
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA MOTRICIDADE

(Atividade física e saúde)

MARCELO CONRADO DE FREITAS

**INFLUÊNCIA DO TREINAMENTO RESISTIDO PERIODIZADO E NÃO
PERIODIZADO SOBRE A FORÇA MUSCULAR, FUNCIONALIDADE,
COMPOSIÇÃO CORPORAL E INDICADORES DE INTEGRIDADE
CELULAR EM IDOSOS SARCOPÊNICOS**

Fevereiro - 2020



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA MOTRICIDADE

(Atividade física e saúde)

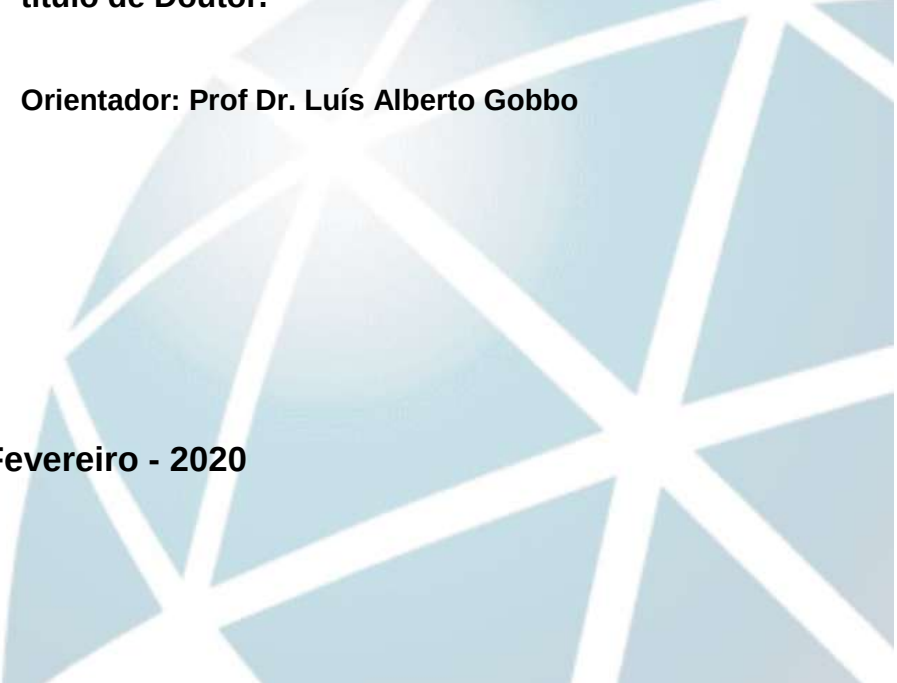
MARCELO CONRADO DE FREITAS

**INFLUÊNCIA DO TREINAMENTO RESISTIDO PERIODIZADO E NÃO
PERIODIZADO SOBRE A FORÇA MUSCULAR, FUNCIONALIDADE,
COMPOSIÇÃO CORPORAL E INDICADORES DE INTEGRIDADE
CELULAR EM IDOSOS SARCOPÊNICOS**

**Tese de Doutorado apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em Ciências
da Motricidade - Interunidades, campus de
Presidente Prudente, para obtenção do
título de Doutor.**

Orientador: Prof Dr. Luís Alberto Gobbo

Fevereiro - 2020

A decorative geometric pattern is located in the bottom right corner of the page. It consists of several overlapping triangles in shades of blue and white, creating a complex, star-like or crystalline structure.

F866i

Freitas, Marcelo Conrado de

Influência do treinamento resistido periodizado e não periodizado sobre a força muscular, funcionalidade, composição corporal e indicadores de integridade celular em idosos sarcopênicos. : Periodização no treinamento resistido em idosos / Marcelo Conrado de Freitas. -- , 2020

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Araraquara,

1. Educação Física. 2. Treinamento resistido. 3. Idosos. 4. Composição corporal. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Araraquara. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

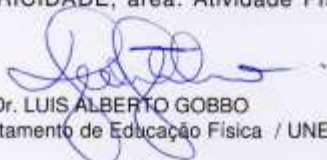
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: INFLUÊNCIA DO TREINAMENTO RESISTIDO PERIODIZADO E NÃO PERIODIZADO SOBRE FORÇA MUSCULAR, FUNCIONALIDADE, COMPOSIÇÃO CORPORAL E INDICADORES DE INTEGRIDADE CELULAR EM IDOSOS SARCOPÊNICOS

AUTOR: MARCELO CONRADO DE FREITAS

ORIENTADOR: LUIS ALBERTO GOBBO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em CIÊNCIAS DA MOTRICIDADE, área: Atividade Física, Saúde e Educação pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. LUIS ALBERTO GOBBO

Departamento de Educação Física / UNESP - Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente - SP

Videoconferência

Prof. Dr. FABRÍCIO EDUARDO ROSSI

Bolsista de Pós-Doutorado FAPESP / Pós-Doutorando

Videoconferência

Prof. Dr. CLEITON AUGUSTO LIBARDI

Educação Física / Universidade Federal de São Carlos

Videoconferência

Prof. Dr. DIEGO GIULLIANO DESTRO CHRISTÓFARO

Educação Física / FCT/UNESP - Presidente Prudente

Videoconferência

Prof. Dr. EDILSON SERPELONI CYRINO

Universidade Estadual de Londrina - UEL

Presidente Prudente, 25 de março de 2020

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA TESE DE DOUTORADO DE MARCELO CONRADO DE FREITAS, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA MOTRICIDADE, DA FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA - CÂMPUS DE PRESIDENTE PRUDENTE.

Aos 25 dias do mês de março do ano de 2020, às 14:00 horas, no(a) Anfiteatro VII, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof. Dr. LUIS ALBERTO GOBBO - Orientador(a) do(a) Departamento de Educação Física / UNESP - Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente - SP, Prof. Dr. FABRÍCIO EDUARDO ROSSI do(a) Bolsista de Pós-Doutorado FAPESP / Pós-Doutorando, Prof. Dr. CLEITON AUGUSTO LIBARDI do(a) Educação Física / Universidade Federal de São Carlos, Prof. Dr. DIEGO GIULLIANO DESTRO CHRISTÓFARO do(a) Educação Física / FCT/UNESP - Presidente Prudente, Prof. Dr. EDILSON SERPELONI CYRINO do(a) Universidade Estadual de Londrina - UEL, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da TESE DE DOUTORADO de MARCELO CONRADO DE FREITAS, intitulada **INFLUÊNCIA DO TREINAMENTO RESISTIDO PERIODIZADO E NÃO PERIODIZADO SOBRE FORÇA MUSCULAR, FUNCIONALIDADE, COMPOSIÇÃO CORPORAL E INDICADORES DE INTEGRIDADE CELULAR EM IDOSOS SARCOPÊNICOS**. Após a exposição, o discente foi arguido oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final: Aprovado. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.

Prof. Dr. LUIS ALBERTO GOBBO Prof. Dr. FABRÍCIO EDUARDO ROSSI **Videoconferência**Prof. Dr. CLEITON AUGUSTO LIBARDI **Videoconferência**Prof. Dr. DIEGO GIULLIANO DESTRO CHRISTÓFARO **Videoconferência**Prof. Dr. EDILSON SERPELONI CYRINO **Videoconferência**

Dedicatória

Aos meus pais Agostinho e Dulcéia, minha esposa Camila Zanini e filha Maria Eduarda que estiveram ao meu lado tanto nos momentos de alegria como nos momentos difíceis, por me apoiarem e serem meu alicerce para a concretização deste sonho na minha vida.

Agradecimentos

Agradeço a Deus por me proporcionar esta conquista, por me capacitar e ser a minha força para realização de tudo que faço na minha vida.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Luís Alberto Gobbo, por confiar em mim e por me proporcionar uma oportunidade, obrigado pela orientação e aprendizado que foram essenciais para minha formação acadêmica e profissional. Foi um privilégio partilhar estes momentos e que nossa amizade perpetue.

Agradeço a minha família, aos meus pais Agostinho e Dulcéia pela educação e empenho na minha formação. A minha esposa Camila Zanini que sem a sua ajuda jamais concretizaria este sonho. A minha sogra Meire, meus avós João Zanini e Célia Magalhães por me ajudarem e apoiarem em todos os desafios da vida.

Agradeço aos membros do laboratório de Avaliação do Sistema Músculo Esquelético (LABSIM), obrigado pela convivência e ensinamentos.

Agradeço imensamente a todos que colaboraram diretamente e indiretamente para a realização deste trabalho. Muito Obrigado!

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001

Epígrafe

O Senhor é o Deus eterno, Ele criou o mundo inteiro. Ele não se cansa, ninguém pode medir sua sabedoria. Aos cansados ele dá novas forças e enche de alegria os fracos. Até os jovens se cansam e os moços tropeçam e caem. Mas os que confiam no Senhor recebem sempre novas forças. Voam nas alturas como Águia, correm e não perdem as forças, andam e não se cansam.

Isaías 40: 27-31.

Resumo

Objetivos: O objetivo deste estudo foi: 1) investigar os efeitos do treinamento resistido periodizado comparado ao treinamento resistido não periodizado sobre a força isométrica e massa muscular em idosos sarcopênicos; e 2) analisar os efeitos do treinamento resistido sobre indicadores de integridade celular, força e funcionalidade em idosos sarcopênicos. **Materiais e métodos:** Para o primeiro estudo, 20 idosos de ambos os sexos foram divididos aleatoriamente em dois grupos: Periodização linear (PL: n=11) e Não-periodizado (NP: n=9). Os participantes realizaram um programa de treinamento resistido por 16 semanas. As avaliações de força isométrica manual e de tronco e a determinação da massa muscular esquelética foram realizadas no início e após as 4, 8, 12 e 16 semanas de treinamento. No Segundo estudo, 16 idosos sarcopênicos foram submetidos a duas condições: período de destreinamento (semana 1 até a semana 12) e período de treinamento resistido (semana 13 até a semana 24). A composição corporal foi mensurada por impedância octopolar bioelétrica, a força isométrica de extensão de joelhos e a extensão do tronco por dinamometria eletrônica e a velocidade de caminhada por meio de teste de caminhada de 4 metros. As avaliações foram realizadas na semana 1, 12 e 24. **Resultados:** No Estudo 1 uma interação grupo vs. tempo foi encontrada ($p<0,01$) para a carga total levantada, com o maior incremento para o grupo NP. A força isométrica manual e do tronco aumentou ao longo do tempo ($P<0,001$), mas não houve diferenças significativas entre grupos ($p>0,05$). A massa muscular aumentou ao longo do tempo ($p<0,05$), no entanto, não houve diferença significativa entre grupos ($p>0,05$). Para o Estudo 2, houve redução para o ângulo de fase e hidratação corporal durante o período de controle ($p<0,05$), mas após 12 semanas de treinamento resistido, houve aumento de massa livre de gordura, hidratação corporal, força do tronco ($p<0,05$) e redução na massa gorda ($p<0,05$). As mudanças percentuais do ângulo de fase, força isométrica na extensão de joelhos e capacidade de caminhar foram maiores no período de treinamento comparado ao período de controle. **Conclusão:** Ambos os modelos de treinamento aumentaram a força isométrica de membros superiores e ganhos de massa muscular em idosos sarcopênicos. Contudo, o treinamento NP apresentou maior carga total levantada, sugerindo que é possível obter ganhos semelhantes em força isométrica e massa muscular na PL com menor volume total. Além disso, o destreinamento gerou um declínio no ângulo de fase em idosos sarcopênicos. No entanto, 12 semanas de treinamento resistido foram eficazes para reverter o declínio do ângulo de fase e promover ganhos de massa livre de gordura, hidratação corporal, força de extensão dos joelhos e tronco e velocidade de caminhada. **Palavras-chave:** exercício, envelhecimento, capacidade funcional, composição corporal, treinamento de força.

Abstract

Objectives: The aim of the study were: 1) to compare the effects of linear periodization (LP) versus nonperiodized (NP) resistance training on upper-body iso-metric force and skeletal muscle mass (SMM) in sarcopenic older adults. 2) to investigated the effect of resistance training on cellular health indicator, body composition, strength and walking capacity in sarcopenic elderly. **Materials and methods:** For the first study, twenty sarcopenic older adults were randomly assigned into the LP and NP groups and performed 16 weeks of resistance training. The skeletal muscle massa (SMM) was measured by octopolar bioelectrical impedance. The isometric force for handgrip and trunk were assessed by dynamometer. Evaluations were performed at baseline, after 4, 8, 12, and 16 weeks of resistance training. For the second study, sixteen sarcopenic elderly were submitted into two conditions: Control period (baseline until pre-training; 0 to 12-week) and resistance training period (pre-training until post-training; 12 to 24-week). Body composition was measured by octopolar bioelectrical impedance. Leg extension and trunk strength were assessed by dynamometer and walking capacity was evaluated by 4-meter walking test. The evaluations were performed at baseline, pre-training and post-training. **Results:** In the first study, For total weight lifted, there was a main effect for time ($p<0.001$), statistically significant difference between condition ($p=0.001$), whereby total weight lifted was greater for NP after 4 months of train-ing. Isometric force for handgrip and trunk, and SMM increased across time ($p<0.001$) but no significant differences between groups or interaction were observed ($p>0.05$). There were strong and significant correlations be-tween handgrip maximum force and SMM ($p=0.244$) and handgrip mean force and SMM ($p=0.332$) only for the LP group. In the second study, there was a reduction for PhA and body hydration during control period ($p<0.05$) but after 12 weeks of resistance training, there were an increased for fat free mass, body hydration, trunk strength ($p<0.05$) and reduced in the fat mass ($p<0.05$). The changes after training period were greater for PhA, leg extension strength and walking capacity in relation to control period. **Conclusion:** Both protocols increased upper-body isometric force and SMM in sarcopenic older adults. However, LP presented lower total weight lifted, suggesting that it is possible to obtain similar gains in isometric force and SMM with less total work. In addition, there was a decline of phase angle in sarcopenic elderly, however, 12-wks of resistance training was effective to reverted the decline of phase angle and promoted gains of fat-free mass, body hydration, strength (leg extension and trunk) and walking capacity.

Key words: exercise, aging, functional capacity, body composition, strength training.

SUMÁRIO

1. Introdução.....	06
2. Objetivo.....	15
3. Resultados.....	16
Estudo 1. Efeitos do treinamento de resistido com periodização linear versus não periodizado sobre força isométrica e adaptações da massa muscular esquelética em idosos sarcopênicos.....	17
Estudo 2. O treinamento resistido reverte o declínio de indicadores de saúde celular em idosos sarcopênicos.....	33
4. Considerações finais	48
Referências.....	49
Anexo 1. Parecer Consubstanciado do Comitê de Ética Local.....	54
Apêndice 1. Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.....	56
Apêndice 2 . Artigo publicado.....	58

1. INTRODUÇÃO

1.1 Envelhecimento, composição corporal e funcionalidade

As principais alterações morfofuncionais decorrentes do processo de envelhecimento estão relacionadas à deterioração estrutural e funcional da maioria dos sistemas orgânicos, independentemente da presença ou não de doenças, afetando negativamente a saúde e a aptidão funcional da população idosa (LEVINGER et al., 2007). Um dos tecidos mais afetados com o envelhecimento é a massa muscular esquelética, em virtude da atrofia muscular decorrente de desuso, má nutrição e inatividade física (NILWIK et al., 2013). Associado a isso, o envelhecimento causa redução da força muscular, sendo esta condição denominada sarcopenia, podendo afetar 5% a 13% das pessoas com mais de 60 anos e até 50% de pessoas com mais de 80 anos (VON HAEHLING et al., 2010).

A redução da força e massa muscular (FRONTERA et al., 2000; TEIXEIRA et al., 2012), a diminuição da massa óssea, o aumento dos depósitos de gordura intramuscular e visceral (KYLE et al., 2001) e o comprometimento do quadro metabólico (VIEIRA et al., 2014) podem causar importantes prejuízos para a realização das atividades da vida diária, menor autonomia e comprometimento da saúde de pessoas idosas. A sarcopenia, comumente definida como a redução da força e da massa muscular associada à menor mobilidade em função do envelhecimento (JANSSEN et al., 2004; CRUZ-JENTOFT et al., 2010), contempla, praticamente, todos os prejuízos supracitados. Idosos nesta condição estão em situação de maior vulnerabilidade, ou fragilização, com maiores consequências para uma vida autônoma e independente, e maiores riscos para desfechos como quedas, fraturas, hospitalizações, institucionalizações e mortalidade (JANSSEN et al., 2004).

Durante o envelhecimento a força muscular é reduzida a uma taxa de aproximadamente 3-4 vezes maior que a massa muscular em idosos fisicamente inativos (MITCHELL et al., 2012), o que sugere que as alterações neuromusculares que afetam a força muscular provavelmente mediam grande parte da relação entre sarcopenia e mobilidade reduzida (VISSER et al., 2005). A massa muscular, por outro lado, desempenha importantes funções fisiológicas, incluindo o fornecimento de um reservatório de proteínas necessário para suportar as condições da doença e manter as concentrações plasmáticas de aminoácidos (WOLFE, 2006). Nilwik e colaboradores

(2013) observaram que a área de secção transversa do músculo quadríceps é menor em pessoas idosas do que pessoas jovens, sendo que o tamanho das fibras tipo II foram principalmente menores nos idosos comparados aos jovens, entretanto, para as fibras tipo I houve somente uma tendência na diferença entre o tamanho das fibras entre idosos e jovens, indicando que a redução da massa muscular em idosos é principalmente atribuída à atrofia nas fibras tipo II. A atrofia das fibras tipo II em pessoas idosas podem explicar pelo menos em partes a diminuição da força muscular, uma vez que estas fibras musculares apresentam uma capacidade maior para produzir força e potência (NILWIK et al., 2013).

Além das alterações morfofuncionais, o processo de envelhecimento pode afetar negativamente a hidratação corporal, ou seja, pode haver uma redução de água intracelular, extracelular e água corporal total (OHASHI et al., 2018). Alguns estudos sugerem que a redução da água corporal com o processo de envelhecimento está associada à diminuição do volume celular (KYLE et al., 2001; LESSER & MARKOFSKY, 1979; SCHOELLER, 1989), sendo que a relação água extracelular/água intracelular aumenta com a idade, devido à diminuição mais acentuada no conteúdo de água intracelular, especialmente após os 70 anos (OHASHI et al., 2018). A queda do volume celular e da água corporal intracelular com o envelhecimento pode ser explicada devido à redução da massa muscular, uma vez que o volume celular e a hidratação intracelular podem ser modificados de acordo com a quantidade de tecido muscular (SERRA-PRAT et al., 2019a). Por exemplo, Serra-Prat e colaboradores (2019b) demonstraram que idosos com maior conteúdo de água intracelular apresentaram mais força e maior capacidade funcional comparado a idosos com menor conteúdo de água intracelular, sugerindo uma possível importância da hidratação intracelular que indica uma maior quantidade de massa muscular para a funcionalidade de idosos.

Diante desses achados, o processo de envelhecimento pode afetar negativamente a composição corporal e a funcionalidade, podendo gerar um quadro de sarcopenia. Portanto, ainda são necessárias pesquisas que investiguem intervenções que podem gerar adaptações fisiológicas, morfológicas e funcionais para combater a sarcopenia.

1.2 Envelhecimento e indicadores de integridade celular

A bioimpedância (BIA) é um método duplamente indireto para analisar a composição corporal, considerado altamente prático e que apresenta uma boa relação

custo/benefício, devido a sua validade, aplicabilidade, custo relativamente baixo, segurança, precisão, portabilidade e rapidez, além de ser um método pouco invasivo (MOON, 2013). O princípio biofísico da BIA baseia-se no pressuposto de que os tecidos corporais dispõem de diferentes oposições e propriedades de condutividade da corrente elétrica dissipada pelo corpo, tendo esta oposição chamada de Impedância (Z), formada por dois vetores: Resistência (R) e Reatância (Xc) (KYLE et al., 2004a).

A resistência indica a dificuldade de translocação da corrente através do corpo, estando relacionada aos fluidos corporais, como água corporal total, água intracelular e água extracelular (EICKEMBERG et al., 2011). A reatância indica a retenção da eletricidade na membrana celular, devido ao efeito isolante que a mesma exerce, sendo esta então, condensadora de energia (SÁNCHEZ-IGLESIAS et al., 2012), ou seja, a reatância é um indicativo de volume celular e integridade da membrana celular. O tecido magro é um grande condutor de eletricidade, devido a sua larga quantidade apresentada de água e eletrólitos, mais especificamente íons de potássio e sódio, apresentando assim, menor resistência ao fluxo da corrente elétrica (MOON, 2013). Por outro lado, o tecido gordo, juntamente com pele e ossos, é composto por um meio pouco condutor, ou isolante, devido à baixa presença de água, tendo, portanto, maior nível de resistência à passagem da corrente (EICKEMBERG et al., 2011).

A partir da avaliação da BIA, pode-se obter o valor do ângulo de fase (AnF), baseado na relação entre as medidas dos vetores de Xc e R. Para o cálculo do AnF se utiliza a equação abaixo (BAUMGARTNER et al., 1988):

- Ângulo de Fase (AnF, em graus) = $(\text{arco tangente } X_c/R) \times (180/\pi)$.

O AnF pode variar entre 0 e 90 graus, conforme representado na figura 1. Um indivíduo saudável normalmente apresenta um AnF na ordem de 4 e 10 graus (BARBOSA-SILVA et al., 2005), ao passo que valores superiores a 9,5 graus são observados com maior frequência apenas em atletas (TORRES et al., 2008). Os valores médios de AnF na vida adulta são de 7,3 graus para os homens e 6,4 graus para as mulheres (MATTIELLO et al., 2019).

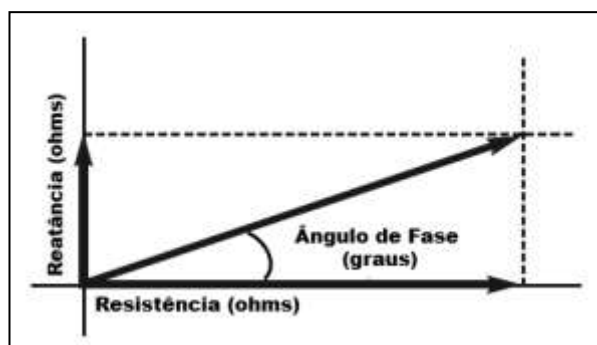


Figura 1. Representação gráfica do Angulo de Fase. Adaptado de COLE, 1940.

O AnF representa as mudanças ocorridas na condução da eletricidade pelo corpo, demonstrando as alterações da integridade da membrana celular, também associado ao tamanho e qualidade celular, sendo cada vez mais utilizado para a avaliação nutricional no meio clínico (SCHEUNEMANN et al., 2008). Valores menores do AnF ,via de regra, indicam baixo valor de X_c e alto valor de R , podendo sinalizar alterações na permeabilidade da membrana celular, algo que pode ser associado ao surgimento ou piora de uma condição clínica, ou até mesmo morte celular (NORMAN et al., 2012). Já valores mais elevados de AnF demonstram, geralmente, alto valor de X_c e baixo valor de R , apontando um número superior de membranas celulares íntegras, sugerindo um estado de saúde de maior qualidade e maior massa corpórea (SILVA et al., 2007). Dessa forma, o AnF está positivamente correlacionado a X_c e negativamente associado a R .

Diversos estudos legitimam o AnF como um indicativo para prognóstico clínico em pacientes em condições mais delicadas e como indicador de gravidade de patologias, funcionalidade da membrana celular e saúde em geral (GUPTA et al., 2008a, 2008b e 2009; SELBERG e SELBERG, 2002; KNAP et al., 2016, BEBERASHVILI, et al., 2014; NORMAN et al., 2015; BARBOSA et al., 2008). Portanto, o AnF pode ser utilizado como um marcador sensível à massa celular corpórea, refletindo o estado nutricional do avaliado, devido ao fato de que as propriedades membranáceas são diretamente impactadas pelas alterações ocorridas na massa celular (NAGANO et al., 2000).

Gonzales e colaboradores (2016) revelaram que a idade parece ser o principal fator que influencia o AnF, tanto em homens quanto em mulheres, seguido de massa livre de gordura e estatura. O envelhecimento pode gerar redução na X_c , em razão da perda de massa muscular decorrente da idade, e um aumento na R , em virtude do declínio da água intracelular e aumento da massa gorda (NORMAN et al., 2012).

Os valores baixos de AnF têm sido associados à redução na força muscular e massa livre de gordura (NORMAN et al., 2015; BEBERASHVILI et al., 2014; SELBERG e SELBERG, 2002), fragilidade (NORMAN et al., 2012), risco de

mortalidade (GENTON et al., 2018) e qualidade de vida (ZHANG et al., 2014). KILLIC et al., (2016) relataram que um baixo ângulo de fase ($\leq 4,55^\circ$) está associado a com fragilidade e comprometimento da função muscular em idosos. Recentemente, Tomeleri et al., (2018) verificaram que mulheres idosas com menor AF apresentam maior risco para inflamação sistêmica e estresse oxidativo.

Baseado nas informações apresentadas anteriormente, investigar estratégias que podem aumentar o AnF em idosos, principalmente em condições de fragilidade pode ser extremamente importante para melhorar o quadro clínico desta população.

1.3 Influência do treinamento resistido sobre a composição corporal, funcionalidade e indicadores de integridade celular em idosos

Embora os avanços científicos e tecnológicos tenham garantido maior sobrevivência à população, um dos grandes desafios na área da saúde para pesquisadores e profissionais é proporcionar o envelhecimento bem sucedido com manutenção da qualidade de vida dos idosos, com maior independência e autonomia possível – a partir, sobretudo, do envelhecimento ativo (WHO, 2005), evitando, assim, condições como a sarcopenia, especialmente em idosos mais longevos.

Para tanto, a prática regular de exercícios físicos tem sido recomendada sistematicamente em diferentes fases da vida, e em especial, para a população idosa, tendo em vista os benefícios tais como o ganho de força e massa muscular (PRESTES et al., 2009; SCHOENFELD, 2013; BOTERO et al., 2013), a redução de gordura intramuscular e visceral (BOTERO et al., 2013), melhoria da capacidade funcional (GERAGE et al., 2013b) e de indicadores cardiorrespiratórios e metabólicos (GERAGE et al., 2013a; TOMELERI et al., 2016a; RIBEIRO et al., 2016b).

Dentre os possíveis modelos de treinamento sistematizado, o treinamento resistido é um dos que mais têm apresentado respostas positivas para com as variáveis morfofuncionais descritas. O aumento da massa muscular e força é uma das principais adaptações que o treinamento resistido promove, sendo estas adaptações extremamente importantes para a população idosa (FRAGALA et al., 2019). O American College of Sports Medicine (ACSM, 2009) apresentou algumas recomendações para a prescrição do treinamento resistido em idosos, sugerindo a utilização de um protocolo de treinamento resistido progressivo, com ações musculares concêntricas, excêntricas e isométricas em exercícios uni e multiarticulares, de forma bilateral e unilateral. Além

disso, a recomendação é para que se utilize de 1 a 3 séries por exercício com 60 a 80% de 1 RM para 8 a 12 repetições, com 1 a 3 minutos de descanso entre as séries, com frequência de 2 a 3 vezes por semana.

Recentemente, a Associação Nacional de Força e Condicionamento (FRAGALA et al., 2019) publicou recomendações específicas do treinamento resistido para idosos frágeis. Recomenda-se a realização de 1-3 séries por exercício, sendo que inicialmente realizar 1 série para idosos mais frágeis e progressivamente usar séries múltiplas. As repetições entre 8 a 12, sendo recomendado que iniciantes realizem entre 10-15 repetições. Com relação à carga, recomenda-se que idosos iniciantes ou mais frágeis comecem com uma carga leve e realize a progressão para 70-85% de 1 repetição máxima. A recomendação é que realize entre 8-10 exercícios com pesos livres ou máquinas, com frequência semanal de 2-3 vezes, e de forma adicional, que os idosos realize exercícios funcionais com semelhança as tarefas da vida diária.

Em idosos, o treinamento resistido tem se revelado eficaz para aumentar a massa muscular, força e capacidade funcional (HUNTER et al., 2004; LIU e LATHAM, 2009; NILWIK et al., 2013). Com relação a indicadores de integridade celular e hidratação, a atual literatura indica que o treinamento resistido tem efeitos positivos para aumentar o AnF e a hidratação em idosos não-sarcopênicos (RIBEIRO et al., 2017a; SOUZA et al., 2017). Ribeiro e colaboradores (2017) compararam os efeitos da realização do treinamento resistido por oito semanas utilizando o método com carga constante (três séries com 8-12 repetições) versus carga crescente (três séries com 12/10/8 repetições) sobre o AnF, força e composição corporal em mulheres idosas. Os principais achados foram que ambos os grupos aumentaram o AnF, força, massa livre de gordura, água intracelular e água total sem diferenças entre os grupos, sugerindo adaptações semelhantes entre os métodos de carga constante e carga crescente. Outro estudo conduzido por Ribeiro e colaboradores (2018) analisou os efeitos do treinamento resistido (oito exercícios, uma série, 10 a 15 repetições) realizados duas ou três vezes por semana sobre o AnF em mulheres idosas. Os resultados demonstraram que o treinamento resistido, realizado em ambas as frequências, resultou em aumentos significantes do AnF, água intracelular e a reatância, não havendo diferenças significativas entre os grupos.

Adaptações similares foram encontradas por Souza et al. (2016) em mulheres idosas. As participantes do estudo foram aleatoriamente designadas em dois grupos: um grupo de treinamento resistido progressivo por 12 semanas (oito exercícios, três séries

de 10 a 15 repetições no máximo, três vezes por semana) ou um grupo controle, que não foi submetido a nenhum tipo de exercício durante o período de intervenção. A resistência, reatância, AnF, água corporal total, água intracelular e extracelular foram avaliadas por impedância bioelétrica espectral. Após o treinamento, houve um aumento significativo de 6,5% para AnF, 2,8% para água corporal total e 5,1 % para água intracelular, indicando a efetividade do treinamento resistido para aumentar o AnF e hidratação corporal em idosas.

Desse modo, o AnF se mostra altamente sensível as alterações desencadeadas na composição corporal em virtude da prática sistematizada do treinamento resistido. Entretanto, ainda é pouco explorado o efeito do treinamento resistido sobre o AnF em idosos em condição de fragilidade, como a sarcopenia ainda carece de ser investigado de maneira mais consistente.

1.4 Influência do treinamento resistido periodizado versus não-periodizado em idosos

Os possíveis benefícios associados à prática do treinamento resistido são, em grande parte, produto de uma perfeita relação dose-resposta, e a adequada manipulação de variáveis como o número de exercícios, séries e repetições, intervalo de recuperação entre séries e exercícios, velocidade de execução, frequência semanal e a ordem de execução dos exercícios podem afetar sobremaneira as respostas adaptativas por influenciarem a sobrecarga imposta pela combinação entre intensidade e volume de treinamento (ACSM, 2009).

Uma das estratégias de realizar a manipulação das variáveis do treinamento e impor uma sobrecarga ao organismo é por meio da periodização do treinamento resistido. Dentre os diferentes tipos de periodização do treinamento destaca-se a periodização tradicional ou linear (PL), é caracterizada por uma redução progressiva no volume (repetições), concomitantemente ao aumento da intensidade do treinamento (carga) (ISSURIN, 2010).

Os efeitos do treinamento periodizado sobre a força e a composição corporal em idosos requerem uma investigação mais aprofundada. DeBeliso et al., (2005) analisaram os efeitos de 18 semanas de treinamento resistido não-periodizado, duas vezes por semana com uma intensidade definida de 9 repetições máximas versus o treinamento resistido com a PL, abrangendo blocos de 6 semanas de 15 RM, 9 RM e 6 RM sobre os

ganhos de força em idosos não treinados. Ambos os protocolos induziram aumentos semelhantes na força máxima, analisados a partir do teste de 1 repetição máxima. Em outro estudo, Conlon et al. (2016) compararam os efeitos de três modelos diferentes de periodização (linear, ondulatório e não-periodizado) por 22 semanas, sendo realizados 3 vezes por semana em idosos não treinados. Os resultados demonstraram que os três modelos de treinamento promoveram melhorias semelhantes sobre o perfil lipídico, pressão arterial sistólica, força isométrica máxima, capacidade funcional, equilíbrio e composição corporal.

Recentemente, Coelho-Júnior e colaboradores (2019) analisaram a influência do treinamento resistido com periodização ondulatória diária versus não-periodizado sobre a composição corporal e capacidade funcional em mulheres idosas não treinadas. As participantes foram randomizadas em três grupos: 1) grupo controle; 2) grupo que realizou periodização ondulatória e 3) grupo que realizou treinamento não-periodizado. O programa teve duração de 22 semanas com frequência semanal de duas vezes, sendo que durante todo o período o grupo não-periodizado realizou três séries por exercício, com 8 a 10 repetições em uma intensidade "difícil", prescritas com base na escala de percepção ao esforço. No grupo que realizou a periodização ondulatória, as repetições também foram mantidas entre 8-10, mas a primeira sessão foi baseada em uma intensidade "moderada", enquanto a segunda sessão foi semelhante ao grupo não-periodizado. Os resultados demonstraram que não houve mudanças significativas na composição corporal em nenhum dos grupos. Houve um aumento significativo para salto vertical (+ 55,7%), teste de mobilidade "*Time Up and Go*" (-43,2%, mais rápido), velocidade de caminhada (+ 12,0%) e equilíbrio (+ 154,5%) para o grupo que realizou o treinamento não-periodizado. Por outro lado, o grupo que realizou a periodização ondulatória diária apenas melhorou o desempenho no teste de mobilidade "*Time Up and Go*" (-53,2%, mais rápido). O resultado inferior no grupo que usou periodização ondulatória pode estar associado à execução do treino com carga reduzida em uma sessão semanal, embora com o número de repetições sendo preservado, caracterizando um estímulo moderado.

Apesar de vários estudos terem analisado os efeitos do treinamento resistido com diferentes protocolos de periodização em adultos jovens (KRAEMER et al., 2003; MONTEIRO et al., 2009; MORAES et al., 2013) e idosos (CONLON et al., 2016; DEBELISO et al., 2005), faltam estudos que investiguem os efeitos do treinamento com a periodização linear versus não-periodizado sobre os ganhos de força e adaptações

musculares em idosos sarcopênicos. A compreensão dos efeitos de diferentes protocolos de treinamento resistido pode contribuir para direcionar a prescrição de programas de treinamento para pessoas sarcopênicas.

2. Objetivo

Geral

Investigar o efeito do treinamento resistido sobre indicadores de integridade celular, força isométrica, composição corporal e funcionalidade em idosos sarcopênicos.

Específicos

Artigo 1: Comparar os efeitos do treinamento resistido com periodização linear versus não-periodizado sobre a força isométrica e os ganhos de massa muscular esquelética em idosos sarcopênicos.

Artigo 2: Investigar o efeito do treinamento resistido periodizado sobre indicadores de integridade celular, composição corporal, força e capacidade de caminhar em idosos sarcopênicos

3. Resultados

A presente tese foi estruturada com base no modelo escandinavo ou alternativo, de modo que os objetivos específicos deram origem a elaboração de dois estudos, a saber:

- Estudo 1- “Efeitos do treinamento resistido com periodização linear versus não periodizado sobre força isométrica e adaptações da massa muscular esquelética em idosos sarcopênicos” publicado no Journal of Exercise Rehabilitation (ISSN: 2288176X) e;
- Estudo 2- “O treinamento resistido reverte o declínio de indicadores de integridade celular em idosos sarcopênicos”, a ser submetido para revisão dos pares ao Journal of Geriatric Physical Therapy (ISSN: 1539-8412)

Desta forma os resultados serão apresentados sob a forma dos respectivos artigos científicos na íntegra.

Estudo 1 – Publicado no Journal of Exercise Rehabilitation (ISSN: 2288176X)

**Efeitos do treinamento de resistido com periodização linear versus não periodizado
sobre força isométrica e adaptações da massa muscular esquelética em idosos
sarcopênicos**

Resumo

O objetivo deste estudo foi comparar os efeitos do treinamento resistido com periodização linear (PL) versus não-periodizado (NP) sobre a força isométrica e os ganhos de massa muscular esquelética (MME) em idosos sarcopênicos adultos. Vinte idosos sarcopênicos foram randomizados aleatoriamente em dois grupos: PL e NP, no qual realizaram 16 semanas de treinamento resistido. A MME foi medida por impedância bioelétrica octopolar. A força isométrica para preensão manual e extensão de tronco foi avaliada por dinamômetro. As avaliações foram realizadas no início do estudo, após 4, 8, 12 e 16 semanas de treinamento. Para a carga total levantada, houve uma interação grupo vs. tempo significativa foi encontrada ($p < 0,001$), cuja carga total levantada foi maior para o NP após 4 meses de treinamento. A força isométrica de preensão manual e do tronco aumentou ao longo do tempo ($p < 0,001$) em ambos os grupos sem diferenças significativas entre eles ($p > 0,05$). De forma similar, a MME aumentou ao longo do tempo ($p < 0,05$) em ambos os grupos sem diferença significativa entre eles ($p > 0,05$). Correlações significantes foram reveladas entre força máxima de preensão manual e MME (PL: $\rho = 0,79$, $P = 0,004$ vs. NP: $\rho = -0,43$, $P = 0,244$) e força média da preensão manual e MME (PL: $\rho = 0,68$, $P = 0,021$ vs. NP: $\rho = -0,37$, $P = 0,332$) apenas para o grupo PL. Em conclusão, o treinamento resistido com PL e NP induziu benefícios semelhantes sobre a força isométrica e nos ganhos de MME em idosos sarcopênicos. Todavia, o treinamento NP apresentou menor carga total levantada, sugerindo que é possível obter ganhos semelhantes em força isométrica e MME com menos trabalho total.

Palavras-chave: treinamento de força, envelhecimento, hipertrofia, modelos de progressão

INTRODUÇÃO

O processo de envelhecimento é caracterizado por reduções nas funções fisiológicas em vários sistemas e tecidos do organismo (LÓPEZ-OTÍN et al., 2013). Um dos tecidos mais afetados com o envelhecimento é a massa muscular esquelética (MME), em virtude da atrofia muscular desencadeada por desuso, má nutrição e inatividade física (ANIANSSON et al., 1986; NILWIK et al., 2013). Esta condição é denominada sarcopenia, podendo afetar 5% a 13% das pessoas com mais de 60 anos e até 50% de pessoas com mais de 80 anos (VON HAEHLING et al., 2010). A diminuição da massa muscular tem sido tradicionalmente associada a reduções na capacidade funcional, mobilidade, perda de independência e aumento do risco de quedas e fraturas (ALLEY et al., 2014; LINDEMANN et al., 2016; MANINI et al., 2007).

No entanto, pesquisas demonstram que, durante o envelhecimento, a força muscular é reduzida a uma taxa de aproximadamente 3-4 vezes maior que a massa muscular (MITCHELL et al., 2012), o que sugere que as alterações neuromusculares que afetam a força muscular provavelmente mediam grande parte da relação entre sarcopenia e mobilidade reduzida (VISSER et al., 2005). A massa muscular, por outro lado, desempenha importantes funções fisiológicas, incluindo o fornecimento de um reservatório de proteínas necessário para suportar as condições da doença e manter as concentrações plasmáticas de aminoácidos (WOLFE, 2006). Portanto, parece pertinente estudar intervenções que aumentem simultaneamente a força e a massa muscular em pessoas idosas.

O treinamento resistido é considerado um tipo de exercício físico eficiente para induzir ganhos de massa muscular, força e capacidade funcional em idosos (HUNTER et al., 2004; LIU e LATHAM, 2009; NILWIK et al., 2013) e, portanto, é recomendado para atenuar os efeitos da sarcopenia em idosos (AAGAARD et al., 2010; ROTH et al., 2000). Para potencializar as adaptações associadas ao treinamento resistido, praticantes e cientistas do esporte frequentemente manipulam variáveis de treinamento, como volume, intensidade e períodos de descanso por meio da periodização do treinamento. A periodização pode ser definida pelo processo de organização de um programa de treinamento com o objetivo de atingir o máximo desempenho físico e, ao mesmo tempo, minimizar o risco de lesões (CUNANAN et al., 2018).

Dentre os diferentes tipos de periodização do treinamento, a periodização tradicional ou linear (PL), é caracterizada por uma redução progressiva no volume (repetições), concomitante com o aumento da intensidade do treinamento (carga) (ISSURIN, 2010). Em adultos jovens, uma metanálise recente demonstrou que a protocolos de treinamento periodizado promoveu ganhos de força superiores quando comparados com os protocolos de treinamento não periodizados (NP) (WILLIAMS et al., 2017). Entretanto, ainda não está estabelecido pela literatura se esses ganhos superiores de acontecem por meio das variações nos estímulos de treinamento inerentes à periodização, já que a maioria dos protocolos NP foram realizados na faixa de 8 a 12 repetições.

Os efeitos do treinamento periodizado vs NP sobre a força e a composição corporal em idosos requerem uma investigação mais aprofundada. DeBeliso et al., (2005) analisaram os efeitos de 18 semanas de treinamento resistido NP duas vezes por semana com uma intensidade definida de nove repetições máximas (RM) versus o treinamento resistido com a PL, abrangendo blocos de seis semanas de 15 RM, 9 RM e 6 RM sobre os ganhos de força em idosos não treinados. Ambos os protocolos induziram aumentos semelhantes na força máxima, a partir do teste de 1 repetição máxima. Em outro estudo, Conlon et al. (2016) compararam os efeitos de três modelos diferentes de periodização (linear, ondulatório e NP) por 22 semanas, sendo realizados 3 vezes por semana em idosos não treinados. Os resultados demonstraram que os três modelos de treinamento promoveram melhorias semelhantes sobre o perfil lipídico, pressão arterial sistólica, força isométrica máxima, capacidade funcional, equilíbrio e composição corporal.

Apesar de vários estudos terem analisado os efeitos do treinamento resistido com diferentes protocolos de periodização em adultos jovens (KRAEMER et al., 2003; MONTEIRO et al., 2009; MORAES et al., 2013) e idosos (CONLON et al., 2016; DEBELISO et al., 2005), faltam estudos que investiguem os efeitos do treinamento com a PL versus NP sobre os ganhos de força e adaptações musculares em idosos sarcopênicos. A compreensão dos efeitos de diferentes protocolos de treinamento resistido é importante para os profissionais de saúde que trabalham com pessoas sarcopênicas, uma vez que a massa corporal magra e a força são importantes indicadores modificáveis de mortalidade (BUNOUT et al., 2011).

Portanto, o objetivo deste estudo foi analisar os efeitos do treinamento resistido com a PL versus NP sobre a força isométrica e a MME em idosos sarcopênicos e

verificar a relação entre força e adaptações na MME nessa população. Nossa hipótese foi que o treinamento resistido com a PL seria mais eficiente do que o treinamento NP para melhorar a força isométrica e os ganhos de MME em idosos sarcopênicos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Amostra

Os participantes deste estudo foram selecionados de uma amostra maior por meio de investigação de coorte (figura 1). O diagnóstico de sarcopenia nesta amostra foi verificado através da avaliação da massa muscular apendicular, medida por absorciometria radiológica de dupla energia (DEXA) e a contração voluntária isométrica máxima manual, medida por dinamometria. A massa muscular apendicular foi obtida a partir da quantificação do tecido magro e gordo dos membros superiores e inferiores, em kg, dividido pela altura, em metros quadrados (kg / m) (CURCIO et al., 2016). Para o diagnóstico de sarcopenia, foi aplicada a proposta EWGSOP (CRUZ-JENTOFT et al., 2010). Cinquenta idosos com valores mais baixos da soma dos escores z para muscular apendicular e força isométrica, foram convidados a participar do estudo. Vinte idosos aceitaram e atenderam os critérios de inclusão, incluindo: destreinados por mais de seis meses, livre de estágios avançados de câncer, doença renal e tratamento em hemodiálise, hospitalização e capacidade de se movimentar sem ajuda. Os participantes foram divididos aleatoriamente em PL (idade: $73,5 \pm 11,5$ anos; peso: $70,7 \pm 13,9$; e altura: $157,4 \pm 8,3$; n = 11, 5 masculino e 6 feminino) e NP (idade: $73,0 \pm 6,7$ anos; peso: $69,3 \pm 9,3$; e altura: $159,9 \pm 8,5$; n = 9, 4 homens e 5 mulheres). Os voluntários assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido para participar deste estudo. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus Presidente Prudente (número de aprovação: 2.321.522), de acordo com a declaração de Helsinque.

Desenho experimental

Este estudo foi realizado no período de setembro a dezembro de 2016 no Departamento de Educação Física da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Brasil. As avaliações foram realizadas no início do estudo, após 4, 8, 12 e 16 semanas de treinamento resistido. Em todos os momentos da avaliação, foram analisadas a força isométrica da parte superior do corpo (manual e tronco) e a MME.

Protocolo de treinamento resistido

Os participantes foram submetidos inicialmente a quatro sessões de familiarização (duas semanas). Depois disso, eles realizaram 16 semanas de treinamento resistido. Nas primeiras quatro semanas, todos os sujeitos executaram o mesmo protocolo (três séries de 12 a 15 RM com 60 a 90 segundos de descanso entre as séries, dois dias / semana). A partir da quinta semana, o grupo PL realizou 10 RM nas semanas 5 a 8, 8 RM nas semanas 9 a 12 e 5 RM nas semanas 13 a 16. O grupo NP manteve a mesma zona de repetições (12–15 RM). Nos dois grupos, a intensidade do treinamento resistido foi controlada por meio da zona de repetições máximas. A carga foi ajustada semanalmente para manter o número de repetições prescritas, de acordo com o American College of Sports Medicine, 2009. As séries foram executadas até a exaustão voluntária e, no caso de os participantes executarem mais ou menos as repetições prescritas, a sobrecarga foi ajustada para atender à zona de treinamento (ROSSI et al., 2018). O programa de treinamento foi composto por oito exercícios executados na seguinte ordem: supino vertical, leg press 45 °, puxador frontal, cadeira extensora, rosca direta, flexora em pé, tríceps pulley e panturrilha em pé. O treinamento resistido foi praticado na academia e os voluntários foram acompanhados por treinadores profissionais para garantir movimentos e segurança. Os participantes foram instruídos a não realizar nenhum outro tipo de exercício físico durante o período do estudo, para que apenas o efeito do treinamento resistido pudesse ser avaliado. O número de repetições executadas e as cargas utilizadas foram registradas para cada sessão para calcular a carga total levantada (repetição × carga).

Força Isométrica

A força isométrica dos participantes foi determinada na antes do treinamento, após 4, 8, 12 e 16 semanas de treinamento resistido e por meio de um dinamômetro eletrônico (Power Din Standard, CEFISE, Nova Odessa, SP, Brasil). Acessórios específicos foram utilizados para cada teste segmentar, de acordo com as recomendações do fabricante. As contrações isométricas foram realizadas três vezes, com duração de oito segundos e 45 segundos de intervalo entre as repetições. Os valores de força máxima e média foram registrados em kg para determinar a força isométrica manual e do tronco. Primeiro, os participantes realizaram o teste de prensão manual,

permanecendo sentados com o membro dominante na mesa e ângulo de flexão do cotovelo entre 120 ° e 150 °. Depois disso, os participantes realizaram o teste de tronco e permaneceram em pé com os joelhos totalmente estendidos e a flexão do quadril em 120°.

Massa muscular esquelética

A avaliação da MME foi estimada antes do treinamento, após 4, 8, 12 e 16 semanas de treinamento resistido e foi estimada por impedância bioelétrica usando um dispositivo octopolar InBody 720 (Biospace, Seul, Coréia). O equipamento utiliza oito pontos de contato, dois em contato com a palma e o polegar de cada mão e dois em contato com a frente e o calcanhar de cada pé, permitindo avaliar quatro compartimentos de massa corporal (água corporal total, proteínas, minerais e massa gorda). Cinco impedâncias segmentares (braço direito, braço esquerdo, tronco, perna direita e perna esquerda) foram medidas em 1, 5, 50, 250, 500 e 1.000 kHz. Os dados foram exportados eletronicamente para o Excel usando o software Lookin'Body 3.0 (Biospace, Seul, Coréia). Todas as avaliações foram realizadas nas primeiras horas da manhã em jejum para garantir o controle cronobiológico. Os participantes foram instruídos a urinar antes das medidas, abster-se de ingerir alimentos ou bebidas nas quatro horas anteriores, evitar exercícios físicos extenuantes por pelo menos 24 horas e abster-se de consumir bebidas alcoólicas por pelo menos 48 horas. O dispositivo de impedância bioelétrica foi calibrado todos os dias de acordo com as recomendações do fabricante e os exames foram realizados pelo mesmo profissional com experiência nesse tipo de avaliação.

Análise Estatística

A distribuição dos dados foi verificada pelo teste de Shapiro – Wilk. O teste t de Student para amostras independentes foi usado para identificar semelhanças no momento pré-treinamento. A análise de variância com medidas repetidas 2×5 com o ajuste de Bonferroni para comparações múltiplas foi usada para comparar os grupos PL e NP entre condições e tempo, respectivamente. Para todas as variáveis medidas, a esfericidade estimada foi verificada de acordo com o teste W de Mauchly e a correção de Greenhouse-Geisser foi utilizada quando necessário. A correlação de Spearman rank (rho) foi utilizada para analisar a relação entre MME e força. A significância estatística foi estabelecida em $P < 0,05$. O tamanho do efeito para o total de repetições realizadas e

a carga total levantada foi calculado através de Cohen d ([média do tratamento - média do placebo] / desvio padrão conjunto), em que um valor $> 0,20$ foi considerado pequeno, $> 0,50$ moderado e $> 0,80$ grande. Os dados foram analisados usando o SPSS ver. 17,0 (SPSS Inc., Chicago, IL, EUA).

RESULTADOS

O fluxograma do estudo é apresentado na Figura 1.

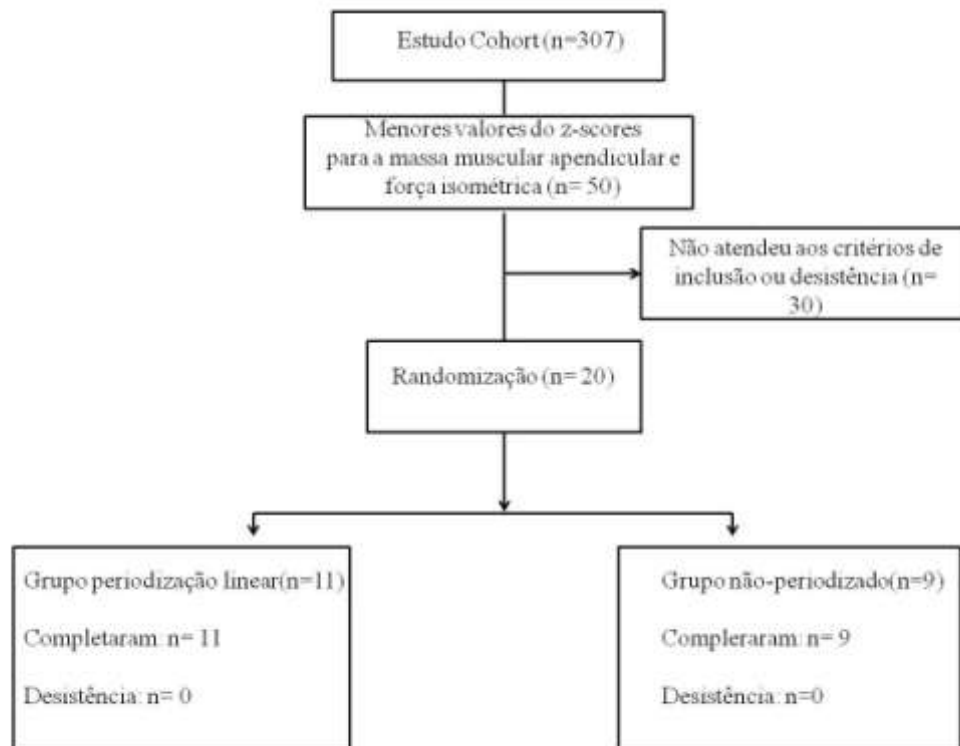


Figura 1. Fluxograma

Não houve diferenças estatisticamente significantes entre os grupos para idade, peso corporal, estatura e força no momento pré-treinamento. Para a carga total levantada (figura 2), houve um efeito principal para o tempo para ambos os grupos ($F=126,986$, $p<0,001$, $\eta^2=0,90$) e foi observada diferença significativa entre as condições ($F=13,867$, $p=0,001$) e uma interação ($F=8,778$, $p<0,001$), sendo que o grupo NP apresentou uma carga total levantada maior após 16 semanas do treinamento.

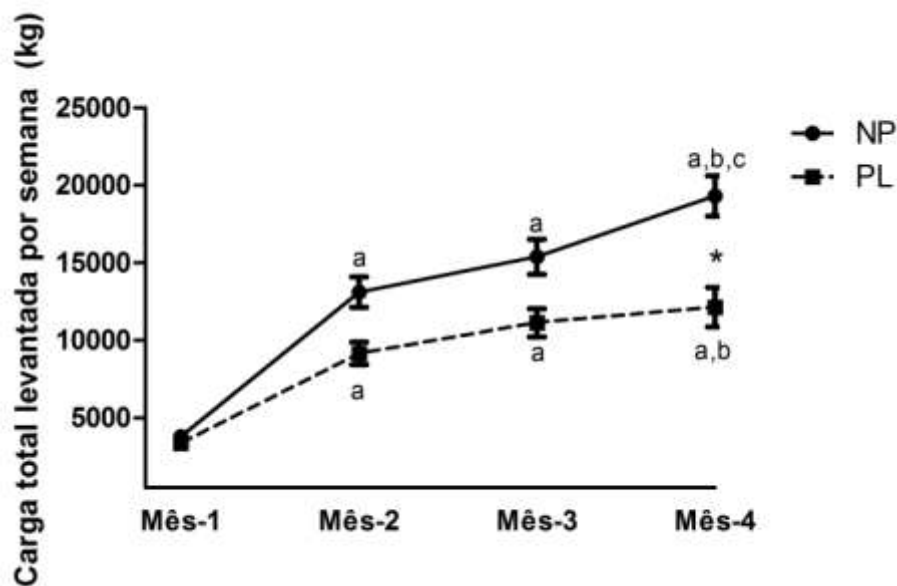


Figura. 2. Carga total levantada durante o treinamento resistido. PL, periodização linear; NP, não-periodizado. ^a = $p < 0,05$ comparado ao mês 1. ^b = $p < 0,05$ comparado ao mês 2. ^c = $p < 0,05$ comparado ao mês 3. * Interação grupo vs. tempo ($p < 0,05$).

A tabela 1 representa os resultados de MME e força isométrica. Para MME ($F=2.889$, $p=0.028$) houve um efeito principal do tempo, sendo que a MME aumentou para ambos os grupos sem diferenças significativas entre grupos ($p>0,05$). Para força máxima de preensão manual e força média de preensão manual houve um aumento para ambos os grupos ($F=18,061$, $p<0,001$), mas sem diferença entre eles ($P> 0,05$). Ambos os grupos aumentaram a força máxima do tronco e força média do tronco ($p<0.001$), porém, não foram observadas diferenças significativas entre os grupos ($p>0,05$).

Tabela 1. Massa muscular esquelética e força isométrica durante o programa de treinamento resistido

Variáveis	Pré-treino	Semana 4	Semana 8	Semana 12	Semana 16	Δ	TE	Momento p	Interação p
MME (kg)									
PL	40,5±7,9	40,8±8,6	40,8±8,0	40,9±7,9	41,1±8,4	0,6	0,07	0,028	0,472
NP	39,1±5,9	39,5±6,4	40,3±6,4	40,1±6,2	40,0±6,4	0,9	0,15		
FMmax(kg)									
PL	20,17±8,0	18,83±8,1	22,09±10,2	24,19±10,9	26,33±10,4	6,16	0,67	< 0,001	0,790
NP	19,80±4,4	18,87±6,1	21,09±5,4	22,74±6,0	24,37±5,8	4,57	0,90		
FMmed(kg)									
PL	16,11±5,4	18,83±8,1	18,7±8,2	20,25±9,1	22,15±9,1	6,04	0,83	< 0,001	0,815
NP	16,50±3,6	18,87±6,1	17,61±4,6	19,34±5,2	20,77±5,1	4,27	0,98		
FTmax(kg)									
PL	53,45±23,9	56,21±29,5	63,97±23,9	76,33±30,1	76,05±30,8	22,60	0,84	< 0,001	0,918
NP	56,71±17,9	62,12±15,9	65,37±13,8	79,55±19,3	77,20±19,5	20,49	1,10		
FTmed(kg)									
PL	42,91±18,9	45,82±23,0	49,15±17,4	62,14±22,4	61,07±24,3	18,16	0,84	< 0,001	0,995
NP	45,40±13,4	50,34±11,6	53,19±14,1	65,49±16,0	64,99±21,4	19,59	1,13		

Legenda: Massa muscular esquelética (MME), força máxima manual (FMmax), força média manual (FMmed), força máxima de tronco (FTmax) e força média de tronco (FTmed). PL = periodização linear, NP = não periodização, TE= Tamanho do efeito.

Em relação à relação entre alterações da MME (Δ após 16 semanas) e força isométrica (Δ após 16 semanas) em cada grupo, houve correlações fortes e significantes entre a força máxima do tronco e o MME (LP: $\rho = 0,79$, $P = 0,004$ vs NP: $\rho = -0,27$, $P = 0,488$) e força média do tronco com o MME (LP: $\rho = 0,78$, $P = 0,004$ vs. NP: $\rho = -0,07$, $P = 0,865$) apenas para o grupo PL. De forma similar, a força máxima de preensão manual e MME (LP: $\rho = 0,79$, $P = 0,004$ vs. NP: $\rho = -0,43$, $P = 0,244$) e força média de preensão manual e MME (LP: $\rho = 0,68$, $P = 0,021$ vs. NP: $\rho = -0,37$, $P = 0,332$) houve correlações fortes e significantes apenas para o grupo PL novamente.

DISCUSSÃO

Os principais achados deste estudo foram que o treinamento resistido com a PL e NP promoveram ganhos semelhantes de força isométrica (preensão manual e tronco) e MME. No entanto, o grupo PL apresentou menor carga total levantada, sugerindo que é possível obter ganhos semelhantes na força isométrica e MME com menor trabalho total. Além disso, houve uma forte correlação entre força muscular e MME apenas para o grupo PL.

De acordo com o nosso conhecimento, este é o primeiro estudo a investigar os efeitos do treinamento resistido com a PL versus NP em uma população sarcopênica. Para idosos saudáveis, alguns estudos que compararam o efeito do treinamento resistido periodizado versus NP. Conlon et al., (2016) investigaram o efeito de 22 semanas de treinamento resistido com a PL, periodização ondulatória e NP na função física e saúde em idosos não treinados. O grupo NP manteve um número fixo de repetições (10 repetições) durante todas as semanas. O grupo PL realizou 15 repetições nas sessões 1-11, 10 repetições nas sessões 12-22 e 5 repetições nas sessões 23-33. O treinamento com periodização ondulatória foi realizado em todas as semanas com 15 repetições na primeira sessão da semana, 10 repetições na segunda sessão da semana e 5 repetições na terceira sessão da semana. Os resultados mostraram que a PL, periodização ondulatória e NP promoveram mudanças semelhantes na composição corporal, perfil lipídico, pressão arterial sistólica, força máxima, capacidade funcional e medidas de eficácia do equilíbrio.

Debeliso et al. (2005) analisaram o efeito de 18 semanas de treinamento resistido com a PL versus NP no ganho de força em idosos não treinados. O grupo PL realizou 15 RM nas semanas 1 a 6, 9 RM nas semanas 7 a 12 e 6 RM nas semanas 13 a 18. O

grupo NP manteve 9 RM durante todas as semanas. Os resultados indicaram ganhos de força semelhantes no grupo PL e NP (DEBELISO et al., 2005). Similarmente, Hunter et al., (2001) mostraram que 25 semanas de treinamento resistido com a periodização ondulatória e NP acarretaram resultados semelhantes na força e na composição corporal em idosos não treinados.

Nossos resultados corroboram com os achados de Conlon et al., (2016), DeBeliso et al., (2005) e Hunter et al., (2001), sendo que o treinamento resistido periodizado promoveu resultados semelhantes em comparação com o treinamento NP em idosos sarcopênicos destreinados. Em nosso estudo, o grupo PL e NP apresentaram aumentos semelhantes na força isométrica de membros superiores (pressão manual e tronco) e MME. Por outro lado, nossos resultados também diferem ligeiramente de DeBeliso et al., (2005), cujo o volume total de treinamento e a intensidade média de treinamento foram equalizados entre os grupos. Isso diverge da periodização tradicional adotada no nosso estudo, segundo o qual os aumentos de intensidade (ou seja, de 9 RM para 6 RM) são geralmente combinados com reduções de volume. No presente estudo, aumentos semelhantes na massa muscular e força muscular foram observados, apesar da carga total levantada significativamente menor no grupo PL. Nossos resultados revelaram que o treinamento resistido periodizado pode induzir mais adaptações neuromusculares em idosos com um trabalho total menor.

Uma correlação significativa foi encontrada pelo nosso estudo entre alterações na massa muscular e força apenas no grupo PL. Outros estudos relataram resultados semelhantes, nos quais o aumento da força muscular foi significativamente correlacionado com ganhos de massa muscular em idosos (CHEN et al., 2013; HAYASHIDA et al., 2014). A lógica que a periodização linear gera um aumento na produção de força muscular é primeiramente por meio de adaptações morfológicas, ou seja, massa muscular, através da execução do treinamento com repetições mais altas (ou seja, 8 a 15 RM) e, em seguida, maximizar a produção de força por adaptações neurológicas através do treinamento de alta intensidade (<5 RM) (ISSURIN, 2010). É interessante que, apesar de não haver diferença nos resultados musculares ou de força entre os grupos, uma forte relação entre alterações na massa muscular e força só foi encontrada no grupo PL. Dado que não houve interações e os dois grupos aumentaram ao longo do tempo de maneira semelhante, nossos resultados não apoiam a hipótese da periodização em indivíduos sarcopênicos. Com base nesses achados, a periodização do treinamento resistido em idosos sarcopênicos destreinados não é necessária para induzir

resultados superiores em ganhos de força e massa muscular, demonstrando que na fase inicial do treinamento a sobrecarga progressiva e o ajuste de carga são fatores mais importantes para promover adaptações neuromusculares.

Uma diminuição da MME em conjunto com a redução da capacidade neuromuscular em pessoas sarcopênicas leva a uma redução na força muscular que resulta em uma diminuição da capacidade funcional, dificuldades para realizar as atividades da vida diária, aumento do risco de quedas e fraturas e redução da qualidade de vida (ALLEY et al. al., 2014; LINDEMANN et al., 2016; MANINI et al., 2007). Além disso, a massa magra é um importante indicador de mortalidade (BUNOUT et al., 2011); portanto, nossos resultados destacam os benefícios do treinamento resistido e enfatizam que ambos os modelos de treinamento podem ser usados como uma estratégia para aumentar a MME e a força em idosos sarcopênicos. Este estudo sugere que, durante a fase inicial do treinamento, em idosos destreinados, treinadores devem se concentrar predominantemente na sobrecarga progressiva para promover adaptações. Por outro lado, quando treinadores procuram induzir ganhos de massa muscular e força com menos trabalho total, a PL pode ser aplicada.

As limitações deste estudo precisam ser consideradas ao interpretar os achados. O tempo de intervenção (16 semanas) pode ter sido insuficiente para verificar as diferenças entre os diferentes tipos de treinamento. Além disso, podemos especular que a variação de carga e repetições no grupo periodizado foi muito próxima ao grupo NP para promover um estímulo diferente e, assim, induzir adaptações divergentes. Portanto, experimentos usando uma ampla gama de cargas e repetições (por exemplo, 20, 10 e 5 RM) podem gerar resultados diferentes. Portanto, recomendamos que estudos futuros analisem períodos mais longos de treinamento e diferentes programas de periodização, incluindo repetições mais baixas (ou seja, 1 a 4 repetições). Além disso, não podemos comentar diretamente sobre a transferência de força nesses programas para resultados funcionais e, portanto, estudos futuros também devem avaliar a capacidade funcional, a hemodinâmica e as adaptações metabólicas.

CONCLUSÃO

Dezesseis semanas de treinamento resistido com periodização linear ou não periodizado promoveram benefícios semelhantes na força isométrica de membros superiores e na MME em idosos sarcopênicos. No entanto, a periodização linear

apresentou menor carga total levantada, sugerindo que é possível obter ganhos semelhantes de força e MME com menor trabalho total nessa população.

REFERÊNCIAS ARTIGO 1

AAGAARD, P. et al. Role of the nervous system in sarcopenia and muscle atrophy with aging: strength training as a countermeasure. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 20, n. 1, p. 49-64, 2010.

ALLEY, D. E. et al. Grip strength cutpoints for the identification of clinically relevant weakness. **Journals of Gerontology Series A: Biomedical Sciences and Medical Sciences**, v. 69, n. 5, p. 559-566, 2014.

ADAMS, K. et al. Progression models in resistance training for healthy adults. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 34, n. 2, p. 364-380, 2002.

ANIANSSON, A. et al. Muscle morphology, enzymatic activity, and muscle strength in elderly men: A follow-up study. **Muscle & Nerve**, v. 9, n. 7, p. 585-591, 1986.

BUNOUT, D. et al. Association between sarcopenia and mortality in healthy older people. **Australasian Journal on Ageing**, v. 30, n. 2, p. 89-92, 2011.

CHEN, L. et al. Relationship between muscle mass and muscle strength, and the impact of comorbidities: a population-based, cross-sectional study of older adults in the United States. **BMC Geriatrics**, v. 13, n. 1, p. 74, 2013.

CONLON, J. A. et al. Periodization strategies in older adults: impact on physical function and health. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 48, n. 12, p. 2426-2436, 2016.

CRUZ-JENTOFT, A. J. et al. Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis Report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People A. J. Cruz-Gentoft et al. **Age and Ageing**, v. 39, n. 4, p. 412-423, 2010.

CUNANAN, A. J. et al. The general adaptation syndrome: a foundation for the concept of periodization. **Sports Medicine**, v. 48, n. 4, p. 787-797, 2018.

CURCIO, F. et al. Biomarkers in sarcopenia: a multifactorial approach. **Experimental Gerontology**, v. 85, p. 1-8, 2016.

DEBELISO, M. et al. A comparison of periodised and fixed repetition training protocol on strength in older adults. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 8, n. 2, p. 190-199, 2005.

HAYASHIDA, I. et al. Correlation between muscle strength and muscle mass, and their association with walking speed, in community-dwelling elderly Japanese individuals. **PloS One**, v. 9, n. 11, 2014.

HUNTER, G. R.; MCCARTHY, J. P.; BAMMAN, M. M. Effects of resistance training on older adults. **Sports Medicine**, v. 34, n. 5, p. 329-348, 2004.

HUNTER, G. R. et al. High-resistance versus variable-resistance training in older adults. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 33, n. 10, p. 1759-1764, 2001.

ISSURIN, V. B. New horizons for the methodology and physiology of training periodization. **Sports Medicine**, v. 40, n. 3, p. 189-206, 2010.

- KRAEMER, W. J. et al. Physiological changes with periodized resistance training in women tennis players. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 35, n. 1, p. 157-168, 2003.
- LINDEMANN, U. et al. Association between thigh muscle volume and leg muscle power in older women. **PloS One**, v. 11, n. 6, 2016.
- LIU, C. LATHAM, N. K. Progressive resistance strength training for improving physical function in older adults. **Cochrane Database of Systematic Reviews**, n. 3, 2009.
- LÓPEZ-OTÍN, C. et al. The hallmarks of aging. **Cell**, v. 153, n. 6, p. 1194-1217, 2013.
- MANINI, T. M. et al. Knee extension strength cutpoints for maintaining mobility. **Journal of the American Geriatrics Society**, v. 55, n. 3, p. 451-457, 2007.
- MITCHELL, W. K. et al. Sarcopenia, dynapenia, and the impact of advancing age on human skeletal muscle size and strength; a quantitative review. **Frontiers in Physiology**, v. 3, p. 260, 2012.
- MONTEIRO, A. G. et al. Nonlinear periodization maximizes strength gains in split resistance training routines. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 23, n. 4, p. 1321-1326, 2009.
- MORAES, E. et al. Effects on strength, power, and flexibility in adolescents of nonperiodized vs. daily nonlinear periodized weight training. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 27, n. 12, p. 3310-3321, 2013.
- NILWIK, R. et al. The decline in skeletal muscle mass with aging is mainly attributed to a reduction in type II muscle fiber size. **Experimental Gerontology**, v. 48, n. 5, p. 492-498, 2013.
- ROSSI, F. E. et al. Concurrent training promoted sustained anti-atherogenic benefits in the fasting plasma triacylglycerolemia of postmenopausal women at 1-year follow-up. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 32, n. 12, p. 3564-3573, 2018.
- ROTH, S. M.; FERRELL, R. F.; HURLEY, B. F. Strength training for the prevention and treatment of sarcopenia. **The Journal of Nutrition, Health & Aging**, v. 4, n. 3, p. 143-155, 2000.
- SUETTA, C. **Plasticity and function of human skeletal muscle in relation to disuse and rehabilitation-influence of ageing and surgery**. Faculty of Health and Medical Sciences, University of Copenhagen, 2016.
- VISSER, M. et al. Muscle mass, muscle strength, and muscle fat infiltration as predictors of incident mobility limitations in well-functioning older persons. **The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences**, v. 60, n. 3, p. 324-333, 2005.
- VON HAEHLING, S.; MORLEY, J. E.; ANKER, S. D. An overview of sarcopenia: facts and numbers on prevalence and clinical impact. **Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle**, v. 1, n. 2, p. 129-133, 2010.
- WILLIAMS, T. D. et al. Comparison of periodized and non-periodized resistance training on maximal strength: a meta-analysis. **Sports Medicine**, v. 47, n. 10, p. 2083-2100, 2017.

WOLFE, R. R. The underappreciated role of muscle in health and disease. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 84, n. 3, p. 475-482, 2006.

Estudo 2 – A ser submetido após a defesa final ao Journal of Geriatric Physical Therapy (ISSN: 1539-8412)

Treinamento resistido reverte o declínio de indicadores de integridade celular em idosos sarcopênicos

Resumo

O objetivo deste estudo foi investigar o efeito do treinamento resistido sobre indicadores de saúde celular, composição corporal, força e capacidade de caminhar em idosos sarcopênicos. Dezesesseis idosos sarcopênicos foram submetidos a duas condições: período de destreinamento (1-12 semanas) e período de treinamento resistido (13-24 semanas). A composição corporal foi medida por impedância bioelétrica para estimar a massa livre de gordura (MLG), a massa gorda (MG), a água corporal total (ACT), a água extracelular (AE), a água intracelular (AI) e o ângulo de fase (AnF). A força de extensão do joelho e do tronco foram avaliadas por dinamometria e a capacidade de caminhar pelo teste de caminhada de 4 metros. As avaliações foram realizadas nas semanas 1, 12 e 24. Houve redução para AnF, ACT, AE e AI durante o período controle ($p < 0,05$), mas após 12 semanas de treinamento resistido, houve aumento para MLG, ACT, AE e AI, força do tronco ($p < 0,05$) e redução na MG ($p < 0,05$). As mudanças percentuais após o período de treinamento foram maiores para a AnF, força de extensão de joelhos e capacidade de caminhar em relação ao período controle ($p < 0,05$). Em conclusão, houve um declínio no AnF durante o período de inatividade física em idosos sarcopênicos, no entanto, 12 semanas de treinamento resistido foram eficazes para reverter o declínio do ângulo de fase e promover ganhos de massa livre de gordura, hidratação corporal, força (extensão de joelhos e tronco) e capacidade de caminhar;

Palavras-chave: Treinamento de força; envelhecimento; massa muscular; ângulo de fase.

INTRODUÇÃO

O processo de envelhecimento está associado a reduções progressivas de massa muscular e força, um fenômeno denominado de sarcopenia (CURCIO et al., 2016). A sarcopenia está associada a importantes desfechos clínicos, como fragilidade, quedas, fraturas e perda de autonomia (ALLEY et al., 2014; MANINI et al., 2007; MITCHELL et al., 2012). No envelhecimento, a redução da massa muscular e a desidratação são fenômenos recorrentes em idosos hospitalizados (ARNAUD, 2002). Assim, a avaliação do estado nutricional e da composição corporal em idosos sob diferentes condições deve ser realizada com frequência, tendo em vista a dinâmica do envelhecimento.

Neste sentido, a análise de impedância bioelétrica é considerada um método seguro e não invasivo para monitorar a distribuição de fluidos corporais e a composição corporal na população idosa (GOLDBERG et al., 2014). Dentre os parâmetros fornecidos pela análise de impedância bioelétrica está o ângulo de fase (AnF), determinado a partir da relação entre reatância e resistência que expressa a massa celular corporal e tem sido considerado um indicador de saúde celular (DE LORENZO et al., 1997; NORMAN et al., 2012). Estudos têm indicado que valores mais elevados do AnF podem refletir em melhor qualidade e função celular, bem como na integridade da membrana celular (DE LORENZO et al., 1997; KYLE et al., 2004).

A literatura mostra que indivíduos mais velhos apresentam menor AnF em comparação com adultos jovens (BOSY-WESTPHAL et al., 2006; SARAGAT et al., 2014), sugerindo uma deterioração na saúde celular durante o processo de envelhecimento. Além disso, a utilização do AnF tem sido recomendada para diagnóstico do estado nutricional em idosos (ZHANG et al., 2014), e valores mais baixos do AF associaram-se a maior risco de mortalidade (GENTON et al., 2017; NORMAN, et al, 2015), risco cardiovascular geral (SAAD & JORGE, 2018), osteoporose (TANAKA et al., 2018), doenças músculo-esqueléticas e respiratórias (GRAF et al., 2018) nessa população. KILLIC et al., (2016) mostraram que um AnF igual ou inferior a $4,55^\circ$ está associado a com fragilidade e comprometimento da função muscular em idosos. Recentemente, Tomeleri et al., (2018) verificaram que mulheres idosas com menor AnF apresentam maior risco de inflamação sistêmica e estresse oxidativo. Esses achados sugerem que é essencial estabelecer estratégias para aumentar o AnF em idosos.

Em idosos, o treinamento resistido tem sido recomendado para aumentar a massa muscular, força e capacidade funcional (HUNTER et al., 2004; LIU &

LATHAM, 2009; NILWIK et al., 2013). Estudos recentes têm revelado que o treinamento resistido tem efeitos positivos na saúde celular por aumentar o AnF em idosos (RIBEIRO et al., 2017; SOUZA et al., 2017). Ribeiro (2017) analisou os efeitos do treinamento resistido realizado em diferentes frequências semanais sobre o AnF em mulheres idosas não treinadas e demonstrou que o treinamento com frequência semanal de duas ou três sessões semanais foi suficiente para aumentar o AnF após 12 semanas de intervenção. Embora estudos demonstrem a efetividade do treinamento resistido para aumentar o AnF em idosos, os efeitos deste tipo de treinamento em portadores de sarcopenia ainda é desconhecido. Portanto, no presente estudo, o objetivo foi investigar o efeito do treinamento resistido sobre o ângulo de fase, composição corporal, força e capacidade de caminhar em idosos sarcopênicos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Desenho experimental

Este estudo utilizou um delineamento longitudinal representado na Figura 1. Inicialmente, os participantes foram acompanhados durante um período de Controle, no qual os sujeitos mantiveram 12 semanas de um estilo de vida sedentário sem participar de nenhum programa de exercício físico regular (0 a 12 semanas). Após isso, os participantes foram submetidos a um protocolo de treinamento resistido por 12 semanas (13 a 24 semanas). A composição corporal, a força e o teste de caminhada foram avaliados no início do estudo, após 12 e 24 semanas de intervenção.

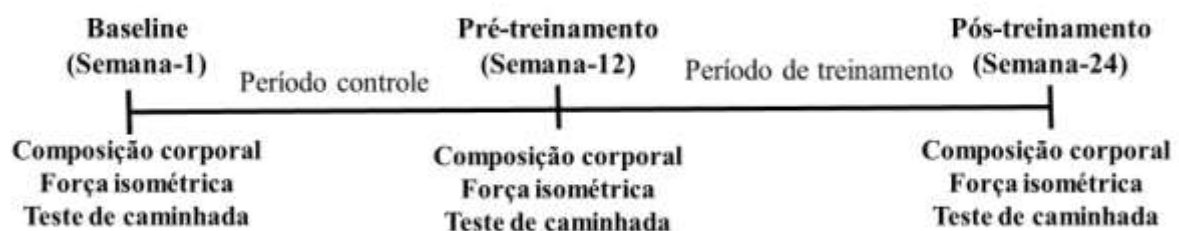


Figura 1. Desenho experimental

Amostra

Para o diagnóstico de sarcopenia, foi aplicada a proposta *European Working Group on Sarcopenia on Older People* (Cruz-JENTOFT et al., 2010). Dos cinquenta idosos sarcopênicos convidados a participar do estudo, dezesseis atenderam os critérios de inclusão, incluindo: livre de estágios avançados de câncer, doença renal e tratamento em hemodiálise, hospitalização e capacidade de se movimentar sem ajuda. Desses, sete eram homens e nove eram mulheres (tabela 1), sendo que os voluntários assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido para participar deste estudo. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus Presidente Prudente (número de aprovação: 2.321.522), de acordo com a declaração de Helsinque.

Programa de treinamento resistido

Os participantes foram submetidos inicialmente três sessões de familiarização com 8 exercícios (uma série com 12 a 15 repetições). Após isso, os participantes foram submetidos a um programa de treinamento resistido por 12 semanas, com frequência de três sessões semanais em dias alternados e duração de 50-60 minutos cada sessão. O programa de treinamento consistiu em três fases progressivas: fase 1 (1ª e 4ª semanas: 3 séries de 15 repetições; 60 segundos de intervalo entre séries e exercícios); fase 2 (5ª a 8ª semana: 3 séries de 10-12 repetições; 90 segundos de intervalo entre séries); fase 3 (9ª a 12ª semana: 3 séries de 4-6 repetições; 90 segundos de intervalo entre séries). As séries foram executadas até a exaustão voluntária e no caso de os participantes executarem mais ou menos as repetições prescritas, a sobrecarga foi ajustada para que a zona de treinamento fosse respeitada.

O programa de treinamento foi composto por oito exercícios executados na seguinte ordem: supino vertical, leg press 45 °, puxador frontal, cadeira extensora, rosca direta, flexora em pé, tríceps pulley e panturrilha em pé. O treinamento resistido foi praticado na academia e os voluntários foram acompanhados por com experiência em treinamento resistido para garantir a segurança. Os participantes foram instruídos a não realizar nenhum outro tipo de exercício físico durante o período do estudo, para que apenas o efeito do treinamento resistido pudesse ser avaliado.

Análise de impedância bioelétrica

A composição corporal foi obtida a partir da análise de impedância bioelétrica com equipamento tetrapolar BIA Analyzer (Nutritional Solutions, Harrisville, MI,

USA). Para tanto, os participantes foram posicionados em decúbito dorsal, em uma maca isolada de condutores elétricos, com as pernas abduzidas num ângulo de 45°. Após a limpeza da pele com álcool, dois eletrodos foram colocados na superfície da mão direita e dois no pé direito. Adicionalmente, o ângulo de fase foi calculado ($AnF = \text{arco-tangente (resistência/reatância)} \times 180^\circ/\pi$). Na tentativa de minimizar possíveis erros de estimativa, os participantes foram orientados a urinar cerca de 30 min antes da realização das medidas, absterem-se da ingestão de alimentos ou bebidas nas últimas quatro horas, evitar a prática de exercícios físicos vigorosos por pelo menos 24 horas, absterem-se do consumo de álcool e bebidas cafeínadas por no mínimo 24 horas. A avaliação foi realizada nas semanas 1, 12 e 24.

Força isométrica e teste de caminhada

A força muscular isométrica dos participantes foi estimada por dinamômetro (Power Din Standard, CEFISE, Nova Odessa, SP, Brasil) para tronco (extensão de coluna) e extensão de joelhos. Acessórios específicos foram utilizados para cada teste segmentar, de acordo com as recomendações do fabricante. Os testes foram realizados duas vezes, com duração de 10 segundos e pausa de 45 segundos entre repetições. Os valores máximos de força foram registrados (em kg.f). Para o teste de força do tronco, os participantes permaneceram em pé com os joelhos totalmente estendidos e a flexão do quadril de 120 graus. Para o teste de extensão de joelhos, os participantes se mantiveram sentados em uma cadeira específica com o joelho em 90 graus.

O teste de caminhada de 4 m foi utilizado para avaliar a velocidade da marcha. Os sujeitos foram instruídos a caminhar naturalmente (sua velocidade habitual diária), duas vezes consecutivas, e o menor tempo entre as duas caminhadas (em segundos) foi registrado (GURALNIK et al., 1994).

Análise de dados

A distribuição dos dados foi verificada pelo teste de Shapiro-Wilk. Para composição corporal, análise de impedância bioelétrica, ângulo de fase e força sob as diferentes condições [condição de controle: semana 1 a 12 semanas; condição de treinamento: pré-treinamento (12 semanas) e pós-treinamento (24 semanas)] ao longo do tempo foram analisados através de uma análise de variância com medidas repetidas e o ajuste de Bonferroni para comparações múltiplas. Para todas as variáveis medidas, a esfericidade estimada foi verificada de acordo com o teste W de Mauchly e a correção

de Greenhouse-Geisser foi usada quando necessário. Foi utilizado o teste t de Student pareado para comparar a porcentagem de alterações ($\Delta\% = \text{pós} - \text{pré}$ dividido por pré multiplicado por 100) e o eta-quadrado parcial (η^2) foi calculado. A significância estatística foi estabelecida em $p < 0,05$. Os dados foram analisados usando o *Statistical Package for the Social Sciences* 17.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta os valores de média e desvio padrão para as características gerais da amostra. Os homens apresentaram maiores valores de altura ($p < 0,05$) em relação às mulheres. Para as outras variáveis não houve diferença entre homens e mulheres.

Tabela 1. Características gerais da amostra para variáveis de idade, antropométricas, e força (N = 16).

Variável	Geral (N = 16)	Mulheres (N = 9)	Homens (N = 7)	p
Idade (anos)	76,7±9,5	73,2±10	81,4±6,9	0,08
Altura (cm)	157,0±9,8	151,3±8	161,9±7	0,01
Peso corporal (kg)	66,9±11,1	64,1±11	70,6±10	0,25
IMC (kg/m ²)	26,0±3,4	27,0±4	29,7±10	0,66
Força de tronco (kg.f)	63,0±12,2	64,4±9,4	60,8±18,4	0,72

Legenda: Os dados são apresentados em valores de média e desvio-padrão. IMC = índice de massa corporal.

A Tabela 2 apresenta a comparação da composição corporal, água corporal, força e capacidade de caminhar em idosos sarcopênicos ao longo do tempo.

Para a composição corporal, houve aumento significativo para a MLG após o treinamento resistido (24 semanas) em comparação a semana 1 e a semana 12 ($p < 0,05$). Houve uma diminuição significativa para a massa gorda ($p = 0,007$) e porcentagem de gordura ($p < 0,001$) após o treinamento resistido (semana 24) em relação ao baseline (semana 1, $p = 0,029$) e pré-treinamento (semana 12, $p = 0,006$).

Quando analisada a água corporal, após o treinamento resistido (semana 24) houve um aumento significativo de ACT, AI e AE em comparação ao pré-treinamento

($p < 0,05$). Além disso, com o período de destreinamento houve uma redução da ACT, AI e AE (semana 12 vs semana 1; $p < 0,05$). A resistência reduziu ao longo do tempo após o treinamento (semana 24) em relação ao baseline (semana 1, $p = 0,027$) e pré-treinamento (semana 12, $p < 0,001$).

Quando analisada a força, houve aumento significativo para a extensão de joelhos ($p = 0,040$) e aumento significativo da força do tronco ($p = 0,001$) pós-treinamento (semana 24), em comparação com o baseline (semana 1) e pré-treinamento (semana 12) e uma tendência para o teste de caminhada de 4 metros ($p = 0,079$).

Quando analisada a porcentagem de alterações [Condição de controle: pré-treinamento (12 semanas) menos baseline (semana 1); Condição de treinamento: pós-treinamento (24 semanas) menos pré-treinamento (12 semanas)], houve um aumento significativo para MLG, AEC, AI e AE na condição de treinamento em comparação com a condição de controle ($p < 0,05$). Houve uma redução significativa na MG e resistência na condição de treinamento em comparação com a condição controle ($p < 0,05$), e houve um aumento significativo na força de extensão de tronco e joelhos na condição de treinamento em comparação à condição controle ($p < 0,05$). No teste de caminhada, houve um aumento significativo na condição de treinamento em comparação à condição de controle ($p < 0,05$).

Tabela 2: Comparação da composição corporal, força e capacidade de caminhar em idosos sarcopênicos (N = 16).

Variáveis	Baseline (semana 1)	Pré-treino (12 semanas)	$\Delta\%$	Pós-treino (24 semanas)	$\Delta\%$	<i>p</i>
PC (kg)	66,9±11,1	67,4±10,7	-0,37±3,8	67,4±10,9	-0,35±3,8	0,762
MLG (kg)	49,5±5,9	48,8±5,7	-1,43±2,1	50,2±6,3 ^b	2,80±2,8*	0,001
MG (kg)	17,8±6,8	18,8±7,1	3,85±14,4	17,0±7,2 ^b	-7,62±16,4	0,007
PG (%)	25,6±7,3	26,8±7,9	1,21±1,9	24,1±8,0 ^{ab}	-2,76±2,83*	<0,001
ACT (L)	32,9±6,1	32,0±6,1 ^a	-2,95±3,9	34,9±6,2 ^b	6,33±4,0*	0,001
AI (L)	19,8±4,0	19,3±4,0 ^a	-2,81±3,8	21,0±4,0 ^b	9,4±11,0*	0,001
AE (L)	13,1±12,1	12,6±2,1 ^a	-3,16±3,9	13,9±2,2 ^b	6,70±4,2*	0,001
R (ohms)	556,0±91,6	583,5±92,6 ^a	5,19±6,1	517,4±66,6 ^{ab}	-10,9±3,7*	<0,001
Xc (ohms)	40,6±10,5	40,7±8,9	1,66±11,3	38,2±9,3	-7,4±8,4	0,098
FEJ (kg)	23,4±5,8	23,2±5,6	-0,47±1,6	25,6±5,2	12,2±17,2*	0,040
FET (kg)	61,0±11,7	61,3±11,6	0,40±5,3	69,1±10,1 ^c	14,0±12,2*	0,001
Caminhada (seg)	5,42±1,1	5,74±1,0	5,90±19,1	4,99±1,3	-10,7±13,8*	0,079

Legenda: os dados estão expressos em média ± desvio padrão; PC = peso corporal; MLG = massa livre de gordura; MG = massa gorda; PG = porcentual de gordura; ACT = água corporal total; AI = água intracelular; AE = água extracelular; R = resistência; Xc = reatância; FEJ = força de extensão de joelhos; FET = força de extensão de tronco. a = diferença significante comparado ao baseline; b = diferença

significativa comparado ao pré = treinamento. c = diferença significativa entre baseline e pré = treinamento. * = diferença estatística significativa entre os deltas percentuais ($p < 0,05$).

A Figura 2 mostra o AnF em idosos sarcopênicos sob as diferentes condições. Em relação ao AnF, houve um efeito principal do tempo ($p = 0,015$) com uma diminuição significativa após as 12 semanas da situação controle (semana 1 vs semana 12, $p = 0,008$) (Figura 2A). Quando analisada a porcentagem de alterações, houve um aumento significativo para o AnF após a condição de treinamento em comparação com a condição de controle ($p < 0,05$) (Figura 2B).

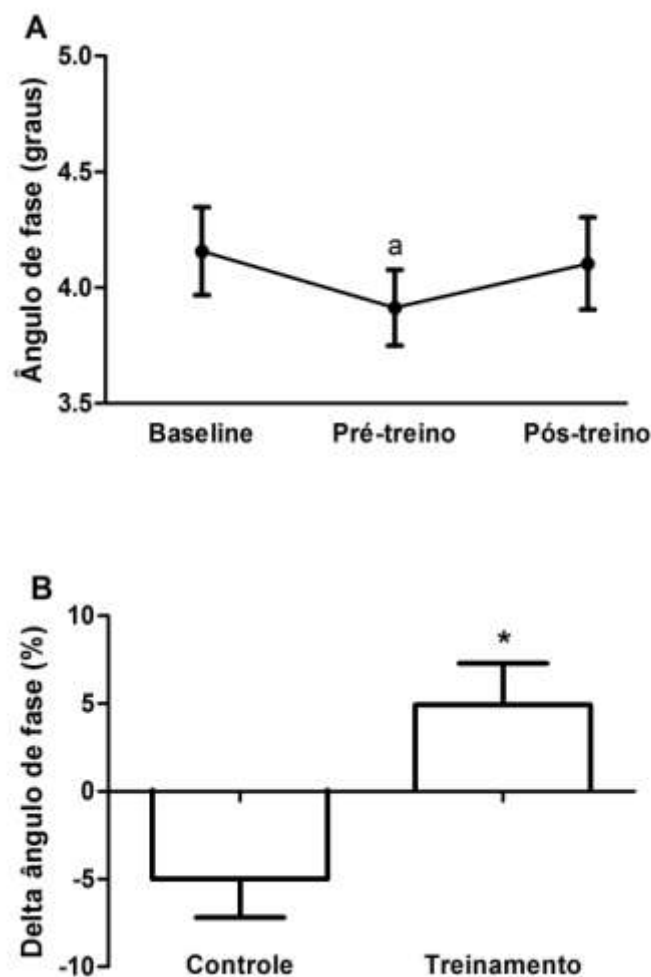


Figura 2. Comparação do ângulo de fase em idosos sarcopênicos nas diferentes condições. Os dados são expressos em média $\pm$ desvio padrão. A = ângulo de fase ao longo do tempo para cada condição; B = Mudanças percentuais do ângulo de fase para cada condição. a = diferença significativa em relação ao baseline. * = diferença significativa em relação ao período de controle.

DISCUSSÃO

Os principais achados deste estudo foram que o AnF diminuiu durante o período de inatividade física, mas a prática do treinamento resistido reverteu o declínio do AnF após 12 semanas de treinamento. Além disso, nosso estudo demonstrou que o treinamento resistido promoveu ganhos de massa livre de gordura, água corporal, força (extensão das pernas e tronco) e capacidade de locomoção nesses pacientes.

Já está bem estabelecido que o AnF diminui com o envelhecimento (BOSY-WESTPHAL et al., 2006; SARAGAT et al., 2014) e essa redução pode ser potencializada em condições de fragilidade. Santana et al., (2018) demonstraram que o AnF é menor em indivíduos sarcopênicos ($5,6 \pm 2,3^\circ$) em comparação com idosos sem sarcopenia ($6,8 \pm 1,9^\circ$), sugerindo que a sarcopenia está associado a uma menor integridade celular. Concomitante a esses achados, Killic et al., (2016) investigaram a relação entre o AnF e condições clínicas de sarcopenia, sendo que os resultados mostraram que o baixo AnF ($\leq 4,55^\circ$) foi associado à idade avançada, baixa circunferência da panturrilha, diminuição da força manual e massa muscular esquelética em idosos. Nosso estudo demonstrou que o AnF diminuiu em idosos sarcopênicos, uma vez que a média do AnF diminuiu de $4,16^\circ$ para $3,87^\circ$ durante o período controle (inatividade física), acompanhada de diminuição da hidratação corporal. Esses resultados sugeriram que a diminuição do AnF pode ser um indicativo de perda de massa celular, bem como fragilidade das membranas celulares, evidenciando que é essencial estabelecer estratégias para aumentar o AnF nesta população, uma vez que valores baixos de AnF está associada à fragilidade (SANTANA et al., 2018), osteoporose (TANAKA et al., 2018), estresse oxidativo (TOMELERI et al., 2018), risco cardiovascular geral (SAAD & JORGE, 2018), risco de mortalidade (GENTON et al., 2017; NORMAN et al., 2015), doenças músculo-esqueléticas e respiratórias (GRAF et al., 2018) em idosos.

Estudos anteriores demonstraram que o treinamento resistido é uma ferramenta eficiente para aumentar o AnF em jovens (RIBEIRO et al., 2017) e idosos (RIBEIRO et al., 2017; RIBEIRO et al., 2017; SOUZA et al., 2017). Ribeiro et al., (2017) mostraram que 12 semanas de treinamento resistido prescrito com métodos de carga constante vs. carga piramidal ascendente elevaram a média do AnF de 5,60 para 5,76 e 5,41 para 5,63, respectivamente em mulheres idosas. O mesmo grupo demonstrou que uma única série de treinamento resistido (8 exercícios, 1 série, 10-15 repetições) com uma frequência de dois e três dias por semana aumentou a média de AnF de 6,06 para 6,40 e

5,82 para 6,42, respectivamente nos idosos (RIBEIRO et al., 2017). Para nosso conhecimento, este foi o primeiro estudo a investigar os efeitos do treinamento resistido em indivíduos com valores baixos de AnF e em condição de sarcopenia. Nossos resultados estão de acordo com estudos anteriores (RIBEIRO et al., 2017; RIBEIRO et al., 2017; SOUZA et al., 2017) e mostraram que, quando analisada a porcentagem de alterações, 12 semanas do treinamento resistido aumentaram o AF em comparação ao período de controle, aumentando 4,92% o AnF.

As alterações no AnF após um programa de treinamento resistido podem ser explicadas por alterações teciduais, hidratação celular, permeabilidade da membrana celular e tamanho e massa das células (NORMAN et al., 2012), além do estresse metabólico que altera integridade da membrana celular (KYLE et al., 2004; SCHOENFELD, 2013). Além disso, o presente estudo demonstrou que o treinamento resistido promoveu um aumento na água intracelular e uma redução nos valores de resistência, indicando uma melhora na hidratação celular. Essas alterações podem ser explicadas pelos ganhos da MLG, uma vez que o tecido magro atua como condutor elétrico. Portanto, alterações na integridade do fluido corporal ou da membrana celular ou uma combinação entre ambas resultam em um aumento no AnF.

Por fim, nossos resultados também demonstraram que o treinamento resistido diminuiu a fragilidade por aumentar a força de tronco, extensão de joelhos e a velocidade da caminhada (delta porcentual). Outros estudos relataram resultados semelhantes (CONLON et al., 2016; LIU & LATHAM, 2009), nos quais o treinamento resistido foi eficaz para aumentar a capacidade funcional e a força em idosos. Santos et al., (2017) sugeriram que os ganhos de força induzidos pelo treinamento resistido explicam a melhora na velocidade de caminhada na população idosa, uma vez que os autores encontraram que após 8 semanas de treinamento o aprimoramento no teste de caminhada de 10 metros foi associado a aumentos na força de membros inferiores em mulheres idosas. Além disso, o aumento da força e função do tronco foi associado a uma melhor capacidade funcional em idosos (SHAHTAHMASSEBI et al., 2017). A perda de força e massa muscular esquelética tem sido tradicionalmente associada a reduções na capacidade funcional, mobilidade prejudicada, perda de independência e aumento do risco de quedas, faturas e mortalidade por todas as causas em idosos (ALLEY et al., 2014; KRASCHNEWSKI et al., 2016; MANINI et al., 2007). Portanto, o presente estudo sugere que o treinamento resistido pode ser usado para reduzir a

fragilidade em indivíduos sarcopênicos, melhorando a MLG, a força e a velocidade na caminhada.

Apesar da importância de nossos dados, algumas limitações precisam ser consideradas: Uso de amostras mistas; ausência do grupo controle; ausência do nível de aptidão física dos participantes no início da investigação; ausência de monitoramento da atividade física diária; ausência do monitoramento dos hábitos alimentares. Por outro lado, os pontos fortes do estudo merecem destaque: amostra composta por portadores de sarcopenia e supervisão direta nas sessões de treinamento. Assim, sugerimos estudos futuros analisando a influência do treinamento resistido crônico comparando diferentes variáveis de treinamento (volume, intensidade, intervalo de descanso entre séries e ordem do exercício) sobre o AnF em idosos sarcopênicos. Esses achados podem ter uma importante repercussão clínica, uma vez que os profissionais podem usar o treinamento resistido para melhorar a saúde celular em idosos sarcopênicos.

Em conclusão, houve um declínio do indicador de integridade celular (ângulo de fase) em idosos sarcopênicos durante o período de inatividade física. No entanto, 12 semanas de treinamento resistido foram eficazes para reverter o declínio do ângulo de fase e promover ganhos de massa livre de gordura, hidratação corporal e força (extensão de joelhos e tronco) nesses pacientes.

REFERÊNCIAS ARTIGO 2

ALLEY, D. E. et al. Grip strength cutpoints for the identification of clinically relevant weakness. **Journals of Gerontology Series A: Biomedical Sciences and Medical Sciences**, v. 69, n. 5, p. 559-566, 2014.

ADAMS, K. et al. Progression models in resistance training for healthy adults. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 34, n. 2, p. 364-380, 2002.

ARNAUD, M. J. **Age-related changes in hydration. In: nestle nutrition workshop series clinical and performance programme.** S. Karger AG, 2002. p. 193-206.

BOSY-WESTPHAL, A. et al. Phase angle from bioelectrical impedance analysis: population reference values by age, sex, and body mass index. **Journal of Parenteral and Enteral Nutrition**, v. 30, n. 4, p. 309-316, 2006.

CONLON, J. A. et al. Periodization strategies in older adults: impact on physical function and health. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 48, n. 12, p. 2426-2436, 2016.

GRONHOLM, P. C. et al. Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis. **Age and Ageing**, v. 39, n. 4-4, p. 412-423, 2010.

CURCIO, F. et al. Biomarkers in sarcopenia: a multifactorial approach. **Experimental Gerontology**, v. 85, p. 1-8, 2016.

- DE LORENZO, A. et al. Predicting body cell mass with bioimpedance by using theoretical methods: a technological review. **Journal of Applied Physiology**, v. 82, n. 5, p. 1542-1558, 1997.
- GENTON, L. et al. Association of mortality and phase angle measured by different bioelectrical impedance analysis (BIA) devices. **Clinical Nutrition**, v. 37, n. 3, p. 1066-1069, 2018.
- GOLDBERG, L. R. et al. Hydration in older adults: The contribution of bioelectrical impedance analysis. **International Journal of Speech-Language Pathology**, v. 16, n. 3, p. 273-281, 2014.
- GRAF, C. E.; HERRMANN, F. R.; GENTON, Laurence. Relation of Disease with Standardized Phase Angle among Older Patients. **The Journal of Nutrition, Health & Aging**, v. 22, n. 5, p. 601-607, 2018.
- GURALNIK, J. M. et al. A short physical performance battery assessing lower extremity function: association with self-reported disability and prediction of mortality and nursing home admission. **Journal of Gerontology**, v. 49, n. 2, p. M85-M94, 1994.
- HUNTER, G. R.; MCCARTHY, J. P.; BAMMAN, M. M. Effects of resistance training on older adults. **Sports Medicine**, v. 34, n. 5, p. 329-348, 2004.
- KILIC, M. K et al. Association of bioelectrical impedance analysis–derived phase angle and sarcopenia in older adults. **Nutrition in Clinical Practice**, v. 32, n. 1, p. 103-109, 2017.
- KNAP, B. et al. Malnutrition in renal failure: pleiotropic diagnostic approaches, inefficient therapy and bad prognosis. **Therapeutic Apheresis and Dialysis**, v. 20, n. 3, p. 272-276, 2016.
- KRASCHNEWSKI, J. L. et al. Is strength training associated with mortality benefits? A 15 year cohort study of US older adults. **Preventive Medicine**, v. 87, p. 121-127, 2016.
- KYLE, U. G. et al. Bioelectrical impedance analysis—part I: review of principles and methods. **Clinical Nutrition**, v. 23, n. 5, p. 1226-1243, 2004.
- LIU, C.; LATHAM, N. K. Progressive resistance strength training for improving physical function in older adults. **Cochrane Database of Systematic Reviews**, n. 3, 2009.
- MANINI, T. M. et al. Knee extension strength cutpoints for maintaining mobility. **Journal of the American Geriatrics Society**, v. 55, n. 3, p. 451-457, 2007.
- MITCHELL, W. K. et al. Sarcopenia, dynapenia, and the impact of advancing age on human skeletal muscle size and strength; a quantitative review. **Frontiers in Physiology**, v. 3, p. 260, 2012.
- NILWIK, R. et al. The decline in skeletal muscle mass with aging is mainly attributed to a reduction in type II muscle fiber size. **Experimental Gerontology**, v. 48, n. 5, p. 492-498, 2013.
- NORMAN, K. et al. Bioelectrical phase angle and impedance vector analysis—clinical relevance and applicability of impedance parameters. **Clinical Nutrition**, v. 31, n. 6, p. 854-861, 2012.
- NORMAN, K. et al. The bioimpedance phase angle predicts low muscle strength, impaired quality of life, and increased mortality in old patients with cancer. **Journal of the American Medical Directors Association**, v. 16, n. 2, p. 173. e17-173. e22, 2015.

- RIBEIRO, A. S. et al. Hypertrophy-type resistance training improves phase angle in young adult men and women. **International Journal of Sports Medicine**, v. 38, n. 01, p. 35-40, 2017.
- RIBEIRO, A. S. et al. Effects of single set resistance training with different frequencies on a cellular health indicator in older women. **Journal of Aging and Physical Activity**, v. 26, n. 4, p. 537-543, 2018.
- RIBEIRO, A. S. et al. Resistance training prescription with different load-management methods improves phase angle in older women. **European Journal of Sport Science**, v. 17, n. 7, p. 913-921, 2017.
- ROSSI, F. E. et al. Concurrent training promoted sustained anti-atherogenic benefits in the fasting plasma triacylglycerolemia of postmenopausal women at 1-year follow-up. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 32, n. 12, p. 3564-3573, 2018.
- SAAD, M. A. N et al. Phase angle measured by electrical bioimpedance and global cardiovascular risk in older adults. **Geriatrics & Gerontology International**, v. 18, n. 5, p. 732-737, 2018.
- SANTANA, N. M. et al. Phase angle as a sarcopenia marker in hospitalized elderly patients. **Nutrition in Clinical Practice**, v. 33, n. 2, p. 232-237, 2018.
- SANTOS, L. et al. The improvement in walking speed induced by resistance training is associated with increased muscular strength but not skeletal muscle mass in older women. **European Journal of Sport Science**, v. 17, n. 4, p. 488-494, 2017.
- SARAGAT, B. et al. Specific bioelectrical impedance vector reference values for assessing body composition in the Italian elderly. **Experimental Gerontology**, v. 50, p. 52-56, 2014.
- SCHOENFELD, B. J. Potential mechanisms for a role of metabolic stress in hypertrophic adaptations to resistance training. **Sports Medicine**, v. 43, n. 3, p. 179-194, 2013.
- SHAHTAHMASSEBI, B. et al. Associations between trunk muscle morphology, strength and function in older adults. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, p. 1-10, 2017.
- SOUZA, M. F. et al. Effect of resistance training on phase angle in older women: A randomized controlled trial. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 27, n. 11, p. 1308-1316, 2017.
- TANAKA, S. et al. A low phase angle measured with bioelectrical impedance analysis is associated with osteoporosis and is a risk factor for osteoporosis in community-dwelling people: the Yakumo study. **Archives of Osteoporosis**, v. 13, n. 1, p. 39, 2018.
- TIMMONS, J. A. Variability in training-induced skeletal muscle adaptation. **Journal of Applied Physiology**, v. 110, n. 3, p. 846-853, 2011.
- TOMELERI, C. M. et al. Phase angle is related with inflammatory and oxidative stress biomarkers in older women. **Experimental Gerontology**, v. 102, p. 12-18, 2018.
- TOMELERI, C. M. et al. Phase angle is moderately associated with muscle quality and functional capacity, independent of age and body composition in older women. **Journal of Geriatric Physical Therapy**, v. 42, n. 4, p. 281-286, 2019.

ZHANG, G. et al. A bioelectrical impedance phase angle measuring system for assessment of nutritional status. **Bio-medical Materials and Engineering**, v. 24, n. 6, p. 3657-3664, 2014.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dezesseis semanas de treinamento resistido com periodização linear ou não periodizado induziram benefícios semelhantes na força isométrica de membros superiores e na MME em idosos sarcopênicos. No entanto, a periodização linear apresentou menor carga total levantada, sugerindo que é possível obter ganhos semelhantes de força e MME com menor trabalho total nessa população.

Além disso, houve um declínio do indicador de saúde celular (ângulo de fase) em idosos sarcopênicos durante o período de inatividade física. No entanto, 12 semanas de treinamento resistido foram eficazes para reverter o declínio do ângulo de fase e promover ganhos de massa livre de gordura, hidratação corporal, força (extensão de joelhos e tronco) e capacidade de locomoção nesses pacientes.

REFERÊNCIAS

- AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. **Medicine & Science In Sports & Exercise**, v. 41, n. 3, p. 687-708, 2009.
- BEBERASHVILI, I. et al. Bioimpedance phase angle predicts muscle function, quality of life and clinical outcome in maintenance hemodialysis patients. **European Journal of Clinical Nutrition**, v. 68, n. 6, p. 683, 2014.
- BARBOSA-SILVA, M. C. G. et al. Bioelectrical impedance analysis: population reference values for phase angle by age and sex-. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 82, n. 1, p. 49-52, 2005.
- BAUMGARTNER, Richard N.; CHUMLEA, W. Cameron; ROCHE, Alex F. Bioelectric impedance phase angle and body composition. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 48, n. 1, p. 16-23, 1988.
- BUNOUT, D. et al. Association between sarcopenia and mortality in healthy older people. **Australasian Journal on Ageing**, v. 30, n. 2, p. 89-92, 2011.
- BOTERO, J. P. et al. Effects of long-term periodized resistance training on body composition, leptin, resistin and muscle strength in elderly post-menopausal women. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 53, n. 3, p. 289-294, 2013.
- COELHO-JÚNIOR, H. J. et al. Periodized and non-periodized resistance training programs on body composition and physical function of older women. **Experimental Gerontology**, v. 121, p. 10-18, 2019.
- COLE, Kenneth S. Permeability and impermeability of cell membranes for ions. In: **Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology**. Cold Spring Harbor Laboratory Press, p. 110-122. 1940.
- CONLON, J. A. et al. Periodization strategies in older adults: impact on physical function and health. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 48, n. 12, p. 2426-2436, 2016.
- CRUZ-JENTOFT A.; et al. Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis. **Age Ageing** 2010;39:412-23.
- DEBELISO, M. et al. A comparison of periodised and fixed repetition training protocol on strength in older adults. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 8, n. 2, p. 190-199, 2005.
- EICKEMBERG, M. et al. Bioimpedância elétrica e sua aplicação em avaliação nutricional. **Revista de Nutrição**, v. 24, n. 6, p. 873-882, 2011.
- 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.
- FRONTERA, W. R. et al. Aging of skeletal muscle: a 12-yr longitudinal study. **Journal of Applied Physiology**, v. 88, n. 4, p. 1321-1326, 2000.
- GENTON, L. et al. Association of mortality and phase angle measured by different bioelectrical impedance analysis (BIA) devices. **Clinical Nutrition**, v. 37, n. 3, p. 1066-1069, 2018.

GERAGE, A. M. et al. Cardiovascular adaptations to resistance training in elderly postmenopausal women. **International Journal of Sports Medicine**, v. 34, n. 9, p. 806-813, 2013a.

GERAGE, A. M. et al. Impact of 12 weeks of resistance training on physical and functional fitness in elderly women. **Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano**, v. 15, n. 2, p. 145-154, 2013b.

GONZALEZ, M. C. et al. Phase angle and its determinants in healthy subjects: influence of body composition. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 103, n. 3, p. 712-716, 2016.

GRAF, C. E.; HERRMANN, F. R.; GENTON, Laurence. Relation of Disease with Standardized Phase Angle among Older Patients. **The Journal of Nutrition, Health & Aging**, v. 22, n. 5, p. 601-607, 2018.

GUPTA, D. et al. Bioelectrical impedance phase angle as a prognostic indicator in breast cancer. **BMC Cancer**, v. 8, n. 1, p. 249, 2008a.

GUPTA, D. et al. Bioelectrical impedance phase angle in clinical practice: implications for prognosis in stage IIIB and IV non-small cell lung cancer. **BMC Cancer**, v. 9, n. 1, p. 37, 2009b.

JANSSEN I.; et al. The healthcare costs of sarcopenia in the United States. **J Am Geriatr Soc** 2004;52:80-5.

HUNTER, G. R.; MCCARTHY, J. P.; BAMMAN, M. M. Effects of resistance training on older adults. **Sports Medicine**, v. 34, n. 5, p. 329-348, 2004.

ISSURIN, V. B. New horizons for the methodology and physiology of training periodization. **Sports Medicine**, v. 40, n. 3, p. 189-206, 2010.

JANSSEN, I. et al. Skeletal muscle mass and distribution in 468 men and women aged 18-88 yr. **Journal of Applied Physiology**, v. 89, n. 1, p. 81-88, 2000.

KILIC, M. K et al. Association of bioelectrical impedance analysis–derived phase angle and sarcopenia in older adults. **Nutrition in Clinical Practice**, v. 32, n. 1, p. 103-109, 2017.

KRAEMER, W. J. et al. Physiological changes with periodized resistance training in women tennis players. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 35, n. 1, p. 157-168, 2003.

KYLE, U. G. et al. Total body mass, fat mass, fat-free mass, and skeletal muscle in older people: cross-sectional differences in 60-year-old persons. **Journal of the American Geriatrics Society**, v. 49, n. 12, p. 1633-1640, 2001.

KYLE, U. G. et al. Age-related differences in fat-free mass, skeletal muscle, body cell mass and fat mass between 18 and 94 years. **European Journal of Clinical Nutrition**, v. 55, n. 8, p. 663-672, 2001.

LESSER, G. T.; MARKOFSKY, J. Body water compartments with human aging using fat-free mass as the reference standard. **American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, v. 236, n. 3, p. R215-R220, 1979.

LEVINGER, I. et al. The effect of resistance training on functional capacity and quality of life in individuals with high and low numbers of metabolic risk factors. **Diabetes Care**, v. 30, n. 9, p. 2205-2210, 2007.

- LIU, C. LATHAM, N. K. Progressive resistance strength training for improving physical function in older adults. **Cochrane Database of Systematic Reviews**, n. 3, 2009.
- MATTIELLO, R. et al. Reference values for the phase angle of the electrical bioimpedance: Systematic review and meta-analysis involving more than 250,000 subjects. **Clinical Nutrition**, 2019.
- MITCHELL, W. K. et al. Sarcopenia, dynapenia, and the impact of advancing age on human skeletal muscle size and strength; a quantitative review. **Frontiers in Physiology**, v. 3, p. 260, 2012.
- MOON, J. R. Body composition in athletes and sports nutrition: an examination of the bioimpedance analysis technique. **European Journal of Clinical Nutrition**, v. 67, n. S1, p. S54, 2013.
- MONTEIRO, A. G. et al. Nonlinear periodization maximizes strength gains in split resistance training routines. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 23, n. 4, p. 1321-1326, 2009.
- MORAES, E. et al. Effects on strength, power, and flexibility in adolescents of nonperiodized vs. daily nonlinear periodized weight training. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 27, n. 12, p. 3310-3321, 2013.
- NAGANO, M; SUITA, S; YAMANOUCHI, T. The validity of bioelectrical impedance phase angle for nutritional assessment in children. **Journal of Pediatric Surgery**, v. 35, n. 7, p. 1035-1039, 2000.
- NILWIK, R. et al. The decline in skeletal muscle mass with aging is mainly attributed to a reduction in type II muscle fiber size. **Experimental Gerontology**, v. 48, n. 5, p. 492-498, 2013.
- NORMAN, K. et al. Bioelectrical phase angle and impedance vector analysis—clinical relevance and applicability of impedance parameters. **Clinical Nutrition**, v. 31, n. 6, p. 854-861, 2012.
- NORMAN, Kristina et al. The bioimpedance phase angle predicts low muscle strength, impaired quality of life, and increased mortality in old patients with cancer. **Journal of the American Medical Directors Association**, v. 16, n. 2, p. 173. e17-173. e22, 2015.
- OHASHI, Y. et al. Changes in the fluid volume balance between intra-and extracellular water in a sample of Japanese adults aged 15–88 yr old: a cross-sectional study. **American Journal of Physiology-Renal Physiology**, v. 314, n. 4, p. F614-F622, 2018.
- PRESTES, J. et al. Effects of resistance training on resistin, leptin, cytokines, and muscle force in elderly post-menopausal women. **Journal of Sports Sciences**, v. 27, n. 14, p. 1607-1615, 2009.
- RIBEIRO, A. S. et al. Traditional and pyramidal resistance training systems improve muscle quality and metabolic biomarkers in older women: a randomized crossover study. **Experimental Gerontology**, v. 79, p. 8-15, 2016.
- RIBEIRO, A. S. et al. Hypertrophy-type resistance training improves phase angle in young adult men and women. **International Journal of Sports Medicine**, v. 38, n. 01, p. 35-40, 2017a.

- RIBEIRO, A. S. et al. Resistance training prescription with different load-management methods improves phase angle in older women. **European Journal of Sport Science**, v. 17, n. 7, p. 913-921, 2017b.
- RIBEIRO, A. S. et al. Effects of single set resistance training with different frequencies on a cellular health indicator in older women. **Journal of Aging and Physical Activity**, v. 26, n. 4, p. 537-543, 2018.
- SÁNCHEZ-IGLESIAS, Andrés; FERNÁNDEZ-LUCAS, Milagros; TERUEL, José L. Fundamentos eléctricos de la bioimpedancia. **Nefrología**, v. 32, n. 2, p. 133-135, 2012.
- SCHEUNEMANN, L.; WAZLAWK, E.; TRINDADE, E. B. S. M. Aplicação do ângulo de fase na prática clínica nutricional. **Rev. Bras. Nutr. Clín.**, v. 23, n. 4, p. 292-297, 2008.
- SCHOENFELD, B. J. Potential mechanisms for a role of metabolic stress in hypertrophic adaptations to resistance training. **Sports Medicine**, v. 43, n. 3, p. 179-194, 2013.
- SCHOELLER, D. A. Changes in total body water with age. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 50, n. 5, p. 1176-1181, 1989.
- SELBERG, O; SELBERG, D. Norms and correlates of bioimpedance phase angle in healthy human subjects, hospitalized patients, and patients with liver cirrhosis. **European Journal of Applied Physiology**, v. 86, n. 6, p. 509-516, 2002.
- SERRA-PRAT, M. et al. Intracellular water content in lean mass is associated with muscle strength, functional capacity, and frailty in community-dwelling elderly individuals. A cross-sectional study. **Nutrients**, v. 11, n. 3, p. 661, 2019.
- SERRA-PRAT, M. et al. Total body water and intracellular water relationships with muscle strength, frailty and functional performance in an elderly population. A cross-sectional study. **The Journal of Nutrition, Health & Aging**, v. 23, n. 1, p. 96-101, 2019.
- SILVA, L. M. D. L.; CARUSO, L.; MARTINI, L. A. Aplicação do ângulo de fase em situações clínicas. **Rev Bras Nutr Clin**, v. 22, n. 4, p. 317-21, 2007.
- SILVA, N. S. L. et al. Influence of exercise order on the number of repetitions and perceived exertion in young and older women. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 15, n. 3, p. 219-223, 2009.
- TEIXEIRA, V. O. N.; FILIPPIN, L. I.; XAVIER, R. M. Mechanisms of muscle wasting in sarcopenia. **Revista Brasileira de Reumatologia**, v. 52, n. 2, p. 252-259, 2012.
- TOMELERI, C. M. et al. Resistance training improves inflammatory level, lipid and glycemic profiles in obese older women: a randomized controlled trial. **Experimental Gerontology**, v. 84, p. 80-87, 2016.
- TOMELERI, C. M. et al. Phase angle is related with inflammatory and oxidative stress biomarkers in older women. **Experimental Gerontology**, v. 102, p. 12-18, 2018.
- TORRES, Alexandre G. et al. Biological determinants of phase angle among Brazilian elite athletes. **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 67, n. OCE8, 2008.
- VIEIRA, E. C.; PEIXOTO, M. R. G.; SILVEIRA, E. A. Prevalence and factors associated with Metabolic Syndrome in elderly users of the Unified Health System. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 17, n. 4, p. 805-817, 2014.

VISSER, M. et al. Muscle mass, muscle strength, and muscle fat infiltration as predictors of incident mobility limitations in well-functioning older persons. **The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences**, v. 60, n. 3, p. 324-333, 2005.

VON HAEHLING, S.; MORLEY, J. E.; ANKER, S. D. An overview of sarcopenia: facts and numbers on prevalence and clinical impact. **Journal of Cachexia, Sarcopenia and muscle**, v. 1, n. 2, p. 129-133, 2010.

ZHANG, G. et al. A bioelectrical impedance phase angle measuring system for assessment of nutritional status. **Bio-medical Materials and Engineering**, v. 24, n. 6, p. 3657-3664, 2014.

WOLFE, R. R. The underappreciated role of muscle in health and disease. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 84, n. 3, p. 475-482, 2006.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Envelhecimento ativo: uma política de saúde** / World Health Organization; Organização Pan-Americana da Saúde; 2005. 60p.

Anexo 1. Parecer Consubstanciado do Comitê de Ética Local

FACULDADE DE CIÊNCIAS E
TECNOLOGIA - UNESP/
CAMPUS DE PRESIDENTE



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Efeito do treinamento resistido sobre força, massa muscular, mobilidade, capacidade funcional e parâmetros bioquímicos em idosos sarcopênicos e não sarcopênicos

Pesquisador: Luis Alberto Gobbo

Área Temática:

Versão: 3

CAAE: 16792013.1.0000.5402

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JULIO DE MESQUITA FILHO

Patrocinador Principal: CONS NAC DE DESENVOLVIMENTO CIENTIFICO E TECNOLÓGICO

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 388.138

Data da Relatoria: 06/09/2013

Apresentação do Projeto:

Já mencionado no parecer anterior.

Objetivo da Pesquisa:

Já mencionados no parecer anterior.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Já mencionados no parecer anterior.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Já mencionados no parecer anterior.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Os termos obrigatórios foram apresentados e a correção solicitada na declaração de retenção para armazenamento de dados foi atendida.

Recomendações:

Não há.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

As adequações solicitadas foram atendidas e estão de acordo com a Resolução n.º:466 de 12 de dezembro de 2012 do Conselho Nacional de Saúde, que revogou a Resolução 196/96.

Endereço: Rua Roberto Simonsen, 305

Bairro: Centro Educacional

CEP: 19.060-900

UF: SP

Município: PRESIDENTE PRUDENTE

Telefone: (18)3229-5315

Fax: (18)3229-5353

E-mail: cep@fct.unesp.br

FACULDADE DE CIÊNCIAS E
TECNOLOGIA - UNESP/
CAMPUS DE PRESIDENTE



Continuação do Parecer: 388.138

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

Em reunião realizada no dia 06.09.2013, o Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências e Tecnologia - Unesp - Presidente Prudente, em concordância com o parecerista, considerou o projeto APROVADO.

Obs: Lembramos que ao finalizar a pesquisa, o (a) pesquisador (a) deverá apresentar o relatório final.

PRESIDENTE PRUDENTE, 09 de Setembro de 2013

Assinador por:
Edna Maria do Carmo
(Coordenador)

Endereço: Rua Roberto Simonsen, 305

Bairro: Centro Educacional

CEP: 19.060-900

UF: SP

Município: PRESIDENTE PRUDENTE

Telefone: (18)3229-5315

Fax: (18)3229-5353

E-mail: cep@fct.unesp.br

Apêndice 1 . Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Título da Pesquisa: “efeito do treinamento resistido sobre força, massa muscular, mobilidade, capacidade funcional e parâmetros bioquímicos em idosos sarcopênicos e não sarcopênicos”.

Nome do Pesquisador: Luís Alberto Gobbo

1. **Natureza da pesquisa:** o sra (sr.) está sendo convidada (o) a participar desta pesquisa que tem como finalidade comparar os efeitos do treinamento resistido (musculação) sobre a força, massa muscular, caminhada, equilíbrio, capacidade funcional e parâmetros bioquímicos em idosos sarcopênicos e não sarcopênicos. A sarcopenia é um agravo à saúde relacionado à redução de massa e força muscular em pessoas idosas, que pode acarretar em incapacidade funcional e redução da independência, autonomia e qualidade de vida.
2. **Participantes da pesquisa:** 162 pessoas idosas.
3. **Envolvimento na pesquisa:** ao participar deste estudo a sra (sr) permitirá que o pesquisador e sua equipe realize avaliações da composição corporal (mensuração da gordura corporal, massa muscular), força muscular, de mobilidade (caminhada, equilíbrio), capacidade funcional (questionário sobre as atividades da vida diária), além de permitir que seja retirada amostra de sangue para análise bioquímica. Também, ao participar deste estudo, a sra (sr) permitirá ao pesquisador e sua equipe poder encaminhá-la (lo) a um determinado grupo de treinamento resistido (musculação) para aumento da força e/ou potência muscular. A sra (sr.) tem liberdade de se recusar a participar e ainda se recusar a continuar participando em qualquer fase da pesquisa, sem qualquer prejuízo para a sra (sr.). Sempre que quiser poderá pedir mais informações sobre a pesquisa através do telefone do pesquisador do projeto e, se necessário através do telefone do Comitê de Ética em Pesquisa.
4. **Sobre as entrevistas:** as entrevistas serão realizadas no momento inicial, pré treinamento, onde será preenchido questionário sobre dados pessoais, hábitos de vida, atividades da vida diária, condições de saúde e doença; neste momento, também serão avaliadas força e massa muscular, para encaminhamento da (o) sra (sr) a grupo de pessoas idosas sarcopênicas ou não sarcopênicas.
5. **Riscos e desconforto:** a participação nesta pesquisa não infringe as normas legais e éticas. Entretanto, alguns riscos e desconfortos poderão ser percebidos ao longo do estudo, sobretudo, dores musculares temporárias, principalmente na fase inicial do programa de treinamento e nas avaliações pré e pós treinamento, em decorrência da adaptação ao treinamento e da sobrecarga de avaliação (aumento dos pesos ao longo das semanas de

treinamento). Os procedimentos adotados nesta pesquisa obedecem aos Critérios da Ética em Pesquisa com Seres Humanos conforme Resolução no. 196/96 do Conselho Nacional de Saúde. Nenhum dos procedimentos usados oferece riscos à sua dignidade.

6. **Confidencialidade:** todas as informações coletadas neste estudo são estritamente confidenciais. Somente o pesquisador (e equipe de pesquisa) terão conhecimento de sua identidade e nos comprometemos a mantê-la em sigilo ao publicar os resultados dessa pesquisa.
7. **Benefícios:** ao participar desta pesquisa a sra (sr.) poderá ter, como benefício direto - caso seja designada (o) a grupos de treinamento - aumento da força e massa muscular, funcionalidade e mobilidade. Adicionalmente, esperamos que este estudo traga informações importantes sobre os diferentes tipos de treinamento resistido e suas respostas sobre a força, a massa muscular, a mobilidade, a funcionalidade e parâmetros bioquímicos, de forma que o conhecimento que será construído a partir desta pesquisa possibilite a profissionais da área da saúde a melhor escolher e otimizar programas de treinamento resistido para pessoas idosas, sarcopênicas ou não. O pesquisador se compromete a divulgar os resultados obtidos, respeitando-se o sigilo das informações coletadas, conforme previsto no item anterior.
8. **Pagamento:** a sra (sr.) não terá nenhum tipo de despesa para participar desta pesquisa, bem como nada será pago por sua participação.

Após estes esclarecimentos, solicitamos o seu consentimento de forma livre para participar desta pesquisa. Portanto preencha, por favor, os itens que se seguem: Confiro que recebi cópia deste termo de consentimento, e autorizo a execução do trabalho de pesquisa e a divulgação dos dados obtidos neste estudo.

Obs: Não assine esse termo se ainda tiver dúvida a respeito.

Consentimento Livre e Esclarecido

Tendo em vista os itens acima apresentados, eu, de forma livre e esclarecida, manifesto meu consentimento em participar da pesquisa

Nome do Participante da Pesquisa

Assinatura do Participante da Pesquisa

Assinatura do Pesquisador

Pesquisador: Professor Assistente Doutor Luís Alberto Gobbo – 18-3229-5729/8108-6273

Coordenadora do Comitê de Ética em Pesquisa: Profa. Dra. Edna Maria do Carmo

Vice-Coordenadora: Profa. Dra. Renata Maria Coimbra Libório

Telefone do Comitê: 3229-5315 ou 3229-5526 - E-mail cep@fet.unesp.br

Effects of linear versus nonperiodized resistance training on isometric force and skeletal muscle mass adaptations in sarcopenic older adults

Marcelo Conrado de Freitas^{1,2}, Caroline Galan de Souza Pereira^{1,4}, Vitor Cabrera Batista¹, Fabricio Eduardo Rossi⁵, Alex Silva Ribeiro^{6,7}, Edilson Serpeloni Cyrino⁷, Jason M. Cholewa⁸, Luis Alberto Gobbo^{1,2,4,*}

¹Skeletal Muscle Assessment Laboratory (LABSIM), Department of Physical Education, School of Technology and Sciences, São Paulo State University (UNESP), Presidente Prudente, Brazil

²Post Graduation Program in Movement Sciences, School of Technology and Sciences, São Paulo State University (UNESP), Presidente Prudente, Brazil

³Department of Nutrition, University of Western São Paulo (UNOESTE), Presidente Prudente, Brazil

⁴Post Graduation Program in Physical Therapy, School of Technology and Sciences, São Paulo State University (UNESP), Presidente Prudente, Brazil

⁵Immunometabolism of Skeletal Muscle and Exercise Research Group, Federal University of Piauí (UFPI), Teresina, Brazil

⁶Center for Research in Health Sciences, University of Northern Paraná (UNOPAR), Londrina, Brazil

⁷Metabolism, Nutrition, and Exercise Laboratory, Physical Education and Sport Center, Londrina State University (UEL), Londrina, Brazil

⁸Department of Kinesiology, Coastal Carolina University, Conway, SC, USA

The aim of this study was to compare the effects of linear periodization (LP) versus nonperiodized (NP) resistance training on upper-body isometric force and skeletal muscle mass (SMM) in sarcopenic older adults. Twenty sarcopenic older adults were randomly assigned into the LP and NP groups and performed 16 weeks of resistance training. The SMM was measured by octopolar bioelectrical impedance. The isometric force for handgrip and trunk were assessed by dynamometer. Evaluations were performed at baseline, after 4, 8, 12, and 16 weeks of resistance training. For total weight lifted, there was a main effect for time ($F=126.986$, $P<0.001$), statistically significant difference between condition ($F=13.867$, $P=0.001$) and interaction ($F=8.778$, $P<0.001$), whereby total weight lifted was greater for NP after 4 months of training. Isometric force for handgrip and trunk increased across time

($P<0.001$) but no significant differences between groups or interaction were observed ($P>0.05$). The SMM increased across time ($P<0.05$), however no significant difference between groups or interaction were observed ($P>0.05$). There were strong and significant correlations between handgrip maximum force and SMM (LP: $\rho=0.79$, $P=0.004$ vs. NP: $\rho=-0.43$, $P=0.244$) and handgrip mean force and SMM (LP: $\rho=0.68$, $P=0.021$ vs. NP: $\rho=-0.37$, $P=0.332$) only for the LP group. In conclusion, LP and NP resistance training induced similar benefits on upper-body isometric force and SMM in sarcopenic older adults. However, LP presented lower total weight lifted, suggesting that it is possible to obtain similar gains in isometric force and SMM with less total work.

Keywords: Strength training, Aging, Muscle mass, Periodization

INTRODUCTION

The aging process is characterized by decreases in the physiological functions of several organ systems and tissues (López-Otín et al., 2013). One of the most affected tissues with aging is skeletal muscle mass (SMM), where atrophy that occurs as a result of disease, poor nutrition, and a myriad other factors is accentuated

(Aniansson et al., 1986; Nilwik et al., 2013). This condition can be defined as sarcopenia, in which the muscle mass index (SMM/height²) is two standard derivations lower than the mean of healthy adults (Curcio et al., 2016). Sarcopenia has been reported to affect 5%–13% of people over 60 years of age and up to 50% of people over the age of 80 (von Haehling et al., 2010). The loss of muscle mass has been traditionally associated with reductions

*Corresponding author: Luis Alberto Gobbo luis.gobbo@unesp.br <https://orcid.org/0000-0003-4706-0000>
Skeletal Muscle Assessment Laboratory (LABSIM), Department of Physical Education, School of Technology and Sciences, São Paulo State University (UNESP), Rua Roberto Simonsen, 305, Bloco 3, Sala 2, CEP 19.060-900, Presidente Prudente, SP, Brazil
E-mail: luis.gobbo@unesp.br
Received: October 25, 2018 / Accepted: January 21, 2019

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

in functional capacity, impaired mobility, loss of independence, and an increased risk of falls and fractures (Alley et al., 2014; Lindemann et al., 2016; Manini et al., 2007). However, more recent research demonstrates that during aging muscular strength is lost at a rate of approximately 3–4 fold greater than muscle mass (Mitchell et al., 2012), which suggests that neuromuscular changes affecting muscular strength likely mediate much of the relationship between sarcopenia and reduced mobility (Visser et al., 2005). Muscle mass, on the other hand, serves important physiological functions, including providing a protein reservoir necessary to withstand disease conditions and to maintain plasma amino acid concentrations, glucose and fatty acid metabolism and disposal, and the maintenance of bone mass (Wolfe, 2006). Therefore, it seems pertinent to study interventions that simultaneously increase muscular strength and mass in the aging populations.

Resistance training is considered an efficient mode of physical exercise to induce gains in muscle mass, strength and functional capacity in older adults (Hunter et al., 2004; Liu and Latham, 2009; Nilwik et al., 2013) and is therefore recommended to attenuate the effects of sarcopenia in older adults (Aagaard et al., 2010; Roth et al., 2000). To potentiate the adaptations associated with resistance training, practitioners and sport scientists often manipulate training variables, such as volume, intensity, and intraset rest periods via the periodization of training. Periodization can be defined by the process of organizing a training program aiming to achieve peak physical performance while at the same time minimizing the risk of injuries and overtraining (Cunanan et al., 2018).

Among the different methods of organizing training is traditional or linear periodization (LP), characterized by a progressive reduction in training volume (repetitions) while increasing the training intensity (load) in the context of resistance training (Issurin, 2010). In young adults, a recent meta-analysis demonstrated that periodization promoted superior strength gains when compared with nonperiodized (NP) training protocols (Williams et al., 2017), however, it is currently unclear as to whether these superior gains in strength are the result of variations in training stimuli inherent to periodization or specificity of training as most NP protocols have been conducted in the 8 to 12 repetition range.

The strength and body composition effects comparing periodization to NP, or between different models of periodization in older adults, requires further investigation. DeBeliso et al. (2005) analyzed the effects of 18 weeks of twice-weekly NP resistance training with a set intensity of 9 repetition maximum (RM) versus LP encompassing 6-week blocks of 15 RM, 9 RM, and 6 RM on strength gains in untrained older adults. Both protocols in-

duced similar increases in maximum strength, measured via one-repetition maximum tests. In another study, Conlon et al. (2016) compared the effects of three different models of periodized training (linear, undulating, and NP) conducted 3 times per week for 22 weeks per week in older adults, and concluded that all three models of training promoted equal improvements in lipid profile, systolic blood pressure, maximal isometric strength, functional capacity, balance confidence, and body composition.

Despite several studies having analyzed the effects of resistance training with different periodization protocols in young adults (Kraemer et al., 2003; Monteiro et al., 2009; Moraes et al., 2013) and older adults (Conlon et al., 2016; DeBeliso et al., 2005), there are a lack of studies that have investigated the effects of LP versus NP training on strength and muscular adaptations in sarcopenic older adults. Understanding the effects of different resistance training protocols is of importance to fitness and healthcare professionals working with sarcopenic people, since lean body mass and strength are important, modifiable indicators of mortality (Bunout et al., 2011), and because the global life expectancy continues to increase.

Therefore, the purpose of this study was to analyze the effects of LP versus NP resistance training on upper-body strength and SMM gains in sarcopenic older adults, and to verify the relationship between strength and SMM adaptations in this population. We hypothesized that linear periodized resistance training would be more efficient than nonperiodization to improve upper-body strength and SMM in sarcopenic older adults.

MATERIALS AND METHODS

Experimental design

This study was carried out from September to December 2016 at the Department of Physical Education of São Paulo State University, Brazil. The participants were randomly assigned into two groups: LP and NP. Evaluations were performed at baseline, after 4, 8, 12, and 16 weeks of resistance training. At all evaluation time points upper-body isometric force (handgrip and trunk) and SMM were analyzed.

Subjects

The participants in this study were selected from a larger sample through cohort investigation (Fig. 1). The diagnosis of sarcopenia in this larger sample was verified through the evaluation of the appendicular muscle mass (ALST), measured by dual-energy X-ray absorptiometry, and maximal isometric voluntary contrac-

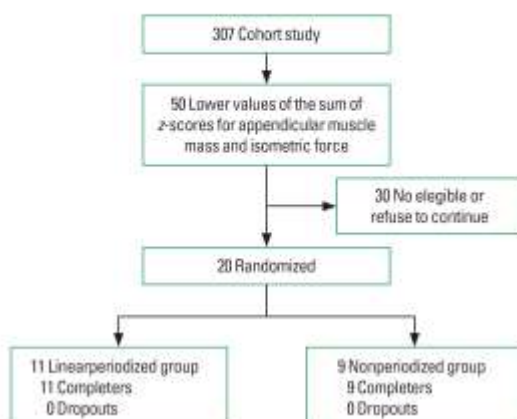


Fig. 1. Flowchart of the study.

tion (MIVC), measured by dynamometry. ALST was obtained from the quantification of the lean and soft tissue of upper and lower limbs, in kg, divided by height, in meters squared (kg/m) (Curcio et al., 2016). The MIVC was obtained in electronic dynamometer through handgrip. For the diagnosis of sarcopenia, the EWGSOP proposal (Cruz-Jentoft et al., 2010) was applied. Fifty older adults with lower values of the sum of z-scores for ALST and MIVC, according to gender, were invited to participate in the RT study. Of these, 20 accepted and were in accordance with inclusion criteria, including: free from disabling chronic advanced stages of cancer, kidney disease on hemodialysis treatment, hospitalization, and ability to ambulate without help. Twenty male and female older adults were selected to participate in this study, randomly divided into LP (age, 73.5 ± 11.5 years; weight, 70.7 ± 13.9 ; and height, 157.4 ± 8.3 ; $n = 11$, 5 male and 6 female) and NP (age, 73.0 ± 6.7 years; weight, 69.3 ± 9.3 ; and height, 159.9 ± 8.5 ; $n = 9$, 4 male and 5 female). The volunteers signed an informed consent to participate in this study. The study was approved by the Ethics Research Group of the Sao Paulo State University, Presidente Prudente Campus (approval number: 2.321.522), according to the norms of Resolution E196/96 of the National Health Council on research involving human subjects.

Procedures

Resistance training protocol

Participants were initially submitted to four familiarization sessions (2 weeks). After this, they performed 16 weeks of resistance training. In the first four weeks, all subjects executed the same protocol (three sets of 12–15 RM with 60–90 sec of rest between

sets, 2 days/wk). From the fifth week, the LP group performed 10 RM at weeks 5 to 8, 8 RM at weeks 9 to 12, and 5 RM at weeks 13 to 16. NP group maintained the same repetitions zone (12–15 RM). For both groups, the intensity of the resistance training was controlled through the zone of maximum repetitions. The load was adjusted weekly to maintain the number of repetitions prescribed, according to the (American College of Sports Medicine, 2009). The sets were executed until voluntary exhaustion, and in the case of the participants executing more or less the repetitions prescribed, the overload was adjusted in order to meet the respective training zone (Rossi et al., 2018). The training program was comprised of 8 exercises performed in the following order: chest press, leg press 45° , front pulldown, knee extension, arm curl, leg curl, triceps pushdown, and calf raises. The resistance training was practiced at the gym and the volunteers were accompanied by professional coaches to guarantee correct movements and safety. The participants were instructed not to perform any other type of physical exercise during the period of the study, so only the effect of resistance training can be evaluated. The total repetition and load were recorded for each session to calculate total volume lifted (repetition $\times$ load).

Isometric force

The isometric force of the participants was performed at baseline, after 4, 8, 12, and 16 weeks of resistance training and was estimated by electronic dynamometer (Power Din Standard, CE-FISE, Nova Odessa, SP, Brazil). Specific accessories were used for each segmental test, according to the recommendations of the manufacturer. The isometric contractions were performed 3 times, lasting 8 sec with 45 sec between repetitions. Maximum and mean force values were recorded (in kg) to determine handgrip and trunk isometric force. First, the participants performed the handgrip test, and the subjects remained seated with the dominant member on the table and angle of elbow flexion between 120° and 150° . After this, participants performed the trunk test, and the participants remained standing with knees fully extended and hip flexion in 120° .

Skeletal muscle mass

The SMM was performed at baseline, after 4, 8, 12, and 16 weeks of resistance training and was estimated by bioelectrical impedance using an octopolar InBody 720 device (Biospace, Seoul, Korea). The InBody 720 uses 8 contact points, 2 in contact with the palm and thumb of each hand and 2 in contact with the front and heel of each foot, allowing to evaluate 4 body mass com-

partments (total body water, proteins, minerals, and body fat mass). Five segmental impedances (right arm, left arm, trunk, right leg, and left leg) were measured at 1, 5, 30, 250, 500, and 1,000 kHz. The data were electronically exported to Excel using the Lookin'Body 3.0 software (Biospace, Seoul, Korea). All evaluations were performed at the time of the day (in the morning) in a fasted condition to ensure chronobiological control. Participants were instructed to urinate before the measures, refrain from ingesting food or drink in the previous 4 hr, avoid strenuous physical exercise for at least 24 hr and refrain from consumption of alcoholic for at least 48 hr. The bioelectrical impedance device was calibrated each day according to the manufacturer's recommendations and the exams were performed by the same professional in the pre- and postintervention periods.

Statistical analysis

The data normality was verified using the Shapiro–Wilk test. The Student *t*-test for independent samples was used to identify similarities at baseline. A 2 × 5 repeated measures analysis of variance with the Bonferroni adjustment for multiple comparisons was used to compare LP and NP across conditions and time, respectively. For all measured variables, the estimated sphericity was verified according to Mauchly *W*-test and the Greenhouse–Geisser correction was used when necessary. The Spearman rank correlation (ρ) was used to analyze the relationship between SMM

and strength. Statistical significance was set at $P < 0.05$. The effect size for total repetitions performed and workload was calculated via Cohen *d* [(treatment mean–placebo mean)/pooled standard deviation] whereby a value of > 0.20 was considered small, > 0.50 moderate, and > 0.80 large. The data were analyzed using the SPSS ver. 17.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

RESULTS

There were no significant differences between groups for age, body weight, height, and strength at the baseline. For total weight

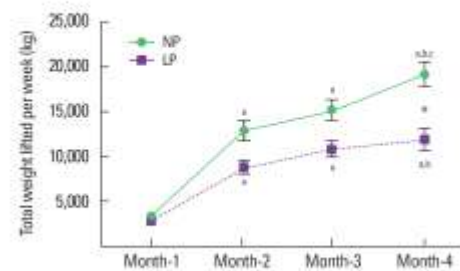


Fig. 2. Total weight lifted during resistance training. LP, linear periodization; NP, nonperiodization. *Bonferroni *post hoc* test with P -value < 0.05 compared to month-1. ^aBonferroni *post hoc* test with P -value < 0.05 compared to month-2. ^bBonferroni *post hoc* test with P -value < 0.05 compared to month-3. *Statistically significant differences between NP and LP group.

Table 1. Skeletal muscle mass and upper-body isometric force during the training program

Variable	Baseline	Week 4	Week 8	Week 12	Week 16	Δ	ES	P-value	
								Moment	Interaction
SMM (kg)									
LP	40.5±7.9	40.8±8.6	40.8±8.0	40.9±7.9	41.1±8.4	0.6	0.07	0.028	0.472
NP	39.1±5.9	39.5±6.4	40.3±6.4	40.1±6.2	40.0±6.4	0.9	0.15		
HFmax (kg)									
LP	20.17±8.0	18.83±8.1	22.09±10.2	24.19±10.9	26.33±10.4	6.16	0.67	< 0.001	0.790
NP	19.80±4.4	18.87±6.1	21.09±5.4	22.74±6.0	24.37±5.8	4.57	0.90		
HFmean (kg)									
LP	16.11±5.4	18.83±8.1	18.7±8.2	20.25±9.1	22.15±9.1	6.04	0.83	< 0.001	0.815
NP	16.50±3.6	18.87±6.1	17.61±4.6	19.34±5.2	20.77±5.1	4.27	0.98		
TFmax (kg)									
LP	53.45±23.9	56.21±29.5	63.97±23.9	76.33±30.1	76.05±30.8	22.60	0.84	< 0.001	0.918
NP	56.71±17.9	62.12±15.9	66.37±13.8	79.55±19.3	77.20±19.5	20.49	1.10		
TFmean (kg)									
LP	42.91±18.9	45.82±23.0	49.15±17.4	62.14±22.4	61.07±24.3	18.16	0.84	< 0.001	0.995
NP	45.40±13.4	50.34±11.6	53.19±14.1	65.49±16.0	64.99±21.4	19.59	1.13		

Values are presented as mean ± standard deviation.

ES, effect size; SMM, Skeletal muscle mass; HFmax, maximum handgrip force; HFmean, mean handgrip force; TFmax, maximum trunk force; TFmean, mean trunk force; LP, linear periodization; NP, nonperiodization.

lifted (Fig. 2), there was a main effect for time ($F = 126.986$, $P < 0.001$, $\eta^2 = 0.90$), statistically significant differences between condition ($F = 13.867$, $P = 0.001$) and an interaction ($F = 8.778$, $P < 0.001$). Total volume increased across time for NP and LP, and NP completed significantly more volume than LP after 4 months of training. Table 1 shows the differences in SMM and isometric force performed across time and between groups.

For SMM ($F = 2.889$, $P = 0.028$) there was a main effect of time, however no significant differences between groups or interactions were observed ($P > 0.05$). For maximum handgrip force ($F = 18.061$, $P < 0.001$) and mean handgrip force ($F = 18.061$, $P < 0.001$) there were main effects of time but no significant differences between groups or interactions were observed ($P > 0.05$). For maximum trunk force ($F = 27.259$, $P < 0.001$) and mean trunk force ($F = 26.112$, $P < 0.001$) there was a main effect of time but no significant differences between groups or interactions were observed ($P > 0.05$).

In relation to the relationship between SMM changes (Δ after 16 weeks) and isometric force (Δ after 16 weeks) in each group, there were strong and significant correlations between maximum trunk force and SMM (LP: $\rho = 0.79$, $P = 0.004$ vs. NP: $\rho = -0.27$, $P = 0.488$) and mean trunk force with the SMM (LP: $\rho = 0.78$, $P = 0.004$ vs. NP: $\rho = -0.07$, $P = 0.865$) only for LP. Regarding to maximum handgrip force and SMM (LP: $\rho = 0.79$, $P = 0.004$ vs. NP: $\rho = -0.43$, $P = 0.244$) and mean handgrip force and SMM (LP: $\rho = 0.68$, $P = 0.021$ vs. NP: $\rho = -0.37$, $P = 0.332$) there were strong and significant correlations only for LP again.

DISCUSSION

The present study investigated the effect of LP versus NP resistance training for 16 weeks on isometric force gains and muscular adaptations in sarcopenic older adults. The main findings of this study were that LP and NP resistance training promoted similar gains of upper-body isometric force (handgrip and trunk) and SMM. However, LP presented lower total weight lifted, suggesting that it is possible obtain similar gains in isometric force and SMM with less total work. In addition, there was a strong correlation between muscular strength and SMM only for LP.

To our knowledge, this is the first study to investigate the effects of LP versus NP resistance training in a sarcopenic older population. For healthy older adults, there are only a few studies that have compared the effect of periodized resistance training versus NP. Conlon et al. (2016) investigated the effect of 22 weeks of LP, DUP, and NP resistance training on physical function and

health in untrained older adults. NP group maintained the same zone of repetition (10 repetitions) during all weeks. The LP group performed 15 repetitions at sessions 1–11, 10 repetitions at session 12–22, 5 repetitions at session 23–33 and equal block in sessions 34 until 60. Daily undulating periodization training was performed in all weeks with 15 repetitions at first session, 10 repetitions at second session and 5 repetitions at third session. The results showed that LP, DUP, and NP promoted similar changes in body composition, lipid profile, systolic blood pressure, maximal strength, functional capacity, and measures of balance efficacy.

Another study analyzed the effect of 18 weeks of LP versus NP resistance training on strength gains in untrained older adults. The LP group performed 15 RM at weeks 1–6, 9 RM at weeks 7–12 and 6 RM at weeks 13–18. NP group maintained 9 RM during all weeks. The authors found similar strength gains in LP and NP group (DeBeliso et al., 2005). In agreement with these studies, Hunter et al. (2001) showed that 25 weeks of DUP and NP resistance training generated equally results on strength and body composition in untrained older adults.

Our results corroborated with the findings of Conlon et al. (2016), DeBeliso et al. (2005), and Hunter et al. (2001), that periodized resistance training promoted similar results compared with NP in untrained sarcopenic older adults. In our study, the LP and NP group experienced similar increases in upper-body isometric force (handgrip and trunk) and SMM. On the other hand, our results also slightly differ from DeBeliso et al. (2005). In DeBeliso et al. (2005) total training volume and average training intensity were equated between groups. This diverges from traditional periodization, including our study, whereby increases in intensity (i.e., from a 9 RM to a 6 RM) are usually matched by decreases in volume. In the present study similar increases in muscle mass and muscular strength were observed despite a significantly lower workload in the LP group. Given reduced work capacities and prolonged recovery periods from resistance training in older adults (Sueta, 2017), our results suggest that periodized resistance training may more efficiently induce neuromuscular adaptations in older adults; however, more research is necessary to verify this hypothesis.

We found a significant relationship between changes in muscle mass and strength only in the LP group. Other studies have reported similar results, in which the increase of muscle strength was significantly correlated with muscle mass gains in older adult populations (Chen et al., 2013; Hayashida et al., 2014). Traditional periodization logic calls for first increasing force production potential by inducing morphological adaptations (i.e., increasing

myofibril proteins) through higher repetition training (i.e., 8 to 15 RM), and then to maximize force production per unit of muscle mass by inducing neurological adaptations via high intensity (<5 RM) training (Issurin, 2010). It is interesting that despite no difference in muscle or strength outcomes between groups, a strong relationship between changes in muscle mass and strength were only found in the LP group. Given that there were no interactions and both groups increased across time rather similarly, our results do not support the periodization hypothesis in sarcopenic subjects. Based on these findings, periodization of resistance training in untrained sarcopenic older adults is not necessary to induce superior results in strength and muscle mass gains, demonstrating that in the initial phase of training progressive overload is the most important variable to promote neuromuscular adaptations.

A decrease in SMM in conjunction with reduced neuromuscular potential in sarcopenic people leads to a reduction in muscular strength which ultimately results in a decreased functional capacity, difficulties completing activities of daily living, increased risk of falls and fractures, and lowered quality of life (Alley et al., 2014; Lindemann et al., 2016; Manini et al., 2007). Additionally, lean mass is an important indicator of morbidity and mortality (Bunout et al., 2011); therefore, our results highlight the benefits of regular resistance training and emphasize that both models of training could be used as a strategy to increase SMM and strength in sarcopenic older individuals. This study suggests that during the initial phase of training, in untrained older adults, coaches and trainers should focus predominantly on progressive overload to promote adaptations. On the other hand, when coaches and trainers are looking to induce muscle mass and strength gains with less total work, LP may be applied.

The limitations of this study need to be considered when interpreting the findings. The intervention time (16 weeks) may have been insufficient to verify differences between different types of training. Moreover, we can speculate that the variation of load and repetitions in the periodized group was too close to the NP group to promote a different stimulus and, thus, induce divergent adaptations. Therefore, experiments using a wide range of load and repetitions (e.g., 20, 10, and 5 RM) may elicit different results. Thus, we recommend future studies analyze longer periods of training and different periodization programs, including lower repetitions (i.e., 1–4 repetition). Additionally, we cannot directly comment on the transfer of strength in these programs to functional outcomes, and therefore future studies should also assess functional capacity, hemodynamics, and metabolic adaptations. Finally, two nonspecific isometric tests for handgrip and trunk

were applied, which could produce lower estimations of muscular strength, as the resistance training program consisted of isotonic exercises and did not train lumbar extension.

In conclusion, 16 weeks of linear or non-periodization resistance training induced similar benefits on upper-body isometric force and SMM in sarcopenic older adults. However, LP presented lower total weight lifted, suggesting that it is possible to obtain similar gains in strength and SMM with less total work in this population. In addition, there were relationships between strength and SMM only for LP.

CONFLICT OF INTEREST

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

REFERENCES

- Aagaard P, Suetta C, Caserotti P, Magnusson SP, Kjaer M. Role of the nervous system in sarcopenia and muscle atrophy with aging: strength training as a countermeasure. *Scand J Med Sci Sports* 2010;20:49-64.
- Alley DE, Shardell MD, Peters KW, McLean RR, Dam TT, Kenny AM, Fraga MS, Harris TB, Kiel DP, Guralnik JM, Ferrucci L, Kritchevsky SB, Studenski SA, Vassileva MI, Cawthon PM. Grip strength cutpoints for the identification of clinically relevant weakness. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2014;69:559-566.
- American College of Sports Medicine. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* 2009;41:687-708.
- Aniasson A, Hedberg M, Henning GB, Grimby G. Muscle morphology, enzymatic activity, and muscle strength in elderly men: a follow-up study. *Muscle Nerve* 1986;9:585-591.
- Bunout D, de la Maza MP, Barrera G, Leiva L, Hirsch S. Association between sarcopenia and mortality in healthy older people. *Australas J Ageing* 2011;30:89-92.
- Chen L, Nelson DR, Zhao Y, Cui Z, Johnston JA. Relationship between muscle mass and muscle strength, and the impact of comorbidities: a population-based, cross-sectional study of older adults in the United States. *BMC Geriatr* 2013;13:74.
- Conlon JA, Newton RU, Tufano JJ, Banyard HG, Hopper AJ, Ridge AJ, Haff GG. Periodization strategies in older adults: impact on physical function and health. *Med Sci Sports Exerc* 2016;48:2426-2436.
- Cruz-Jentoft AJ, Baeyens JP, Bauer JM, Boirie Y, Cederholm T, Landi F, Martin FC, Michel JP, Rolland Y, Schneider SM, Topinková E, Vandewoude M, Zamboni M; European Working Group on Sarcopenia in

- Older People. Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis: report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People. *Age Ageing* 2010;39:412-423.
- Cunanan AJ, DeWeese BH, Wagle JP, Carroll KM, Sausaman R, Hornsby WG 3rd, Haff GG, Triplett NT, Pierce KC, Stone MH. The general adaptation syndrome: a foundation for the concept of periodization. *Sports Med* 2018;48:787-797.
- Curcio F, Ferro G, Basile C, Liguori I, Parrella P, Pirozzi F, Della-Morte D, Gargiulo G, Testa G, Tocchetti CG, Bonaduce D, Abete P. Biomarkers in sarcopenia: a multifactorial approach. *Exp Gerontol* 2016;85:1-8.
- DeBeliso M, Harris C, Spitzer-Gibson T, Adams KJ. A comparison of periodized and fixed repetition training protocol on strength in older adults. *J Sci Med Sport* 2005;8:190-199.
- Hayashida I, Tanimoto Y, Takahashi Y, Kusabiraki T, Tamaki J. Correlation between muscle strength and muscle mass, and their association with walking speed, in community-dwelling elderly Japanese individuals. *PLoS One* 2014;9:e111810.
- Hunter GR, McCarthy JP, Bamman MM. Effects of resistance training on older adults. *Sports Med* 2004;34:329-348.
- Hunter GR, Weitzstein CJ, McLafferty CL Jr, Zuckerman PA, Landers KA, Bamman MM. High-resistance versus variable-resistance training in older adults. *Med Sci Sports Exerc* 2001;33:1759-1764.
- Issurin VB. New horizons for the methodology and physiology of training periodization. *Sports Med* 2010;40:189-206.
- Kraemer WJ, Hakkinen K, Triplett-McBride NT, Fry AC, Koziris LP, Ratamess NA, Bauer JE, Volek JS, McConnell T, Newton RU, Gordon SE, Cummings D, Hauth J, Pullo F, Lynch JM, Fleck SJ, Mazzetti SA, Knuttgen HG. Physiological changes with periodized resistance training in women tennis players. *Med Sci Sports Exerc* 2003;35:157-168.
- Lindemann U, Mohr C, Machann J, Blatzonis K, Rapp K, Becker C. Association between thigh muscle volume and leg muscle power in older women. *PLoS One* 2016;11:e0157885.
- Liu CJ, Latham NK. Progressive resistance strength training for improving physical function in older adults. *Cochrane Database Syst Rev* 2009;(3):CD002759.
- López-Otin C, Blasco MA, Partridge L, Serrano M, Kroemer G. The hallmarks of aging. *Cell* 2013;153:1194-1217.
- Manini TM, Visser M, Won-Park S, Patel KV, Strotmeyer ES, Chen H, Goodpaster B, De Rekeneire N, Newman AB, Simonsick EM, Kritchevsky SB, Ryder K, Schwartz AV, Harris TB. Knee extension strength cut-points for maintaining mobility. *J Am Geriatr Soc* 2007;55:451-457.
- Mitchell WK, Williams J, Atherton P, Larvin M, Lund J, Narici M. Sarcopenia, dynapenia, and the impact of advancing age on human skeletal muscle size and strength: a quantitative review. *Front Physiol* 2012;3:260.
- Monteiro AG, Aoki MS, Evangelista AL, Alveno DA, Monteiro GA, Piçarro Ida C, Ugrasnowitsch C. Nonlinear periodization maximizes strength gains in split resistance training routines. *J Strength Cond Res* 2009;23:1321-1326.
- Moraes E, Fleck SJ, Ricardo Dias M, Simão R. Effects on strength, power, and flexibility in adolescents of nonperiodized vs. daily nonlinear periodized weight training. *J Strength Cond Res* 2013;27:3310-3321.
- Nilwik R, Snijders T, Leenders M, Groen BB, van Kranenburg J, Verdijk LB, van Loon LJ. The decline in skeletal muscle mass with aging is mainly attributed to a reduction in type II muscle fiber size. *Exp Gerontol* 2013;48:492-498.
- Rossi FE, Diniz TA, Fortaleza AC, Neves LM, Picolo MR, Monteiro PA, Buonani C, Lira FS, Freitas IF Jr. Concurrent training promoted sustained anti-atherogenic benefits in the fasting plasma triacylglycerolemia of postmenopausal women at 1-year follow-up. *J Strength Cond Res* 2018;32:3564-3573.
- Roth SM, Ferrell RE, Hurley BF. Strength training for the prevention and treatment of sarcopenia. *J Nutr Health Aging* 2000;4:143-155.
- Sueta C. Plasticity and function of human skeletal muscle in relation to disuse and rehabilitation: Influence of ageing and surgery. *Dan Med J* 2017;64(8). pii: 85377.
- Visser M, Goodpaster BH, Kritchevsky SB, Newman AB, Nevitt M, Rubin SM, Simonsick EM, Harris TB. Muscle mass, muscle strength, and muscle fat infiltration as predictors of incident mobility limitations in well-functioning older persons. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2005;60:324-333.
- von Haehling S, Morley JE, Anker SD. An overview of sarcopenia: facts and numbers on prevalence and clinical impact. *J Cachexia Sarcopenia Muscle* 2010;1:129-133.
- Williams TD, Tolusso DV, Fedewa MV, Esco MR. Comparison of periodized and non-periodized resistance training on maximal strength: a meta-analysis. *Sports Med* 2017;47:2083-2100.
- Wolfe RR. The underappreciated role of muscle in health and disease. *Am J Clin Nutr* 2006;84:475-482.