

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA INTERINSTITUCIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
FISIOLÓGICAS – UFSCar/UNESP

SAMUEL DOMINGOS SOLIGON

**TREINAMENTO SUSPENSO VS. TREINAMENTO DE FORÇA TRADICIONAL:
EFEITOS NA MASSA MUSCULAR, FORÇA E DESEMPENHO FUNCIONAL EM
IDOSOS**

**São Carlos
2020**

SAMUEL DOMINGOS SOLIGON

TREINAMENTO SUSPENSO VS. TREINAMENTO DE FORÇA TRADICIONAL:
EFEITOS NA MASSA MUSCULAR, FORÇA E DESEMPENHO FUNCIONAL EM
IDOSOS

Dissertação apresentada à banca examinadora
como requisito para obtenção do título de
mestre pelo Programa Interinstitucional de Pós-
Graduação em Ciências Fisiológicas da
Universidade Federal de São Carlos.

Orientador: Prof. Dr. Cleiton Augusto Libardi.

São Carlos

2020



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências Biológicas e da Saúde
Programa Interinstitucional de Pós-Graduação em Ciências Fisiológicas

Folha de Aprovação

Defesa de Dissertação de Mestrado do candidato Samuel Domingos Soligon, realizada em 18/09/2020.

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Cleiton Augusto Libardi (UFSCar)

Prof. Dr. Carlos Ugrinowitsch (USP)

Prof. Dr. Wladimir Rafael Beck (UFSCar)

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

O Relatório de Defesa assinado pelos membros da Comissão Julgadora encontra-se arquivado junto ao Programa Interinstitucional de Pós-Graduação em Ciências Fisiológicas.

AGRADECIMENTOS

À Deus.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Cleiton Libardi, pelo apoio e orientação durante todo o processo para a obtenção do título de Mestre.

Aos meus pais, Jesus Ângelo Soligon e Isabel Donizeti Navari Soligon, por sempre me incentivarem e me darem todo o suporte sempre que necessário.

Aos meus voluntários pelo comprometimento e determinação do início ao final deste projeto de pesquisa.

À CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pelo apoio financeiro (Processo: 88882.426911/2019-01).

LISTA DE FIGURAS

Figura. 1 Exercícios nos diferentes modelos de treinamento. Treinamento de força tradicional (TFT): agachamento *Smith* (a), mesa flexora (b), remada máquina (c), supino horizontal máquina (d), elevação de ombros frontal na barra (e), rosca bíceps banco *Scott* na barra “W” (f). Treinamento suspenso (TS): agachamento ou variação para agachamento unilateral (g), flexão de isquiotibiais (h), remada invertida (i), supino (j), elevação de ombros em “Y” (k), e rosca bíceps (l).....24

Figura. 2 Espessura muscular (EM) do bíceps braquial (a), vasto lateral (b), força máxima (1RM) da rosca bíceps (c), extensão do joelho (d) no basal (Pre) e após 12 semanas (Pós) de treinamento de força tradicional (TFT), treinamento suspenso (TS) and grupo controle (CON). *Diferença significativa de Pré (interação de grupo vs. Tempo; $P < 0,0001$). Valores apresentados em média \pm DP.....28

Figura. 3 Velocidade máxima de marcha (VMM) (a), sentar e levantar da cadeira (SL) (b), *timed up and go* (TUG) (c) valores basais (Pré) e após 12 semanas (Pós) para o treinamento de força tradicional (TFT), treinamento suspenso (TS) e grupo controle (CON). *Diferença significativa de Pré (interação de grupo vs. Tempo; $P < 0,0001$). #Diferença significativa do CON nos respectivos tempos (efeito principal de grupo; $P \leq 0,05$). Valores apresentados em média \pm DP.....30

SUMÁRIO

RESUMO	9
ABSTRACT	10
1 APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA	11
2 OBJETIVOS	16
3 HIPÓTESES	16
4 ARTIGO ORIGINAL	16
5 INTRODUÇÃO	17
6 MÉTODOS	18
6.1 Participantes	18
6.2 Desenho experimental	19
6.3 Espessura muscular (EM)	20
6.4 Teste de força máxima dinâmica	20
6.5 Testes de desempenho funcional	21
6.5.1 <i>Sentar e levantar da cadeira (SL)</i>	21
6.5.2 <i>Timed up and go (TUG)</i>	21
6.5.3 <i>Velocidade máxima de marcha (VMM)</i>	22
6.6 Protocolos de treinamento	22
6.6.1 <i>Treinamento de força tradicional (TFT)</i>	22
6.6.2 <i>Treinamento suspenso (TS)</i>	23
6.7 Análises estatísticas	24
7 RESULTADOS	25
7.1 Participantes	25
7.2 Valores de base	26
7.3 Espessura muscular	26
7.4 Força muscular	26
7.5 Velocidade máxima de marcha (VMM)	29

7.6	Sentar e levantar da cadeira (SL)	29
7.7	Timed up and go (TUG).....	29
8	<i>DISCUSSÃO</i>	31
9	<i>CONCLUSÃO</i>	33
	<i>REFERÊNCIAS</i>	34
	<i>ANEXOS</i>	44

RESUMO

Objetivo Comparar os efeitos do treinamento suspenso (TS) e do treinamento de força tradicional (TFT) na massa muscular, força e desempenho funcional em idosos.

Métodos Quarenta e dois idosos não treinados foram randomizados em: TFT, TS ou grupo controle (CON). A mensuração da espessura muscular (EM) do bíceps braquial (EM_{BB}) e vasto lateral (EM_{VL}), o teste de uma repetição máxima (1RM) para rosca bíceps ($1RM_{RB}$) e extensão do joelho (EM_{EJ}) e os testes de desempenho funcional (sentar e levantar da cadeira [SL], *timed up and go* [TUG], e velocidade máxima de marcha [VMM]) foram realizados antes e depois de 12 semanas de treinamento.

Resultados EM_{BB} e EM_{VL} aumentaram significativamente e similarmente para todos os grupos de treinamento (TFT: 23,35% e TS: 21,56%; TFT: 13,03% e TS: 14,07%, respectivamente). Não houve alterações para o CON na EM_{BB} e EM_{VL} (0,36% e 1,91%, respectivamente). $1RM_{RB}$ e $1RM_{EJ}$ aumentaram significativamente e similarmente para todos os grupos de treinamento (TFT: 16,06% e TS: 14,33%; TFT: 14,89% e TS: 18,06%, respectivamente). Não houve alterações para o CON na EM_{BB} e EM_{VL} (0,47% e 3,43%, respectivamente). VMM aumentou significativamente e similarmente para todos os grupos (TFT: 6,26%; TS: 5,99%; CON: 2,87%). O teste de SL diminuiu significativamente e similarmente para todos os grupos de treinamento (TFT: -20,80%; TS: -15,73%). O teste de TUG diminuiu significativamente e similarmente para todos os grupos de treinamento (TFT: -8,66%; TS: -9,16%). Não houve alterações para o CON no TUG (-0,05%).

Conclusão O TS promove aumentos similares na massa muscular e força e melhoras similares no desempenho funcional quando comparado ao TFT em idosos.

ABSTRACT

Purpose We compared the effects of suspension training (ST) with traditional resistance training (TRT) on muscle mass, strength and functional performance in older adults.

Methods Forty-two untrained older adults were randomized in TRT, ST (both performed 3 sets of whole body exercises to muscle failure) or control group (CON). Muscle thickness (MT) of biceps brachii (MT_{BB}) and vastus lateralis (MT_{VL}), maximal dynamic strength test (1RM) for biceps curl (1RM_{BC}) and leg extension exercises (1RM_{LE}), and functional performance tests (chair stand [CS], timed up and go [TUG] and maximal gait speed [MGS]) were performed before and after 12 weeks of training.

Results MT_{BB} and MT_{VL} increased significantly and similarly for both training groups (TRT: 23.35% and ST: 21.56%; TRT: 13.03% and ST: 14.07%, respectively). No changes were found in CON to MT_{BB} and MT_{VL} (0.36% and 1.91%, respectively). 1RM_{BC} and 1RM_{LE} increased significantly and similarly for both training groups (TRT: 16.06% and ST: 14.33%; TRT: 14.89%; ST: 18.06%, respectively). No changes were found in CON to 1RM_{BC} and 1RM_{LE} (0.47% and 3.43%, respectively). MGS increased significantly and similarly for all groups (TRT: 6.26%; ST: 5.99%; CON: 2.87%). CS decreased significantly and similarly for all training groups (TRT: -20.80%; ST: -15.73%). TUG decreased significantly and similarly for all training groups (TRT: -8.66%; ST: -9.16%). No changes were found in CON to TUG (-0.05%).

Conclusion ST promotes similar muscle mass, strength and functional performance improvements compared to TRT in older adults.

1 APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA

Segundo as novas projeções da Organização das Nações Unidas (ONU), a população mundial vai passar dos atuais 7,79 bilhões de habitantes em 2020 para 8,2 bilhões em 2025, com 1,22 bilhões de idosos. Nos próximos 5 anos haverá um acréscimo de 171 milhões de idosos (60 anos ou mais) no mundo (UNITED NATIONS, 2019). Especificamente no Brasil, o processo de envelhecimento populacional é ainda mais rápido quando comparado aos dados globais. Em termos relativos, a população idosa brasileira de 60 anos ou mais representa 14% do total de habitantes em 2020 e estima-se que deve atingir 29,4% em 2050 (UNITED NATIONS, 2019). Essencialmente, o envelhecimento está associado à reduções na massa muscular e força e desempenho funcional (e.g., reduções no equilíbrio, desempenho motor, controle e mobilidade), o que aumenta o riscos de quedas, fraturas e até mesmo ao óbito (FRONTERA *et al.*, 2008; ACSM 2009; MORLEY *et al.*, 2014; MARTY *et al.*, 2017; MCGLORY *et al.*, 2019). Portanto, é imperativo o desenvolvimento de estratégias de intervenção que objetivem a manutenção ou melhora desses parâmetros durante o processo de envelhecimento visando uma melhor qualidade de vida dos idosos.

Uma estratégia amplamente recomendada para mitigar as alterações na massa muscular, força e desempenho funcional relacionadas ao envelhecimento, é a prática regular do treinamento de força (ACSM 2009). De fato, o treinamento de força tradicional (TFT), o qual é realizado em máquinas ou pesos livres (e.g., barras, anilhas e halteres), com cargas moderadas e altas, velocidade lenta e frequência de pelo menos duas vezes por semana é considerado o modo mais eficiente para manter e aumentar a massa e força muscular de idosos (ACSM 2009; GARBER *et al.*, 2011; FRAGALA *et al.*, 2019), incluindo os com idades mais avançadas (> 75 anos) (GRGIC *et al.*, 2020). De fato, ganhos ótimos de massa muscular e força podem ser obtidos por meio da utilização de baixas ou altas intensidades (e.g., cargas entre 30-80% de uma repetição máxima [1-RM]), em diferentes zonas de repetições (e.g., 25-30, 15-20 ou 8-12 repetições), desde que o exercício seja realizado até a falha muscular concêntrica (i.e., ponto em que o indivíduo não consegue realizar mais repetições no padrão de movimento considerado adequado) (VAN ROIE *et al.*, 2013; REID *et al.*, 2015; SCHOENFELD *et al.*, 2016; NÓBREGA *et al.*, 2018). No entanto, embora o TFT seja amplamente recomendado para o aumento de massa e força muscular, esse treinamento produz um pequeno ou nenhum efeito em alguns parâmetros de desempenho funcional (DE VREEDE *et al.*, 2005; LIU,

LATHAM, 2009; LIU, LATHAM, 2011; VASCONCELOS *et al.*, 2016). Em uma metanálise, Liu e Lathan (2009) utilizaram 121 artigos compostos por indivíduos com mais de 60 anos e demonstraram que o TFT produz um efeito grande na força muscular. Por outro lado, ao analisar alguns testes de desempenho funcional (e.g., teste de sentar e levantar da cadeira e velocidade de marcha [medido em m/s]) os pesquisadores observaram que o TFT promove efeitos pequenos ou inexistentes nesses parâmetros (LIU, LATHAM, 2009). Provavelmente, uma das possíveis explicações para esses achados pode ser a ausência de instabilidade nos protocolos de TFT. Estudos que investigaram os efeitos da associação do TFT a acessórios como bolas de equilíbrio, plataformas instáveis e outros dispositivos, verificaram que essa combinação é capaz de induzir instabilidade nos praticantes durante o exercício (BEHM, ANDERSON, 2006; BEHM *et al.*, 2010; BEHM *et al.*, 2015). Ademais, estudos agudos suportam a ideia de que ambientes instáveis geram maior ativação dos músculos do *core* (i.e., grupos de músculos compostos por abdominais, glúteos, paraespinhais e assoalho pélvico) (GRINGMUTH, JACKSON, 2000), exigindo maior esforço dessa musculatura para manter o equilíbrio, uma vez que esse grupo muscular permite a propagação de força para as extremidades do corpo (SHINKLE *et al.*, 2012; GRANACHER *et al.*, 2013; AGUILERA-CASTELLS *et al.*, 2018), o que pode contribuir para a melhora do desempenho funcional após um período de treinamento. Além disso, incluir um componente de equilíbrio para programas de treinamento pode reduzir a incidência de quedas em idosos (SHERRINGTON *et al.*, (2017). Nesse sentido, Pirauá *et al.*, (2019), randomizaram 64 indivíduos idosos em grupos experimentais que combinavam ou não exercícios com acessórios de instabilidade: TFT (leg press 45°, supino com halteres, remada unilateral com halter, prancha, ponte e exercícios abdominais); TF com instabilidade (mesmo exercícios do TFT realizados com acessórios de instabilidade (i.e., BOSU[®], disco de equilíbrio, e bola suíça). Os resultados revelaram que após 24 semanas de treinamento, apenas o grupo TF com instabilidade melhorou o desempenho funcional. Similarmente, Silva-Batista *et al.*, (2016) randomizaram 39 idosos com doença de Parkinson em 3 grupos: grupo controle (sem exercício), TFT, e TF realizado com instabilidade (e.g., agachamento no BOSU[®], disco de equilíbrio, bola suíça e prancha de equilíbrio). Os resultados demonstraram que ambos os grupos de treinamento aumentaram a força muscular, mas somente o TF com instabilidade apresentou melhora no teste de *timed up and go* (TUG). Dessa forma, realizar o TF com acessórios de

instabilidade (e.g., dispositivos de suspensão, bola suíça, discos de equilíbrio) pode promover melhores resultados no desempenho funcional quando comparado ao TFT (SILVA-BATISTA *et al.*, 2016; PIRAUÁ *et al.*, 2019). Além disso, o treinamento com instabilidade pode melhorar o desempenho funcional e ganhos de força devido às exigências de uma rápida e potente ativação dos músculos agonistas e antagonistas (SILVA-BATISTA *et al.*, 2017). Coletivamente, os estudos apontam que estratégias de treinamento capazes de gerar instabilidade nos praticantes durante o exercício, podem ser capazes de promover maiores benefícios no desempenho funcional.

Nesse sentido, o treinamento suspenso (TS) pode ser um candidato para aumentar desempenho funcional em idosos e ainda promover ganhos de massa e força muscular, pois é capaz de produzir um estímulo progressivo nos músculos alvo e uma maior ativação da musculatura do *core* (BYRNE *et al.*, 2014; MATÉ-MUÑOZ *et al.*, 2014; MOK *et al.*, 2015; CUGLIARI, BOCCIA, 2017; MA *et al.*, 2017). O TS (uma forma de treinamento bem mais recente que o TFT) foi desenvolvido em 1997 por Randy Hetrick, ex-oficial da marinha norte Americana (ALGIERI, 2017). Em uma entrevista para o site “*Equilibrium – Total Balance*” Randy disse: “*Eu estava buscando formas de realizar um treino para exercitar os músculos envolvidos na escalada e como não possuía nenhum tipo de equipamento de treinamento em meu ambiente de trabalho (e.g., submarinos e alojamentos), confeccionei a primeira fita de suspensão utilizando uma corda de jiu-jitsu e tiras de nylon*” (ALGIERI, 2017). Segundo o autor, o primeiro exercício existente no TS foi o *Power Pull* (i.e., exercício em que o praticante segura a fita de suspensão com apenas uma mão, e a mão contralateral realiza movimentos para trás, em direção ao solo, e para cima, em direção ao ponto de ancoragem da fita, realizando uma rotação do tronco) (acessar vídeo em Mayatt, 2016). Posteriormente, Randy aprimorou as técnicas do TS por meio de cordas de paraquedas e em 2001 criou o método de treinamento chamado TRX® (*Total Resistance Exercise*), o qual se popularizou rapidamente, tornando-se um sucesso, sobretudo nas forças armadas dos EUA, academias e nos ambientes esportivos (e.g., *coach* esportivo, *personal trainers*) (TRXTRAINING, 2020). Embora no TS o aumento da intensidade não seja realizado através da adição de pesos durante o exercício, como realizado no TFT, é possível progredir a intensidade do TS por meio de ajustes no posicionamento dos segmentos corporais dos participantes em relação ao solo, o que garante uma progressão constante de estímulo aos músculos exercitados. Além disso, assim como no TFT, é possível realizar o exercício até a falha muscular concêntrica dentro de uma determinada zona-alvo de repetições (e.g., 10-15 repetições), ou até mesmo

executar os exercícios com somente um dos membros para que a falha muscular seja alcançada na zona de repetições estipulada. No entanto, apesar do TS ser um bom candidato para promover ganhos de massa muscular, força e desempenho funcional, poucos e inconclusivos estudos relacionados a essa temática são encontrados na literatura. Em uma busca na base de dados PubMed usando os termos *TRX training* e *suspension training*, foram encontrados um total de 30 estudos, sendo 16 agudos, 1 estudo de revisão sistemática, 1 artigo de opinião e 12 crônicos. Em relação aos estudos agudos, a maior parte deles analisaram a ativação (i.e., amplitude do sinal eletromiográfico [EMG]) dos músculos do *core* (e.g., reto abdominal, transverso do abdômen, oblíquo interno, oblíquo externo, multífidus, eretores da espinha e glúteo médio) em exercícios como prancha, flexão de braços, abdominal em “V”, flexão de joelhos, remada e agachamento. Os exercícios realizados no TS foram comparados com situações mais estáveis (e.g., exercícios realizados em máquinas ou no solo). Especificamente, Calatayud *et al.*, (2014), compararam os níveis de ativação muscular durante exercícios em suspensão como flexão de braços (i.e., flexão de braços suspenso, flexão de braços suspenso com polia e flexão de braços no chão com/sem adição de resistência elástica) com o supino no banco e crucifixo no crossover (polia). Os resultados revelaram que a amplitude da EMG foi maior para os exercícios com maior instabilidade (i.e., exercícios suspensos) comparado aos exercícios tradicionais, sem o uso da fita de suspensão. Coletivamente, os estudos mostram que o TS é uma forma altamente eficaz para estimular os músculos abdominais (i.e., reto abdominal, oblíquo interno, oblíquo externo e transverso do abdômen). Em relação aos estudos crônicos, em sua grande maioria, são estudos realizados com a população de jovens, os quais não compararam os efeitos do TS com outro programa de treinamento tradicionalmente recomendado para promover adaptações neuromusculares e de desempenho funcional. Salve o melhor juízo, existem apenas três estudos crônicos na literatura que investigaram os efeitos do TS em idosos e nenhum deles compararam o TS com outros protocolos de treinamento tradicionalmente recomendado para essa população. Gaedtke e Morat (2015), aplicaram o TS em idosos com o objetivo de avaliar a viabilidade e aderência desse modelo de treinamento nessa população. Os participantes (11 idosos saudáveis ≤ 60 anos) realizam 12 semanas de treinamento (3 vezes por semana) para o corpo todo e a intensidade foi progressivamente aumentada por meio de mudanças na posição corporal. Dados de força muscular, desempenho funcional (i.e., marcha e equilíbrio) e a viabilidade foram avaliados em termos de aderência com o treinamento por um questionário auto-avaliativo. A aderência ao treinamento foi de 85%, e 91% dos

participantes sentiram-se motivados para dar continuidade ao programa de treino. Além disso, todos os participantes relataram efeitos positivos na força, marcha e equilíbrio após 12 semanas de treinamento. Apesar dos benefícios percebidos pelos próprios participantes do estudo, esse tipo de avaliação oferece uma informação apenas subjetiva do TS. Mais recentemente, Campa *et al.*, (2018), avaliaram os efeitos do TS na força de preensão manual e composição corporal mensurada por bioimpedância elétrica. Trinta idosas foram randomizadas em um dos dois grupos: TS ou grupo controle (mantiveram suas atividades diárias, mas não realizaram nenhum programa de treinamento). Os resultados demonstraram que o TS foi capaz de promover melhoras na força muscular e composição corporal (percentual de gordura e massa magra livre de gordura) das idosas. Similarmente, Jimenéz-García *et al.*, (2019), randomizaram 82 idosos em TS (prescrito por meio do percentual da frequência cardíaca (FC) máxima) e grupo controle (apenas mantendo as atividades diárias). Avaliações de força de preensão manual, composição corporal (por bioimpedância), velocidade de marcha e qualidade de vida foram realizadas antes e após o período experimental. Os resultados revelaram que apenas o grupo TS melhorou todos os parâmetros avaliados, exceto a massa muscular. Contudo, a utilização da FC para prescrever a intensidade do treinamento descaracteriza o TS, além de não ser recomendado para a prescrição de exercícios de força. Além disso, a avaliação da composição corporal por bioimpedância pode apresentar algumas limitações, sobretudo para avaliar a massa muscular, visto que esse método não é sensível para detectar pequenas alterações (LANGER *et al.*, 2016). Coletivamente, esses achados sugerem que o TS pode melhorar a força muscular e alguns parâmetros de desempenho funcional como a velocidade de marcha. Porém, é necessário investigar se a massa muscular (utilizando métodos com maior reprodutibilidade [e.g., ultrassonografia]) e outros parâmetros de desempenho funcional como o teste de sentar e levantar da cadeira, podem ser melhorados com o TS. Além disso, para verificar a magnitude dos efeitos do TS nos idosos, é necessário a comparação com um método de treinamento tradicionalmente recomendado para manter ou aumentar a massa muscular, força e desempenho funcional.

2 OBJETIVOS

O objetivo do presente estudo foi comparar os efeitos do treinamento suspenso (TS) com o treinamento de força tradicional (TFT) na massa muscular, força e desempenho funcional de idosos.

3 HIPÓTESES

O TS e o TFT são capazes de promover ganhos de massa muscular e força similares. Adicionalmente, o TS promoverá maiores ganhos no desempenho funcional comparado ao TFT.

A presente dissertação é composta por um artigo original, que será apresentado à seguir:

4 ARTIGO ORIGINAL

Título: Treinamento de força tradicional vs. treinamento suspenso: efeitos na massa muscular, força e desempenho funcional em idosos.

5 INTRODUÇÃO

A massa muscular e força diminuem a uma taxa anual de 1-2% e 1,5%, respectivamente, após a quinta década de vida e acelera após os 60 anos (MORLEY *et al.*, 2014; ZEMBRÓN-ŁACNY *et al.*, 2014). Essa condição afeta o desempenho funcional (e.g., desempenho motor, controle, mobilidade e equilíbrio) e a autonomia em atividades da vida diária, aumentando os riscos de quedas, fraturas e até mesmo óbito (FRONTERA *et al.*, 2008; MORLEY *et al.*, 2014; MARTY *et al.*, 2017; MCGLORY *et al.*, 2019). Portanto, estratégias eficazes para mitigar as diminuições na massa muscular, força e desempenho funcional em idosos são necessárias.

O treinamento de força (TF) realizado pelo menos duas vezes por semana, com cargas moderadas a altas e velocidade lenta (i.e., um modelo de TF chamado TF tradicional [TFT]) tem sido amplamente recomendado para manter e/ou aumentar a massa muscular, força e desempenho funcional em idosos (GARBER *et al.*, 2011; FRAGALA *et al.*, 2019). No entanto, uma grande parte da literatura demonstra que apesar dos aumentos na massa muscular e força, o TFT produz um pequeno efeito no desempenho funcional (SKELTON *et al.*, 1995; MISZKO, CRESS, 2002; DE VREEDE *et al.*, 2005; LIU, LATHAM, 2011; VASCONCELOS *et al.*, 2016). Por outro lado, modelos de TF realizados com acessórios de instabilidade (e.g., acessórios de suspensão, discos de equilíbrio, bolas suíças), os quais requerem altas demandas de controle motor e produção de força muscular para superar a carga e também manter a estabilidade, podem contribuir para maiores ganhos de desempenho funcional (ANDERSON, BEHM, 2005; BEHM, ANDERSON, 2006). De fato, estudos recentes mostram que o TF quando realizado com acessórios de instabilidade promove maiores melhoras no desempenho funcional quando comparado ao TFT (SILVA-BATISTA *et al.*, 2016; PIRAUÁ *et al.*, 2019). Assim, considerando o princípio da especificidade do treinamento, se o objetivo de um programa de TF é melhorar o desempenho funcional, modelos de TF devem tentar simular um ambiente instável.

O treinamento suspenso (TS) é uma abordagem alternativa capaz de fornecer condições de treinamento menos estáveis, o que poderia promover maiores benefícios no desempenho funcional comparado ao TFT (ANGLERI *et al.*, 2020). O TS é um modelo de TF em que segmentos corporais específicos (e.g., membros superiores ou inferiores) são fixados à fitas de suspensão, criando um ambiente instável, e utiliza o peso corporal e a gravidade para realizar exercícios multi-planares e multi-articulares (MOK *et al.*,

2015; ANGLERI *et al.*, 2020). No entanto, pouco é conhecido sobre os efeitos do TS no desempenho funcional em idosos. Com relação aos ganhos de massa muscular e força, tem sido sugerido que realizar o exercício até a falha muscular concêntrica (JENKINS *et al.*, 2015; SCHOENFELD *et al.*, 2015) pode maximizar os ganhos de força (ROONEY *et al.*, 1994; DRINKWATER *et al.*, 2005) e hipertrofia muscular (SCHOTT *et al.*, 1995), devido ao aumento na ativação muscular, independentemente das manipulações das variáveis do treino ou métodos (SOUZA *et al.*, 2014; BARCELOS *et al.*, 2018; NOBREGA *et al.*, 2018; DAMAS *et al.*, 2019; LASEVICIUS *et al.*, 2019). De fato, recentemente foi demonstrado que a manipulação da carga, tempo sobre tensão e número de repetições durante o TF resultou em ativação muscular similar quando os exercícios foram realizados até a falha muscular concêntrica. Nesse sentido, estudos comparando os efeitos do exercício de banco supino com a flexão de braços realizados com o peso corporal, o que se assemelha ao esquema do TS, demonstraram aumentos similares na massa muscular e força quando os protocolos foram realizados até a falha muscular concêntrica (CALATAYUD *et al.*, 2015; KIKUCHI, NAKAZATO, 2017). Dessa forma, é possível sugerir que se o TS for realizado até a falha muscular concêntrica, os ganhos de massa muscular e força podem ser similares aos obtidos com o TFT. Por outro lado, devido a sua maior instabilidade, é possível que o TS promova maiores benefícios no desempenho funcional comparado ao TFT.

O objetivo desse estudo foi comparar os efeitos do TS e TFT realizados até a falha muscular concêntrica na massa muscular, força e desempenho funcional em idosos. Nós hipotetizamos que o TS e o TFT resultariam em ganhos de massa muscular e força similares. Adicionalmente, o TS promoveria maiores benefícios no desempenho funcional do que o TFT.

6 MÉTODOS

6.1 Participantes

Quarenta e dois idosos (21 homens: 64 ± 3 anos, altura: $1,69 \pm 0,07$ m, massa corporal: $83,36 \pm 15,41$ kg, IMC: $28,90 \pm 4,06$ kg/m² e 21 mulheres: 62 ± 2 anos, altura: $1,58 \pm 0,05$ m, massa corporal: $71,38 \pm 13,54$ kg, IMC: $28,63 \pm 5,76$ kg/m²) se voluntariaram para participar desse estudo. Primeiramente, foi aplicado um questionário de avaliação de saúde. (CESAR *et al.*, 2011). Como critérios de inclusão, os participantes

não deveriam ter sintomas cardíacos, diabetes, arritmias, hipertensão, obesidade e quaisquer condições musculoesqueléticas que impedissem a participação nos testes e protocolos de treinamento, e não ter participado de um programa de TF por pelo menos 12 meses antes do estudo. Além disso, os participantes foram orientados a manter os hábitos alimentares e a consumir 40g de Whey Protein isolado (Iso Whey – Max Titanium-Brasil[®]), que foi fornecido imediatamente após cada sessão de treinamento e a ingestão foi monitorada pelos pesquisadores. Esse cuidado foi tomado uma vez que o envelhecimento está associado à reduções na ingestão diária de proteína, o que pode afetar a síntese proteica e as respostas ao TF (KUMAR *et al.*, 2009; WALL *et al.*, 2015). Como idosos podem ingerir diferentes quantidades diárias de proteína, optamos por incluir uma porção de whey protein após cada sessão de TF na tentativa de maximizar a taxa de síntese de proteína muscular e reduzir a variabilidade da resposta entre os indivíduos. A quantidade de ingestão de proteínas foi baseada no estudo de Yang *et al.*, (2012), que demonstrou que ao contrário de jovens, os quais a síntese de proteína muscular pós-exercício é saturada entre 20-30g de proteína, os músculos exercitados de idosos respondem a 40g de proteínas. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade (nº 2.877.542) e cada participante deu seu consentimento informado antes da participação do estudo. Todos os procedimentos realizados no presente estudo estavam de acordo com a Declaração de Helsinque.

6.2 Desenho experimental

Inicialmente, a espessura muscular (EM) do bíceps braquial (EM_{BB}) e vasto lateral (EM_{VL}) foram obtidas por meio de ultrassonografia. Posteriormente, os participantes iniciaram uma sessão de familiarização com os protocolos de treinamento e os procedimentos dos testes. Em seguida os participantes foram submetidos a testes de força muscular (uma repetição máxima [1RM] para exercício de rosca bíceps [1RM_{RB}] e extensão de joelho [1RM_{EJ}]) e testes de desempenho funcional (sentar e levantar da cadeira [SL], *timed up and go* [TUG] e velocidade máxima de marcha [VMM]). A sessão de familiarização, os testes de 1RM e desempenho funcional foram realizados com 72-h de intervalo entre cada um deles. Cada participante foi alocado de forma randomizada e balanceada, de acordo com os valores de EM_{VL}, 1RM_{EJ} e TUG, em 1 dos 3 protocolos: a) treinamento de força tradicional (TFT, n = 14 [7 homens e 7 mulheres]); b) treinamento suspenso (TS, n = 14 [7 homens e 7 mulheres]) e; c) grupo controle (CON, n = 14 [7

homens e 7 mulheres]). As sessões de treinamento foram realizadas 2 vezes por semana (segunda-feira e quinta-feira ou terça-feira e sexta-feira) durante 12 semanas. A EM, 1RM e os testes de desempenho funcional também foram realizados novamente 3 dias após a última sessão de treinamento.

6.3 Espessura muscular (EM)

As imagens de ultrassom foram usadas para se obter medidas da EM_{BB} e EM_{VL} (SCHOENFELD et al., 2018). Um pesquisador experiente realizou todas as avaliações utilizando o modo-B do ultrassom (Samsung, MySono U6, indústria e comércio Ltda. São Paulo, Brasil). O gel de transmissão solúvel em água foi aplicado em cada local de mensuração e o transdutor linear de cabeça de leitura foi posicionado paralelamente a interface do tecido muscular, sem comprimir a pele. Quando a qualidade da imagem foi considerada satisfatória, a imagem foi salva e as dimensões da EM foram obtidas medindo-se a distância entre a aponeurose superficial e profunda do músculo alvo, conforme descrito anteriormente (ABE et al., 2000; SCHOENFELD et al., 2018). As medidas foram realizadas em dois locais: (1) bíceps braquial e (2) vasto lateral. Para o bíceps braquial, as medidas foram coletadas a 60% distal entre o epicôndilo lateral do úmero e o processo acromio da escápula. Para o vasto lateral, as medidas foram coletadas a 50% da distância do ponto proeminente do trocânter maior para o côndilo lateral do fêmur. Para garantir a precisão das medidas, três imagens foram obtidas do mesmo ponto e em seguida foi feita a média para obter o valor final. O coeficiente de variação (CV) e erro típico (ET) entre dois testes realizados em dias diferentes, com 72 h de intervalo, da EM_{BB} foi 0,69% e 1,70 mm, respectivamente e para EM_{VL} foi 0,83% e 1,51 mm, respectivamente.

6.4 Teste de força máxima dinâmica

A força muscular foi mensurada por meio do teste de 1RM nos exercícios de rosca bíceps ($1RM_{RB}$) e extensão do joelho ($1RM_{EJ}$), de acordo com as recomendações descritas por Brown e Weir (BROWN, WEIR, 2001). Para garantir que a especificidade do teste de 1RM não afetasse os resultados de força muscular, os testes de 1RM foram realizados em exercícios que não eram específicos para nenhum dos grupos (i.e., diferentes daqueles usados nas sessões de treinamento) (RUTHERFORD et al., 1986; LUND et al., 2005;

MITCHELL *et al.*, 2012). Assim, os testes foram realizados nos exercícios de rosca bíceps com barra reta (membros superiores) e cadeira extensora (membros inferiores). Inicialmente, os participantes realizaram um aquecimento geral em bicicleta ergométrica a $20 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ por 5 minutos, seguido de duas séries de aquecimento específico no aparelho de teste com as cargas determinadas subjetivamente. Na primeira série, os participantes realizaram oito repetições a aproximadamente 50% de 1RM, seguidas de uma série de três repetições a aproximadamente 70% de 1RM. Um intervalo de descanso de 2 minutos foi permitido entre as séries de aquecimento. Após o último aquecimento, um descanso de 3 minutos foi feito antes do teste de 1RM. Os participantes tiveram até cinco tentativas para atingir sua carga de 1RM. Foi permitido um intervalo de descanso de 3 min entre as tentativas e a maior carga alcançada foi considerada como a carga de 1RM. O coeficiente de variação (CV) e erro típico (ET) entre dois testes realizados em dias diferentes, com 72 h de intervalo, do 1RM_{RB} foi 4,54% e 1,05kg, respectivamente e para 1RM_{EJ} foi 2,22% e, 1,05kg, respectivamente.

6.5 Testes de desempenho funcional

6.5.1 Sentar e levantar da cadeira (SL)

Os participantes iniciaram o teste sentados em uma cadeira de 43 cm de altura, com os quadris e as costas totalmente apoiados no encosto e os pés posicionados em uma plataforma de força (AccuGait, AMTI, Boston, USA) (Pau et al. 2014). Os participantes foram instruídos a manter os braços cruzados sobre o peito tocando o ombro contralateral e, o mais rápido possível, levantar-se completamente e sentar-se cinco vezes consecutivas (MCCARTHY *et al.*, 2004). O tempo total foi obtido por meio do software Balance Clinic (AMTI, Boston, EUA) e analisado com o software MATLAB 7.0 (Math Works Inc., Natick, Massachusetts, EUA) para aumentar a precisão da cronometragem do tempo. O coeficiente de variação (CV) e erro típico (ET) entre dois testes realizados em dias diferentes, com 72 h de intervalo, foi 8,69% e 1,06s, respectivamente.

6.5.2 Timed up and go (TUG)

Os participantes iniciaram o teste sentados em uma cadeira (43 cm de altura) com os braços posicionados sobre os apoios laterais e os pés sobre uma plataforma de força

até o comando de partida. Após o comando, os participantes levantaram-se utilizando os apoios de braços e caminharam o mais rápido possível ao longo de uma distância de 3m previamente delimitada, retornando e sentando-se com as costas apoiadas (MIOTTO *et al.*, 1999). O tempo foi medido e analisado conforme descrito na seção do teste de sentar e levantar da cadeira. O coeficiente de variação (CV) e erro típico (ET) entre dois testes realizados em dias diferentes, com 72 h de intervalo, foi 4,06% e 0,31s, respectivamente.

6.5.3 Velocidade máxima de marcha (VMM)

Os participantes foram instruídos a percorrer uma distância de 15m duas vezes consecutivas em velocidade máxima, cronometrada por uma fotocélula (Speed Test Fit, Cefise Biotecnologia Esportiva, São Paulo, Brasil). Os primeiros e últimos 2,5 m foram descartados por serem usados como períodos de aceleração e desaceleração, respectivamente. Os resultados foram compostos pela tentativa mais rápida (STEFFEN *et al.*, 2002). O coeficiente de variação (CV) e erro típico (ET) entre dois testes realizados em dias diferentes, com 72 h de intervalo, foi 4,92% e $0,10\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, respectivamente.

6.6 Protocolos de treinamento

6.6.1 Treinamento de força tradicional (TFT)

O TFT foi realizado com os seguintes exercícios: agachamento *Smith*, mesa flexora, remada máquina, supino horizontal máquina, elevação de ombros frontal com barra e rosca bíceps banco *Scott* na barra “W” (Figura. 1). A mesma ordem dos exercícios foi respeitada em todas as sessões de treinamento. O TFT foi composto de 3 séries de 10-15 repetições até a falha muscular concêntrica com um intervalo de descanso de 1 minuto entre as séries e exercícios. A séries eram interrompidas se os participantes não conseguissem manter a amplitude de movimento adequada. A intensidade foi ajustada por meio da zona alvo de repetições máximas. Por exemplo, se os indivíduos realizassem mais de 15 repetições em uma série, a carga era aumentada para manter a zona alvo de repetições máximas na próxima série e o contrário era aplicado quando os participantes não eram capazes de completar pelo menos 10 repetições).

6.6.2 *Treinamento suspenso (TS)*

O TS foi realizado em fitas de suspensão (Prime Sport, São Paulo, Brasil) com exercícios correspondentes ao TFT da seguinte forma: agachamento ou agachamento unilateral, flexão de isquiotibiais, remada invertida, supino, elevação de ombros em “Y” e rosca bíceps (Figura. 1). Esta ordem de exercícios foi repetida em todas as sessões de treinamento. Em relação ao exercício de agachamento, os participantes iniciaram o programa de treinamento realizando-o com ambas as pernas e, quando se adaptaram a essa condição (i.e., realizando 3 séries de 15 repetições), passaram para o exercício de agachamento unilateral. Três séries de 10-15 repetições até a falha muscular concêntrica foram realizadas com intervalo de descanso de 1 minuto entre as séries e exercícios. O ajuste de intensidade foi realizado de acordo com os segmentos corporais dos participantes em relação ao solo (e.g., inclinações maiores correspondem a maior intensidade e inclinações menores correspondem a menor intensidade). Assim, se os participantes completaram 3 séries de 15 repetições, os segmentos do corpo eram ajustados para inclinações mais altas; da mesma forma, se menos de 10 repetições fossem realizadas, as inclinações diminuían.

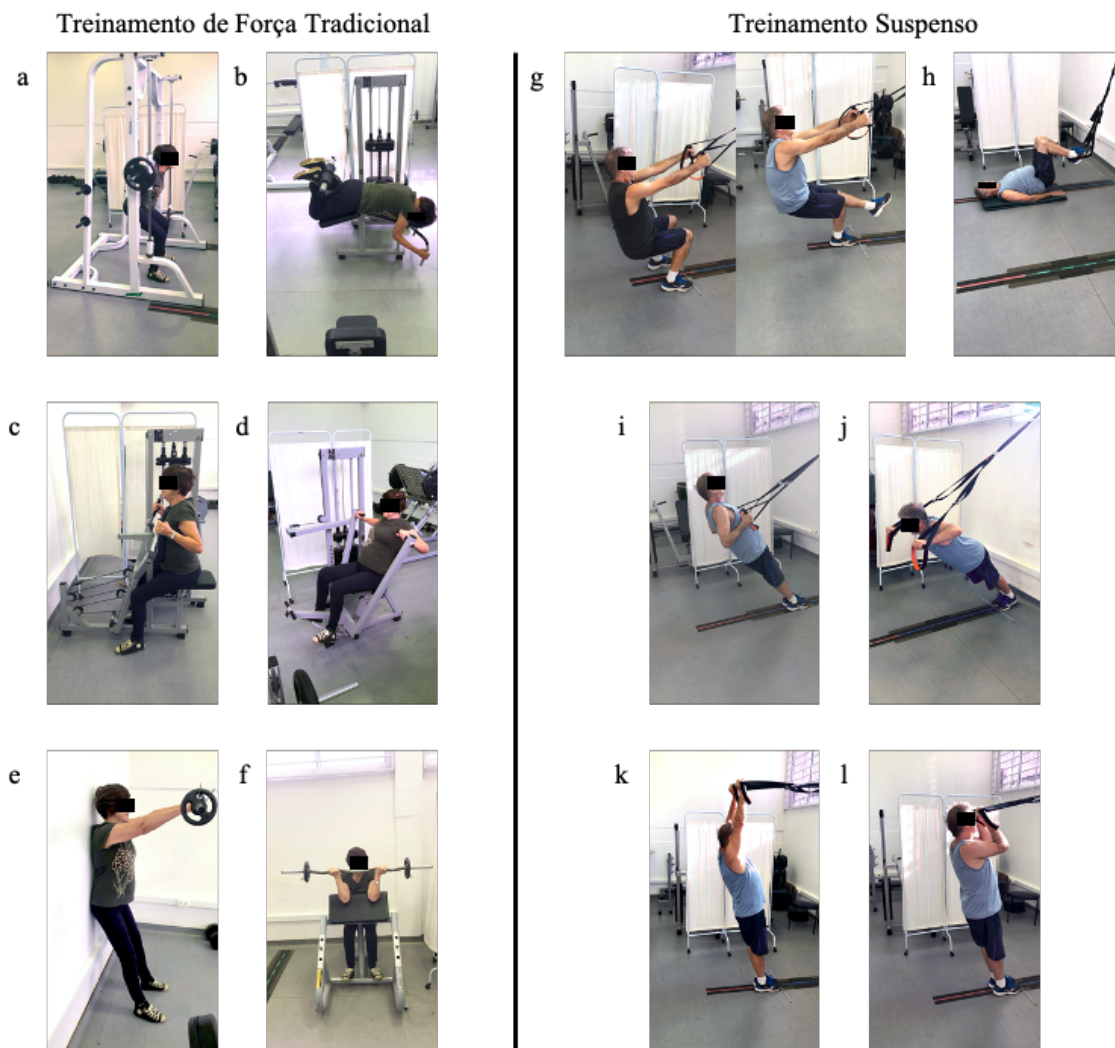


Figura. 1 Exercícios nos diferentes modelos de treinamento. Treinamento de força tradicional (TFT): agachamento *Smith* (a), mesa flexora (b), remada máquina (c), supino horizontal máquina (d), elevação de ombros frontal na barra (e), rosca bíceps banco *Scott* na barra “W” (f). Treinamento suspenso (TS): agachamento ou variação para agachamento unilateral (g), flexão de isquiotibiais (h), remada invertida (i), supino (j), elevação de ombros em “Y” (k), e rosca bíceps (l).

6.7 Análises estatísticas

Após uma inspeção visual, a normalidade dos dados foi avaliada por meio do teste de Shapiro-Wilk. Inicialmente, uma análise de variância (ANOVA) *one-way* foi realizada para testar as diferenças nos valores basais. Em seguida, um teste T independente foi usado para comparar as alterações Pré e Pós (pós menos pré-treinamento [Δ]) (EM_{BB} ,

EMT_{VL}, 1RM_{RB}, 1RM_{EJ}, VMM, SL e TUG) entre os gêneros. Não foram encontradas diferenças significativas entre as análises de gênero (todos os $P > 0,05$) para qualquer uma das variáveis dependentes. Portanto, realizamos as seguintes análises considerando ambos os sexos em cada grupo. Um modelo misto foi aplicado para cada variável dependente (EM_{BB}, EM_{VL}, 1RM_{RB}, 1RM_{EJ}, VMM e TUG), tendo os protocolos (TFT, TS e CON) e o tempo (Pré e Pós) como fatores fixos e os participantes como fator aleatório. Apenas os valores de SL foram significativamente diferentes nos valores basais e, portanto, foram considerados como uma covariável, e uma análise de covariância (ANCOVA) foi implementada usando um modelo misto, tendo protocolos como fatores fixos e sujeitos como fator aleatório. Em caso de valor F significativo, o ajuste de Tukey foi usado para fins de comparação múltipla. A significância foi estabelecida como $P \leq 0,05$ para todas as análises de dados. O tamanho do efeito (TE) foi calculado para EM, 1RM e testes de desempenho funcional usando as mudanças de Pré para Pós. TE foram classificados como "pequeno" se inferior a 0,2, "médio" se entre 0,2 e 0,5 e "grande" se superior a 0,8 (COHEN *et al.*, 1988). A análise estatística foi realizada com o software SAS 9.3 (SAS instituto Inc., Cary, NC). Os dados estão expressos em média \pm e desvio padrão (DP).

7 RESULTADOS

7.1 Participantes

Apenas os participantes que completaram todas as sessões de treinamento e testes foram incluídos. Cinco dos quarenta e dois participantes que iniciaram o estudo desistiram por motivos pessoais (3 CON = não aderência; 2 TS = lesão não relacionada ao treinamento) e não foram incluídos nas análises. Assim, trinta e sete participantes completaram o estudo (TFT = 14 [7 homens, 7 mulheres]; TS = 12 [5 homens, 7 mulheres]; CON = 11 [7 homens, 4 mulheres]). Em relação ao teste TUG, algumas análises foram excluídas por problemas de dados. Portanto, trinta e quatro participantes foram incluídos para esta análise (TFT, $n = 12$ [7 homens, 5 mulheres]; TS, $n = 11$ [5 homens, 6 mulheres]; CON, $n = 11$ [7 homens, 4 mulheres]).

7.2 Valores de linha de base

A ANOVA one-way não revelou diferenças significativas nos valores basais para EM_{BB} , EM_{VL} , $1RM_{RB}$, $1RM_{EJ}$, VMM e TUG ($P > 0,05$). Apenas os valores de SL foram significativamente menores no CON em comparação ao TFT ($P = 0,006$).

7.3 Espessura muscular

Uma interação significativa grupo vs. tempo foi observada para EM_{BB} ($F_{[2, 34]} = 48,62$, $P < 0,0001$) e EM_{VL} ($F_{[2, 34]} = 10,13$, $P = 0,0004$). Ambos os grupos de treinamento aumentaram significativamente a EM_{BB} do Pré (TFT: $27,88 \pm 5,21$ mm; TS: $27,04 \pm 3,10$ mm) para o Pós (TFT: $34,19 \pm 5,90$ mm, 23,35%; TS: $32,79 \pm 4,03$ mm, 21,56%; $P < 0,0001$ para ambos; Figura. 2a). Não foram encontradas diferenças significativas no EM_{BB} do Pré ($28,41 \pm 5,83$ mm) para o Pós no CON ($28,14 \pm 5,48$ mm, 0,36%; $P > 0,999$; Figura. 2a). A análise *post hoc* não revelou diferenças entre os grupos na EM_{BB} . É importante ressaltar que os grupos TFT e TS apresentaram um TE de 0,91 (grande) e 1,31 (grande), respectivamente, enquanto o CON mostrou um TE de 0,00 (pequeno). Os valores de EM_{VL} também aumentaram significativamente para os grupos de treinamento de Pré (TFT: $18,52 \pm 3,70$ mm; TS: $18,72 \pm 3,88$ mm) para o Pós (TFT: $20,77 \pm 3,63$ mm, 13,03%; TS: $21,02 \pm 2,92$ mm, 14,07%; $P = 0,0002$ e $P = 0,0004$, respectivamente; Figura. 2b). Não foram encontradas diferenças significativas no CON do Pré ($19,92 \pm 2,52$ mm) para o Pós ($19,53 \pm 2,85$ mm, 1,91%; $P = 0,967$; Figura. 2b). A análise de *post hoc* não revelou diferenças entre os grupos em EM_{VL} . No entanto, os grupos TFT e TS demonstraram TE de 0,48 (médio) e 0,50 (médio), respectivamente, enquanto o CON apresentou ES de 0,10 (pequeno).

7.4 Força muscular

Houve uma interação significativa grupo vs. tempo para $1RM_{RB}$ ($F_{[2, 34]} = 13,97$, $P < 0,0001$) e $1RM_{LE}$ ($F_{[2, 34]} = 10,13$, $P = 0,0005$). Os grupos de treinamento aumentaram significativamente o $1RM_{RB}$ de Pré (TFT: $23,14 \pm 6,60$ kg; TS: $24,67 \pm 5,50$ kg) para o Pós (TFT: $26,64 \pm 7,26$ kg, 16,06%; TS: $28,00 \pm 5,66$ kg, 14,33%; $P < 0,0001$ para ambos; Figura. 2c). Nenhuma diferença significativa foi encontrada no $1RM_{RB}$ de Pré ($25,82 \pm 6,90$ kg) para Pós no CON ($25,91 \pm 6,82$ kg, 0,47%; $P = 1,0000$; Figura. 2c). A análise *post hoc* não revelou diferenças entre os grupos no $1RM_{RB}$. É importante ressaltar que os

grupos TFT e TS demonstraram um ES de 0,40 (médio) e 0,47 (médio), respectivamente, enquanto o CON mostrou um ES de 0,02 (pequeno). Os valores de $1RM_{EJ}$ também aumentaram significativamente para os grupos de treinamento de Pré (TFT: $46,29 \pm 14,44$ kg; TS: $50,42 \pm 17,31$ kg) para o Pós (TFT: $52,21 \pm 15,81$ kg, 14,89%; TS: $58,42 \pm 17,05$ kg, 18,06%; $P < 0,0001$ para ambos; Figura. 2d). Nenhuma diferença significativa foi encontrada no CON de Pré ($51,55 \pm 17,31$ kg) para o Pós ($52,91 \pm 14,85$ kg, 3,43%; $P = 0,819$; Figura. 2d). A análise *post hoc* não revelou diferenças entre os grupos no EM_{VL} . Porém, os grupos TFT e TS demonstraram TE de 0,31 (médio) e 0,36 (médio), respectivamente, enquanto o CON mostrou TE de 0,07 (pequeno).

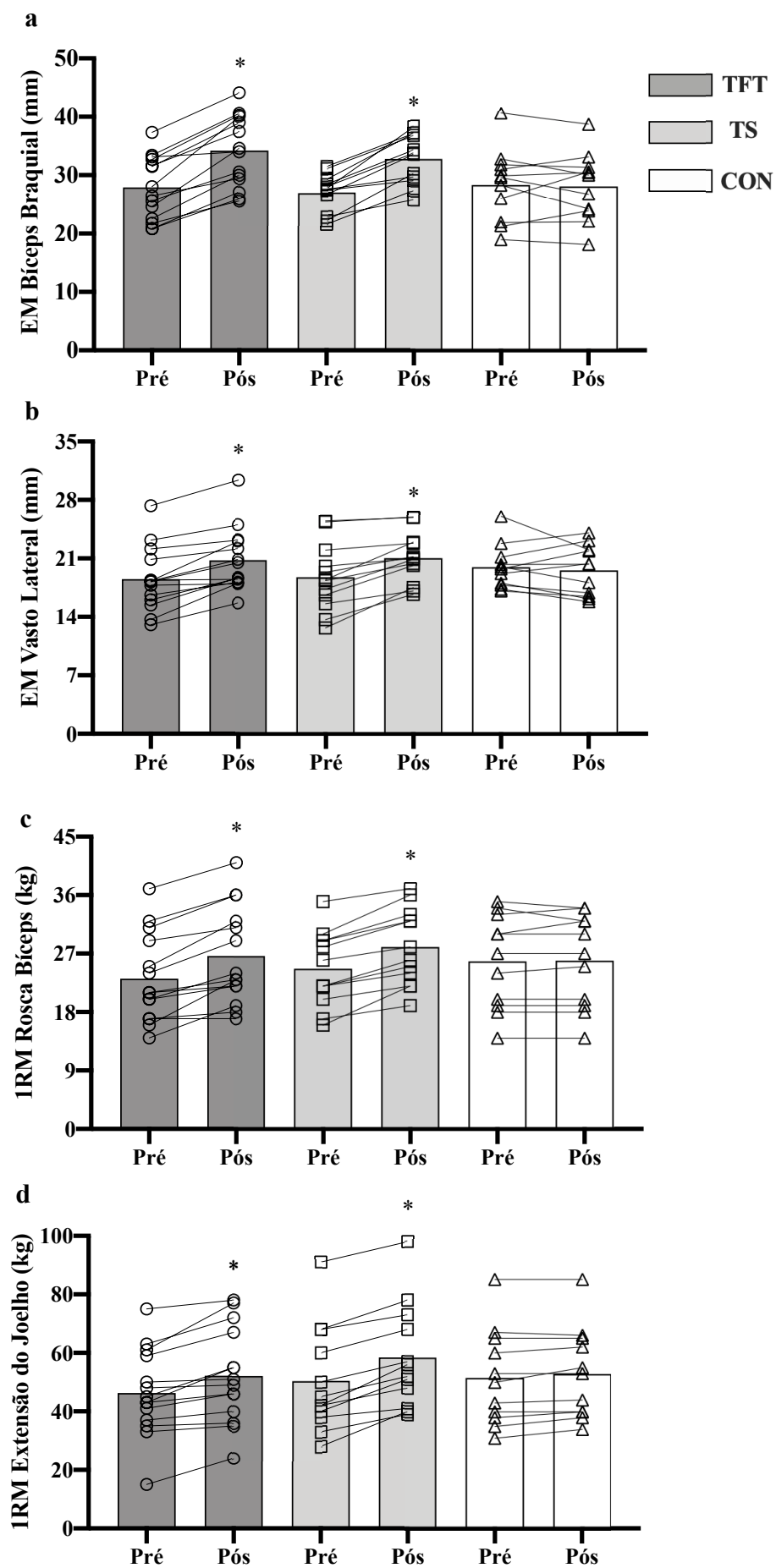


Figura. 2 Espessura muscular (EM) do bíceps braquial **(a)**, vasto lateral **(b)**, força máxima (1RM) da rosca bíceps **(c)**, extensão do joelho **(d)** no basal (Pré) e após 12 semanas (Pós) de treinamento de força tradicional (TFT), treinamento suspenso (TS) e grupo controle (CON). *Diferença significativa de Pré (interação de grupo vs. Tempo; $P < 0,0001$). Valores apresentados em média \pm DP.

7.5 Velocidade máxima de marcha (VMM)

Apenas um efeito principal de tempo foi observado para VMM ($F_{[1, 34]} = 16,92$; $P = 0,0002$). O teste de *post hoc* revelou aumentos significativos de pré (TFT: $1,93 \pm 0,16$ m / s; TS: $2,06 \pm 0,26$ m / s; CON: $1,97 \pm 0,26$ m / s) para o Pós (TFT: $2,04 \pm 0,16$ m / s, 6,26 %; TS: $2,17 \pm 0,24$ m / s, 5,99%; CON: $2,02 \pm 0,25$ m / s, 2,87%; $P = 0,0002$; Figura. 3a) no período experimental. É importante ressaltar que apenas o CON apresentou aumentos inferiores ao coeficiente de variação da medida. Por fim, os grupos TFT e TS demonstraram TE de 0,56 (médio) e 0,35 (médio), respectivamente, enquanto o CON apresentou TE de 0,14 (pequeno).

7.6 Sentar e levantar da cadeira (SL)

Houve diferenças significativas nos valores basais do SL ($P > 0,05$). Quando as diferenças nos valores basais do SL foram levadas em consideração (ANCOVA de medidas repetidas), um efeito significativo de grupo foi encontrado ($P = 0,0305$; Figura. 3b), com valores do SL significativamente mais baixos para TFT e TS em comparação ao CON ($P = 0,04$ e $P = 0,05$, respectivamente).

7.7 Timed up and go (TUG)

Houve uma interação significativa grupo vs. tempo para TUG ($F_{[2, 31]} = 6,52$, $P = 0,0043$). Os grupos de treinamento diminuíram significativamente o TUG do Pré (TFT: $7,46 \pm 0,72$ s; TS: $7,14 \pm 0,68$ s) para o Pós (TFT: $6,80 \pm 0,56$ s, -8,66%; TS: $6,48 \pm 0,60$ s, -9,16%; $P = 0,0011$ e $P = 0,0018$, respectivamente; Figura. 3c). Não foram encontradas diferenças significativas no CON de Pré ($6,80 \pm 0,86$ s) para o Pós ($6,81 \pm 1,18$ s, -0,05%; $P = 0,722$; Figura. 3c). A análise *post hoc* não revelou diferenças entre os grupos no TUG. É importante ressaltar que os grupos TFT e TS demonstraram um TE de 0,77 (grande) e 0,79 (grande), respectivamente, enquanto o CON mostrou um TE de 0,03 (pequeno).

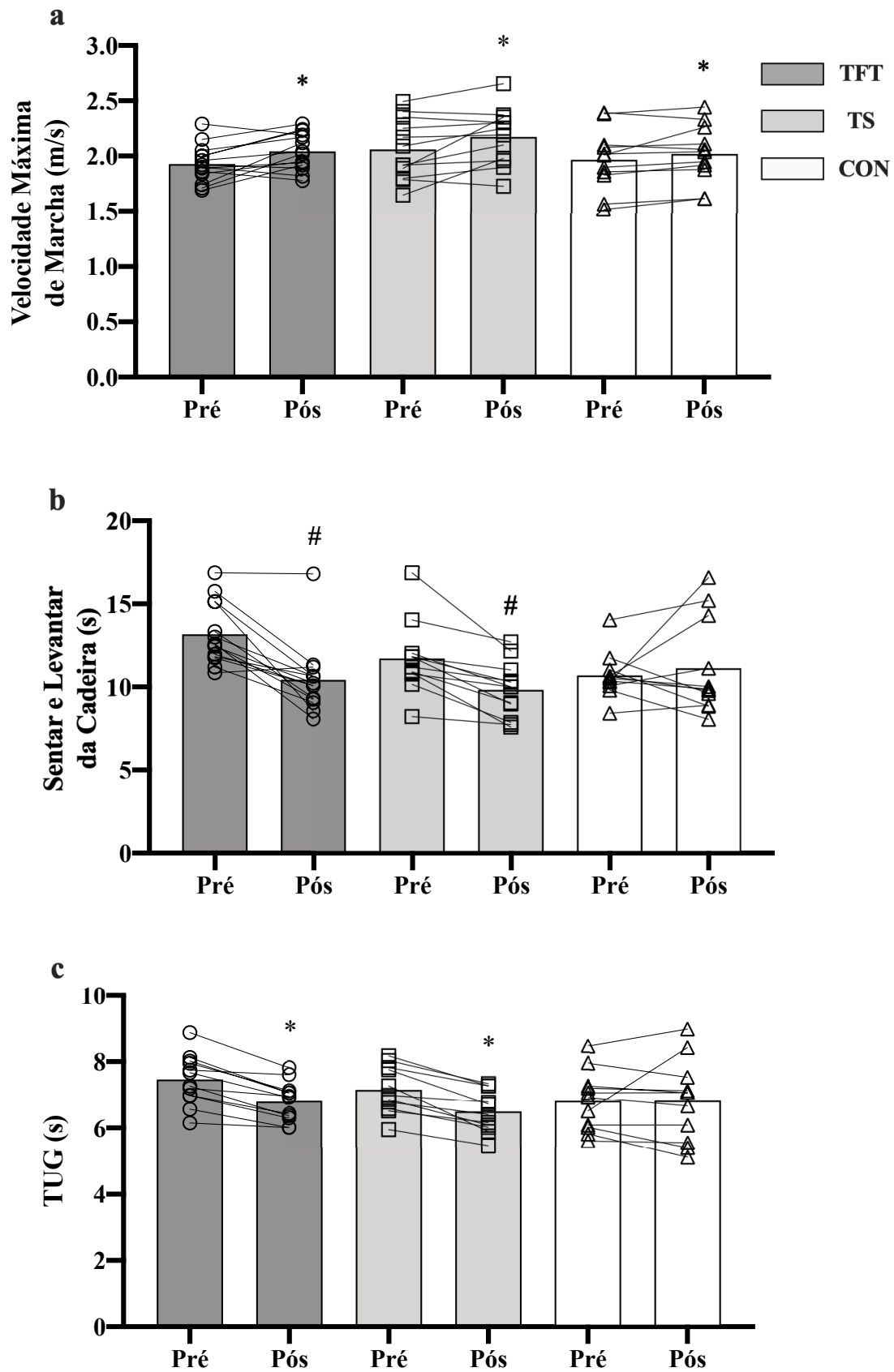


Figura. 3 Velocidade máxima de marcha (VMM) **(a)**, sentar e levantar da cadeira (SL) **(b)**, *timed up and go* (TUG) **(c)** no basal (Pré) e após 12 semanas (Pós) de treinamento de força tradicional (TFT), treinamento suspenso (TS) e grupo controle (CON). *Diferença significativa de Pré (interação de grupo vs. Tempo; $P < 0,0001$). #Diferença significativa do CON nos respectivos tempos (efeito principal de grupo; $P \leq 0,05$). Valores apresentados em média \pm DP.

8 DISCUSSÃO

Do conhecimento dos autores, este é o primeiro estudo comparando os efeitos do treinamento suspenso (TS) com o treinamento de força tradicional (TFT) na massa muscular, força e desempenho funcional em idosos. Nossos principais achados sugerem que o TS melhora a massa muscular, a força e o desempenho funcional de forma semelhante ao TFT.

Em relação à massa e força muscular, aumentos semelhantes foram encontrados entre o TFT e o TS quando realizados até a falha muscular concêntrica, confirmando nossa hipótese inicial. Consistente com esses resultados, nós (ANGLERI *et al.*, 2017; NOBREGA *et al.*, 2018; DAMAS *et al.*, 2019) e outros (MITCHELL *et al.*, 2012; MORTON *et al.*, 2016; SCHOENFELD *et al.*, 2017) demonstraram hipertrofia muscular e ganhos de força similares entre protocolos realizados até a falha muscular concêntrica mesmo manipulando variáveis (e.g., carga, tipo de contração muscular ou frequência) (DAMAS *et al.*, 2019), esquemas (e.g., periodizado vs. não-periodizado) (PELZER *et al.*, 2017) ou sistemas de treinamento (e.g., drop-set ou pirâmide crescente) (ANGLERI *et al.*, 2017). No entanto, para a força muscular, ganhos similares não são universais. Mesmo que o exercício seja realizado até a falha muscular concêntrica, os ganhos de força muscular são mais específicos para a intensidade utilizada durante o treinamento (MITCHELL *et al.*, 2012). Conforme observado por Buckner *et al.*, (2017), o teste de 1RM pode ser influenciado pela especificidade do protocolo, com melhores resultados para os protocolos de treinamento que mais se assemelham ao teste. Portanto, no presente estudo todos os testes de 1RM foram realizados em aparelhos diferentes (i.e., barra reta e cadeira extensora) daqueles usados durante o programa de TF (i.e., TFT: rosca bíceps sentado na barra “W” e agachamento *Smith*; TS: agachamento e rosca bíceps na fita de suspensão). Dessa forma, expandimos os resultados anteriores, demonstrando que um modelo alternativo de TF capaz de diminuir a estabilidade do treinamento, como o TS,

também promove hipertrofia muscular e ganhos de força similares ao TFT, pelo menos quando realizado até a falha muscular concêntrica.

Nossa hipótese inicial sugere que o TS seria capaz de promover maiores ganhos de desempenho funcional comparado ao TFT. Surpreendentemente, ao contrário de nossa hipótese, as melhoras na VMM, SL e TUG foram semelhantes entre os grupos. Em relação a VMM, melhoras também foram observadas no grupo CON (2,87%) após 12 semanas. No entanto, esses ganhos estão dentro do erro de medida (CV: 4,92%) e, portanto, deve-se ter cautela ao interpretar esses resultados. Tem sido sugerido que o TS promove maiores benefícios no desempenho funcional quando comparado ao TFT devido a um ambiente mais instável (AGUILERA-CASTELLS *et al.*, 2018; ANGLERI *et al.*, 2020). No entanto, é possível que os indivíduos alocados na condição de instabilidade (i.e., TS) se adaptaram rapidamente à nova tarefa mesmo nos estágios iniciais de treinamento devido aos altos níveis de adaptação neural nesses estágios (DEL VECCHIO *et al.*, 2019; LAHOUTI *et al.*, 2019). Assim, é plausível sugerir que se novos acessórios de instabilidade não forem adicionados ao longo do programa de treinamento visando desafiar o controle motor dos indivíduos, as diferenças entre o TS e TFT no desempenho funcional não possam ser observadas. Nesse sentido, Silva-Batista *et al.*, (2016) compararam o TFT com um protocolo de TF realizado com instabilidade (que se assemelha ao esquema do TS) no desempenho funcional. Ao contrário do nosso estudo, os resultados demonstraram maiores benefícios no desempenho funcional para o TF realizado com instabilidade. No entanto, no estudo de Silva-Batista *et al.*, (2016), o grau de instabilidade dos exercícios foi aumentado progressivamente ao longo das sessões para o TF realizado com instabilidade, o que pode ter produzido um ambiente instável mais desafiador para este protocolo durante todo o período de treinamento. Por outro lado, em nosso estudo, a progressão do treinamento foi realizada por meio de um aumento da intensidade (i.e., o posicionamento dos segmentos corporais dos participantes em relação ao solo) ao invés de um aumento da instabilidade, como é comumente aplicado no TS (GAEDTKE, MORAT, 2015). Vale ressaltar que o estudo de Silva-Batista *et al.*, (2016) foi realizado com pacientes com doença de Parkinson. Portanto, deve-se ter cuidado ao interpretar os resultados. Estudos futuros são necessários para investigar os efeitos da progressão dos acessórios de instabilidade no TS.

Nosso estudo fornece alguns *insights* práticos que devem ser considerados. O TS é um modelo de TF com uma configuração simples, ocupa pouco espaço, é possivelmente mais fácil e econômico de implementar em hospitais públicos, centros de reabilitação ou

na própria residência dos praticantes. Além disso, o TS pode ser ajustado de acordo com as necessidades dos praticantes, permitindo a realização de uma grande variedade de exercícios e regime de treinamento sem prejudicar os potenciais resultados. Porém, vale ressaltar que embora estratégias de treinamento em ambientes instáveis sejam utilizáveis em diversas populações, o presente estudo foi realizado com idosos saudáveis com idade média de 64 anos. Devido à escassez de estudos que investiguem os riscos e limitações do TS, deve-se ter cuidado ao prescrever esse modelo de TF para outras populações, como idosos frágeis. Assim, futuros estudos devem investigar se o TS pode ser prescrito com segurança para outras populações.

9 CONCLUSÃO

Em conclusão, o TS promove ganhos similares na massa muscular, força e desempenho funcional em comparação ao TFT em idosos.

REFERÊNCIAS

ABE, Takashi et al. Time course for strength and muscle thickness changes following upper and lower body resistance training in men and women. **European journal of applied physiology**, v. 81, n. 3, p. 174-180, 2000.

ACSM et al. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 41, n. 3, p. 687, 2009.

AGUILERA-CASTELLS, Joan et al. Muscle activation in suspension training: a systematic review. **Sports biomechanics**, v. 19, n. 1, p. 55-75, 2018.

AGUILERA-CASTELLS, Joan et al. Muscle activity of Bulgarian squat. Effects of additional vibration, suspension and unstable surface. **PloS one**, v. 14, n. 8, p. e0221710, 2019.

ALGIERI, Niko. **The origin of TRX from Randy Hetrick**, 2017. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=lqQ8wMNIoNo>>. Acesso em: 14 jul. 2020.

ANDERSON, Kenneth; BEHM, David G. The impact of instability resistance training on balance and stability. **Sports medicine**, v. 35, n. 1, p. 43-53, 2005.

ANGLERI, Vitor; UGRINOWITSCH, Carlos; LIBARDI, Cleiton Augusto. Crescent pyramid and drop-set systems do not promote greater strength gains, muscle hypertrophy, and changes on muscle architecture compared with traditional resistance training in well-trained men. **European journal of applied physiology**, v. 117, n. 2, p. 359-369, 2017.

ANGLERI, Vitor et al. Suspension Training: A New Approach to Improve Muscle Strength, Mass, and Functional Performances in Older Adults?. **Frontiers in Physiology**, v. 10, p. 1576, 2020.

BARCELOS, Cintia et al. High-frequency resistance training does not promote greater muscular adaptations compared to low frequencies in young untrained men. **European Journal of Sport Science**, v. 18, n. 8, p. 1077-1082, 2018.

BEHM, David G.; ANDERSON, Kenneth G. The role of instability with resistance training. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 20, n. 3, p. 716, 2006.

BEHM, David G. et al. Canadian Society for Exercise Physiology position stand: The use of instability to train the core in athletic and nonathletic conditioning. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 35, n. 1, p. 109-112, 2010.

BEHM, David G. et al. Effects of strength training using unstable surfaces on strength, power and balance performance across the lifespan: a systematic review and meta-analysis. **Sports Medicine**, v. 45, n. 12, p. 1645-1669, 2015.

BROWN, Lee E.; WEIR, Joseph P. ASEP procedures recommendation I: accurate assessment of muscular strength and power. **Journal of Exercise Physiology Online**, v. 4, n. 3, 2001.

BUCKNER, Samuel L. et al. Determining strength: a case for multiple methods of measurement. **Sports Medicine**, v. 47, n. 2, p. 193-195, 2017.

BYRNE, Jeannette M. et al. Effect of using a suspension training system on muscle activation during the performance of a front plank exercise. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 28, n. 11, p. 3049-3055, 2014.

CALATAYUD, Joaquin et al. Bench press and push-up at comparable levels of muscle activity results in similar strength gains. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 29, n. 1, p. 246-253, 2015.

CALATAYUD, Joaquin et al. Muscle activity levels in upper-body push exercises with different loads and stability conditions. **The Physician and Sportsmedicine**, v. 42, n. 4, p. 106-119, 2014.

CAMPA, Francesco; SILVA, Analiza Mónica; TOSELLI, Stefania. Changes in phase angle and handgrip strength induced by suspension training in older women. **Int. J. Sports Med**, v. 39, p. 442-449, 2018.

CESAR, Marcelo de Castro; BORIN, João Paulo; PELLEGRINOTTI, I. L. Educação física e treinamento esportivo. **De Marco A. Educação física: cultura e sociedade**, v. 4, p. 25-46, 2011.

COHEN, Jacob. **Statistical power analysis for the behavioral sciences**. Hillsdale, N.J. L. Erlbaum Associates, 1988.

CUGLIARI, Giovanni; BOCCIA, Gennaro. Core muscle activation in suspension training exercises. **Journal of human kinetics**, v. 56, n. 1, p. 61-71, 2017.

DAMAS, Felipe et al. Myofibrillar protein synthesis and muscle hypertrophy individualized responses to systematically changing resistance training variables in trained young men. **Journal of Applied Physiology**, v. 127, n. 3, p. 806-815, 2019.

DE VREEDE, Paul L. et al. Functional-task exercise versus resistance strength exercise to improve daily function in older women: a randomized, controlled trial. **Journal of the American Geriatrics Society**, v. 53, n. 1, p. 2-10, 2005.

DEL VECCHIO, Alessandro et al. The increase in muscle force after 4 weeks of strength training is mediated by adaptations in motor unit recruitment and rate coding. **The Journal of physiology**, v. 597, n. 7, p. 1873-1887, 2019.

DRINKWATER, Eric J. et al. Training leading to repetition failure enhances bench press strength gains in elite junior athletes. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 19, n. 2, p. 382-388, 2005.

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, Walter R. et al. Muscle fiber size and function in elderly humans: a longitudinal study. **Journal of Applied Physiology**, v. 105, n. 2, p. 637-642, 2008.

GAEDTKE, Angus; MORAT, Tobias. TRX suspension training: A new functional training approach for older adults—development, training control and feasibility. **International journal of exercise science**, v. 8, n. 3, p. 224, 2015.

GARBER, Carol Ewing et al. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. **Med Sci Sports Exerc.** 2011.

GRANACHER, Urs et al. The importance of trunk muscle strength for balance, functional performance, and fall prevention in seniors: a systematic review. **Sports medicine**, v. 43, n. 7, p. 627-641, 2013.

GRINGMUTH, Robert H.; JACKSON, Chris. Therapeutic exercise for spinal segmental stabilization in low back pain: scientific basis and clinical approach. **The Journal of the Canadian Chiropractic Association**, v. 44, n. 2, p. 125, 2000.

JENKINS, Nathaniel DM et al. Muscle activation during three sets to failure at 80 vs. 30% 1RM resistance exercise. **European journal of applied physiology**, v. 115, n. 11, p. 2335-2347, 2015.

JIMÉNEZ-GARCÍA, Jose Daniel et al. Suspension Training HIIT improves gait speed, strength and quality of life in older adults. **International Journal of Sports Medicine**, v. 40, n. 02, p. 116-124, 2019.

KIKUCHI, Naoki; NAKAZATO, Koichi. Low-load bench press and push-up induce similar muscle hypertrophy and strength gain. **Journal of Exercise Science & Fitness**, v. 15, n. 1, p. 37-42, 2017.

KUMAR, Vinod et al. Human muscle protein synthesis and breakdown during and after exercise. **Journal of Applied Physiology**, v. 106, n. 6, p. 2026-2039, 2009.

LAHOUDI, Behzad et al. Short-interval intracortical inhibition of the biceps brachii in chronic-resistance versus non-resistance-trained individuals. **Experimental brain research**, v. 237, n. 11, p. 3023-3032, 2019.

LANGER, Raquel D. et al. Validity of bioelectrical impedance analysis to estimation fat-free mass in the army cadets. **Nutrients**, v. 8, n. 3, p. 121, 2016.

LASEVICIUS, Thiago et al. Similar Muscular Adaptations in Resistance Training Performed Two Versus Three Days Per Week. **Journal of human kinetics**, v. 68, n. 1, p. 135-143, 2019.

LIU, Chiung-ju; LATHAM, Nancy K. Progressive resistance strength training for improving physical function in older adults. **Cochrane database of systematic reviews**, n. 3, 2009.

LIU, Chiung-Ju; LATHAM, Nancy. Can progressive resistance strength training reduce physical disability in older adults? A meta-analysis study. **Disability and rehabilitation**, v. 33, n. 2, p. 87-97, 2011.

LUND, Hans et al. Learning effect of isokinetic measurements in healthy subjects, and reliability and comparability of Biodex and Lido dynamometers. **Clinical physiology and functional imaging**, v. 25, n. 2, p. 75-82, 2005.

MARTY, Eric et al. A review of sarcopenia: Enhancing awareness of an increasingly prevalent disease. **Bone**, v. 105, p. 276-286, 2017.

MATÉ-MUÑOZ, José Luis et al. Effects of instability versus traditional resistance training on strength, power and velocity in untrained men. **Journal of sports science & medicine**, v. 13, n. 3, p. 460, 2014.

MAYATT, Anthony. **TRX Power Pull**, 2016. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=FUTpOejIEzE>>. Acesso em: 3 set. 2020.

MCCARTHY, Erick K. et al. Repeated chair stands as a measure of lower limb strength in sexagenarian women. **The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences**, v. 59, n. 11, p. 1207-1212, 2004.

MCGLORY, Chris et al. The impact of exercise and nutrition on the regulation of skeletal muscle mass. **The Journal of Physiology**, v. 597, n. 5, p. 1251-1258, 2019.

MIOTTO, Jacqueline M. et al. Reliability and validity of the Fullerton Functional Fitness Test: an independent replication study. **Journal of Aging and Physical activity**, v. 7, n. 4, p. 339-353, 1999.

MISZKO, T. A.; CRESS, M. E. The effect of strength and power training on physical function in independent community-dwelling older adults. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 34, n. 5, p. S250, 2002.

MITCHELL, Cameron J. et al. Resistance exercise load does not determine training-mediated hypertrophic gains in young men. **Journal of applied physiology**, v. 113, n. 1, p. 71-77, 2012.

MOK, Nicola W. et al. Core muscle activity during suspension exercises. **Journal of science and medicine in sport**, v. 18, n. 2, p. 189-194, 2015.

MORLEY, John E.; ANKER, Stefan D.; VON HAEHLING, Stephan. Prevalence, incidence, and clinical impact of sarcopenia: facts, numbers, and epidemiology—update 2014. 2014.

MORTON, Robert W. et al. Neither load nor systemic hormones determine resistance training-mediated hypertrophy or strength gains in resistance-trained young men. **Journal of applied physiology**, v. 121, n. 1, p. 129-138, 2016.

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

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

PAU, Massimiliano et al. Effect of light and vigorous physical activity on balance and gait of older adults. **Archives of gerontology and geriatrics**, v. 59, n. 3, p. 568-573, 2014.

PELZER, Thiemo; ULLRICH, Boris; PFEIFFER, Mark. Periodization effects during short-term resistance training with equated exercise variables in females. **European journal of applied physiology**, v. 117, n. 3, p. 441-454, 2017.

PIRAUÁ, André Luiz Torres et al. Effect of 24-week strength training on unstable surfaces on mobility, balance, and concern about falling in older adults. **Scandinavian journal of medicine & science in sports**, v. 29, n. 11, p. 1805-1812, 2019.

REID, Kieran F. et al. Comparative effects of light or heavy resistance power training for improving lower extremity power and physical performance in mobility-limited older adults. **Journals of Gerontology Series A: Biomedical Sciences and Medical Sciences**, v. 70, n. 3, p. 374-380, 2015.

ROONEY, KIERAN; HERBERT, ROBERT; BALNAVE, RONALD. Fatigue contributes to the strength training stimulus. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 26, n. 9, p. 1160-1164, 1994.

SCHOENFELD, Brad J.; OGBORN, Dan; KRIEGER, James W. Dose-response relationship between weekly resistance training volume and increases in muscle mass: A

systematic review and meta-analysis. **Journal of sports sciences**, v. 35, n. 11, p. 1073-1082, 2017.

SCHOENFELD, Brad J. et al. Muscular adaptations in low-versus high-load resistance training: A meta-analysis. **European journal of sport science**, v. 16, n. 1, p. 1-10, 2016.

SCHOENFELD, Brad J. et al. Effects of low-vs. high-load resistance training on muscle strength and hypertrophy in well-trained men. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 29, n. 10, p. 2954-2963, 2015.

SCHOENFELD, Brad Jon et al. Differential effects of attentional focus strategies during long-term resistance training. **European journal of sport science**, v. 18, n. 5, p. 705-712, 2018.

SCHOTT, J.; MCCULLY, K.; RUTHERFORD, O. M. The role of metabolites in strength training. **European journal of applied physiology and occupational physiology**, v. 71, n. 4, p. 337-341, 1995.

SHERRINGTON, Catherine et al. Exercise to prevent falls in older adults: an updated systematic review and meta-analysis. **British journal of sports medicine**, v. 51, n. 24, p. 1750-1758, 2017.

SHINKLE, Justin et al. Effect of core strength on the measure of power in the extremities. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 26, n. 2, p. 373-380, 2012.

SILVA-BATISTA, Carla et al. Resistance Training with Instability for Patients with Parkinson's Disease. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 48, n. 9, p. 1678-1687, 2016.

SILVA-BATISTA, Carla et al. Instability Resistance Training Improves Neuromuscular Outcome in Parkinson's Disease. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 49, n. 4, p. 652-660, 2017.

SKELTON, Dawn A. et al. Effects of resistance training on strength, power, and selected functional abilities of women aged 75 and older. **Journal of the American Geriatrics Society**, v. 43, n. 10, p. 1081-1087, 1995.

SOUZA, Eduardo O. et al. Early adaptations to six weeks of non-periodized and periodized strength training regimens in recreational males. **Journal of sports science & medicine**, v. 13, n. 3, p. 604, 2014.

STEFFEN, Teresa M.; HACKER, Timothy A.; MOLLINGER, Louise. Age-and gender-related test performance in community-dwelling elderly people: Six-Minute Walk Test, Berg Balance Scale, Timed Up & Go Test, and gait speeds. **Physical therapy**, v. 82, n. 2, p. 128-137, 2002.

TRXTRAINING. **Our history**, 2020. Disponível em: <<https://www.trxtraining.com/our-history>>. Acesso em: 15 jul. 2020.

UNITED NATIONS. **World population prospects 2019**, 2019. Disponível em: <<https://population.un.org/wpp2019/>>. Acesso em: 27 ago. 2020.

VAN ROIE, Evelien et al. Strength training at high versus low external resistance in older adults: effects on muscle volume, muscle strength, and force-velocity characteristics. **Experimental gerontology**, v. 48, n. 11, p. 1351-1361, 2013.

VASCONCELOS, Karina SS et al. Effects of a progressive resistance exercise program with high-speed component on the physical function of older women with sarcopenic obesity: a randomized controlled trial. **Brazilian journal of physical therapy**, v. 20, n. 5, p. 432-440, 2016.

WALL, Benjamin Toby et al. Aging is accompanied by a blunted muscle protein synthetic response to protein ingestion. **PLoS one**, v. 10, n. 11, p. e0140903, 2015.

YANG, Yifan et al. Resistance exercise enhances myofibrillar protein synthesis with graded intakes of whey protein in older men. **British Journal of nutrition**, v. 108, n. 10, p. 1780-1788, 2012.

ZEMBRON-ŁACNY, Agnieszka et al. Sarcopenia: monitoring, molecular mechanisms, and physical intervention. **Physiological research**, v. 63, n. 6, 2014.

ANEXOS

Artigo publicado no periódico EUROPEAN JOURNAL OF APPLIED PHYSIOLOGY

European Journal of Applied Physiology
<https://doi.org/10.1007/s00421-020-04446-x>

ORIGINAL ARTICLE



Suspension training vs. traditional resistance training: effects on muscle mass, strength and functional performance in older adults

Samuel Domingos Soligon¹ · Deivid Gomes da Silva¹ · João Guilherme Almeida Bergamasco¹ · Vitor Angleri¹ · Ricardo Alessandro Medalha Júnior¹ · Nathalia Fernanda Dias¹ · Sanmy Rocha Nóbrega¹ · Marcelo de Castro Cesar^{2,3} · Cleiton Augusto Libardi¹

Received: 31 January 2020 / Accepted: 17 July 2020
 © Springer-Verlag GmbH Germany, part of Springer Nature 2020

Abstract

Purpose We compared the effects of suspension training (ST) with traditional resistance training (TRT) on muscle mass, strength and functional performance in older adults.

Methods Forty-two untrained older adults were randomized in TRT, ST (both performed 3 sets of whole body exercises to muscle failure) or control group (CON). Muscle thickness (MT) of biceps brachii (MT_{BB}) and vastus lateralis (MT_{VL}), maximal dynamic strength test (IRM) for biceps curl (IRM_{BC}) and leg extension exercises (IRM_{LE}), and functional performance tests (chair stand [CS], timed up and go [TUG] and maximal gait speed [MGS]) were performed before and after 12 weeks of training.

Results MT_{BB} increased significantly and similarly for all training groups (TRT 23.35%; ST 21.56%). MT_{VL} increased significantly and similarly for all training groups (TRT 13.03%; ST 14.07%). IRM_{BC} increased significantly and similarly for all training groups (TRT 16.06%; ST 14.33%). IRM_{LE} increased significantly and similarly for all training groups (TRT 14.89%; ST 18.06%). MGS increased significantly and similarly for all groups (TRT 6.26%; ST 5.99%; CON 2.87%). CS decreased significantly and similarly for all training groups (TRT -20.80%; ST -15.73%). TUG decreased significantly and similarly for all training groups (TRT -8.66%; ST -9.16%).

Conclusion Suspension training (ST) promotes similar muscle mass, strength and functional performance improvements compared to TRT in older adults.

Keywords TRX training · Instability resistance training · Muscle hypertrophy · Functionality · Aging

Abbreviations

IRM Maximal dynamic strength test
 IRM_{BC} Biceps curl maximal dynamic strength test
 IRM_{LE} Leg extension maximal dynamic strength test

CON Control group
 CS Chair Stand
 CV Coefficient of variation
 ES Effect sizes
 MGS Maximal gait speed
 MT Muscle thickness
 MT_{BB} Biceps brachii muscle thickness
 MT_{VL} Vastus lateralis muscle thickness
 RT Resistance training
 ST Suspension training
 TE Typical error
 TRT Traditional resistance training
 TUG Timed up and go

Communicated by Toshio Moritani.

✉ Cleiton Augusto Libardi
 c.libardi@ufscar.br

¹ MUSCULAB, Laboratory of Neuromuscular Adaptations to Resistance Training, Department of Physical Education, Federal University of São Carlos, UFSCar, Rod. Washington Luiz, km 235-SP 310, São Carlos, SP 13565-905, Brazil

² Department of Medicine, Federal University of São Carlos, UFSCar, Rod. Washington Luiz, km 235-SP 310, São Carlos, SP 13565-905, Brazil

³ Human Performance Research Laboratory, Methodist University of Piracicaba, UNIMEP, Rod. do Açúcar, km 156, Piracicaba, SP 13400-911, Brazil

Published online: 22 July 2020

Springer