volume de trabalho diário de cada exercício foi calculado a partir do registro de treinamento de cada participante por meio da fórmula: repetições x carga levantada. O volume total de trabalho apresentado na figura 5, é o somatório de volume alcançado ao final das 72 sessões de TR em toneladas. Foram agrupados os 3 exercícios de MMII (Leg press, cadeira extensora e mesa flexora) para cálculo do volume de total de trabalho de MMII, os 3 exercícios de MMSS (*peck deck*, puxador costas e tríceps Scott) para o cálculo do volume total de trabalho de MMSS, e a soma destes volumes é exibida como volume total de trabalho MMII+MMSS.

4.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A distribuição dos dados foi verificada usando o teste de Shapiro-Wilk. O teste de Levene foi usado para verificar a homogeneidade. A análise de variância de medidas repetidas (ANOVA de medidas repetidas) foi utilizada para observar as diferenças entre os grupos e os momentos, assim como a interação grupo*momento. A análise de covariância (ANCOVA ajustada para idade, uso de anti-hipertensivo, terapia hormonal e momento pré), foi usada para comparar os ganhos (delta) entre os grupos. Teste t de *Student* de duas caudas para amostras independentes foi usado para verificar a diferença entre o volume de trabalho dos grupos TR (AC vs BC). A diferença mínima significativa de Fisher (LSD) foi usada como um teste post hoc. O tamanho do efeito (*eta* quadrado parcial, η^2) e o poder observado foram calculados. O nível de significância foi estabelecido em 5%. Os dados contínuos são apresentados como média e desvio padrão ou média e intervalo de confiança de 95% (IC 95%). A ingestão de medicamentos é apresentada como o número absoluto de mulheres da amostra.

5 RESULTADOS

Após 24 semanas de TR, houve diferenças nos ganhos de massa muscular de MMII [ANOVA interação (grupo vs tempo) $p= 0,042$; $\eta^2= 0,20$ (grande); poder observado= 0,61], MMSS [ANOVA interação (grupo vs tempo) $p= 0,044$; $\eta^2= 0,20$ (grande); poder observado= 0,61] e MMII+MMSS [ANOVA interação (grupo vs tempo) $p= 0,012$; $\eta^2= 0,30$ (grande); poder observado= 0,79] entre os grupos (Tabela 2). Após 24 semanas de TR, foi observado que a massa muscular de MMII, a massa muscular de MMSS e a massa muscular de MMII+MMSS, aumentaram nos grupos AC e BC em relação ao momento pré do próprio grupo $p < 0,05$ (Tabela 2). Não foi observado efeito do grupo para as análises de massa muscular (Tabela 2).

A ANOVA mostrou não haver interação grupo*tempo para nenhum dos desfechos relacionados a gordura corporal. Dessa forma, não foram observadas diferentes alterações no %Gord e na quantidade de MGTronco após 24 semanas entre os grupos [ANOVA interação (grupo vs tempo) $p=0,373$ e $0,370$ respectivamente] (Tabela 2).

Tabela 2. Indicadores da composição corporal antes e após 24 semanas de intervenção nos grupos controle, alta carga e baixa carga.

Variáveis	CT (n=10)	AC (n=12)	BC (n=10)	P	Eta ²	Poder observado
MMII (kg)						
<i>Pré</i>	14,1 ± 2,5	12,8 ± 3,8	13,4 ± 2,2	Grupo = 0,743		
<i>24ª semana</i>	14,0 ± 2,8	13,2 ± 3,5*	13,8 ± 2,4*	Tempo = 0,007 Grupo x tempo = 0,042	0,20	0,61
MMSS (kg)						
<i>Pré</i>	4,1 ± 0,7	3,7 ± 0,9	4,1 ± 0,6	Grupo = 0,614		
<i>24ª semana</i>	4,1 ± 0,9	4,0 ± 1,0*	4,2 ± 0,6*	Tempo = 0,001 Grupo x tempo = 0,044	0,20	0,61
MMII+MMSS						
<i>Pré</i>	18,2 ± 3,2	16,5 ± 4,6	17,5 ± 2,7	Grupo = 0,708		
<i>24ª semana</i>	18,1 ± 3,4	17,1 ± 4,5*	18,0 ± 3,0*	Tempo = 0,041 Grupo x tempo = 0,012	0,30	0,79
Gordura (%)						
<i>Pré</i>	43,1 ± 7,6	41,3 ± 5,5	42,4 ± 4,4	Grupo = 0,718		
<i>24ª semana</i>	42,6 ± 8,2	40,0 ± 5,5	41,9 ± 4,4	Tempo = 0,008 Grupo x tempo = 0,373		
Gordura do tronco (kg)						
<i>Pré</i>	16,8 ± 6,5	13,9 ± 7,0	15,2 ± 4,5	Grupo = 0,546		
<i>24ª semana</i>	16,5 ± 6,6	13,4 ± 6,0	15,4 ± 4,7	Tempo = 0,354 Grupo x tempo = 0,370		

Valores apresentados em média e desvio padrão. MMII = massa muscular dos membros inferiores. MMSS = massa muscular dos membros superiores. A ANOVA de medida repetida. * = P<0,05 em relação ao momento pré.

As mudanças (deltas, Δ) dos valores de massa muscular de MMII, MMSS e MMII+MMSS corrigidos para idade, uso de anti-hipertensivos, terapia hormonal (TH) e valores do momento pré são ilustrados na figura 4. Não foram observadas diferenças nos Δ de massa muscular de MMII entre os grupos [ANCOVA p= 0,074; η^2 0,20 (grande); poder observado= 0,51]. Apenas o grupo AC aumentou a massa muscular de MMSS, do pré para o pós intervenção [ANCOVA p= 0,024; η^2 0,27 (grande); poder observado= 0,70] em relação ao grupo CT. O Δ de massa muscular de MMSS no grupo AC foi de 0,25 kg (IC95%: 0,13 kg; 0,37 kg), enquanto o grupo BC e CT obtiveram valores médios de Δ de 0,10 kg (IC95%: -0,01 kg; 0,21 kg) e 0,01 kg (IC95%: -0,10 kg; 0,13kg) respectivamente (figura 4). Ambos os grupos AC e BC aumentaram a massa muscular de MMII+MMSS após o período de intervenção em relação ao grupo CT [ANCOVA p= 0,016; η^2 0,30 (grande); poder observado= 0,76] sem diferença entre eles. A massa muscular de MMII+MMSS aumentou 0,58 kg (IC95%: 0,27 kg; 0,89 kg) no grupo AC e 0,46 kg (IC95%: 0,18 kg; 0,74 kg) no grupo BC, enquanto no grupo CT o Δ foi de -0,05 kg (IC95%: -0,36 kg; 0,26 kg) (figura 4).

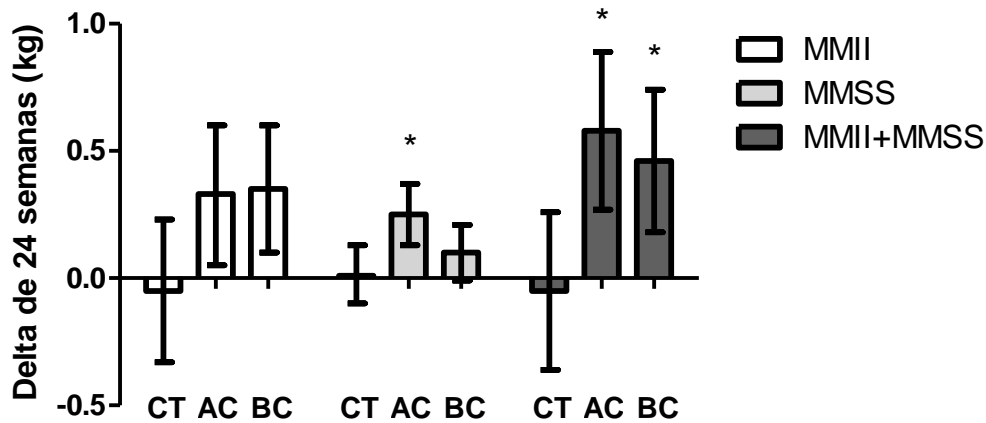


Figura 4. Efeito do TR de AC vs BC sobre a massa muscular de MMII e MMSS.

Legenda. Valores representados como média e intervalo de confiança de 95%. ANCOVA ajustada para idade, uso de medicamentos anti-hipertensivos, terapia hormonal e valores do momento pré. MMII = membros inferiores. MMSS = membros superiores. CT = grupo controle. AC = grupo alta carga. BC = grupo baixa carga. O símbolo * indica diferença estatística dos grupos AC e BC vs CT ($P < 0,05$).

Na tabela 3, pode ser observado os valores de força muscular e desempenho físico no momento pré, no momento 12 semanas e também no momento 24 semanas. Em relação aos ganhos de força muscular, pode-se observar que existiu diferença entre os grupos após os períodos [ANOVA interação (grupo vs tempo) $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,32$ (grande); poder observado = 0,99] (tabela 3). Após 12 e 24 semanas de TR, ambos os grupos AC e BC aumentaram a força muscular em relação ao momento pré do próprio grupo (tabela 3). Não foi observado efeito do grupo para as análises de força muscular.

A ANOVA mostrou não haver interação grupo*tempo para nenhum dos testes de desempenho físico investigados no presente estudo. Dessa forma, não foram observadas diferentes alterações de desempenho nos teste de levantar e sentar e no teste TUG após 12 e 24 semanas entre os grupos [ANOVA interação (grupo vs tempo) $p = 0,188$ e $0,327$ respectivamente] (Tabela 3).

Mesmo não havendo diferentes alterações no desempenho físico após o período de intervenção entre os grupos, vale ressaltar que desde o momento pré intervenção as participantes do estudo de ambos grupos CT, AC e BC estavam acima do ponto de corte para o baixo desempenho no teste TUG (tempo de execução < 10 segundos) e também no teste de sentar e levantar de 30 segundos (mais do que 9 repetições durante os 30 segundos).

Tabela 3. Força muscular (1RM) e desempenho físico (LS e TUG) antes e após 12 e 24 semanas de intervenção nos grupos controle, alta carga e baixa carga.

Variáveis	CT (n=10)	AC (n = 12)	BC (n=10)	P	Eta ²	Poder observado
1RM (kg)						
<i>Pré</i>	134,9 ± 29,1	109,9 ± 42,5	143,4 ± 64,3	Grupo = 0,617 Tempo < 0,001 Grupo x tempo < 0,001	0,32	0,99
<i>12^a semana</i>	137,5 ± 34,6	158,3 ± 51,7*	162,4 ± 72,0*			
<i>24^a semana</i>	137,9 ± 31,8	157,4 ± 50,3*	167,0 ± 71,6*			
LS (repetições)						
<i>Pré</i>	14,3 ± 4,6	17,8 ± 3,9	15,6 ± 2,6	Grupo = 0,188 Tempo < 0,001 Grupo x tempo = 0,188		
<i>12^a semana</i>	15,6 ± 4,0	17,5 ± 3,7	16,7 ± 2,8			
<i>24^a semana</i>	16,3 ± 4,7	20,4 ± 4,9	17,1 ± 3,1			
TUG (segundos)						
<i>Pré</i>	8,9 ± 4,2	7,0 ± 0,8	7,1 ± 0,7	Grupo = 0,127 Tempo < 0,001 Grupo x tempo = 0,327		
<i>12^a semana</i>	7,0 ± 1,5	6,0 ± 0,8	6,3 ± 0,5			
<i>24^a semana</i>	7,1 ± 1,4	6,1 ± 0,8	6,3 ± 0,6			

Valores apresentados em média e desvio padrão. 1RM= uma repetição máxima. LS = teste de levantar e sentar. TUG = *timed Up Go test*. A ANOVA de medida repetida. * = P<0,05 em relação ao momento pré.

As mudanças (Δ) na força muscular corrigidas para idade, uso de anti-hipertensivos, TH e valores do momento pré são apresentados na figura 5. O grupo AC aumentou a força muscular em relação aos demais grupos após as 12 primeiras semanas de TR [ANCOVA $p < 0,001$; η^2 0,47 (grande); poder observado= 0,98] (figura 5). Durante esse período (0 – 12 semanas) o Δ de força muscular alcançado pelo grupo AC foi de 47,1 kg (IC95%: 33,0kg; 61,1kg), enquanto o Δ de força muscular do grupo BC e CT foi de 19,7 kg (IC95%: 7,2 kg; 32,2 kg) e 3,0 kg (IC95%: -10,2 kg; 18,9 kg) respectivamente (figura 5).

Observando os ganhos de força muscular que ocorreram na segunda metade do protocolo (Δ entre a 12^o e a 24^o semana), pode-se observar que não houve diferença no ganho de força muscular entre os grupos AC, BC e CT ($p=0,802$). Já em relação aos ganhos de força muscular (Δ) entre a linha de base e a 24^o semana, foi observado que o protocolo de AC promoveu aumento da força muscular quando comparado ao CT e ao grupo BC [ANCOVA $p < 0,001$; η^2 0,41 (grande); poder observado= 0,95] (figura 5). O Δ de força muscular após as 24 semanas de TR foi de 48,7 kg (IC95%: -32,9 kg; 64,4 kg), 21,7 kg (IC95%: 7,6 kg; 35,7 kg) e 4,1 kg (IC95%: -10,6 kg; 18,9 kg) respectivamente para os grupos AC, BC e CT (figura 5).

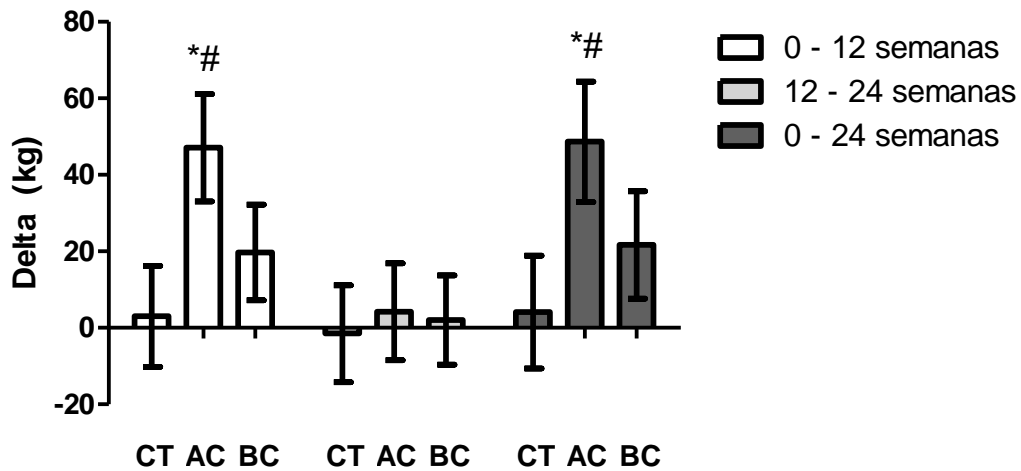


Figura 5. Efeito do TR de AC vs BC sobre a Força muscular.

Legenda. Valores representados como média e intervalo de confiança de 95%. ANCOVA ajustada para idade, uso de medicamentos anti-hipertensivos e TH. Os valores dos deltas da 0-12 semanas e 0-24 semanas foram ajustados para os valores do momento pré. Os valores dos deltas da 12-24 semanas foram ajustados para os valores do momento da 12ª semana. CT = grupo controle, AC = grupo alta carga, BC = grupo baixa carga. O símbolo * indica diferença estatística dos grupos AC e BC vs CT e # indica diferença entre os grupos AC vs BC ($P < 0,05$).

A figura 6 ilustra os valores do volume total de trabalho dos grupos AC e BC. Os resultados mostram que o volume de trabalho do TR acumulado (volume de trabalho dos exercícios de MMII + volume de trabalho dos exercícios de MMSS) após 24 semanas foi maior no grupo BC em comparação ao grupo AC ($P=0,012$). De forma semelhante, a análise segmentada para volume de trabalho dos MMII e volume de trabalho dos MMSS também mostra que o grupo BC em relação ao grupo AC alcançou maior volume de trabalho durante a intervenção as 24 semanas de TR ($P=0,035$; $P=0,001$ respectivamente).

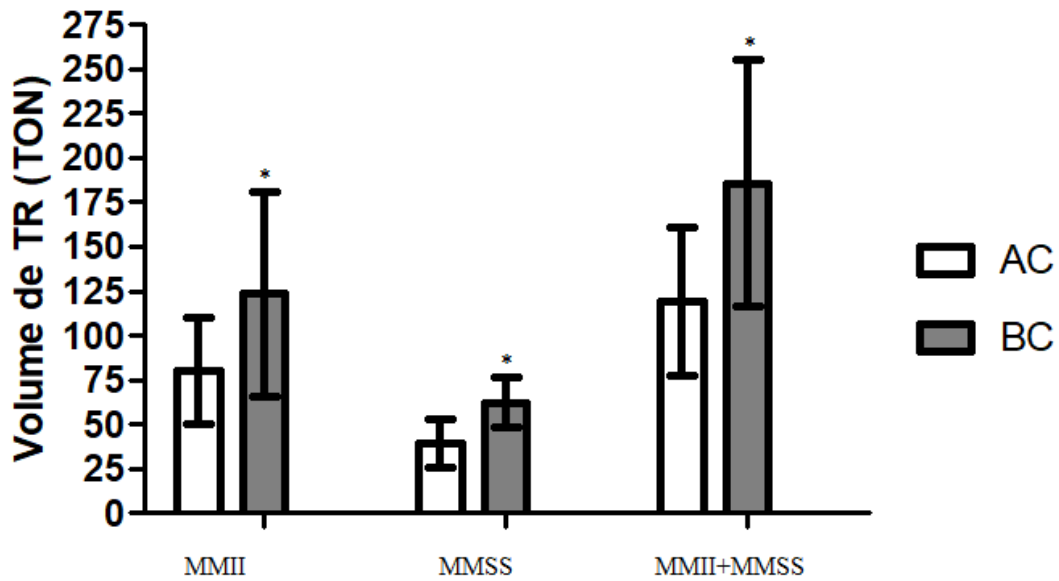


Figura 6. Volume total de trabalho em toneladas (TON).

Legenda: Valores apresentados em média e desvio padrão. Volume de trabalho para os membros inferiores; Volume de trabalho para os membros superiores. Teste T para amostras independentes. O símbolo * indica diferença estatística em relação ao grupo BC ($P < 0,05$).

6 DISCUSSÃO

O presente estudo teve como objetivo verificar a influência da intensidade de carga (alta vs baixa) em uma condição de baixo volume de TR sobre os indicadores de composição corporal (massa muscular e gordura), força muscular e desempenho físico em mulheres na pós-menopausa. Esta questão, é de suma importância para a população de mulheres idosas na pós-menopausa, uma vez que reduções nos níveis de força e na composição corporal são inerentes ao processo de envelhecimento e a condição de menopausa, fazendo com que aumente a incidência de uma vasta gama de desfechos negativos (e.g maior risco de quedas, fraturas, hospitalização, redução dos níveis de funcionalidade, entre outros). O principal achado do estudo foi que, após 24 semanas de um protocolo de TR de baixo volume (uma série por exercício) o aumento de massa muscular dos membros somados (MMII+MMSS) ocorreu de forma independente da intensidade de carga usada, não havendo diferença entre os protocolos de AC ou BC. No entanto, o aumento de força muscular, foi dependente do uso da AC nessa condição de volume estudada, e isso pode ser observado uma vez que o TR de BC não foi eficiente para promover melhora de força entre mulheres na pós-menopausa em comparação ao grupo CT, e somente o grupo que treinou com AC para obteve ganhos significativos.

No presente estudo, os grupos TR aumentaram a massa muscular dos membros somados (MMII+MMSS). Esse resultado está de acordo com dados encontrados na literatura, primeiramente mostrando a efetividade do TR de uma série para aumento na massa muscular (RIBEIRO et al., 2015; CUNHA et al., 2018), e em segunda linha também evidenciando que TR de BC uma vez que seja realizado até ou próximo a falha, tem a capacidade de gerar ganhos de hipertrofia (BARCELOS, 2015; CARNEIRO, 2020). Os ganhos similares entre TR de AC ou BC para a hipertrofia, pelo menos parcialmente pode se apoiar sobre o princípio do tamanho de Henneman (1957), que afirma que quando uma contração submáxima é mantida, as unidades motoras inicialmente ativadas entram em fadiga e assim se cria a necessidade de ativar unidades motoras maiores. Dessa forma, a similar ativação de fibras musculares que pode ser esperada ao se realizar o exercício até ou próximo a falha, e que ocorre independente da carga pode explicar a similar magnitude de hipertrofia entre diferentes protocolos (MORTON et al., 2019; CARPINELLI, 2008; HENNEMAN, 1957).

Carneiro et al.(2020) investigaram se o TR de BC seria uma alternativa ao TR de AC na melhora de massa muscular entre mulheres na pós-menopausa, e os resultados mostraram que o TR de BC foi superior ao TR de AC para hipertrofia quando o TR foi realizado até ou próximo a falha. Esses resultados foram diferentes ao do presente estudo, uma vez aqui evidenciado similaridade entre os protocolos de AC e BC. Porém, vale ressaltar que carneiro et al. (2020) utilizaram alto volume de TR em ambos os protocolos (três séries por exercício). Por meio dos resultados evidenciados observa-se que até mesmo em “dose mínima” (baixo volume e carga) o TR já é suficiente para promover melhorias na massa muscular dos membros somados. No nosso estudo, a única diferença no ganho de massa muscular entre os grupos TR, ocorreu para a massa muscular de MMSS, sendo que neste caso apenas o grupo AC demonstrou valores maiores em relação ao grupo CT. Dessa forma, foi mostrado que o uso da AC deve ser priorizado quando possível, já que ambos (AC e BC) aumentaram a massa muscular de MMII+MMSS, mas somente o grupo AC aumentou a massa muscular de MMSS de forma isolada.

Estudos prévios mostram que o TR com BC promove ganhos de força muscular similares ao TR com AC (< 40% 1RM vs > 80% 1RM) (DINYER et al., 2019; CARNEIRO et al., 2020). Nestes estudos, apesar de existir a comparação entre alta vs baixa carga, os autores utilizaram um alto volume. Nossos resultados evidenciam que em todo período de TR, apenas o protocolo de TR com AC promoveu ganhos de força muscular. Ao observar os valores dos intervalos de confiança da figura 5 pode-se observar que o grupo BC aumentou a força muscular, no entanto em comparação ao nosso grupo CT esse aumento observado não foi

significante. Os divergentes resultados entre este e outros trabalhos da literatura, podem estar associados às diferenças no volume de TR entre os estudos, mas também é importante ressaltar que alguns dos trabalhos que defendem que o uso da BC como uma alternativa igualmente efetiva aos protocolos de AC para aumento de força possuem falhas metodológicas como ausência de grupo controle (DINYER et al., 2019; CARNEIRO et al., 2020). Outro ponto importante sobre a magnitude do aumento de força muscular entre protocolos com diferentes cargas pode ser visto em uma recente revisão de Lixandrão et al. (2018), em que por meio dos resultados de seu estudo os autores afirmam que mesmo que haja aumento de força por meio da BC no TR, a magnitude de aumento é maior nos protocolos com AC, e isso corrobora mais uma vez com a ideia de que, a AC merece ser priorizada quando possível.

Nas fases iniciais do TR, a força muscular aumenta principalmente devido às adaptações neuromusculares, como melhora na capacidade voluntária de ativação de unidades motoras, assim como uma menor contração de músculos antagonistas (CHODZKO-ZAJKO et al., 2009). Nossos resultados mostram que o ganho de força do grupo AC ocorreu somente nas primeiras doze semanas. Contudo, mesmo o grupo AC não obtendo aumento de força na segunda metade do protocolo de treinamento (semanas 12-24) pode-se observar que os ganhos iniciais foram mantidos até o final da intervenção (semana 24).

É sabido que diferentes estímulos podem promover adaptações neuromusculares e consequente aumento de força, através de diferentes mecanismos (DINYER et al., 2019). De forma diferente ao TR de alta carga que promove aumento de força principalmente devido ao estresse mecânico e a especificidade do treinamento (DINYER et al., 2019; KRAEMER; FLECK; EVANS, 1996; JENKINS et al., 2017), o TR de baixa carga quando realizado até a falha concêntrica do movimento, favorece o aumento de força em decorrência da ativação de unidades motoras de mais alto limiar a medida em que a execução prossegue (MORTON et al., 2019), e também devido ao acúmulo de substratos metabólicos favorecido pelo alto volume (BURD et al., 2010, 2012; GOTO et al., 2005).

Baseado nos presentes achados fica evidenciado que, em uma situação em que a tensão mecânica é baixa (baixa carga) e o estresse metabólico também é baixo (baixo volume) não existe uma condição favorável para aumento de força. Demonstrando assim, que para ocorrer aumento de força muscular, pelo menos uma das variáveis de TR deve progredir para níveis habitualmente sugeridos pelas diretrizes de TR (maior número de series ou então maior intensidade de carga) (CHODZKO-ZAJKO et al., 2009; FRAGALA et al., 2019). No presente estudo, o grupo BC obteve maior volume de trabalho em comparação ao grupo AC, porém,

mesmo assim o volume de trabalho alcançado não foi suficiente para favorecer os ganhos de força pelos mecanismos citados acima (figura 6).

Atualmente, muitas evidências apontam que a redução de peso corporal (gordura corporal), está diretamente relacionada a um balanço energético negativo (gasto de energia diário > consumo de energia diário) advindo de hábitos saudáveis como alimentação balanceada e prática regular de exercícios físicos (CHODZKO-ZAJKO et al., 2009; FREIRE, 2020; DONNELLY et al., 2009). Tratando especificamente sobre o TR, é sabido que existe uma grande dificuldade em estimar o gasto energético da sessão (REIS et al., 2011). Contudo, alguns estudos apontam que seja entre adultos ou entre idosos as recomendações tidas como padrão geram baixo gasto energético (PHILLIPS; ZIURAITIS, 2004; 2003).

No presente estudo, o protocolo de TR investigado mostrou ser ineficiente para a redução da gordura. Tal achado vai ao encontro daquilo já evidenciado na literatura (ORSATTI et al., 2008; 2010; NUNES et al., 2017) reforçando a evidência de que o TR (em um volume habitualmente prescrito ou menor) é pouco eficiente na redução de gordura corporal. Para que exista diminuição da gordura corporal por meio do TR, tem-se observado na literatura que protocolos com maior quantidade de volume total parecem mais apropriados. Essa hipótese pode ser confirmada ao analisar o trabalho de NUNES et al. (2017) que comparou volume de TR de três séries *versus* seis séries sobre percentual de gordura e que constatou que após 16 semanas de intervenção apenas o grupo que treinou com maior volume (seis séries por exercício) reduziu o percentual de gordura.

Em relação a associação entre maior nível de força e melhor capacidade funcional, estudos mostram que existe uma associação positiva entre essas variáveis (CHOQUETTE et al., 2010; HICKS et al., 2012). Nossos achados são divergentes frente a essas evidências, uma vez que nem mesmo o protocolo de AC, que promoveu aumento de força muscular, favoreceu em conjunto a esse aumento na força, o aumento na capacidade funcional, avaliada pelos testes TUG e levantar e sentar da cadeira de 30 segundos. Vale destacar que uma das justificativas para que os presentes protocolos investigados não tenham promovido melhora no desempenho dos testes funcionais, pode estar relacionada às características da amostra e a escolha dos testes funcionais. Francis et al. (2019) encontraram que entre idosos saudáveis testes funcionais curtos podem ser influenciados pelo “efeito teto” (incapacidade de melhorar a performance, uma vez que esta já está em níveis normais), e que para esta população específica, testes longos parecem ser mais adequados para identificar mudanças funcionais sutis. Entre as participantes de ambos os grupos de nosso estudo, pode-se notar tanto pelos valores de índice de massa muscular

apendicular, quantos pelos resultados dos testes funcionais, que as participantes desde o início do estudo sempre estiveram acima do ponto de corte para o baixo desempenho.

Limitações

O presente estudo possui algumas limitações que devem ser reconhecidas. Embora este seja um estudo randomizado, a perda de segmento (n amostral) pode ter afetado a análises. Outro ponto que pode ter fragilizado as análises estatísticas é o pequeno número de participantes; contudo, a fim de aumentar o controle de confiabilidade dos dados, foi analisado o tamanho do efeito e o poder observado. Assim, constatou-se tamanho efeito grande e poder observado forte. A ingestão de proteínas não foi investigada no presente estudo, e isso também pode ter influenciado os resultados entre os grupos. No entanto, o não uso de suplementação nutricional como critério de inclusão, a orientação para manter a ingestão nutricional habitual, e o delineamento randomizado atenuam a possível diferença de ingestão proteica entre os grupos.

8 CONCLUSÃO

Este estudo identificou que o protocolo de TR de uma série e BC é similarmente eficiente ao protocolo de AC para o aumento da massa muscular dos membros somados. No entanto, para melhora da força muscular, o TR com AC é necessário. Nenhum dos protocolos aqui investigados foram eficientes em promover adaptações positivas sobre os desfechos de gordura e função física. Assim, conclui-se que para uma melhora mais completa sobre os indicadores de saúde, a AC parece ser mais conveniente (na condição de volume aqui estudada), já que aumenta tanto a massa quanto a força muscular.

REFERÊNCIAS

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE et al. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 41, n. 3, p. 687-708, 2009.

BARCELOShera, Larissa Corrêa et al. Low-load resistance training promotes muscular adaptation regardless of vascular occlusion, load, or volume. **European journal of applied physiology**, v. 115, n. 7, p. 1559-1568, 2015.

BURD, Nicholas A. et al. Muscle time under tension during resistance exercise stimulates differential muscle protein sub-fractional synthetic responses in men. **J Physiol** 590: 351–362, 2012

_____. Low-load high volume resistance exercise stimulates muscle protein synthesis more than high-load low volume resistance exercise in young men. **PLoS One** 5: e12033, 2010.

BURTON, Elissa et al. Motivators and barriers for older people participating in resistance training: a systematic review. **Journal of aging and physical activity**, v. 25, n. 2, p. 311-324, 2017.

CADORE, Eduardo Lusa 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**, v. 110, p. 182-190, 2018.

CARNEIRO, Marcelo A.S. et al. Effects of Resistance Training at Different Loads on Inflammatory Biomarkers, Muscle Mass, Muscular Strength, and Physical Performance in Postmenopausal Women. **Journal of Strength and Conditioning Research**, 2020.

CARPINELLI, Ralph N. The size principle and a critical analysis of the unsubstantiated heavier-is-better recommendation for resistance training. **Journal of Exercise Science & Fitness**, v. 6, n. 2, p. 67-86, 2008.

CAVILL, Nick A.; FOSTER, Charlie E.M. Enablers and barriers to older people's participation in strength and balance activities: A review of reviews. **Journal of frailty, sarcopenia and falls**, v. 3, n. 2, p. 105, 2018.

CHODZKO-ZAJKO, Wojtek J. et al. Exercise and physical activity for older adults. **Medicine & science in sports & exercise**, v. 41, n. 7, p. 1510-1530, 2009.

CHOQUETTE, S. et al. Relative strength as a determinant of mobility in elders 67–84 years of age. a nuage study: nutrition as a determinant of successful aging. **The journal of nutrition, health & aging**, v. 14, n. 3, p. 190-195, 2010.

CRUZ-JENTOFT, A. J.; BAHAT, G.; BAUER, J.; BOIRIE, Y. et al. Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. **Age Ageing**, 48, n. 1, p. 16-31, Jan 1 2019

CUNHA, Paolo M. et al. Resistance training performed with single and multiple sets induces similar improvements in muscular strength, muscle mass, muscle quality, and IGF-1 in older

women: A randomized controlled trial. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 34, n. 4, p. 1008-1016, 2020.

DINYER, Taylor K. et al. Low-load vs. high-load resistance training to failure on one repetition maximum strength and body composition in untrained women. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 33, n. 7, p. 1737-1744, 2019.

DONNELLY, Joseph E. et al. American College of Sports Medicine Position Stand. Appropriate physical activity intervention strategies for weight loss and prevention of weight regain for adults. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 41, n. 2, p. 459-471, 2009.

FISHER, James P. et al. A minimal dose approach to resistance training for the older adult; the prophylactic for aging. **Experimental gerontology**, v. 99, p. 80-86, 2017.

FRAGALA, Maren S. et al. Resistance training for older adults: position statement from the national strength and conditioning association. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 33, n. 8, 2019.

FRANCIS, Peter et al. Age-group differences in the performance of selected tests of physical function and association with lower extremity strength. **Journal of Geriatric Physical Therapy**, v. 42, n. 1, p. 1-8, 2019.

FREIRE, Rachel. Scientific evidence of diets for weight loss: Different macronutrient composition, intermittent fasting, and popular diets. **Nutrition**, v. 69, p. 110549, 2020.

FRIES, James F. Aging, natural death, and the compression of morbidity. **Bulletin of the World Health Organization**, v. 80, p. 245-250, 2002.

GALVÃO, Daniel A.; TAAFFE, Dennis R. Resistance exercise dosage in older adults: single-versus multiset effects on physical performance and body composition. **Journal of the American Geriatrics Society**, v. 53, n. 12, p. 2090-2097, 2005.

GOTO, KAZUSHIGE et al. The impact of metabolic stress on hormonal responses and muscular adaptations. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 37, n. 6, p. 955-963, 2005.

HARLOW, Siobán D. et al. Executive summary of the Stages of Reproductive Aging Workshop+ 10: addressing the unfinished agenda of staging reproductive aging. **The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism**, v. 97, n. 4, p. 1159-1168, 2012.

HARMON, Kylie K. et al. Motor unit action potential amplitude during low torque fatiguing contractions versus high torque non-fatiguing contractions: a multilevel analysis. **European Journal of Applied Physiology**, p. 1-13, 2021.

HICKS, Gregory E. et al. Absolute strength and loss of strength as predictors of mobility decline in older adults: the InCHIANTI study. **Journals of Gerontology: Series A: Biomedical Sciences and Medical Sciences**, v. 67, n. 1, p. 66-73, 2012.

HENNEMAN, Elwood. Relation between size of neurons and their susceptibility to discharge. **Science**, v. 126, n. 3287, p. 1345-1347, 1957.

HERAZO-BELTRÁN, Yaneth et al. Predictors of perceived barriers to physical activity in the general adult population: a cross-sectional study. **Brazilian journal of physical therapy**, v. 21, n. 1, p. 44-50, 2017.

HU, Huiling et al. The effect of physical exercise on rheumatoid arthritis: An overview of systematic reviews and meta-analysis. **Journal of Advanced Nursing**, v. 77, n. 2, p. 506-522, 2021.

HUMPHRIES, Brendan; DUNCAN, Mitch J.; MUMMERY, W. Kerry. Prevalence and correlates of resistance training in a regional Australian population. **British Journal of Sports Medicine**, v. 44, n. 9, p. 653-656, 2010.

JENKINS, Nathaniel D.M. et al. Greater neural adaptations following high-vs. low-load resistance training. **Frontiers in physiology**, v. 8, p. 331, 2017.

KRAEMER, William J.; FLECK, Steven J.; EVANS, William J. Strength and power training: physiological mechanisms of adaptation. **Exercise and sport sciences reviews**, v. 24, p. 363-397, 1996.

KONTIS, Vasilis et al. Future life expectancy in 35 industrialised countries: projections with a Bayesian model ensemble. **The Lancet**, v. 389, n. 10076, p. 1323-1335, 2017.

LIXANDRAO, Manoel E. et al. Magnitude of muscle strength and mass adaptations between high-load resistance training versus low-load resistance training associated with blood-flow restriction: a systematic review and meta-analysis. **Sports medicine**, v. 48, n. 2, p. 361-378, 2018.

MALMSTROM, Theodore K. et al. SARC-F: a symptom score to predict persons with sarcopenia at risk for poor functional outcomes. **Journal of cachexia, sarcopenia and muscle**, v. 7, n. 1, p. 28-36, 2016.

MARCELL, Taylor J. Sarcopenia: causes, consequences, and preventions. **The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences**, v. 58, n. 10, p. M911-M916, 2003.

MINKIN, Mary Jane. Menopause: Hormones, lifestyle, and optimizing aging. **Obstetrics and Gynecology Clinics**, v. 46, n. 3, p. 501-514, 2019.

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

NELSON, Heidi D. Menopause. **The Lancet**, [S.l.], v. 371, n. 9614, p. 760-770, 1 mar. 2008. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(08\)60346-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(08)60346-3).

NUNES, Paulo R.P. et al. Effect of resistance training volume on walking speed performance in postmenopausal women: a randomized controlled trial. **Experimental gerontology**, v. 97, p. 80-88, 2017.

ORSATTI, Fabio Lera et al. Plasma hormones, muscle mass and strength in resistance-trained postmenopausal women. **Maturitas**, v. 59, n. 4, p. 394-404, 2008.

PHILLIPS, Wayne T.; ZIURAITIS, Joana R. Energy cost of the ACSM single-set resistance training protocol. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 17, n. 2, p. 350-355, 2003.

_____. Energy cost of single-set resistance training in older adults. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 18, n. 3, p. 606-609, 2004.

PODSIADLO, Diane; RICHARDSON, Sandra. The timed “Up & Go”: a test of basic functional mobility for frail elderly persons. **Journal of the American geriatrics Society**, v. 39, n. 2, p. 142-148, 1991.

REIS, Victor et al. Energy cost of resistance exercises: An update. **Journal of human kinetics**, v. 29, n. Special-Issue, p. 33-39, 2011.

RIBEIRO, Alex S. et al. Resistance training in older women: Comparison of single vs. multiple sets on muscle strength and body composition. **Isokinetics and Exercise Science**, v. 23, n. 1, p. 53-60, 2015.

RIKLI, Roberta E. **Teste de aptidão física para idosos**. Manole, 2008.

SCHAAP, Laura A. et al. Associations of sarcopenia definitions, and their components, with the incidence of recurrent falling and fractures: the longitudinal aging study Amsterdam. **The Journals of Gerontology: Series A**, v. 73, n. 9, p. 1199-1204, 2018.

SCHOENFELD, Brad J. The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 24, n. 10, p. 2857-2872, 2010.

SEALS, Douglas R.; JUSTICE, Jamie N.; LAROCCA, Thomas J. Physiological geroscience: targeting function to increase healthspan and achieve optimal longevity. **The Journal of physiology**, v. 594, n. 8, p. 2001-2024, 2016.

SILVA, Nádia L. et al. Influence of strength training variables on strength gains in adults over 55 years-old: a meta-analysis of dose–response relationships. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 17, n. 3, p. 337-344, 2014

WESTCOTT, Wayne L. Resistance training is medicine: effects of strength training on health. **Current sports medicine reports**, v. 11, n. 4, p. 209-216, 2012.

ANEXO A – Registro projeto

Protocolo do SIGProj: 326719.1589.77048.15032019

De:15/04/2019 à 23/12/2019

Coordenador-Extensionista

Fábio Lera Orsatti

Instituição

UFTM - Universidade Federal do Triângulo Mineiro

Unidade Geral

UGP - Unidade Geral Padrão

Unidade de Origem

ICS - Instituto de Ciências da Saúde

Resumo da Ação de Extensão

Objetivo: Determinar a prevalência de sarcopenia em mulheres acima de 50 anos, e identificar fatores que a influenciam e associá-la com a incapacidade física. Verificar o efeito do treinamento resistido sobre a massa e força musculares, densidade mineral em grupos de mulheres na pós-menopausa com sarcopenia diagnosticada ou não. Metodologia: Será projeto de extensão transversal e de intervenção baseada na população voluntária e saudável. O projeto de extensão constituirá de avaliação composta por: entrevista para inclusão; questionários dos hábitos saudáveis, comportamento e atitudes, nutricionais, atividade física e de incapacidade física; desempenho físico e composição corporal. Realizarão anamnese para obtenção da idade, situação laboral, indicadores de saúde e relatos de doenças atuais e pregressas, atividade física, tempo de menopausa, hábito alimentares. A atividade física será determinada pelo questionário internacional de atividade física. O teste de desempenho físico será através de testes de força manual, equilíbrio, velocidade de marcha e tempo de sentar e levantar da cadeira. O % de gordura será determinado a partir do método de absormetria dupla energia de raio X (DEXA). Serão classificados quanto à sarcopenia, pelo índice de massa muscular inferiores a 5,45 kg/m² e baixo desempenho físico. O protocolo de treinamento será aplicado por professor de Educação Física, durante a fase de adaptação e durante as 38 semanas do projeto de extensão. O protocolo de treinamento será adaptado para esse tipo de população (mulheres acima de 50 anos), utilizado nos treinamentos de musculação em fase de hipertrofia, envolvendo programação de treinamento de três dias semana.

Palavras-chave

Pós-menopausa, massa muscular, treinamento de força

Público-Alvo

Mulheres saudáveis, com data da última menstruação há pelo menos 12 meses e idade igual/maior que 45 anos, sem restrições para a prática regular de exercícios físicos

Situação

Atividade CONCLUÍDA

Contato

Prof. Dr. Fábio Lera Orsatti - UFTM Tel.: (34) 3321 9525 - (14) 97982847 E-mail: fabiorsatti@gmail.com Professor Adjunto - Universidade Federal do Triângulo Mineiro - UFTM Avenida Tutunas, nº 490, Bairro Tutunas Tel.: (34) 3318-5000 Laboratório BioEx

Ativar o Windows

Ativar o Windows

ANEXO B – Termo de consentimento Livre e esclarecido

TERMO DE ESCLARECIMENTO

(Para participantes maiores de idade)

Título do Projeto: **FATIGABILIDADE E DESEMPENHO FÍSICO-FUNCIONAL:**

EFEITO DA MANIPULAÇÃO DAS VARIÁVEIS DO TREINAMENTO DE FORÇA (INTENSIDADE E VOLUME).

Você está sendo convidada a participar do estudo: **Fatigabilidade e desempenho físico-funcional: Efeito da manipulação das variáveis do treinamento de força (intensidade e volume).**

Os avanços na área da Educação Física ocorrem através de estudos como este, por isso a sua participação é importante. Os objetivos do estudo serão: 1) Investigar se a musculação com mais ou menos esforço (alta e baixa carga e mais ou menos conjuntos de repetições) é melhor para aumentar a quantidade, força e resistência do músculo (fadiga).

2) Investigar se o músculo mais resistente e forte, após a musculação é importante para melhorar as atividades realizadas no dia-a-dia (caminhar, sentar e levantar de uma cadeira, subir um lance de escada).

Caso aceite participar do estudo, você será direcionada a fazer parte de um dos quatro grupos de exercício físico, sendo eles: 1) grupo de musculação com a quantidade de esforço próximo ao seu máximo, realizado muitas vezes (6 conjuntos de repetições, 3 dias por semana); 2) grupo de musculação com quantidade de esforço próximo ao seu máximo, realizado poucas vezes (3 conjuntos de repetições, 3 dias por semana); 3) grupo de musculação com uma quantidade de esforço baixa, realizado muitas vezes (6 conjuntos de repetições, 3 dias por semana); 4) grupo de musculação com uma quantidade de esforço baixa, realizado poucas vezes (3 conjuntos de repetições, 3 dias por semana). Você poderá obter todas as informações que quiser e caso você não concorde com os termos ou com os métodos de intervenção poderá deixar de participar a qualquer momento, sem prejuízo no seu atendimento. Caso aceite participar do estudo serão realizadas, avaliação da composição corporal (ex: quantidade de gordura, de músculo e de osso, presentes no seu corpo), do

desempenho físico-funcional (ex: velocidade de caminhada, equilíbrio e capacidade de sentar e levantar de uma cadeira por cinco vezes), testes de força máxima e de fadigabilidade (tolerância ao exercício). Não será realizado nenhum procedimento que lhe traga qualquer risco à sua saúde. Caso você aceite participar do estudo poderá apresentar dores musculares decorrentes do treinamento. Caso isto ocorra, os profissionais do estudo reduzirão o esforço para contornar imediatamente a situação. Através da sua participação neste estudo espera-se que você seja beneficiada com o aumento da massa e força musculares, redução da gordura corporal e redução da fadiga e melhora da qualidade de vida. Após o término da pesquisa você receberá orientações verbais e cartilhas, caso você deseje continuar praticando atividades físicas. Pela sua participação no estudo, você não receberá qualquer valor em dinheiro, mas terá a garantia de que todas as despesas necessárias para a realização da pesquisa não serão de sua responsabilidade, visto que o treinamento e as avaliações serão realizadas de forma gratuita. E para reduzir o risco de perda de confiabilidade seu nome não aparecerá em qualquer momento do estudo, pois você será identificada através de códigos numéricos que não permitirão a identificação de quaisquer informações sobre você e/ou informações sobre seus dados coletados.

Contatos do pesquisadores

Nome: Gersiel Nascimento de Oliveira Júnior

E-mail: junior.gersiel@hotmail.com

Telefone: (34) 99249-1072

Endereço: Programa de Pós-Graduação em Educação Física (UFTM),

Avenida Tutunas, nº 490 – Tutunas,

CEP 38061-500, Uberaba, MG

Nome: Fábio Lera Orsatti

E-mail: fabiorsatti@gmail.com

Telefone: (34) 9203-2366

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE, APÓS ESCLARECIMENTO

TÍTULO DO PROJETO: FATIGABILIDADE E DESEMPENHO FÍSICO-FUNCIONAL:

EFEITO DA MANIPULAÇÃO DAS VARIÁVEIS DO TREINAMENTO DE FORÇA (INTENSIDADE E VOLUME).

Eu, _____, li e/ou ouvi o esclarecimento acima e compreendi para que serve o estudo e a quais procedimentos serei submetido. A explicação que recebi esclarece os riscos e benefícios do estudo. Eu entendi que sou livre para interromper minha participação a qualquer momento, sem justificar minha decisão e que isso não afetará o tratamento/serviço que estou recebendo. Sei que meu nome não será divulgado, que não terei despesas e não receberei dinheiro para participar do estudo. Concordo em participar do estudo, "FATIGABILIDADE E DESEMPENHO FÍSICO-FUNCIONAL: EFEITO DA MANIPULAÇÃO DAS VARIÁVEIS DO TREINAMENTO DE FORÇA (INTENSIDADE E VOLUME)", e receberei uma via assinada deste documento.

Uberaba,//.....

Assinatura do voluntário

Assinatura do pesquisador responsável

Assinatura do pesquisador assistente

Telefone de contato dos pesquisadores:

Fábio Lera Orsatti (34) 92032366

Gersiel Nascimento de Oliveira Júnior (34) 9249-1072

ANEXO C – Artigo produzido

EFFECT OF LOAD INTENSITY ON LOW VOLUME RESISTANCE TRAINING ON SARCOPENIA INDICATORS IN POST- MENOPAUSAL WOMEN

Rodolfo Ferreira de Paula¹; Danilo França da Conceição dos Santos¹; Wellington Gilberto de Sousa¹; Anderson Diogo de Souza Lino^{1,2}; Fábio Lera Orsatti^{1,2}; Markus Vinicius Campos Souza^{1,2}

- 1- Research Group on Exercise, Nutrition and Applied Physiology (PHYNER), Postgraduate Program in Physical Education, Institute of Health Science, Federal University of Triângulo Mineiro (UFTM).
- 2- Department of Sports Science, Institute of Health Science, Federal University of Triângulo Mineiro

Financial support: CAPES, CNPQ.

Rodolfo199206@hotmail.com

+55(34) 9 96547220

EFFECT OF LOAD INTENSITY ON LOW VOLUME RESISTANCE
TRAINING ON SARCOPENIA INDICATORS IN POST-
MENOPAUSAL WOMEN

Abstract

OBJECTIVES: The aim of this study was to investigate the influence of load intensity (high versus low) in the low-volume Resistance Training (RT) condition on sarcopenia indicators such as muscle mass, muscle strength and physical performance in postmenopausal women.

METHODS: 32 participants who were randomly assigned to one of three conditions completed the study: control group (CT, n=10), low-load RT group (LL, n=10) that performed one set of 25-30 maximum repetitions per exercise and the high load RT group (HL n=12) which performed one set of 8-12 repetitions maximum per exercise. The RT groups performed 8 exercises, with an interval of 90 seconds between exercises, 3 times a week for 24 weeks. Muscle mass of lower and upper limbs was assessed by DEXA[®], muscle strength was measured by the one-repetition maximum leg press test, the physical performance by the Timed Up and Go test and the 30-second sit to stand test. The ANVOCA test (covariates: age, use of antihypertensive drugs, hormone replacement therapy and pre-time values) was used to analyse the gains (Δ) between groups, with a significance level of 5%.

RESULTS: after 24 weeks of RT, lower and upper limb muscle mass (together/summed) increased in both HL ($\Delta = 0.58$ kg; 95% CI: 0.27 - 0.89 kg) and LL group ($\Delta = 0.46$ kg; 95% CI: 0.18 - 0.74 kg) in relation to CT ($\Delta = -0.005$ kg; 95% CI: -0.36 - 0.26 kg) with no difference between them ($p = 0.016$ $\eta = 0.30$ power = 0.76). For muscle strength, the HL group ($\Delta = 48.7$ kg; 95% CI: 32.9 - 64.4 kg) obtained greater gains in muscle strength compared to the groups CT ($\Delta = 4.1$ kg; CI 95 %: -10.6 - 18.9 kg) and LL ($\Delta = 21.7$ kg; 95% CI: 7.6 - 35.7 kg) ($p = 0.001$ $\eta^2 = 0.41$ power = 0.95). Regarding functional capacity, none of the protocols tested promoted an increase in physical performance.

CONCLUSION: the load intensity (high or low) in the low-volume RT condition does not affect hypertrophy of the summed limbs in postmenopausal women. However, for the increase in muscle strength, the data indicate better results when using higher loads.

Key Words: Strength training, weight training, training variables, skeletal muscle hypertrophy, muscle mass, functional physical performance, 1RM.

INTRODUCTION

The resistance training (RT) of moderate to high load intensity (> 60% of one repetition maximum) is widely accepted as an effective intervention to prevent and treat sarcopenia (loss of muscle mass, muscle strength, and physical performance) among older adults (7,13). Recently, the search for simpler training protocols has been growing, aiming to overcome barriers to the practice of RT (lack of time during training) (12). In this sense, identifying the minimum dose of RT sufficient to promote muscle and functional adaptations in older people is of great importance for this population and there is growing interest in the literature (12).

Low-volume RT (eg, low number of sets, such as one set) has shown efficiency in saving training time, in promoting positive muscle adaptations (27,15, 9) and the improvement of physical-functional performance (15) in older individuals. A common point of these studies that investigated low-volume RT protocols is the use of moderate to high intensity loads (27,15,9). Understanding that the perception of poor health, fatigue and also tiredness are among the most cited reasons as barriers to the practice of RT (6,20), it can be considered that the use of more intense loads may not be appropriate for everyone, and precisely because it is negatively related to these aforementioned barriers, which may hinder or even prevent the engagement in a RT routine (6,20).

Since the prescription of load intensities from moderate to high intensity is not always possible, it is necessary in some cases to use a lower load intensity for the application of RT. Lower load intensities (ie, 30-50% of 1RM), when performed close to concentric failure and multiple sets, have been shown to be efficient in promoting similar adaptations to training with higher loads in postmenopausal women (4). It is believed that near-failure repetitions and multiple sets can promote greater fiber recruitment to maintain muscle tension during exercise (25, 17). Thus, a greater tension time and training volume (repetitions x load) are generated, which presumably stimulates protein synthesis and muscle hypertrophy (29,2).

The need for high volume (e.g., multiple sets) in low-intensity training implies a high training session time. As studies investigating the role of low load intensity have used multiple sets (27,15,9), little is known about the role of load intensity in adaptations on indicators of sarcopenia (muscle mass, muscle strength, and physical performance) when resistance training is low-volume in older women.

Thus, this study aims to verify whether, in a low volume condition, the load intensity positively influences muscle mass, muscle strength, and physical performance in

postmenopausal women. The hypothesis of this study was that only the high load intensity would promote benefits on the evaluated outcomes.

METHODOLOGY

Ethical procedures

The present study is an experimental, randomized, and controlled study, carried out by the Research Group on exercise, nutrition, and applied physiology (PHYNER), at the premises of the Postgraduate Program in Physical Education at the Federal University of Triângulo Mineiro (PPGEF/ UFTM). This study was carried out in accordance with the Declaration of Helsinki and with Resolution No. 196/96 of the National Health Council. The research was approved by the UFTM Human Research Ethics Committee (protocol number 85052218.0.0000.51 .54). Participants gave their consent to participate by signing the free and informed consent form.

Subjects and Eligibility Procedures

Participants were invited to the project “Sarcopenia: Prevalence and intervention in postmenopausal women”, carried out at the PPGEF / UFTM, Uberaba, Minas Gerais, Brazil, (SigProj n° 326719.1589.77048.15032019) by the members of the PHYNER Research Group.

The following eligibility criteria and inclusion criteria were adopted: a) Age ≥ 50 years; b) spontaneous amenorrhea for at least 12 months (post-menopause); c) blood pressure and blood glucose controlled; d) not have joint and muscle disease; e) does not have a neurological, cancer or cardiovascular disease; f) non-smoker, g) not having participated in a resistance training program in the last six months, and h) not using nutritional supplementation. Exclusion criteria were: a) medical contraindication to exercise; b) be affected by a disease or injury that could impair training or reassessments c) breach some of the inclusion criteria during the intervention period.

At the end of the RT protocol, only participants who reached the end of the intervention period performed the necessary assessments for the study at the times described below and who had a minimum frequency greater than or equal to twice a week were included in the statistical analysis.

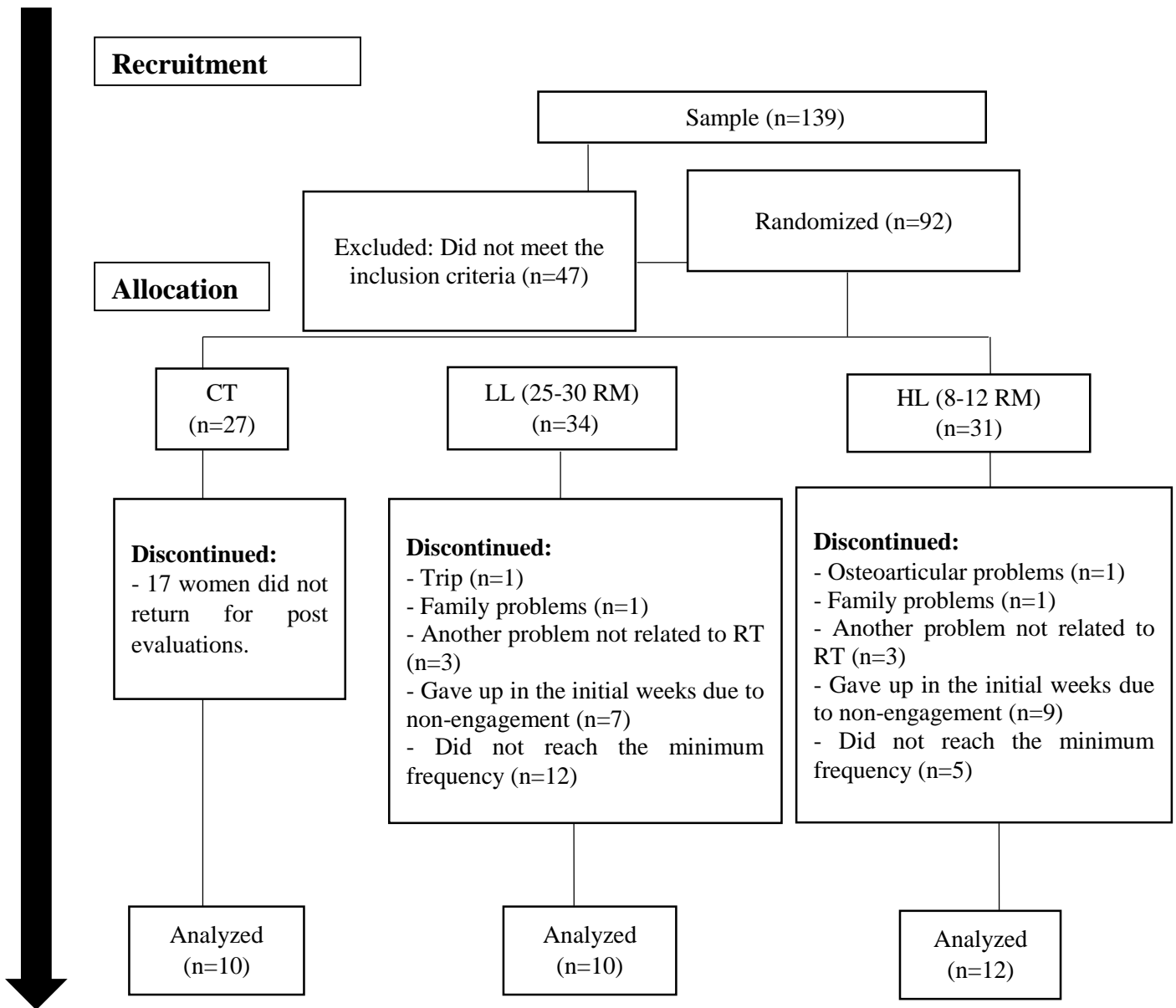
A priori sample calculation was performed using the G * Power software (version 3.1.9.2). The moderate effect size (difference from the control group) was chosen based on the

effects of resistance training on the chosen outcomes (eg, muscle strength). Power analysis demonstrated that at least 10 participants are required for each group to detect a moderate effect size (step effect size² = 0.06, f-test family, repeated measures, intra and between groups interaction), statistical power of 80%, three repeated measures, correlation between repeated measures of 0.6 and correction of non-sphericity of 1.0.

Study design

The present study is an experimental, randomized and controlled study, with per protocol analysis, with three arms: 1) Control group (CT, n=10), which performed stretching exercises; 2) high load RT group (HL, n=12), which performed one set of 8-12 maximum repetitions in each set of exercises; and 3) low load group (LL, n=10), which performed one set of 25-30 maximum repetitions in each exercise set (Figure 1).

Figure 1. Sample selection flowchart.



CT= control; LL= Low load; HL= High load; RT= Resistance training. RM= Repetition maximum

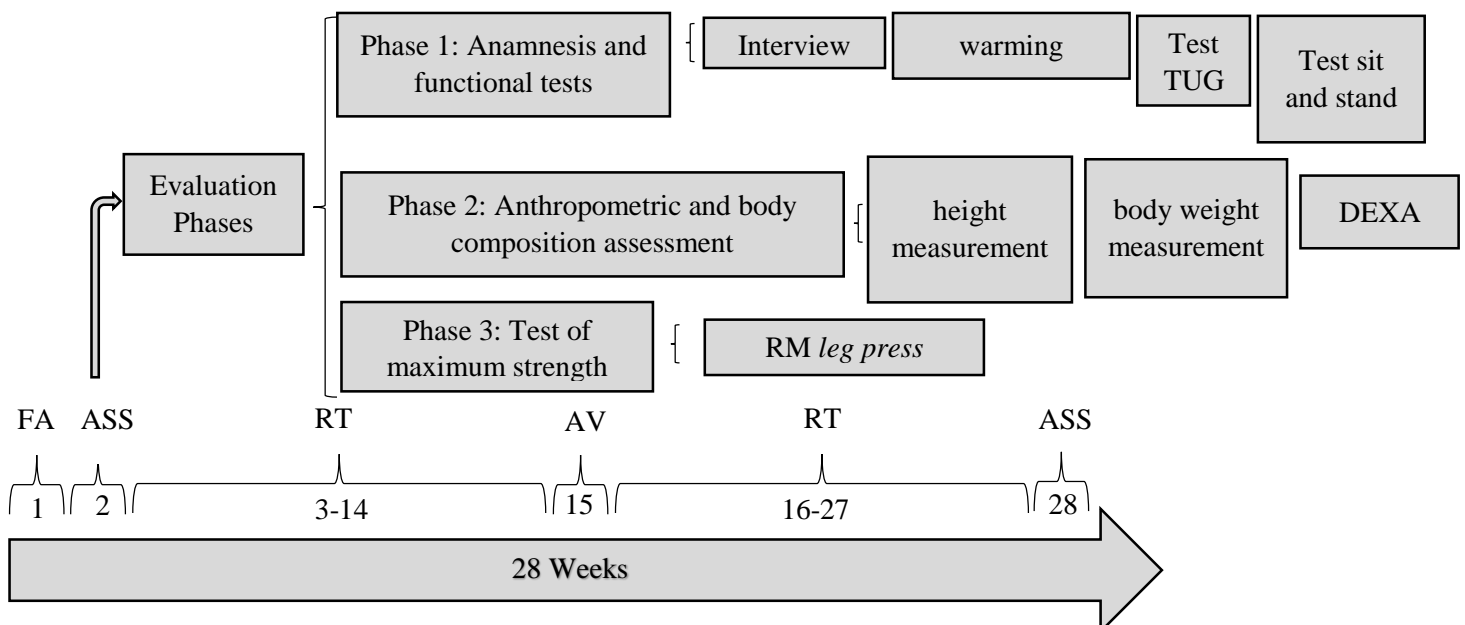
To investigate the effect of load on a low-volume RT protocol, this controlled study was carried out over a 28-week period (figure 2), with one week of familiarization (three RT sessions) for learning the technique of performing the exercises that would integrate the RT protocol (week 1). Three weeks for assessments (data collection) (weeks 2, 15 and 28) and 24 weeks for the RT intervention (weeks 3 to 14 - 16 to 27). The Muscle strength assessments, as well as functional performance assessments, were performed (at week 2), before the first RT session (baseline), in the middle, after the 12th week of RT (at week 15) and at the end after the

24th week of RT (week 28). A body composition was analysed only at baseline and at the end (weeks 2 and 28 respectively) (Figure 2).

Assessments

The assessments of: anamnesis, assessment of body composition, physical performance and muscle strength were carried out in phases. The phases took place on different and non-consecutive days; Phase 1: anamnesis and functional tests. Phase 2: anthropometric assessment. Phase 3: maximum strength test (Figure 2).

Figure 2. Chronological progress of the study in weeks



FA= Familiarization, ASS= Assessments, RT= resistance training, TUG= timed up and go test, DEXA= dual emission x-ray densitometry, RM= max repetition test

Anamnesis

Before starting the RT protocol, an anamnesis interview was carried out, thus, the participants answered about clinical and other data relevant to the inclusion criteria (age, time of menopause, drug use and clinical history of current and past diseases).

Anthropometric measurements and assessment of body composition

Body mass was weighed on a digital scale (Lider ®, Brazil) and height was measured using a stadiometer attached to the scale, and the body mass index ($BMI = \text{body mass} / \text{height}^2$) was subsequently calculated.

Lower limb muscle mass (LLMM), upper limb muscle mass (ULMM), and body fat percentage were quantified using dual-energy x-ray emission densitometry [(DEXA) (Lunar iDXA; GE®, Madison, WI, USA)] and specific software was used to quantify the outcomes (Encore Software, version 14.10). At both times (baseline and final), body composition assessment was performed at the same time of day, between 8:00 am and 10:00 am. Participants were instructed to hydrate themselves beforehand, drinking at least 2 liters of water on the day before the assessment, wear light clothes that did not contain metallic objects, urinate immediately before the assessment and attend the assessment after fasting for at least 8 hours. All assessments were performed by the same evaluator.

Functional performance tests

At all times of functional performance assessment, the tests were performed at the same time of day (between 08:00 and 10:00 in the morning). Participants were instructed to come to the assessment site fed, wearing light clothes and wearing shoes that would provide security in carrying out the tests. Before the test itself, a five-minute walk at normal speed was performed with the aim of warming up. The same evaluator performed all evaluations.

Timed up and go test (TUG)

The TUG test (26) was performed in a straight, flat, well-lit and covered location. The test started with the participants seated in a chair (approximately 43 cm). After a standardized command (“prepare, go!”), they performed the following protocol as quickly as possible: Getting up from the chair without the help of the arms, walking in a straight line for a distance of three meters, going around a mark, and returning to the starting position. The test was repeated twice and for data analysis, the shortest time was considered.

30-second sit to stand test

The 30-second sit to stand test (STS) test (28) was performed in a chair with a standardized seat height of 43 cm. The test started with the participants seated comfortably, with their arms crossed in front of their trunks and with their feet flat on the floor. After a standardized command (“prepare, go!”) they performed the following protocol: Without the help of the arms, get up and sit down as many times as possible within a period of 30 seconds.

Maximum strength test (1RM)

To quantify the maximum strength of the lower limbs, the one repetition maximum test (1RM) was performed. Prior to the test, all participants performed a week of familiarization (3

sessions on non-consecutive days), using low loads to learn the technique of performing the exercise (leg press Mold Mac®). As a warm-up strategy, before the test, the volunteer was asked to walk at her usual speed for 5 minutes. After that, the heating in the specific equipment was started. Three warm-up sets were performed, between each set there were 90 seconds to rest. During the warm-up, gradually in each set the weight was progressively increased (30-40%, 50-60% and 80-90% of 1RM respectively for each of the three sets) as the repetitions decreased (15-20, 8-12 and 3-5 respectively). The load used during the warm-up was subjectively determined based on the performance observed during the familiarization week.

At the end of the specific warm-up, the participants rested for 3-5 minutes, the load was considerably increased and the volunteer was motivated to overcome the resistance using full movement (range of movement: 90° - 0°). When the load was overestimated or underestimated, the volunteer rested for 3-5 minutes before a new attempt was made with a smaller or greater load, respectively in each case. This procedure was carried out until a load equivalent to 1RM was found. In none of the evaluations it took more than 5 attempts to obtain the value of 1RM.

Training Protocol

The RT intervention was performed for a period of 24 weeks. Before starting the intervention, the participants underwent a week of familiarization and adaptation to the protocol. RT sessions were performed 3 times a week on non-consecutive days, totaling 72 training sessions at the end of the period. The proposed RT protocol followed the recommendations of the American College of Sports Medicine (7). All participants were instructed to perform repetitions until concentric failure. For each repetition, it was recommended to maintain at least 1.5 seconds per muscle contraction phase (no interval between phases), and the interval between exercises was 90 seconds. Participants in both RT groups performed the same 8 dynamic exercises, in the following order: leg press 45°, peck deck, leg curl, back pull, leg extension, scott triceps, standing calf, and abdominal above the floor (The RT machines used are from the Moldmac® Soil brand, Franca, SP, Brazil). Calf and abdominal exercises did not have their load quantified, however the participants of both groups kept in these exercises all the other characteristics already elucidated for their group. All RT sessions were supervised by a qualified and qualified professional. To ensure progressive overload and permanence within the repetition zone of each respective group, weekly adjustments in training loads were performed when there was extrapolation of the upper or lower limit of the number of repetitions designated for each group, increasing or reducing the

load around 5-10% respectively for each situation. Before all RT sessions, a general warm-up (walking at usual speed) was performed for 5 minutes.

Training Volume

The loads (kg) used, as well as the number of repetitions that each volunteer performed, were recorded in all 72 training sessions, for all exercises. The daily work volume of each exercise was calculated from the training record of each participant through the formula: repetitions x lifted load. The total volume of work presented in Figure 5 is the sum of the volume reached at the end of the 72 RT sessions in tons. The 3 lower limb exercises (Leg press, leg extension and flexor table) were grouped to calculate the total work volume of the lower limbs. The 3 upper limb exercises (peck deck, back puller and Scott triceps) were grouped to calculate the total work volume of the upper limbs. The sum of these volumes is displayed as the total work volume Upper limbs+lower limbs.

Statistical analysis

Data distribution was verified using the Shapiro-Wilk test. Levene's test was used to verify homogeneity. Repeated measures analysis of variance (ANOVA) was used to observe differences between groups and time points, as well as the group*moment interaction. Analysis of covariance (adjusted ANCOVA for age, antihypertensive use, hormonal therapy, and pre-time) was used to compare gains (delta) between groups. Two-tailed Student's t test for independent samples was used to verify the difference between the workload of the RT groups (HLvs LL). Fisher's least significant difference (LSD) was used as a post hoc test. Effect size (partial square eta, η^2) and observed power were calculated. The level of significance was set at 5%. Continuous data are presented as mean and standard deviation or mean and 95% confidence interval (95% CI). medication use is presented as the absolute number of women in the sample. The Statistical Package for Social Sciences – SPSS version 23 software was used to perform the statistical analyses.

Sample

The characterization of the sample is shown in Table 1. No differences were observed between groups for the variables analysed at baseline.

Table 1. Initial characterization of intervention groups.

Variables	CT (n=10)	HL (n=12)	LL (n=10)
Age (years)	62.5±7.4	61.5±7.2	62.7±8.2
Time of menopause (years)	13.1±8.4	16.0±10.7	12.1±6.1
BMI (kg/m²)	28.3±5.2	26.3±6.2	26.8±5.1
Body fat (%)	43.1±7.6	41.3±5.5	42.4±4.4
MMI (kg/m²)	7.1±0.9	6.7±1.4	6.8±0.9
Use of medications (n)			
<i>antihypertensive</i>	3	4	4
<i>hormone therapy</i>	1	2	0
<i>anti-inflammatory</i>	0	0	0
<i>Hypoglycemics</i>	0	0	0

Values presented as mean and standard deviation. CT=control; LL= low load; HL= high load; BMI= body mass index (body mass/height²); MMI = muscle mass index (appendicular muscle mass/height²).

RESULTS

After 24 weeks of RT, there were differences in lower limb muscle mass gains [ANOVA interaction (group vs time) $p=0.042$; $\eta^2=0.20$ (large); observed power=0.61], upper limb muscle mass [ANOVA interaction (group vs time) $p=0.044$; $\eta^2=0.20$ (large); observed power = 0.61] and LL+UL muscle mass [ANOVA interaction (group vs time) $p=0.012$; $\eta^2=0.30$ (large); observed power=0.79] between groups (Table 2). After 24 weeks of RT, it was observed that the muscle mass of the lower limbs, the muscle mass of the upper limbs and the muscle mass of the lower limbs + upper limbs increased in the HL and LL groups compared to the pre moment of the group itself, $p<0.05$ (Table 2). No group effect was observed for muscle mass analyses (Table 2).

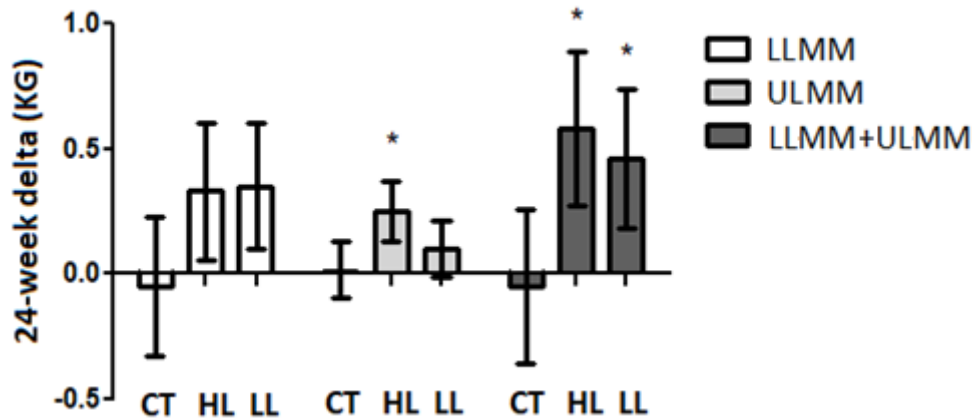
Table 2. Indicators of body composition before and after 24 weeks of RT in groups control, high load and low load.

Variables	CT (n=10)	HL (n=12)	LL (n=10)	P	η^2	Observed power
LLMM (kg)						
Pre	14.1 ± 2.5	12.8 ± 3.8	13.4 ± 2.2	Grupo = 0.743		
24th week	14.0 ± 2.8	13.2 ± 3.5*	13.8 ± 2.4*	Tempo = 0.007 Grupo x tempo = 0.042	0.20	0.61
ULMM (kg)						
Pre	4.1 ± 0.7	3.7 ± 0.9	4.1 ± 0.6	Grupo = 0.614		
24th week	4.1 ± 0.9	4.0 ± 1.0*	4.2 ± 0.6*	Tempo = 0.001 Grupo x tempo = 0.044	0.20	0.61
LLMM+ULMM						
Pre	18.2 ± 3.2	16.5 ± 4.6	17.5 ± 2.7	Grupo = 0.708		
24th week	18.1 ± 3.4	17.1 ± 4.5*	18.0 ± 3.0*	Tempo = 0.041 Grupo x tempo = 0.012	0.30	0.79

Values presented as mean and standard deviation. CT=control; LL= low load; HL= high load; LLMM = lower limb muscle mass. ULMM = upper limb muscle mass. Repeated measure ANOVA. * = $p < 0.05$ in relation to the pre moment.

The changes (deltas, Δ) of the muscle mass values of the lower limbs, upper limbs and lower limbs + upper limbs corrected for age, use of antihypertensive drugs, hormonal therapy (TH) and values from the pre moment are illustrated in Figure 3. There were no differences in Δ muscle mass of the lower limbs between groups [ANCOVA $p=0.074$; $\eta^2=0.20$ (large); observed power=0.51]. Only the HL group increased the upper limb muscle mass, from pre to post intervention [ANCOVA $p=0.024$; $\eta^2=0.27$ (large); observed power=0.70]. The increase in upper limb muscle mass in the HL group was 0.25 kg (95%CI: 0.13 kg; 0.37 kg) (figure 3). Both groups HL and LL increased the muscle mass of the lower limbs + upper limbs after the intervention period [ANCOVA $p=0.016$; $\eta^2=0.30$ (large); observed power=0.76] with no difference between them. The muscle mass of lower limbs + upper limbs increased by 0.58 kg (95%CI: 0.27 kg; 0.89 kg) in the HL group and 0.46 kg (95%CI: 0.18 kg; 0.74 kg) in the group LL (figure 3).

Figure 3. Effect of the RT of HL vs LL on the muscle mass of the lower limbs and upper limbs.



Values represented as mean and 95% confidence interval. ANCOVA adjusted for age, use of antihypertensive medications, hormone therapy, and pre-moment values. LLMM = lower limbs muscle mass. ULMM = upper limbs muscle mass. CT = control group. HL = high load group. LL = low load group. The symbol * indicates statistical difference in relation to the CT group ($P < 0.05$).

In table 3 shows the values of muscle strength and physical performance at the pre, 12 weeks and also at the 24 weeks. Regarding muscle strength gains, it can be observed that there was a difference between groups after the periods [ANOVA interaction (group vs time) $p < 0.001$; $\eta^2 = 0.32$ (large); observed power = 0.99]. After 12 and 24 weeks of RT, both groups HL and LL increased muscle strength in relation to the pre-momentum of the group itself. The control group did not get muscle strength increases after 12 or 24 weeks of RT.

ANOVA showed no group*time interaction for any of the physical performance tests investigated in the present study. Thus, no different performance changes were observed in the 30-seconds sit to stand test and the TUG test after 12 and 24 weeks between groups ($p = 0.188$ and 0.327 respectively) (Table 3).

Table 3. Muscle strength (1RM) and physical performance (STS and TUG) before and after 12 and 24 weeks of intervention in the control, high load and low load groups.

Variables	CT (n=10)	HL (n = 12)	LL (n=10)	P	η^2	Observed power
1RM (kg)						
pre	134.9 ± 29.1	109.9 ± 42.5	143.4 ± 64.3	Group = 0.617		
12th week	137.5 ± 34.6	158.3 ± 51.7*	162.4 ± 72.0*	Time < 0.001		
24th week	137.9 ± 31.8	157.4 ± 50.3*	167.0 ± 71.6*	Group x time < 0.001	0.32	0.99
STS (repetitions)						
pre	14.3 ± 4.6	17.8 ± 3.9	15.6 ± 2.6	Group = 0.188		
12th week	15.6 ± 4.0	17.5 ± 3.7	16.7 ± 2.8	Time < 0.001		
24th week	16.3 ± 4.7	20.4 ± 4.9	17.1 ± 3.1	Group x time = 0.188		
TUG (seconds)						
pre	8.9 ± 4.2	7.0 ± 0.8	7.1 ± 0.7	Group = 0.127		
12th week	7.0 ± 1.5	6.0 ± 0.8	6.3 ± 0.5	Time < 0.001		
24th week	7.1 ± 1.4	6.1 ± 0.8	6.3 ± 0.6	Group x time = 0.327		

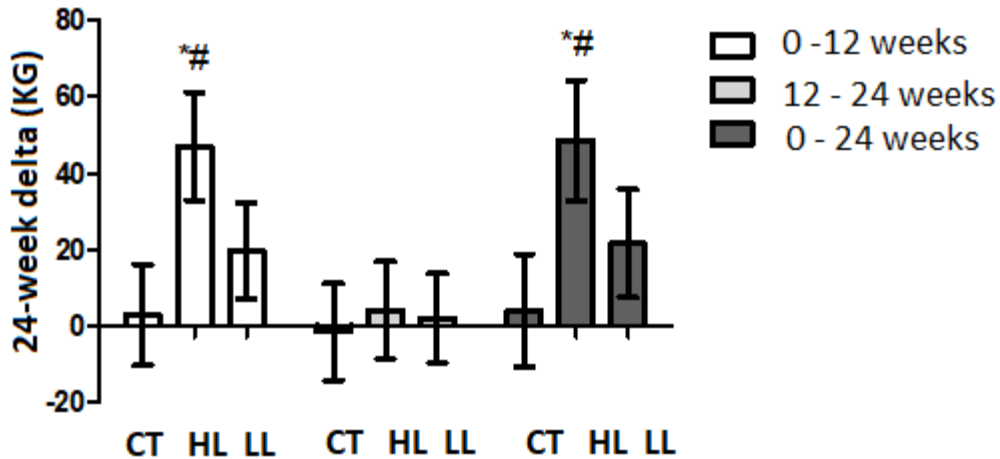
Values presented as mean and standard deviation. 1RM= one repetition maximum. STS = 30-seconds sit to stand test. TUG = timed Up Go test. ANOVA of repeated measures. * = P<0.05 in relation to the pre moment.

The changes (Δ) in muscle strength corrected for age, use of antihypertensive drugs, HT and values from the pre moment are shown in Figure 4. The HL group increased muscle strength compared to the other groups after the first 12 weeks of RT [ANCOVA $p < 0.001$; $\eta^2 = 0.47$ (large); observed power = 0.98] (figure 4). During this period (0 – 12 weeks) the Δ muscle strength achieved by the HL group was 47.1 kg (95%CI: 33.0 kg; 61.1 kg) and this value was significantly higher when compared to the CT group. On the other hand, the Δ of muscle strength of the LL group was 19.7 kg (95%CI: 7.2 kg; 32.2 kg), thus being significantly higher when compared to the pre moment of the group itself, however not significantly higher in relation to CT (figure 4). The CT group, on the other hand, had muscle strength values with Δ 3.0 kg (95%CI: -10.2 kg; 18.9 kg).

Observing the muscle strength gains that occurred in the second half of the protocol (Δ between the 12th and 24th week), it can be seen that there was no difference in the muscle strength gain between the HL, LL and CT groups ($p = 0.802$). Regarding muscle strength gains (Δ) between baseline and week 24, it was observed that the HL protocol promoted an increase in muscle strength when compared to CT and LL protocol [ANCOVA $p < 0.001$; $\eta^2 = 0.41$ (large); observed power = 0.95] (figure 4). The Δ of muscle strength in the HL group after 24

weeks of RT was 48.7 kg (95%CI: -32.9 kg; 64.4 kg), in the LL group it was 21.7 kg (95%CI: 7, 6 kg; 35.7 kg) and in the CT group it was 4.1 kg (95%CI: -10.6 kg; 18.9 kg) (figure 4).

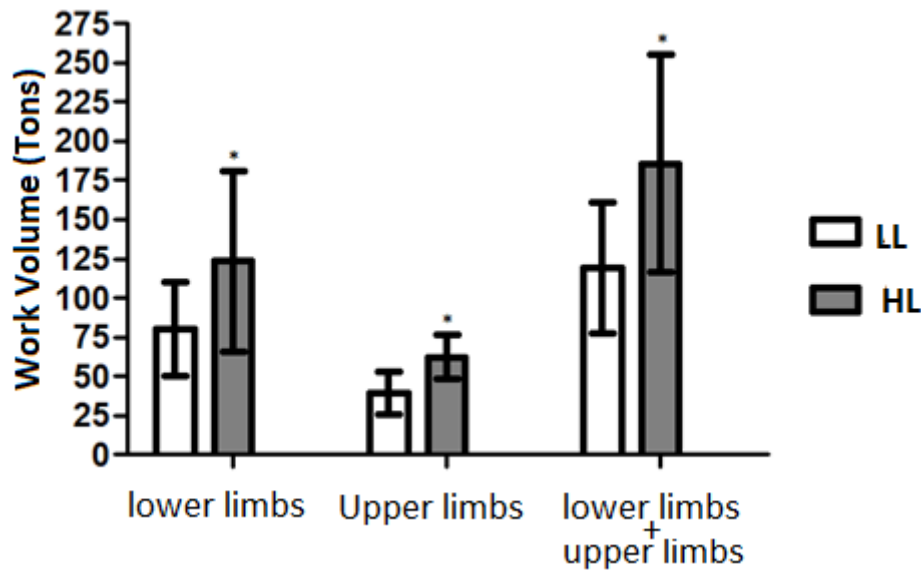
Figure 4. Effect of HL and LL RT on Muscle Strength.



Values represented as mean and 95% confidence interval. ANCOVA adjusted for age, use of antihypertensive drugs and hormone therapy. The 0-12 week and 0-24 week delta values were adjusted to the pre-moment values. The values for the 12-24 week deltas were adjusted to the values at the 12th week time point. CT = control group, HL = high load group, LL = low load group. The symbol * indicates statistical difference in relation to the CT group and # indicates the difference between the HL vs LL groups ($P < 0.05$).

Figure 5 illustrates the values of the total workload of groups HL and LL. The results show that the cumulative RT workload (lower lower limb workload + upper limb workload) after 24 weeks was higher in the LL group compared to the HL group ($P = 0.012$). Similarly, the segmented analysis for lower limbs workload and upper limbs workload also shows that the LL group compared to the HL group achieved a higher workload during the intervention in the 24-week RT ($P = 0.035$; $P = 0.001$ respectively).

Figure 5. Total work volume in tons (TON).



Values presented in mean and standard deviation. Work volume for the lower limbs; Work volume for the upper limbs. T-test for independent samples. The * symbol indicates statistical difference in relation to the LL group ($P < 0.05$).

DISCUSSION

The present study aimed to verify the influence of load intensity (high vs low) in a condition of low volume RT on sarcopenia indicators: muscle mass, muscle strength and physical performance in postmenopausal women. This issue is of paramount importance for the population of elderly postmenopausal women, since reductions in muscle strength and mass levels are inherent to the aging process and the menopausal condition, causing the incidence of a wide range of negative outcomes to increase (24) (eg increased risk of falls, fractures, hospitalization, reduced levels of functionality, among others). The main finding of the study was that, after 24 weeks of a low-volume RT protocol (one set per exercise), the increase in muscle mass of the summed limbs (ULMM+LLMM) occurred independently of the load intensity used, with no difference between HL or LL protocols. However, the increase in muscle strength was dependent on HL in this studied volume condition, and this can be observed since the LL RT was not efficient to promote strength improvement among postmenopausal women, and only the group who trained with HL achieved significant gains.

In the present study, the RT groups increased the muscle mass of the summed limbs (ULMM+LLMM). This result is in accordance with data found in the literature, primarily showing the effectiveness of the RT of one set to increase muscle mass (27,9), and in the second

line also showing that RT of LL, once performed until or close to failure, has the ability to generate hypertrophy gains (1,4). The similar gains between RT of HL and LL for hypertrophy, at least partially, can be based on the size principle of Henneman (19), which states that when a submaximal contraction is maintained, the initially activated motor units become fatigued and thus the need to activate larger motor units is created. Thus, the similar activation of muscle fibers that can be expected when performing the exercise until or close to failure, and that occurs regardless of load, may explain the similar magnitude of hypertrophy between different protocols (25,5,19).

Recently some authors (4) investigated whether the LL RT would be an alternative to the HL RT in the improvement of muscle mass among postmenopausal women. The results showed that the LL RT was superior to the HL RT for hypertrophy when the RT was performed up to or close to failure. These results were different from those of the present study, as the similarity between the HL and LL protocols was evidenced here. However, it is noteworthy that these authors (4) used high volume of RT in both protocols (3 sets per exercise). Through the results shown, it is observed that even at a “minimum dose” (low volume and load) the RT is already sufficient to promote improvements in the muscle mass of the added limbs. In our study, the only difference in muscle mass gain between the RT groups was for the upper limb muscle mass, and in this case only the HL group showed higher values compared to the CT group. Thus, it was shown that the use of HL should be prioritized when possible, as both increased the muscle mass of the lower limbs and upper limbs, but only the HL group increased the muscle mass of the upper limbs in isolation.

Previous studies show that RT with LL promotes muscle strength gains similar to RT with HL (< 40% 1RM vs. > 80% 1RM) (10; 4). In these studies, despite comparing high vs low load, the authors used a high volume. Our results show that throughout the RT period, only the RT protocol with HL promoted gains in muscle strength. When observing the values of the confidence intervals in figure 4, it can be seen that the LL group increased muscle strength compared to the pre-intervention moment, however, compared to our control group, this observed increase was not significant. The divergent results between this and other studies in the literature may be associated with differences in the RT volume between the studies, but it is also important to emphasize that some of the studies that defend the use of LL as an equally effective alternative to HL protocols for increasing strength have methodological flaws such as the absence of a control group (10,4). Another important point about the magnitude of the increase in muscle strength between protocols with different loads can be seen in a recent

review by Lixandrão et al. (23) in which, through the results of their study, the authors state that even if there is increase in strength through LL in the RT, the magnitude of increase is greater in protocols with HL, and this corroborates again with the idea that, HL deserves to be prioritized when possible.

In the initial phases of RT, muscle strength increases mainly due to neuromuscular adaptations, such as an improvement in the voluntary capacity of activation of motor units, as well as a smaller contraction of antagonist muscles (7). Our results show that the strength gain in the HL group occurred only in the first twelve weeks. However, even the HL group did not obtain an increase in strength in the second half of the training protocol (weeks 12-24) it can be observed that the initial gains were maintained until the end of the intervention (week 24).

It is known that different stimuli can promote neuromuscular adaptations and consequent increase in strength, through different mechanisms (10). Unlike HL RT, which promotes increased strength mainly due to mechanical stress and the specificity of training (10,22,21), the low load RT, when performed until the concentric movement failure, favors the increase in strength due to the activation of higher threshold motor units as the execution proceeds (25), and also due to the accumulation of metabolic substrates favored by the high volume (2,3,16).

Based on the present findings, it is evident that, in a situation where mechanical tension is low (low load) and metabolic stress is also low (low volume), there is no favorable condition for increasing strength. Thus, demonstrating that for an increase in muscle strength to occur, at least one of the RT variables must progress to levels usually suggested by the RT guidelines (greater number of sets or greater load intensity) (7; 13). In the present study, the LL group had a greater work volume compared to the HL group, however, even so the work volume achieved was not sufficient to favor strength gains by the mechanisms mentioned above (figure 5).

Regarding the association between a higher level of strength and better functional capacity, studies show that there is a positive association between these variables (8,18). Our results are divergent from this evidence, since not even the HL protocol, which promoted an increase in muscle strength, favored, together with this increase in strength, the increase in functional capacity, as assessed by the TUG and 30-second sit-to-stand test. One of the reasons why the present investigated protocols have not promoted an improvement in the performance of functional tests may be related to the characteristics of the sample and the choice of functional tests. Francis et al. (14) found that among healthy elderly, short functional tests can be influenced by the "ceiling effect" (inability to improve performance, since it is already at

normal levels), and that for this specific population, long tests seem to be more appropriate to identify subtle functional changes. Among the participants of both groups in our study, it can be noticed both by the appendicular muscle mass index values and the results of the functional tests, that the participants, since the beginning of the study, were always above the cutoff point for low performance.

The present study has some limitations that must be recognized. Although this is a randomized study, sample segment loss may have affected analyses. Another point that may have weakened statistical analyzes is the small number of participants; however, in order to increase control over the reliability of the data, the effect size and observed power were analyzed. Thus, there was a large effect size and strong observed power. Protein intake was not investigated in the present study, and this may also have influenced the results between groups. However, the non-use of nutritional supplementation as an inclusion criterion, the guidance to maintain the usual nutritional intake, and the randomized design attenuate the possible difference in protein intake between the groups.

CONCLUSION

This study identified that, in a low volume condition, one set per exercise, the load intensity does not positively influence the magnitude of the increase in muscle mass of the summed limbs when the exercise is performed until close to or close to failure. However, to improve muscle strength, training with HL is necessary in this volume condition studied here. None of the protocols investigated here were efficient in promoting positive adaptations regarding physical performance. Thus, it is concluded that for a more complete improvement on sarcopenia indicators, a high load seems to be more convenient, as it increases both muscle mass and strength.

PRACTICAL APPLICATION

Considering lack of time as one of the main causes of non-adherence to the RT, and knowing that women tend to choose training loads below what is recommended (11), the investigated protocol appears to be an efficient training option. After all, it is able to overcome the barriers of lack of time, and promote beneficial adaptations on muscle mass even when

performed with low loads thus, an alternative for those women who have little time available to practice RT and who do not want or cannot use higher loads during RT.

However, the present study emphasizes that the use of HL is important to increase muscle strength (for the volume condition studied here). Thus, it is suggested that coaches should assess the needs of their clients and after discussing with them their preferences and conditions for performing the RT in relation to the load and available time, develop a training program that reconciles the observed points with efficient RT protocols, but also favors the practitioner's pleasure, seeking greater adherence in the long term.

REFERENCES

1. BARCELOS, Larissa Corrêa et al. Low-load resistance training promotes muscular adaptation regardless of vascular occlusion, load, or volume. **European journal of applied physiology**, v. 115, n. 7, p. 1559-1568, 2015.
2. BURD, Nicholas A. et al. Muscle time under tension during resistance exercise stimulates differential muscle protein sub-fractional synthetic responses in men. **J Physiol** 590: 351–362, 2012
3. _____. Low-load high volume resistance exercise stimulates muscle protein synthesis more than high-load low volume resistance exercise in young men. **PLoS One** 5: e12033, 2010.
4. CARNEIRO, Marcelo A.S. et al. Effects of Resistance Training at Different Loads on Inflammatory Biomarkers, Muscle Mass, Muscular Strength, and Physical Performance in Postmenopausal Women. **Journal of Strength and Conditioning Research**, 2020.
5. CARPINELLI, Ralph N. The size principle and a critical analysis of the unsubstantiated heavier-is-better recommendation for resistance training. **Journal of Exercise Science & Fitness**, v. 6, n. 2, p. 67-86, 2008.
6. CAVILL, Nick A.; FOSTER, Charlie E.M. Enablers and barriers to older people's participation in strength and balance activities: A review of reviews. **Journal of frailty, sarcopenia and falls**, v. 3, n. 2, p. 105, 2018.
7. CHODZKO-ZAJKO, Wojtek J. et al. Exercise and physical activity for older adults. **Medicine & science in sports & exercise**, v. 41, n. 7, p. 1510-1530, 2009.
8. CHOQUETTE, S. et al. Relative strength as a determinant of mobility in elders 67–84 years of age. a nuage study: nutrition as a determinant of successful aging. **The journal of nutrition, health & aging**, v. 14, n. 3, p. 190-195, 2010.
9. CUNHA, Paolo M. et al. Resistance training performed with single and multiple sets induces similar improvements in muscular strength, muscle mass, muscle quality, and IGF-1 in older women: A randomized controlled trial. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 34, n. 4, p. 1008-1016, 2020.
10. DINYER, Taylor K. et al. Low-load vs. high-load resistance training to failure on one repetition maximum strength and body composition in untrained women. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 33, n. 7, p. 1737-1744, 2019.
11. ELSANGEDY, Hassan M. et al. Is the self-selected resistance exercise intensity by older women consistent with the American College of Sports Medicine guidelines to improve muscular fitness?. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 27, n. 7, p. 1877-1884, 2013.
12. FISHER, James P. et al. A minimal dose approach to resistance training for the older adult; the prophylactic for aging. **Experimental gerontology**, v. 99, p. 80-86, 2017.
13. FRAGALA, Maren S. et al. Resistance training for older adults: position statement from the national strength and conditioning association. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 33, n. 8, 2019.
14. FRANCIS, Peter et al. Age-group differences in the performance of selected tests of physical function and association with lower extremity strength. **Journal of Geriatric Physical Therapy**, v. 42, n. 1, p. 1-8, 2019.
15. GALVÃO, Daniel A.; TAAFFE, Dennis R. Resistance exercise dosage in older adults: single-versus multiset effects on physical performance and body composition. **Journal of the American Geriatrics Society**, v. 53, n. 12, p. 2090-2097, 2005.

16. GOTO, KAZUSHIGE et al. The impact of metabolic stress on hormonal responses and muscular adaptations. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 37, n. 6, p. 955-963, 2005.
17. HARMON, Kylie K. et al. Motor unit action potential amplitude during low torque fatiguing contractions versus high torque non-fatiguing contractions: a multilevel analysis. **European Journal of Applied Physiology**, p. 1-13, 2021.
18. HICKS, Gregory E. et al. Absolute strength and loss of strength as predictors of mobility decline in older adults: the InCHIANTI study. **Journals of Gerontology: Series A: Biomedical Sciences and Medical Sciences**, v. 67, n. 1, p. 66-73, 2012.
19. HENNEMAN, Elwood. Relation between size of neurons and their susceptibility to discharge. **Science**, v. 126, n. 3287, p. 1345-1347, 1957.
20. HERAZO-BELTRÁN, Yaneth et al. Predictors of perceived barriers to physical activity in the general adult population: a cross-sectional study. **Brazilian journal of physical therapy**, v. 21, n. 1, p. 44-50, 2017.
21. JENKINS, Nathaniel D.M. et al. Greater neural adaptations following high-vs. low-load resistance training. **Frontiers in physiology**, v. 8, p. 331, 2017.
22. KRAEMER, William J.; FLECK, Steven J.; EVANS, William J. Strength and power training: physiological mechanisms of adaptation. **Exercise and sport sciences reviews**, v. 24, p. 363-397, 1996.
23. LIXANDRAO, Manoel E. et al. Magnitude of muscle strength and mass adaptations between high-load resistance training versus low-load resistance training associated with blood-flow restriction: a systematic review and meta-analysis. **Sports medicine**, v. 48, n. 2, p. 361-378, 2018.
24. MARENGONI, Alessandra et al. Aging with multimorbidity: a systematic review of the literature. **Ageing research reviews**, v. 10, n. 4, p. 430-439, 2011.
25. MORTON, Robert W. et al. Muscle fibre activation is unaffected by load and repetition duration when resistance exercise is performed to task failure. **The Journal of physiology**, v. 597, n. 17, p. 4601-4613, 2019.
26. PODSIADLO, Diane; RICHARDSON, Sandra. The timed "Up & Go": a test of basic functional mobility for frail elderly persons. **Journal of the American geriatrics Society**, v. 39, n. 2, p. 142-148, 1991.
27. RIBEIRO, Alex S. et al. Resistance training in older women: Comparison of single vs. multiple sets on muscle strength and body composition. **Isokinetics and Exercise Science**, v. 23, n. 1, p. 53-60, 2015.
28. RIKLI, Roberta E. **Teste de aptidão física para idosos**. Manole, 2008.
29. SCHOENFELD, Brad J. The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 24, n. 10, p. 2857-2872, 2010.

