

ALETÉIA DE PAULA SOUZA

**TREINAMENTO INTERVALADO DE ALTA INTENSIDADE É UM MÉTODO PRÁTICO
E TEMPO-EFICIENTE PARA MELHORAR A FUNÇÃO MUSCULAR E O
DESEMPENHO FÍSICO EM MULHERES PÓS-MENOPAUSADAS**

UBERABA

2017

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

Aletéia de Paula Souza

**TREINAMENTO INTERVALADO DE ALTA INTENSIDADE É UM MÉTODO PRÁTICO
E TEMPO-EFICIENTE PARA MELHORAR A FUNÇÃO MUSCULAR E O
DESEMPENHO FÍSICO EM MULHERES PÓS-MENOPAUSADAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Educação Física, Esporte e Saúde (Linha de Pesquisa: Exercício Físico, ajustes e adaptações neuromusculares, cardiopulmonares e Endocrino-metabólicas), da Universidade Federal do Triângulo Mineiro, como requisito parcial para obtenção do título de mestre.

Orientador: Dr. Fábio Lera Orsatti

UBERABA

2017

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

S713t Souza, Aletéia de Paula
Treinamento intervalado de alta intensidade é um método prático e tempo-eficiente para melhorar a função muscular e o desempenho físico em mulheres pós-menopausadas / Aletéia de Paula Souza. -- 2017.
67 f. : il., graf. tab.

Dissertação (Mestrado em Educação Física) -- Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, MG, 2017
Orientador: Prof. Dr. Fábio Lera Orsatti

1. Saúde da mulher. 2. Pós-Menopausa. 3. Envelhecimento. 4. Exercício. 5. Força muscular. I. Orsatti, Fábio Lera. II. Universidade Federal do Triângulo Mineiro. III. Título.

CDU 613.99

Aletéia de Paula Souza

**TREINAMENTO INTERVALADO DE ALTA INTENSIDADE É UM MÉTODO PRÁTICO
E TEMPO-EFICIENTE PARA MELHORAR A FUNÇÃO MUSCULAR E O
DESEMPENHO FÍSICO EM MULHERES PÓS-MENOPAUSADAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Educação Física, Esporte e Saúde (Linha de Pesquisa: Exercício Físico, ajustes e adaptações neuromusculares, cardiorrespiratórias e Endocrino-metabólicas), da Universidade Federal do Triângulo Mineiro, como requisito parcial para obtenção do título de mestre.

Orientador: Dr. Fábio Lera Orsatti

Aprovada em 21 de Fevereiro de 2017

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Fábio Lera Orsatti - Orientador
Universidade Federal do Triângulo Mineiro

Prof. Dr. Jair Sindra Virtuoso Júnior
Universidade Federal do Triângulo Mineiro

Prof. Dr. Guilherme Morais Puga
Universidade Federal de Uberlândia

Dedico está dissertação! A Deus primeiramente, pela oportunidade, saúde e força na realização desta etapa. Aos meus pais, Ana Maria da Silva e Arthur de Paula Souza Junior (in memória) que me deram não somente a vida, mas principalmente a minha educação e condições de estudo, meus mais profundos agradecimentos e o me muito obrigado pela compreensão quanto ao afastamento e ausência em determinados momentos. Aos meus irmãos, Tamyres Yuri Silva e Arthur de Paula Souza Neto por todo apoio e incentivo na conquista desta nova etapa. Ao meu namorado Danilo Lucas Batista pelo amor, companheirismo, atenção e incentivo durante a realização desta pesquisa. Aos meus amigos meu muito obrigado por toda amizade, apoio e incentivo.

AGRADECIMENTOS

Ao professor Dr. Fábio Lera Orsatti, pela oportunidade de fazer parte do seu grupo de pesquisa, por acreditar e confiar no meu trabalho e contribuir com seus ensinamentos que ajudaram no meu amadurecimento profissional e pessoal. Palavras não são suficientes para expressar meus sinceros agradecimentos a esta pessoa, que considero não somente um orientador, mas também como um amigo, sendo um exemplo de pessoa e profissional em minha vida. Muito obrigada por tudo.

Às agências de fomento CAPES, pela concessão de bolsa, e FAPEMIG e FUNEPU, pelo suporte financeiro ao Projeto.

Aos integrantes do BioEx que tornou-se a minha segunda família, Paulo Ricardo Prado Nunes, Anselmo Oliveira Alves, Cristiane Maria de Castro Franco, Gederson Kardec Gomes, Daniel de Souza Texeira, Ana Alice Neves, Marcelo Augusto da Silva Carneiro, Weverton Fonseca Soares, Jairo de Freitas Rodrigues de Souza, Thalles Racine Gonçalves Bernardes da Silva, Victor Lopes Soares, Gersiel Nascimento de Oliveira Junior pelas ajudas e momentos de descontração. Em especial a minha companheira de jornada do mestrado Fernanda Maria Martins por partilhar comigo todos os momentos de aprendizado e dedicação profissional e pessoal.

As voluntárias da pesquisa, obrigado pela confiança, comprometimento, carinho com o estudo.

E por fim, mas não com menor importância, aos examinadores de qualificação, Dr. Jair Sindra Virtuoso Júnior e a Dr^a. Camila Bosquiero Papini, e de defesa, Dr. Jair Sindra Virtuoso Júnior e Dr. Guilherme Morais Puga, pelas pertinentes contribuições para a elaboração desta pesquisa e dissertação.

Enfim, a todos aqueles que contribuíram com a minha formação e amadurecimento profissional, para que eu pudesse me manter firme nesta jornada, para se encerrar mais uma fase da minha vida e ter início a uma nova. Muito obrigada!

RESUMO

O treinamento intervalado de alta intensidade (HIIT) tem mostrado ser uma estratégia tempo-eficiente alternativa para a redução da gordura corporal e o aumento da capacidade cardiorrespiratória e da massa muscular. Apesar dessas adaptações, não existe evidência se estas adaptações induzidas pelo HIIT promovam melhora no desempenho físico em pessoas idosas. Portanto, o objetivo do estudo foi investigar o efeito do HIIT na força muscular (FM), na taxa de desenvolvimento de força (TDF) e no desempenho físico (teste de caminhada de seis minutos (TC6) e curta bateria de desempenho físico (SPPB)) em mulheres pós-menopausadas (PM). Terminaram o estudo trinta e quatro mulheres divididas em dois grupos: HIIT (n = 14) e treinamento combinado (COM) (n = 20). O grupo HIIT realizou um protocolo de treinamento composto de dez sessões de 60s de exercício de alta intensidade (30s de subir e descer em um *step* e 30s de agachamento o mais rápido possível) a 80-95% da frequência cardíaca máxima (220 - idade) ou escala de Borg (CR-10) em 7-9. O grupo COM realizou um protocolo de treinamento composto por 30 minutos de caminhada (a 70% da FC_{máx} ou escala de Borg em 5-6) seguida por cinco exercícios com pesos (três séries de 8-12 repetições a 70% de 1-RM, com um período de descanso de 1,5 min. entre séries e exercícios). Ambos os grupos realizaram o treinamento três vezes por semana (em dias não consecutivos). A frequência de treinamento foi para o HIIT de 90,7% ± 9,2% e para o COM de 90,7% ± 8,3%. No início do estudo, todas as participantes apresentaram sobrepeso e desempenho físico normal. Não houve diferenças significativas entre os grupos quanto à idade, tempo de menopausa, índice de massa corporal, desempenho físico, teste de uma repetição máxima (1-RM), contração voluntária máxima isométrica (CVMI) e TDF no início do estudo. O principal achado do presente estudo foi que em 12 semanas de HIIT ocorreram adaptações na TDF e no desempenho físico (mas não na força muscular) semelhantes às observadas no COM em mulheres PM. O presente estudo sugere que o HIIT é uma estratégia tempo-eficiente alternativa para melhorar a função muscular e o desempenho físico em mulheres PM.

Palavras chaves: Envelhecimento. Taxa de desenvolvimento de força. Força muscular.

ABSTRACT

The high-intensity interval training (HIIT) have shown to be an alternative time-efficient strategy in reducing body fat and increasing cardiorespiratory capacity and muscle mass. In spite of these adaptations, it is not clear whether these HIIT-induced adaptations increase muscle function (i.e. muscle strength and rate of force development) and physical performance in older people. This purpose study investigated the effects of high-intensity interval training (HIIT) on muscle strength (MS), rate of force development (RFD) and physical performance in older people, especially in postmenopausal women (PW). Thirty-four PW were divided into two groups: HIIT (n=14) and combined training (COM, n=20). The HIIT group performed a training protocol composed of ten sets of 60s of high intensity exercise (30s of stepping up and down on a step and 30s of squatting up and down with body weight as fast as possible) at 80-95% of heart rate ($220 - \text{age}$) or Borg scale at 7-9 interspersed by a recovery period of 60s of low intensity exercise $< 60\%$ of heart rate or Borg scale < 5 (light walk). The COM group performed a training protocol composed by 30-min walk at 70% of heart rate or Borg scale at 5-6 following by five resistance exercises (three sets of 8-12 repetitions at 70% of 1-RM, with a 1.5-min rest period between sets and exercises). Both groups performed a three-day-a-week (no consecutive days) routine (training frequency: HIIT = $90.7\% \pm 9.2\%$ and COM = $90.7\% \pm 8.3\%$). All participants showed overweight and normal physical performance (6WMT and SPPB). There were no significant differences between groups for age, menopause time, body mass index, physical performance, muscle strength (1-RM and MIVC) and RFD at baseline. The major finding from the present study was that 12 weeks of HIIT elicited adaptations in RFD and physical performance (but not muscle strength), which were similar to those elicited by COM. In conclusion, this study indicates that HIIT is a time-efficient strategy to improve physical performance in PW.

Key-words: Aging. Rate of force development. Strength muscle.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
1.1	DESEMPENHO FÍSICO E MULHERES PÓS-MENOPAUSADAS	9
1.2	CONTRIBUINTES PARA O BAIXO DESEMPENHO FÍSICO EM MULHERES PÓS-MENOPAUSADAS	10
1.3	TIPOS DE EXERCÍCIO FÍSICO E CONTRIBUINTES DO BAIXO DESEMPENHO FÍSICO	11
1.4	OBJETIVOS	13
1.4.1	Objetivo Geral	13
1.4.2	Objetivos Específicos	13
2	MÉTODOS	14
2.1	DELINEAMENTO DO ESTUDO	14
2.2	AVALIAÇÕES	16
2.2.1	Anamnese	16
2.2.2	Medidas Antropométricas	17
2.2.3	Teste de Caminhada de Seis Minutos (TC6)	17
2.2.4	Curta Bateria de Desempenho Físico (SPPB)	17
2.2.5	Taxa de Desenvolvimento de Força (TDF)	18
2.2.6	Teste de Uma Repetição Máxima (1-RM)	19
2.3	PROTOCOLO DE TREINAMENTO	20
2.3.1	Treinamento intervalado de alta intensidade (HIIT)	22
2.3.2	Treinamento combinado (COM)	22
2.4	ANÁLISES ESTATÍSTICA	24
3	RESULTADOS	24
4	DISCUSSÃO	27
5	CONCLUSÃO	28
	REFERÊNCIAS	29
	ANEXO A: Muscle strength to body weight ratio is a better predictor of low physical function than absolute muscle strength in postmenopausal women	34
	ANEXO B: High-intensity interval training is an alternative time-efficient strategy to improve muscle function and physical performance in postmenopausal women	50

1 INTRODUÇÃO

1.1 DESEMPENHO FÍSICO E MULHERES PÓS-MENOPAUSADAS

O baixo desempenho físico é definido pelos Centros de Controle e Prevenção de Doenças como dificuldade na realização de tarefas físicas, tais como subir um lance de escada, andar $\frac{1}{4}$ de uma milha ou mesmo levantar ou carregar 4,5 kg (10 libras) (HOLMES et al., 2009). Assim, diversos testes que mimetizam essas tarefas físicas são propostos na literatura como ferramenta para avaliar o desempenho físico. Por exemplo, o teste de seis minutos de caminhada (TC6), como um indicador de capacidade funcional aeróbia (STEFFEN; HACKER; MOLLINGER, 2002) ou o teste de curta bateria de desempenho físico (SPPB), como um indicador de mobilidade (GURALNIK, J. M. et al., 1994). Esses testes de desempenho físico são ferramentas simples e de fácil acesso e, portanto, comumente utilizados para a identificação do baixo desempenho físico em idosos.

A busca do entendimento entre desempenho físico e saúde é avaliada pela capacidade do baixo desempenho físico em prever as alterações da saúde do idoso (ex. quedas, incapacidade funcional e mortalidade) (NICHOLAS; HALL, 2011; STEFFEN et al., 2002). Neste sentido, o baixo desempenho físico observado nestes testes são fortemente associados à incapacidade funcional, quedas, fraturas, baixa qualidade de vida e mortalidade (CRUZ-JENTOFT et al., 2010; FIELDING et al., 2011; HOLMES et al., 2009; REID; FIELDING, 2012). Existem evidências consideráveis mostrando que a redução da massa e da função musculares, tais como força, potência e taxa de desenvolvimento da força (TDF) estão diretamente associados ao baixo desempenho físico em pessoas mais velhas (AAGAARD, PER et al., 2010; BUCHNER et al., 1996; HERMAN et al., 2005; MCGINN et al., 2008; RANTANEN et al., 1999; RANTANEN et al., 2001; SIROLA; RIKKONEN, 2005). De fato, conforme o modelo de incapacidade funcional no envelhecimento, massa e função musculares reduzidos ocorrem precocemente e são determinantes do baixo desempenho físico (CRUZ-JENTOFT et al., 2010; FIELDING et al., 2011; HOLMES et al., 2009; REID; FIELDING, 2012). Neste sentido, baixa massa e função musculares são consideradas determinantes precoces das alterações da saúde do idoso (ex. quedas, incapacidade funcional e mortalidade). Por exemplo, Wickham C.

et al. (1989) mostrou que a redução da força e potência musculares prediz o número de quedas em mulheres na pós-menopausa (SIROLA; RIKKONEN, 2005; WICKHAM et al., 1989) e as quedas estão diretamente associadas com a mortalidade em pessoas mais velhas (OVERSTALL et al., 1977). Portanto, parece razoável aceitar que intervenções para prevenir ou tratar a redução da massa e função musculares são estratégias importantes e necessárias em pessoas mais velhas.

Interessantemente, observa-se que a probabilidade de baixo desempenho físico é maior nas mulheres idosas do que nos homens idosos (BRADY et al., 2014; NEWMAN; BRACH, 2001; STRAIGHT, 2014). Isto tem sido relacionado à menor massa e função musculares das mulheres comparadas aos homens. Além disso, algumas evidências têm mostrado que com advento da menopausa ocorre a redução de massa e função (força, potência e taxa de desenvolvimento de força) musculares (KAMEL; MAAS; DUTHIE, 2002; SIROLA; RIKKONEN, 2005). Porém, a diminuição na função muscular pode estar diretamente associada com diminuição do nível de atividade física que ocorrem com a menopausa (BOOTH; LAYE; ROBERTS, 2011; DUVAL et al., 2013). O baixo nível de atividade física é um dos principais fatores de risco para sarcopenia (diminuição da massa e função muscular) (CRUZ-JENTOFT et al., 2010; FIELDING et al., 2011; HOLMES et al., 2009; REID; FIELDING, 2012).

1.2 CONTRIBUINTES PARA O BAIXO DESEMPENHO FÍSICO EM MULHERES PÓS-MENOPAUSADAS

A força (CRUZ-JENTOFT et al., 2010; FIELDING et al., 2011; HOLMES et al., 2009; JANSSEN et al., 2000; REID; FIELDING, 2012), potência e TDF musculares (REID; FIELDING, 2012) estão entre os potenciais determinantes do desempenho físico em idosos. A partir dos cinquenta anos (idade que marca a menopausa) a força muscular reduz de 1 a 2% ao ano (IZQUIERDO et al., 1999; SKELTON et al., 1994). Já para potência muscular, a redução é duas a três vezes maiores (3 a 4% ao ano) que a redução da força muscular. Embora não existam dados epidemiológicos sobre a redução anual da TDF após os 50 anos, existem

evidências convincentes mostrando que a TDF está reduzida em idosos (AAGAARD, PER et al., 2010). A TDF é o termo utilizado para descrever habilidade de produção de força rápida (MAFFIULETTI et al., 2016) e, portanto, está diretamente associado o desenvolvimento de potência muscular, sugerindo que a taxa de redução da TDF com o envelhecimento é similar à taxa de redução da potência muscular.

Para a execução das tarefas físicas diárias são necessários movimentos (ex; sentar e levantar da cadeira, caminhar) que exige um tempo curto de execução (~0-200 ms), sem a necessidade de atingir a força de contração máxima (~400-600 ms) (AAGAARD, P. et al., 2002; SUETTA et al., 2004; THORSTENSSON; GRIMBY; KARLSSON, 1976). Neste sentido, a baixa TDF tem se destacado como um importante determinante do baixo desempenho físico em idosos (CROCKETT et al., 2013; GRANACHER; GRUBER; GOLLHOFER, 2010; SUETTA et al., 2004). No entanto, embora numerosos estudos tenham investigado o papel da TDF sobre o desempenho físico, a maioria dos estudos utilizou homens como amostra, dificultando a extrapolação desses resultados para mulheres idosas (COSTELLO; BIEUZEN; BLEAKLEY, 2014). Além disso, existem poucos estudos na literatura que investigaram o efeito do exercício físico sobre a TDF, sobretudo em mulheres na pós-menopausa. Finalmente, não há estudos que investigaram os efeitos de diferentes estratégias, sejam elas mais eficientes, práticas ou mesmo tempo-eficiente, sobre a TDF e o desempenho físico. Portanto, existe a necessidade de mais evidências empíricas, principalmente em mulheres idosas, sobre diferentes estratégias para prevenir ou tratar a baixa TDF e, conseqüentemente, o baixo desempenho físico.

1.3 TIPOS DE EXERCÍCIO FÍSICO E CONTRIBUINTES DO BAIXO DESEMPENHO FÍSICO

O Colégio Americano de Medicina do Esporte recomenda a prática de, pelo menos, 150 minutos de atividade física semanal. Recomenda ainda que essa atividade seja multimodal, combinados exercícios com pesos (musculação) aos exercícios aeróbios (COM) para adultos mais velhos (CHODZKO-ZAJKO et al., 2009; GARBER, C. E. et al., 2011). Essas recomendações baseiam-se principalmente nos

efeitos de cada modalidade combinados, como o aumento da massa muscular, função muscular (FM, TDF e capacidade aeróbia) e diminuição da gordura corporal (CHODZKO-ZAJKO et al., 2009; GARBER, C. E. et al., 2011). No entanto, embora os benefícios do treinamento COM estejam bem estabelecidos para a saúde das pessoas, várias questões pendentes envolvem o tipo de exercício ideal para idosos (BAMMAN et al., 2014; CHODZKO-ZAJKO et al., 2009). Por exemplo, o longo período da sessão (~60min.) e alta frequência do treinamento COM tem sido reportado como razões comuns para as pessoas não praticarem exercício devido à falta de tempo (GILLEN; GIBALA, 2013; GODIN et al., 1994; TROST et al., 2002). Portanto, a compreensão dos efeitos de diferentes exercícios tempo-eficiente em diferentes condições (isto é, idosos) é de grande importância se nós pretendemos encontrar estratégias de tratamento alternativas para a população.

O treinamento intervalado de alta intensidade (HIIT) é caracterizado por períodos curtos de exercício de alta intensidade (vigoroso; > 80% da frequência cardíaca máxima), seguidos por períodos de exercícios de baixa intensidade ou de repouso. Um protocolo de HIIT comumente estudado é realizar dez esforços intensos de 60 segundos (em bicicleta ergométrica ou esteira) intercalados por 60 segundos de recuperação ativa ou passiva em cada sessão do treinamento (GIBALA; GILLEN; PERCIVAL, 2014). O HIIT é considerado como uma estratégia “tempo-eficiente” na saúde do idoso porque promove redução da gordura corporal e aumentos na capacidade cardiorrespiratória (GIBALA et al., 2014; GODIN et al., 1994) e na massa muscular (JENSEN; FRIEDMANN, 2002) similarmente a outros tipos de exercício com longa duração (ex. exercício contínuo de intensidade moderada e musculação). Apesar destas adaptações, não existe evidência empírica se estas adaptações induzidas pelo HIIT aumentam a função muscular (isto é, a força muscular e a taxa de desenvolvimento da força) e o desempenho físico em pessoas mais velhas.

A magnitude dos ganhos de força e TDF musculares estão diretamente relacionadas com a quantidade de força (resistência) realizada no exercício. Assim, é bem aceito que a realização de exercício com cargas (pesos) altas (> 70% da capacidade máxima) está mais relacionada aos ganhos de força e de TDF musculares do que exercício com cargas baixas (CHODZKO-ZAJKO et al., 2009; FINK et al., 2016; GURJAO et al., 2012; MAFFIULETTI et al., 2016; SUETTA et al.,

2004; TIGGEMANN et al., 2016; VILA-CHÃ; FALLA; FARINA, 2010). O HIIT é comumente realizado com um percentual da massa corporal ou mesmo a massa corporal total como resistência. Em idosos saudáveis, a massa corporal pode equivaler a menos da metade da força muscular máxima (NUNES et al., 2017). Neste sentido, o HIIT não seria uma estratégia eficiente para melhorar a função muscular e, conseqüentemente, o desempenho físico em pessoas mais velhas. No entanto, tem sido evidenciado recentemente que o exercício (musculação) com carga leve, mas com movimento de alta velocidade, aumenta a TDF em idosos (CORREA et al., 2012). Portanto, parece razoável supor que HIIT pode melhorar a TDF e o desempenho físico devido aos movimentos de alta velocidade em pessoas mais velhas.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo Geral

Verificar se o treinamento intervalado de alta intensidade é uma estratégia de intervenção tempo-eficiente alternativo ao treinamento combinado para melhorar a função muscular e desempenho físico em mulheres PM.

1.4.2 Objetivos Específicos

Verificar se o treinamento intervalado de alta intensidade é uma estratégia tempo-eficiente alternativo ao treinamento combinado para melhorar a TDF em mulheres PM.

Verificar se o treinamento intervalado de alta intensidade é uma estratégia tempo-eficiente alternativo ao treinamento combinado para melhorar a força muscular em mulheres PM.

Verificar se o treinamento intervalado de alta intensidade é uma estratégia tempo-eficiente alternativo ao treinamento combinado para melhorar o TC6 e SPPB em mulheres PM.

2 MÉTODOS

2.1 DELINEAMENTO DO ESTUDO

Todas as voluntárias selecionadas concordaram com os termos do estudo e assinaram o consentimento livre e esclarecido aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa local (451.081/2015).

Este estudo experimental, controlado e randomizado foi realizado com 34 das 73 mulheres que se interessaram a participar do estudo, atendidas entre fevereiro e novembro de 2015 no laboratório de pesquisa em Biologia do Exercício (BioEx) do Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Federal do Triângulo Mineiro(Figura 1). Todas as voluntárias incluídas no estudo foram mulheres na pós-menopausa, não praticantes de exercício físico regular (por exemplo, treinamento aeróbico supervisionado ou não supervisionado ou outro tipo de exercício), com 45 anos de idade ou mais, com boa saúde geral, com amenorréia espontânea por pelo menos 12 meses e capazes de realizar os testes de função física. Os critérios de exclusão consistiram na presença de disfunções tireoidianas, miopatias, artropatias, neuropatias e diabetes; presença de distúrbios musculares, tromboembólicos e gastrointestinais; presença de doenças cardiovasculares e infecciosas.

No início do estudo foi realizada entrevista com questionários para avaliação dos hábitos saudáveis, uso de medicamentos e prática de exercício físico. As avaliações de desempenho físico (TC6 e SPPB), as avaliações de função muscular (TDF e força muscular máxima) e medidas antropométricas (massa corporal e altura) foram realizadas no momento inicial e final (12 semanas) do estudo. As avaliações finais do estudo foram realizadas 48 horas após a última sessão de treinamento com

o intuito de evitar o efeito residual da última sessão de exercício sobre os parâmetros avaliados.

A amostra consistiu de 63 mulheres PM distribuídos aleatoriamente em dois grupos HIIT e COM. Porém, somente 34 finalizaram o estudo: HIIT (n = 14) e COM (n = 20) (Figura 1). O grupo HIIT realizou um protocolo de treinamento composto de dez sessões de 60s de exercício de alta intensidade (30s de subir e descer em um *step* e 30s de agachamento o mais rápido possível) a 80-95% da frequência cardíaca máxima (220 - idade) ou escala de Borg (CR-10) em 7-9. Os esforços foram intercalados por um período de recuperação de 60s de exercício de baixa intensidade (caminhada leve a <60% da frequência cardíaca máxima (FC_{máx}) ou escala de Borg <5) (Tabela 1). O grupo COM realizou um protocolo de treinamento composto por 30 minutos de caminhada a 70% da FC_{máx} ou escala de Borg em 5-6 seguindo por cinco exercícios de com pesos (três séries de 8-12 repetições a 70% de 1-RM, com um período de descanso de 1,5 min. entre séries e exercícios) (Tabela 1). Ambos os grupos realizaram o treinamento três vezes por semana (em dias não consecutivos). A frequência de treinamento foi para o HIIT de 90,7% ± 9,2% e para o COM de 90,7% ± 8,3%.

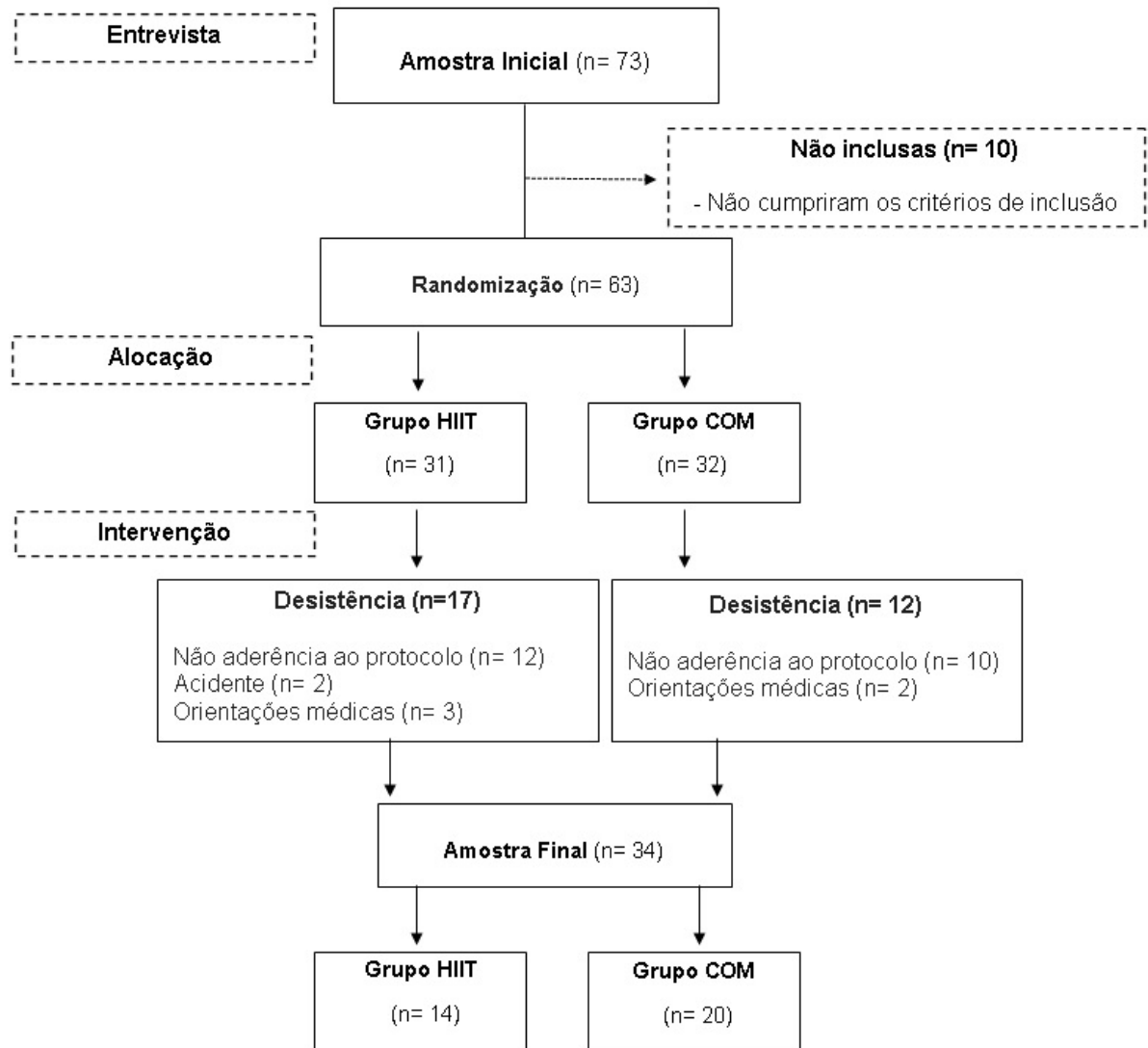


Figura. 1 Fluxograma da seleção da amostra; HIIT: Treinamento Intervalado de alta Intensidade; COM: Treinamento Concorrente.

2.2 AVALIAÇÕES

2.2.1 Anamnese

Preliminarmente, todas as voluntárias do estudo realizaram a anamnese para obtenção dos seguintes dados: idade, situação laboral, indicadores de saúde e relatos de doenças atuais e progressas, prática de exercício físico e o tempo de menopausa.

2.2.2 Medidas Antropométricas

Amassa e a altura corporais foram medidas com balança digital (Lider®, Brasil) e estadiômetro fixado à balança. Durante as medidas, as voluntárias vestiram roupas leves e estavam descalça. O índice de massa corporal (IMC) foi calculado e classificado de acordo com o sistema da Organização Mundial da Saúde (ORGANIZATION, 2000).

2.2.3 Teste de Caminhada de Seis Minutos (TC6)

O TC6 consistiu em determinar a distância máxima (em metros) percorrida no tempo de 6 minutos (STEFFEN et al., 2002). O TC6 foi realizado em uma quadra de esportes coberta com 114 metros de comprimento. Ao longo desse percurso o chão foi marcado a cada 3 metros utilizando uma fita colorida. A linha de partida, que marcou o início e o fim de cada volta de 114 metros, foi marcada no chão usando uma fita colorida. Todas as voluntárias foram orientadas a caminhar o mais rápido possível durante os seis minutos do teste. A distância foi registrada após a voluntária completar 6 minutos de caminhada. Um profissional qualificado aplicou todas as avaliações. Valores do TC6 \leq 500 metros foram considerados baixo desempenho (STEFFEN et al., 2002).

2.2.4 Curta Bateria de Desempenho Físico (SPPB)

O SPPB é um teste composto por três testes, aplicados na seguinte ordem: avaliação do equilíbrio, velocidade de marcha de quatro metros e sentar e levantar da cadeira. O teste de equilíbrio foi avaliado com a voluntária em pé em três diferentes posições distintas com diminuição progressiva da base de apoio. Em cada posição o tempo foi mensurado, sendo que cada posição o tempo máximo foi de 10 segundos. A velocidade da marcha foi determinada pelo tempo necessário para

percorrer quatro metros andando em velocidade usual auto selecionada. A força muscular dos membros inferiores foi determinada pelo tempo necessário para realizar cinco repetições de levantar e sentar de uma cadeira (42 cm) em velocidade máxima, sem ajuda dos membros superiores (braços flexionados em frente ao peito). A pontuação total do SPPB foi avaliada através da soma do escore de cada teste. Cada teste apresenta o máximo de quatro pontos, portanto, soma das pontuações pode variar entre zero a 12 pontos. Foram determinadas como baixa mobilidade as voluntárias que apresentaram valores de pontuação igual ou menor que seis pontos (CRUZ-JENTOFT et al., 2010; NAKANO, 2007).

2.2.5 Taxa de Desenvolvimento de Força (TDF)

A TDF foi obtida através da análise da contração voluntária máxima isométrica (CVMI) rápida dos impulsos de força de extensão unilateral do joelho (Metrolog SD20-LVDT, São Carlos / SP, Brasil) de ambas as pernas (MAFFIULETTI et al., 2016). Todas as voluntárias foram familiarizadas com os procedimentos do experimento. Em resumo, cada voluntária realizou três CVMIs (tempo de contração: 3s) separados por intervalos de repouso de 30s de cada perna, na seguinte ordem: perna direita e perna esquerda. Antes de cada medida, as voluntárias foram instruídas a realizar o CVMI "o mais rápido e o mais forte possível" após o estímulo verbal. Em primeiro lugar, a voluntária foi acomodada no aparelho para ajuste individual da perna (fixado ao braço de alavanca do dinamômetro imediatamente acima do maléolo mediano sem fixação estática da articulação do tornozelo) e a flexão de 90 graus do quadril e do joelho. Em seguida, o procedimento foi explicado e o teste realizado. Ao longo dos testes, o mesmo examinador experiente verificou as gravações da CVMI e deu um estímulo verbal para garantir o desempenho ótimo do teste. Quando necessário, as voluntárias receberam instruções corretivas. O momento da força (torque) foi calculado multiplicando-se o CVMI pelo comprimento da perna (distância entre o maléolo medial e o espaço intra-articular do joelho). A TDF foi considerada como a inclinação média da curva momento-tempo ($\Delta\text{força}/\Delta\text{tempo}$) ao longo de intervalos de tempo de 0-50, 0-100 e 0-200 ms em relação ao início da contração. O intervalo de tempo 0-50 ms, 0-100 e ms 0- 200 ms

foi escolhido para análise porque reflete características de força explosiva (TDF) tanto na fase inicial (0-50 ms) como na fase tardia (0-200 ms) da contração muscular (FINK et al., 2016; GURJAO et al., 2012). O início da contração muscular foi definido como o ponto de tempo em que a curva do momento excedeu o momento basal em 7,5 N.m (TDF absoluto) (AAGAARD, P. et al., 2002). Todos os dados coletados foram registrados e analisados com o software SD20 DataLogger v2.40 (São Carlos/SP-Brasil). Os dois valores das pernas foram somados e comparados entre os grupos.

2.2.6 Teste de Uma Repetição Máxima (1-RM)

O teste de uma repetição máxima (1-RM) foi realizado para avaliar força máxima. Previamente ao teste de 1-RM, as voluntárias realizaram três sessões de exercícios, em dias alternados, para familiarização com o equipamento e as técnicas de cada exercício. Durante o período de familiarização, as voluntárias realizaram os exercícios com cargas baixas e subjetivas. Após esta semana, foi realizada uma sessão de familiarização com o teste 1-RM e, após 48 horas, o teste 1-RM.

No dia do teste, estipulou-se aquecimento com 15 a 20 repetições, com carga subjetiva (identificada como 20 a 30% de 1-RM após a determinação da carga máxima do teste) e 1 minuto de descanso. Em seguida, a carga foi aumentada (identificada como 40 a 60% de 1-RM) e solicitado às mulheres a realização de oito a 12 repetições. E por fim, aumentou-se a carga (identificada como 60 a 80% de 1-RM) e foi solicitado às mulheres a realização de três a cinco repetições. Após este procedimento, a carga foi aumentada consideravelmente e realizada a primeira tentativa de 1-RM. Caso as voluntárias fossem (ou não) incapazes de realizarem o movimento, tiveram 3 à 5 minutos de repouso antes da próxima tentativa com uma nova carga. Procedeu-se até encontrar a carga equivalente a 1-RM para cada exercício. Realizaram-se no máximo de três a cinco tentativas para determinar a carga máxima (DWYER; DAVIS, 2008). A carga máxima adotada foi aquela da última execução do exercício com sucesso e com movimento completo pela voluntária. Para avaliar os ganhos de força musculares, somente o teste de 1-RM

dos exercícios de supino e cadeira extensora unilateral foram avaliados no final do estudo. Todas as medidas de 1-RM foram realizadas por um examinador experiente.

2.3 PROTOCOLO DE TREINAMENTO

Todas as sessões de treinamento foram realizadas no ginásio esportivo da Universidade Federal do Triângulo Mineiro, três dias por semana (dias não consecutivos), durante 12 semanas e foram supervisionadas por profissionais de Educação Física. As voluntárias realizaram um aquecimento (caminhada de cinco minutos) e volta a calma (caminhada leve de três minutos) antes e após cada sessão de treino, respectivamente. A escala de Borg (0-10) (BORG, 1982) e a frequência cardíaca (FC) foram utilizadas conjuntamente neste estudo porque algumas mulheres usavam beta-bloqueador (Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização dos Protocolos

	Média do primeiro e último esforços de uma sessão				
	Média da 1ª Série HIIT	Média da 10ª Série HIIT	Média da melhor sessão HIIT	Média de todas as Sessões HIIT	Média de todas as Sessões COM
FC (Beta bloqueador),%	79,3±10,0 (n=3)	87,5±11,1 (n=3)	86,2±9,4 (n=3)	83,7±7,2 (n=3)	70,9±3,5 (n=1)
FC (Sem beta bloqueador),%	84,1±3,5	92,9±4,5	89,7±3,9	86,5±1,3	71,4±2,6
Nº de subida e descida do <i>step</i>	19,1±4,9	17,9±3,9	18,8±4,8	18,8±4,2	-
Nº de agachamento	20,9±5,1	18,6±4,1	19,6±4,3	19,4±3,4	-
Escala de Borg	5,9±1,4	8,5±1,0	7,1±0,8	6,9±0,5	5,4±0,5
Porcentagem de 1-RM	-	-	-	-	70%

%; percentual; FC: frequência cardíaca; Nº: número; HIIT: treinamento intervalado de alta intensidade; COM: treinamento combinado. Todos os dados são apresentados em média e desvio padrão.

2.3.1 Treinamento intervalado de alta intensidade (HIIT)

O protocolo HIIT (duração total ~ 28min.) foi composto por dez séries de 60 segundos de exercícios (30s de subida e descida do *step* e 30s de agachamento o mais rápido possível) de alta intensidade (vigoroso) a 80-95% da FC_{máx} e escala Borg em 7-9 intercalados por períodos de recuperação de 60 segundos de caminhada leve (<60% FC_{máx} ou escala de Borg em <5). A altura do *step* foi de 16 cm e os agachamentos realizados a 90 graus de flexão do joelho. Para assegurar a zona de treinamento de alta intensidade de todas as sessões de treinamento, se a voluntária ultrapassar ou não atingir a zona de alta intensidade (80-95% da FC_{máx} ou escala de Borg em 7-9), a voluntária era estimulada pelos profissionais de Educação Física para diminuir ou aumentar o número de subidas e descidas do *step* e agachamentos, respectivamente. Em geral, as voluntárias eram orientadas a realizaros exercícios de *step* e de agachamento o mais rápido possíveis.

A progressão HIIT foi separadas em semanas: semana 1, quatro séries de 60s de exercício de alta intensidade (80-90% da FC_{máx} ou escala de Borg em 7-9) intercalados por um período de recuperação de 4min de exercício de baixa intensidade (caminhada leve; <60% FC_{máx} ou escala de Borg em <5); semana 2, seis séries de 60s de exercício de alta intensidade intercalados por um período de recuperação de 3min de exercício de baixa intensidade; semana 3, oite séries de 60s de exercício de alta intensidade intercalados por um período de recuperação de 2min de exercício de baixa intensidade e semanas 4-12, dez séries de 60s de exercício de alta intensidade intercalados por um período de recuperação de 60s de exercício de baixa intensidade.

A frequência cardíaca foi obtida pelo pulso radial imediatamente após cada esforço de 60s. Os batimentos cardíacos foram obtidas em 15 segundos e multiplicadas por quatro para obter os batimento por minuto (FC= número de batimentos cardíacos em 15s x 4).

2.3.2 Treinamento combinado (COM)

O protocolo COM seguiu a recomendação do *American College of Sports Medicine Guidelines* (GARBER, CAROL EWING et al., 2011). O protocolo COM (duração total ~ 60min) foi composto por 30min de caminhada a 70% da FC_{máx} ou escala de Borg em 5-6 ao longo de um piso plano em torno de uma quadra de esportes, seguida por cinco exercícios com pesos à 70% de 1-RM com três séries de 8-12 repetições e intervalo de descanso de 1,5 minutos entre séries e exercícios. Os exercícios com peso (Buick Fitness®, Brasil) foram: meio (90 gaus) agachamento (máquina smith), supino, mesa flexora, remada sentada e cadeira extensora unilateral. Durante a caminhada a intensidade foi medida a cada 10min para assegurar a intensidade de treinamento (70% da FC_{máx} ou escala de Borg em 5-6). Se a voluntária ultrapassar ou não atingir a intensidade moderada, a voluntária era estimulada pelos profissionais de Educação Física para diminuir ou aumentar a velocidade de caminhada, respectivamente. Em relação aos exercícios com peso, para garantir a intensidade de 70% de 1-RM entre 8-12 repetições, a carga foi ajustada na 6ª semana com o teste de 1-RM.

A progressão do COM foi separada em semana: semana 1, caminhada de 15min a 70% da FC_{máx} ou escala de Borg em 5-6 e uma série de 8-12 repetições máximas a 70% de 1-RM, com período de descanso de 1,5 entre os exercícios (cinco exercícios); semana 2, caminhada de 20min a 70% da FC_{máx} ou escala de Borg em 5-6 e duas séries de 8-12 repetições máximas a 70% de 1-RM, com período de descanso de 1,5 entre os exercícios (cinco exercícios); semana 3, caminhada de 25min a 70% da FC_{máx} ou escala de Borg em 5-6 e duas séries de 8-12 repetições máximas a 70% de 1-RM, com período de descanso de 1,5 entre os exercícios (cinco exercícios) e semanas 4-12, caminhada de 30min a 70% da FC_{máx} ou escala de Borg em 5-6 e três séries de 8-12 repetições máximas a 70% de 1-RM, com período de descanso de 1,5 entre os exercícios (cinco exercícios).

A frequência cardíaca foi obtida pelo pulso radial imediatamente após cada esforço de 60s. Os batimentos cardíacos foram obtidas em 15 segundos e multiplicadas por quatro para obter os batimento por minuto (FC= número de batimentos cardíacos em 15s x 4).

2.4 ANÁLISES ESTATÍSTICA

O número de voluntárias necessário para o presente estudo foi calculado usando o software G* Power (versão 3.0.1). Com base no desempenho físico (isto é, testes funcionais) do estudo de Tiggemann et al., utilizou-se um nível alfa de 0,05, um poder de 90% e um tamanho de efeito médio de 0,059 (Eta ao quadrado) (TIGGEMANN et al., 2016). Foi estimado um tamanho de amostra de 16 voluntárias por grupo. No entanto, o tamanho da amostra foi aumentado em 31-32 mulheres no início da intervenção devido a desistência das voluntárias durante a intervenção.

A distribuição dos dados foi determinada utilizando o teste de Shapiro-Wilk. Se uma distribuição normal não fosse apropriada, uma transformação logarítmica (LOG10) foi realizada. Os dados são apresentados como média \pm desvio padrão. Utilizou-se o teste t independente para comparar os grupos na linha de base. ANOVA de medida repetida foi utilizada para comparar os grupos (HIIT e COM) por tempo (Pré e Pós) por interação. ANCOVA foi utilizada para comparar os grupos ajustando para terapia hormonal e fumo. O nível significativo foi fixado em $p < 0,05$.

3 RESULTADOS

Inicialmente, as características basais de todos os grupos foram comparadas estatisticamente e interpretadas (Tabela 2). Os valores de idade estavam dentro do intervalo normal para mulheres PM. Todas as voluntárias apresentaram sobrepeso e bom desempenho físico (TC6 e SPPB). Não houve diferenças significativas entre os grupos quanto à idade, tempo de menopausa, IMC, desempenho físico, 1-RM, CVMI e TDF no início do estudo.

Tabela 2. Características basais entre grupos

	HIIT (n=14)	COM (n=20)	P
Idade (anos)	62,0±6,45	61,6±8,16	0,879
TPM (anos)	13,92±9,54	16,20±9,49	0,498
MC (kg)	73,45±17,36	65,9±13,6	0,166
Altura (cm)	156,25±6,27	153,72±6,47	0,265
Log IMC (kg/m)	1,75±1,10	1,43±0,08	0,208
Velocidade de marcha (m/s)	1,07±0,23	1,13±0,15	0,415
Sentar e levantar da cadeira (s)	11,89 ± 3,18	10,78±2,20	0,239
Log SPPB (escore)	1,03±0,05	1,05±0,02	0,191
TC6 (m)	575,73±82,86	600,45±75,39	0,373
1-RM D (kg)	30,78±8,10	26,65±7,43	0,133
1-RM E (kg)	29,5±8,49	23,95±7,42	0,051
1-RM Soma (kg)	60,28±16,44	50,6±14,33	0,077
Log CVMI D (N.m)	1,88±0,13	1,88±0,12	0,997
Log CVMI E (N.m)	1,86±0,12	1,87±0,12	0,835
Log CVMI Soma (N.m)	2,17±0,12	2,18±0,11	0,923
Log TDF 50 D (N.m/s)	1,81±0,48	1,96±0,38	0,322
Log TDF 50 E (N.m/s)	1,96±0,35	2,13±0,35	0,192
Log TDF 50 Soma (N.m/s)	2,24±0,33	2,39±0,29	0,172
Log TDF 100 D (N.m/s)	1,92±0,31	1,97±0,37	0,650
Log TDF 100 E (N.m/s)	2,01±0,39	2,13±0,30	0,341
Log TDF 100 Soma (N.m/s)	2,30±0,31	2,39±0,28	0,358
Log TDF 200 D (N.m/s)	1,97±0,25	1,95±0,31	0,874
Log TDF 200 E (N.m/s)	2,00±0,31	2,03±0,24	0,764
Log TDF 200 Soma (N.m/s)	2,31±0,24	2,32±0,23	0,915

Log: logaritmo; kg: quilograma; cm: centímetros; kg/m: quilograma/metros; m/s: metros/segundo; s: segundo; m: metros; N.m: newton.metros; N.m/s: newton.metros/segundo; TPM: tempo pós-menopausa; MC: massa corporal; IMC: índice de massa corporal; SPPB: curta bateria desempenho físico; TC6: teste de caminhada de seis minutos; 1-RM: uma repetição máxima; CVMI: contração voluntária máximo isométrica; TDF: taxa de desenvolvimento de força; D: perna direita; E: perna esquerda; Soma: soma dos valores da perna direita com a da perna esquerda; HIIT: treinamento intervalado de alta intensidade; COM: treinamento combinado. As variáveis foram apresentadas em média e desvio padrão (DP).

Referente às alterações após 12 semanas de intervenção (pré versus pós), os dados foram comparados estatisticamente e interpretados (Tabela 3). Ambos os grupos melhoraram os testes de capacidade funcional (sentar e levantar da cadeira, SPPB e TC6) sem diferença entre eles. Ambos os grupos melhoraram a TDF inicial (0-50ms) e tardia (0-200 ms) sem diferença entre eles. Estes resultados foram confirmados pela ANCOVA, ajustando para terapia hormonal e fumo. O desempenho no teste de 1-RM aumentou apenas no grupo COM.

Tabela 3. Comparação do desempenho físico entre grupos após 12 semanas de intervenção

	HIIT		COM		P Tempo	P Interação	P ANCOVA
	Pré	Pós	Pré	Pós			
Sentar e levantar da cadeira (s)	11,89 ± 3,18	8,99±2,76	10,78±2,20	8,26±1,70	<0,001	0,629	0,456
Log SPPB (escores)	1,03±0,05	1,06±0,03	1,05±0,02	1,07±0,01	0,007	0,553	0,421
TC6 (m)	575,73±82,86	582,8±72,3	600,45±75,39	637,6±76,4	0,035	0,144	0,315
1-RM Soma (kg)	60,28±16,44	60,3±16,4	50,6±14,33	65,7±17,2*	<0, 001	0,003	<0,001
Log TDF 50 Soma (N.m/s)	2,24±0,33	2,42±0,25	2,39±0,29	2,45±0,21	0,047	0,362	0,539
Log TDF 100 Soma (N.m/s)	2,30±0,31	2,47±0,25	2,39±0,28	2,49±0,22	0,019	0,582	0,825
Log TDF 200 Soma (N.m/s)	2,31±0,24	2,42±0,21	2,32±0,23	2,45±0,21	0,010	0,792	0,476

Log: logaritmo; s: segundo; m: metros; Kg: quilograma; N.m/s: newton.metros/segundos; SPPB: curta bateria de desempenho físico; TC6: teste de caminhada de seis minutos; 1-RM: uma repetição máxima; TDF: taxa de desenvolvimento de força; HIIT: treinamento intervalado de alta intensidade; COM: treinamento combinado. Os dados foram apresentados em média e desvio padrão (DP). ANCOVA ajudada para terapia hormonal e fumo.

4 DISCUSSÃO

O principal achado do presente estudo foi que em 12 semanas de HIIT ocorreram adaptações na TDF e no desempenho físico (mas não na força muscular) semelhantes às observadas no COM em mulheres PM. Apesar dos estudos se concentrarem na eficácia do COM para melhorar a função muscular e desempenho físico (GARBER, C. E. et al., 2011), este é o primeiro estudo (baseado em nossa revisão da literatura) que mostra que o HIIT e COM são semelhantes na melhora da TDF e do desempenho físico em mulheres PM. Como o HIIT exigiu um volume e um tempo de treinamento menores do que o COM (HIIT = ~ 28min vs ~ 60min), o HIIT parece ser uma estratégia tempo-eficiente para induzir tais adaptações em mulheres PM. Estes achados são importantes do ponto de vista da saúde pública, uma vez que a "falta de tempo" é uma razão comumente reportada para não realizar exercícios físicos (BAMMAN et al., 2014; GARBER, C. E. et al., 2011; TROST et al., 2002).

Diminuições significativas na TDF na fase inicial e tardia são observadas com o envelhecimento, resultando em comprometimento da função muscular e, conseqüentemente, redução do desempenho físico nas tarefas diárias (AAGAARD, PER et al., 2010). Além disso, baixa TDF na fase inicial e tardia (< 200 ms) contribui para a baixa capacidade do idoso em reverter uma queda (PIJNAPPELS; BOBBERT; VAN DIEEN, 2005). No presente estudo, ambos os grupos apresentaram melhoras significativas na TDF na fase inicial e tardia após 12 semanas de treinamento. O aumento da TDF na fase inicial e tardia em idosos também foi reportado por estudos anteriores, os quais utilizaram cargas altas durante o treinamento com pesos (GURJÃO et al., 2012; TIGGEMANN et al., 2016). No entanto, essa adaptação não foi observada após o treinamento com cargas baixas aplicadas ao músculo, tal como treinamento aeróbio (TIGGEMANN et al., 2016) ou estimulação elétrica (GURJÃO et al., 2012). No entanto, aqui nós observamos que o HIIT aumenta TDF na fase inicial e tardia em mulheres PM. No presente estudo, o HIIT foi realizado com movimentos breve e de alta velocidade (subir e descer do *step* e uma etapa de agachamento o mais rápido possível). Algumas evidências sugerem que o exercício envolvendo contrações musculares

rápidas (isto é, ações musculares realizadas com TDF máxima) é uma modalidade de treinamento eficiente, independentemente da carga de treinamento utilizada, para induzir ganhos na TDF (MAFFIULETTI et al., 2016). Tiggemann et al. (2016) demonstraram que o treinamento de potência, realizado com cargas leves e o mais rápido possível, melhorou a TDF em 110 ms em mulheres idosas (TIGGEMANN et al., 2016). Assim, o HIIT parece ser uma estratégia eficiente-tempo alternativa para melhorar TDF em mulheres PM.

O desempenho físico de idosos é medido através de uma série de avaliações baseadas em tarefas físicas, tais como a velocidade de caminhada e o SPPB (GURALNIK, J. M. et al., 2000; GURALNIK, JACK M et al., 1995; MCGINN et al., 2008). Os baixos desempenhos de TC6 e SPPB estão fortemente associados a quedas, hospitalizações, doenças cardio e cerebrovasculares e mortalidade em idosos (GURALNIK, J. M. et al., 2000; GURALNIK, JACK M et al., 1995; MCGINN et al., 2008). De acordo com o modelo de incapacidade funcional, a perda ou anormalidade da função muscular precede a limitação no desempenho físico (BASSEY et al., 1992; BUCHNER et al., 1996; RANTANEN et al., 1999; REID; FIELDING, 2012). Assim, a força muscular máxima e a produção de força rápida (isto é, TDF e potência) são estabelecidas como determinantes iniciais do desempenho físico (BASSEY et al., 1992; BUCHNER et al., 1996; RANTANEN et al., 1999; REID; FIELDING, 2012). No entanto, no presente estudo, ambos os grupos aumentaram similarmente a TDF e o desempenho físico, mas apenas o COM aumentou a força muscular. Esses dados sugerem que a capacidade de melhorar o desempenho físico com HIIT e COM está relacionada com a capacidade de melhorar a TDF muscular. Assim, o HIIT parece ser uma estratégia tempo-eficiente alternativa para melhorar o desempenho físico devido à capacidade de melhorar a TDF do que COM em mulheres PM.

Este estudo tem limitações que devem ser reconhecidas. Este estudo foi restrito a uma amostra específica (mulheres PM). Portanto, os efeitos do HIIT aqui observado não podem ser generalizados para diferentes contextos. Assim, estudos futuros devem considerar outras amostras (ou seja, homens mais velhos).

5 CONCLUSÃO

O exercício físico é uma estratégia de prevenção e tratamento não farmacológico eficiente. O desenvolvimento de estratégias tempo-eficiente alternativas para melhorar o desempenho físico e a função muscular em pessoas mais velhas é importante se pretendemos aumentar a participação e permanência das pessoas no exercício físico. Neste sentido, o presente estudo sugere que o HIIT é uma estratégia tempo-eficiente alternativo ao treinamento COM para melhorar a função muscular e o desempenho físico em mulheres PM.

REFERÊNCIAS

- AAGAARD, P. et al. Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. **J Appl Physiol** (1985), v. 93, n. 4, p. 1318-26, Oct 2002.
- 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.
- BAMMAN, M. M. et al. Exercise biology and medicine: innovative research to improve global health. **Mayo Clin Proc**, v. 89, n. 2, p. 148-53, Feb 2014.
- BASSEY, E. J. et al. Leg extensor power and functional performance in very old men and women. **Clinical science**, v. 82, n. 3, p. 321-327, 1992.
- BOOTH, F. W.; LAYE, M. J.; ROBERTS, M. D. Lifetime sedentary living accelerates some aspects of secondary aging. **J Appl Physiol**, v. 111, n. 5, p. 1497-1504, 2011.
- BORG, G. A. Psychophysical bases of perceived exertion. **Med Sci Sports Exerc**, v. 14, n. 5, p. 377-81, 1982.
- BRADY, A. O. et al. Impact of body mass index on the relationship between muscle quality and physical function in older women. **The journal of nutrition, health & aging**, v. 18, n. 4, p. 378-382, 2014.
- BUCHNER, D. M. et al. Evidence for a non-linear relationship between leg strength and gait speed. **Age Ageing**, v. 25, n. 5, p. 386-391, 1996.
- CHODZKO-ZAJKO, W. J. et al. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and physical activity for older adults. **Med Sci Sports Exerc**, v. 41, n. 7, p. 1510-30, Jul 2009.
- CORREA, C. S. et al. 3 Different types of strength training in older women. **Int J Sports Med**, v. 33, n. 12, p. 962-9, Dec 2012.

COSTELLO, J. T.; BIEUZEN, F.; BLEAKLEY, C. M. Where are all the female participants in Sports and Exercise Medicine research? **Eur J Sport Sci**, v. 14, n. 8, p. 847-51, 2014.

CROCKETT, K. et al. The Relationship of Knee-Extensor Strength and Rate of Torque Development to Sit-to-Stand Performance in Older Adults. **Physiother Can**, v. 65, n. 3, p. 229-35, Summer 2013.

CRUZ-JENTOFT, A. J. et al. Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis: Report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People. **Age Ageing**, v. 39, n. 4, p. 412-23, Jul 2010.

DUVAL, K. et al. Effects of the menopausal transition on energy expenditure: a MONET Group Study. **Eur J Clin Nutr**, v. 67, n. 4, p. 407-11, Apr 2013.

DWYER, G. B.; DAVIS, S. E. **ACSM's health-related physical fitness assessment manual**. Lippincott Williams & Wilkins, 2008. ISBN 0781775493.

FIELDING, R. A. et al. Sarcopenia: an undiagnosed condition in older adults. Current consensus definition: prevalence, etiology, and consequences. International working group on sarcopenia. **J Am Med Dir Assoc**, v. 12, n. 4, p. 249-56, May 2011.

FINK, J. et al. Impact of high versus low fixed loads and non-linear training loads on muscle hypertrophy, strength and force development. **Springerplus**, v. 5, n. 1, p. 698, 2016.

GARBER, C. E. et al. American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 43, n. 7, p. 1334-1359, 2011.

GARBER, C. E. et al. American College of Sports Medicine position stand. 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**, v. 43, n. 7, p. 1334-59, Jul 2011.

GIBALA, M. J.; GILLEN, J. B.; PERCIVAL, M. E. Physiological and health-related adaptations to low-volume interval training: influences of nutrition and sex. **Sports Med**, v. 44 Suppl 2, p. S127-37, Nov 2014.

GILLEN, J. B.; GIBALA, M. J. Is high-intensity interval training a time-efficient exercise strategy to improve health and fitness? **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 39, n. 3, p. 409-412, 2013.

GODIN, G. et al. Differences in perceived barriers to exercise between high and low intenders: observations among different populations. **American Journal of Health Promotion**, v. 8, n. 4, p. 279-285, 1994.

GRANACHER, U.; GRUBER, M.; GOLLHOFER, A. Force production capacity and functional reflex activity in young and elderly men. **Aging Clin Exp Res**, v. 22, n. 5-6, p. 374-82, Oct-Dec 2010.

GURALNIK, J. M. et al. Lower extremity function and subsequent disability: consistency across studies, predictive models, and value of gait speed alone compared with the short physical performance battery. **J Gerontol A Biol Sci Med Sci**, v. 55, n. 4, p. M221-31, Apr 2000.

GURALNIK, J. M. et al. Lower-extremity function in persons over the age of 70 years as a predictor of subsequent disability. **New England Journal of Medicine**, v. 332, n. 9, p. 556-562, 1995.

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. **J Gerontol**, v. 49, n. 2, p. M85-94, Mar 1994.

GURJAO, A. L. et al. Effect of strength training on rate of force development in older women. **Res Q Exerc Sport**, v. 83, n. 2, p. 268-75, Jun 2012.

GURJÃO, A. L. D. et al. Effect of strength training on rate of force development in older women. **Res Q Exerc Sport**, v. 83, n. 2, p. 268-275, 2012.

HERMAN, S. et al. Upper and lower limb muscle power relationships in mobility-limited older adults. **J Gerontol A Biol Sci Med Sci**, v. 60, n. 4, p. 476-80, Apr 2005.

HOLMES, J. et al. Aging differently: physical limitations among adults aged 50 years and over: United States, 2001–2007. **NCHS Data Brief**, v. 20, n. 1, 2009.

IZQUIERDO, M. et al. Maximal strength and power characteristics in isometric and dynamic actions of the upper and lower extremities in middle-aged and older men. **Acta Physiol Scand**, v. 167, n. 1, p. 57-68, Sep 1999.

JANSSEN, I. et al. Skeletal muscle mass and distribution in 468 men and women aged 18-88 yr. **J Appl Physiol (1985)**, v. 89, n. 1, p. 81-8, Jul 2000.

JENSEN, G. L.; FRIEDMANN, J. M. Obesity is associated with functional decline in community-dwelling rural older persons. **J Am Geriatr Soc**, v. 50, n. 5, p. 918-923, 2002.

KAMEL, H. K.; MAAS, D.; DUTHIE, E. H., JR. Role of hormones in the pathogenesis and management of sarcopenia. **Drugs Aging**, v. 19, n. 11, p. 865-77, 2002.

MAFFIULETTI, N. A. et al. Rate of force development: physiological and methodological considerations. **Eur J Appl Physiol**, v. 116, n. 6, p. 1091-116, Jun 2016.

MCGINN, A. P. et al. Walking speed and risk of incident ischemic stroke among postmenopausal women. **Stroke**, v. 39, n. 4, p. 1233-1239, 2008.

NAKANO, M. M. Versão brasileira da Short Physical Performance Battery? SPPB: adaptação cultural e estudo da confiabilidade. 2007.

NEWMAN, A. B.; BRACH, J. S. Gender gap in longevity and disability in older persons. **Epidemiol Rev**, v. 23, n. 2, p. 343-50, 2001.

NICHOLAS, J. A.; HALL, W. J. Screening and preventive services for older adults. **Mount Sinai Journal of Medicine: A Journal of Translational and Personalized Medicine**, v. 78, n. 4, p. 498-508, 2011.

NUNES, P. R. et al. Muscular strength adaptations and hormonal responses after two different multiple-set protocols of resistance training in postmenopausal women. **J Strength Cond Res**, Jan 20 2017.

ORGANIZATION, W. H. **Obesity: preventing and managing the global epidemic**. World Health Organization, 2000. ISBN 9241208945.

OVERSTALL, P. et al. Falls in the elderly related to postural imbalance. **Br Med J**, v. 1, n. 6056, p. 261-264, 1977.

PIJNAPPELS, M.; BOBBERT, M. F.; VAN DIEEN, J. H. Control of support limb muscles in recovery after tripping in young and older subjects. **Exp Brain Res**, v. 160, n. 3, p. 326-33, Jan 2005.

RANTANEN, T. et al. Coimpairments: strength and balance as predictors of severe walking disability. **The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences**, v. 54, n. 4, p. M172-M176, 1999.

RANTANEN, T. et al. Coimpairments as predictors of severe walking disability in older women. **J Am Geriatr Soc**, v. 49, n. 1, p. 21-27, 2001.

REID, K. F.; FIELDING, R. A. Skeletal muscle power: a critical determinant of physical functioning in older adults. **Exerc Sport Sci Rev**, v. 40, n. 1, p. 4-12, Jan 2012.

SIROLA, J.; RIKKONEN, T. Muscle performance after the menopause. **J Br Menopause Soc**, v. 11, n. 2, p. 45-50, Jun 2005.

SKELTON, D. A. et al. Strength, power and related functional ability of healthy people aged 65-89 years. **Age Ageing**, v. 23, n. 5, p. 371-7, Sep 1994.

STEFFEN, T. M.; HACKER, T. A.; MOLLINGER, L. 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. **Phys Ther**, v. 82, n. 2, p. 128-37, Feb 2002.

STRAIGHT, C. R. Muscle capacity and physical function in older women: What are the impacts of resistance training? , 2014.

SUETTA, C. et al. Training-induced changes in muscle CSA, muscle strength, EMG, and rate of force development in elderly subjects after long-term unilateral disuse. **J Appl Physiol** (1985), v. 97, n. 5, p. 1954-61, Nov 2004.

THORSTENSSON, A.; GRIMBY, G.; KARLSSON, J. Force-velocity relations and fiber composition in human knee extensor muscles. **J Appl Physiol**, v. 40, n. 1, p. 12-6, Jan 1976.

TIGGEMANN, C. L. et al. Effect of traditional resistance and power training using rated perceived exertion for enhancement of muscle strength, power, and functional performance. **Age**, v. 38, n. 2, p. 1-12, 2016.

TROST, S. G. et al. Correlates of adults' participation in physical activity: review and update. **Med Sci Sports Exerc**, v. 34, n. 12, p. 1996-2001, Dec 2002.

VILA-CHÃ, C.; FALLA, D.; FARINA, D. Motor unit behavior during submaximal contractions following six weeks of either endurance or strength training. **J Appl Physiol**, v. 109, n. 5, p. 1455-1466, 2010.

WICKHAM, C. et al. Muscle strength, activity, housing and the risk of falls in elderly people. **Age Ageing**, v. 18, n. 1, p. 47-51, 1989.

ANEXO A:

Muscle strength to body weight ratio is a better predictor of low physical function than absolute muscle strength in postmenopausal women

A FORÇA MUSCULAR CORRIGIDA PELA MASSA CORPORAL É UM PREDITOR MELHOR DA BAIXA FUNÇÃO FÍSICA DO QUE A FORÇA MUSCULAR ABSOLUTA EM MULHERES NA PÓS-MENOPAUSA

ABSTRACT

Objective: we investigated the predictive contributions and diagnostic accuracy of muscle strength (MS) and muscle strength to body weight ratio (MS/BW) to physical function in postmenopausal women (PW). **Methods:** This cross-sectional study evaluated forty-nine sedentary PW (61.7 ± 7.9 years). Body weight and height were measured with a digital scale and a stadiometer fixed to the scale, respectively. Muscle strength was determined using a manual dynamometer. The left and right hand values were summed. Physical function was assessed using the six-minute walk test, short physical performance battery (SPPB) and Functional Capacity-Quality of Life Questionnaire (FC-SF36). A composite measure of physical function was calculated by summing the Z scores ($x-\mu/\sigma$) of each individual assessment to provide a global index of physical function. **Results:** Muscle strength-specific linear regression analyses indicated that the stronger predictor of physical function was MS/BW [Beta of Z score = 0.91 ± 0.07 (SE)] when compared to MS [Beta of Z score = 0.59 ± 0.13 (SE)]. The ROC curve values indicated that the more accurate measure of physical function ($P = 0.026$) was MS/BW [AUC = 0.91 ± 0.04 (SE)] when compared to MS [AUC = 0.75 ± 0.08 (SE)]. **Conclusion:** The findings of this study suggest that MS/BW is more accurate and predictive measure of low physical function than absolute MS in PW.

Key-words: Aging; Muscle Strength; Limitation Mobility; Obesity

RESUMO

Objetivo: investigar as contribuições preditivas e diagnósticas da força muscular (FM) e da razão da força muscular pela massa corporal (FM/MC) na função física de mulheres na pós-menopausa (MP). **Métodos:** este estudo transversal avaliou 49 MP sedentários ($61,7 \pm 7,9$ anos). O peso corporal e a altura foram medidos com uma balança digital e um estadiômetro com uma escala fixa, respectivamente. A força muscular foi determinada utilizando um dinamômetro manual. Os valores das mãos (esquerda e direita) foram somados. A função física foi avaliada usando os testes de caminhada de seis minutos e *short physical performance battery* (SPPB) e um capacidade funcional-questionário de qualidade de vida (CF-SF36). Obteve-se uma medida composta da função física pela soma do Z escores ($x - \mu / \sigma$) de cada avaliação individual (testes e questionário da função física) para fornecer um índice global da função física. **Resultados:** as análises de regressão linear indicaram que o melhor preditor da função física foi FM/MC [Beta do Z escore = $0,91 \pm 0,07$ (EP)] quando comparada a FM [Beta do Z escore = $0,59 \pm 0,13$ (EP)]. Os valores da curva ROC indicaram que a medida mais acurada da função física ($P = 0,026$) foi FM/MC [AUC = $0,91 \pm 0,04$ (EP)] quando comparada a FM [AUC = $0,75 \pm 0,08$ (SE)]. Conclusão: a força muscular corrigida pela massa corporal é um preditor melhor da baixa função física do que a força muscular absoluta em mulheres na pós-menopausa.

Palavras Chaves: Envelhecimento; Limitação da mobilidade; Força Muscular; Obesidade

INTRODUCTION

Low physical function (defined by the Centers for Disease Control and Prevention as difficulty in performing physical tasks (1)) contributes to disability, fall, fracture, low quality of life, and mortality in older adults (1-4). Importantly, the likelihood of low physical function is greater in women than in men (5-7). Thus, identifying the most salient contributors to physical function is critical for advancing our understanding of aging and risk for low physical function in older women.

Moreover, understanding the contributors of low physical function among older women contributes to the development of optimal prevention and treatment strategies.

Among a number of potential contributors to low physical function, age-related muscle strength loss (1-4, 8) and excess of body weight (as result of high adiposity) (6, 7, 9-13) have been identified as particularly important in older adults. From these evidences, it has emerged a hypothesis of interaction between low muscle strength and excess of body weight on low physical function, particularly in older women (6, 7, 9-13). This interaction may be due, at least in part, to the fact that the capacity of body musculature to transfer load (e.g. body weight) is affected by low muscle strength (14) and also by excess of body weight (11, 15). With the advent of menopause there were changes in body composition of women which are characterized by an increase in body weight (adiposity excess) and reduction in muscle mass and strength (16-19). Therefore, it seems reasonable to assume that muscle strength to body weight ratio (MS/BW) is a better predictor of low physical function than absolute muscle strength (MS) in postmenopausal women (PW). However, predictive contributions and diagnostic accuracy of MS/BW to low physical function have not yet been explored.

Performance-based assessments are widely used to screen for low physical function (20). Particularly, six minutes-walk test (6SMWT), short physical performance battery (SPPB) and physical function questionnaire have been used as performance-based assessments for physical function (20-23). Each of these tests are address to assess different dimensions of physical function (e.g. 6SMWT, SPPB, and questionnaire as indicators of aerobic capacity, mobility and self-reported physical function, respectively); therefore, the combinations of test scores have been used as an indicator of overall physical function (11, 20).

To confirm our hypothesis that MS/BW is a better predictor of low physical function than MS alone in PW, we investigated the predictive contributions and diagnostic accuracy of MS and MS/BW to overall physical function in PW.

METHODS

STUDY DESIGN AND PARTICIPANTS

This cross-sectional study included 49 sedentary PW attended between February and November of 2015 in a public Health and Physical Activity Center. All

volunteers included were sedentary postmenopausal women aged 45 years or older who had good overall health and spontaneous amenorrhea for at least 12 months. The inclusion criteria consisted of absence of thyroid dysfunctions, myopathies, arthropathies, neuropathies and diabetes; absence of muscle, thromboembolic and gastrointestinal disorders; absence of cardiovascular and infectious diseases and who were able to perform the physical function tests. The women were considered to be sedentary when they reported no leisure physical activities (e.g. supervised or unsupervised aerobic training or other type of training) besides everyday household tasks. Participants were recruited via advertisements in newsletters, guest lectures, and flyers targeting local organizations of older adults. All selected women agreed with the terms of the study and signed the free and informed consent approved by the local Research Ethics Committee (451.081/2015).

The initial evaluation consisted of case history taking. Data collected included information on age, leisure physical activities, time since menopause, diseases, cigarettes, alcohol, hormone therapy and self-reported physical function. Following the initial evaluation, anthropometric and physical assessments were performed in all participants.

ASSESSMENTS

Anthropometric measurements

Body weight and height were measured with a digital scale (Lider®, Brazil) and a stadiometer fixed to the scale, respectively, and with participants wearing lightweight clothing and no shoes. Body mass index (BMI) was classified according to the system used by the World Health Organization (24).

Hand Grip Strength

The hand grip strength (SM) test was measured with a manual dynamometer (Jamar®, Brazil) to detect muscle strength in the right and left hands. Three measures were taken and the mean was calculated as the valid measure. Hand grip strength values ≤ 20 kg was considered as low muscle strength (25). Left and right hand grip strength were summed (Din. Sum) to calculate MS/BW.

Muscle strength to body weight ratio (MS/BW)

Muscle strength to body weight ratio was calculated by dividing the Din. Sum by body weight.

Six minutes-walk test (6MWT)

The 6MWT (21) was performed indoor, along a long flat floor around in a sports court. The walking course was 114 m in length marked every 3 m. A starting line, which marks the beginning and end of each 114 m lap, was marked on the floor using brightly colored tape. All volunteers were advised to walk as fast as possible in the six minutes of the test. The distance was recorded after the volunteer completes the test. The 6MWT was performed by a qualified professional. 6MWT values \leq 500 m was considered as low 6MWT (21).

Short physical performance battery (SPPB)

The SPPB test consisted of three tests performed in the following order: balance test, four-meters walk test and five-time-sit-to-stand test. Each test score varied to zero to four points, and the SPPB scorer varied to zero to 12 points (sum of the scores of the three tests) (22). The balance test consisted of three positions: Side-by-Side Stand, Semi-Tandem Stand and Tandem Stand. The score was based in the time hold (10 seconds) in each position. The four-meters walk test was evaluated by the time walked in a distance of four meters which the volunteer auto selected the velocity. Two measures were taken and the minor time was considered as the valid measure. The five-time-sit-to-stand test was evaluated by the time spent in five maximum velocity squats in a chair with the arms folded across the chest. The technique consisted of full sit and stand position and the volunteer started in the sit position. SPPB values \leq 7 (score) was considered as low SPPB (3).

Quality of Life Questionnaire - SF36

The SF-36 consisted of a multidimensional questionnaire consisting of 36 items encompassed in eight scales or components: functional capacity, physical aspects, pain, general health, vitality, social functioning, emotional aspects and mental health. For each component there is a final score of zero to 100, where zero is the worst general health status and 100 the best state of health, the sum of all

components comprises of zero to 800 (23). We utilized as a measure of functional capacity only the functional capacity component (FC) of the quality of life questionnaire.

Sum of Z score

A composite measure of physical function was calculated by summing the Z scores ($(x-\mu)/\sigma$) of each individual assessment (6MWT, SPPB, and FC-SF36) to provide a global index of physical function (11).

Statistical Analysis

Data were examined for normality using Shapiro Wilk test. The continuous variables were presented as means and standard deviation. The categorical variables were presented as percentage. To further investigate the impact of predictor variables on physical function, we conducted linear regression analyses adjusted for hormone therapy, smoker and time at menopause to determine the relative contributions of measure of MS and MS/BW to measures of physical function. Receiver operating characteristic (ROC) curves and area under the curve (AUC) analysis were used to assess the accuracy of measure of MS and MS/BW in determining low physical function. For FC-SF36 and Z score, which have not reference values (cutoff) in literature, we used the low quartile results to classify as low physical function. Sensitivity (expressed in percentage) was defined as the proportion of subjects with the low physical function with positive test (low MS or MS/BW) in a total of subjects with the low physical function. Specificity (expressed in percentage) was defined as a proportion of subjects without low physical function with negative test result (low MS or MS/BW) in total of subjects without low physical function. The method of DeLong et al. (1988) was used to compare the ROC curves of sum of Z score (26). The significant level was set at $P < 0.05$.

RESULTS

The age values were within the normal range for PW. In mean values, the women showed overweight (however, 11 women presented normal BMI), normal hand grip strength (however, 16 women presented low hand grip strength), normal

physical function (however, 10 women presented low 6MWT and one women presented low SPPB) (Table 1).

Table 1. Postmenopausal women characteristics

	(n=49)
Age (yr)	61.7±7.9
Postmenopausal time (yr)	15.4±14.0
Smoker	16.3%
Hormone therapy	10.2%
Body Weight (kg)	69.1±15.0
Height (m)	1.5±0.2
BMI (Kg/m ²)	29.2±6.0
Dyn. Right (kg)	23.8±5.9
Dyn. Left (kg)	22.7±5.9
Dyn. Sum (kg)	46.6±11.3
SM/BW (kg/kg)	0.7±0.2
6MWT (m)	581.1±81.6
SPPB (score)	11.1±1.3
FC-SF36 (score)	75.3±24.4
Sum of Z scores	0.0±3.00

yr: year; kg: kilogram; m: meters; m²: square meters; BMI: body mass index; Dyn.: dynamometer; 6MWT: six minutes-walk test; SPPB: short physical performance battery; FC-SF36: functional capacity-quality of life questionnaire. The continuous variables were presented as means and standard deviation. The categorical variables were presented as percentages.

Muscle strength-specific linear regression analyses, performed to examine the relative importance of MS and MS/BW for physical function in PW, indicated that the strongest predictor of physical function was MS/BW. Each standard deviation increase in MS/BW was associated with a decrease (standard deviation) of 65%, 43%, 62% and 91% in 6MWT, SPPB, FC-SF36 and Sum of Z score, respectively. For MS, each standard deviation increase was associated with a decrease (standard deviation) of 36%, 29% (no significant), 35% and 59% in 6MWT, SPPB, FC-SF36 and Sum of Z score, respectively (Table 2).

Table 2. Predictors of physical function measures from strength measure-specific linear regression analyses.

	MS/BW (kg/kg)			MS (kg)		
	Beta	SE	P	Beta	SE	P
6MWT (m)	0.65	0.10	0.000	0.36	0.14	0.015
SPPB (scores)	0.43	0.16	0.006	0.29	0.16	0.085
FC-SF36 (scores)	0.62	0.13	0.000	0.35	0.16	0.035
Sum of Z scores	0.91	0.07	0.000	0.59	0.13	0.000

m: meters; 6MWT: six minutes-walk test; SPPB: short physical performance battery; FC-SF36: functional capacity-quality of life questionnaire; MS: muscle strength; MS/BW: muscle strength to body weight ratio. All very adjusted for hormone therapy, smoker and time at menopause; SE-standard error.

Measures of diagnostic accuracy (Sensitivity, Specificity, ROC curves and AUC) of the MS/BW and MS for low physical function in different test in PW are shown in table 3. The ROC analysis suggested MS threshold values (cutoff) of ≤ 51.3 kg, ≤ 38.7 kg (no significant), ≤ 41.3 kg and ≤ 41.3 kg for 6MWT, SPPB, FC-SF36 and Sum of Z score, respectively, as predictors of individuals with low physical function. This analysis indicated that the subjects with a baseline values lesser than the ROC-derived cutoff values have probability of 100%, 40%, 69%, 69% that a test result (MS) will be positive when the low 6MWT, low SPPB, low FC-SF36 and low Sum of Z score values, respectively, are presents (Sensitivity). Inversely, the subjects with a baseline values greater than the ROC-derived cutoff values have probability of 30%, 92%, 74%, 74% that a test result (MS) will be negative when the low 6MWT, low SPPB, low FC-SF36 and low Sum of Z score values, respectively, are not presents (Specificity). Consequently, the AUC for the MS was 0.67 (Standard Error [SE]: 0.083; P = 0.037), 0.74 (Standard Error [SE]: 0.079; P = 0.002), 0.64 (Standard Error [SE]: 0.096; P = 0.154), 0.74 (Standard Error [SE]: 0.076; P = 0.001) for 6MWT, SPPB, FC-SF36 and Sum of Z score, respectively. For MS/BW, the ROC analysis suggested cutoff of ≤ 0.57 , ≤ 0.48 , ≤ 0.62 , ≤ 0.62 for 6MWT, SPPB, FC-SF36 and Sum of Z score, respectively. For subjects with a baseline values lesser than the ROC-derived cutoff values, the probabilities were 100%, 40%, 92%, 100% for 6MWT, SPPB, FC-SF36 and Sum of Z score, respectively (Sensitivity). For subjects with a baseline values greater than the ROC-derived cutoff values, the probabilities were 84%, 100%, 68%, 71% for 6MWT, SPPB, FC-SF36 and Sum of Z score, respectively (Specificity). Consequently, the AUC for the MS/BW was 0.90 (Standard Error [SE]: 0.043; P < 0.001), 0.83 (Standard Error [SE]: 0.071; P < 0.001), 0.70 (Standard Error [SE]: 0.090; P < 0.020), 0.91 (Standard Error [SE]: 0.041; P < 0.001) for 6MWT, SPPB, FC-SF36 and Sum of Z score, respectively.

Table 3. Roc-curve, cutoff, sensitivity and specificity values of MS/BW and MS.

	MS/BW (kg/kg)						MS (kg)					
	AUC	SE	P	Cutoff	Sensitivity	Specificity	AUC	SE	P	Cutoff	Sensitivity	Specificity
6MWT (m)	0.901	0.043	<0.001	≤0.57	100%	84%	0.673	0.083	0.037	≤51.3	100%	30%
SPPB (scores)	0.701	0.09	0.020	≤0.48	40%	100%	0.636	0.096	0.154	≤38.7	40%	92%
FC-SF36 (scores)	0.834	0.071	<0.001	≤0.62	92%	68%	0.742	0.079	0.002	≤41.3	69%	74%
Sum of Z scores	0.909	0.041	<0.001	≤0.62	100%	71%	0.747	0.076	0.001	≤41.3	69%	74%

m: meters; 6MWT: six minutes-walk test; SPPB: short physical performance battery; FC-SF36: functional capacity-quality of life questionnaire; MS: muscle strength; MS/BW: muscle strength to body weight ratio. Adjusted for hormone therapy, smoker and time at menopause; AUC-Area under the Curve; SE-standard error.

Higher AUC value in MS/BW was observed in Z score (Figure 1) when the AUC values were compared between the different muscle strength measures (Difference between AUC = 0.162, 95% Confidence interval = 0.0190 to 0.305, z statistic = 2.220 and P = 0.026).

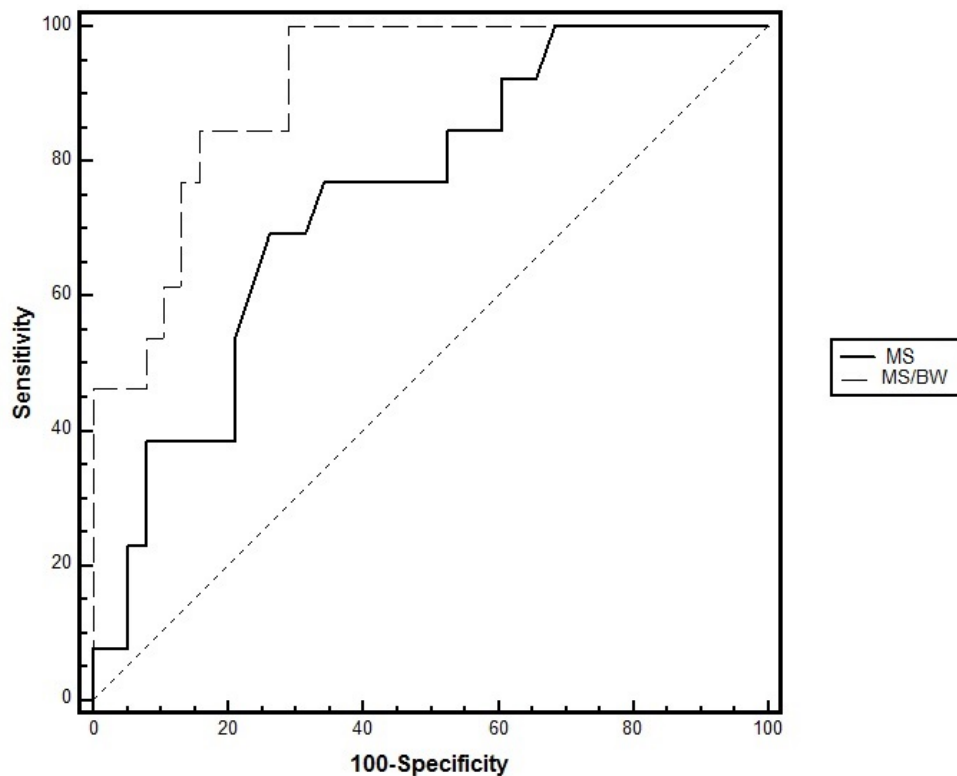


Figure 1 – Comparison between the AUC of sum of Z score. Difference between AUC = 0.162, 95% Confidence interval = 0.0190 to 0.305, z statistic = 2.220 and P = 0.026.

DISCUSSION

The major findings from this study were that MS/BW is a better predictor and more accurate measure of low overall physical function than absolute MS in PW.

To the best of our knowledge, no study has compared the accuracy and predictive ability of different measures of muscle strength on overall physical function in PW. However, this represents an important area of research owing to the implications of low strength muscle for risk of low physical function, disability, fall, fracture, low quality of life, and mortality in older adults (1-4), mainly in older women (5-7, 9-13). With adequate screening for low muscle strength (i.e. low muscle strength relative to body weight), those with low physical function and their adverse outcomes may be identified and prevented at an earlier stage. In current study we found that the MS/BW was the stronger predictor of overall physical function

explaining 91% of the Z scores variance, whereas the MS explicated solely 59%. Additionally, probability that the results below the MS/BW cutoff [hand grip strength values (sum of two hands) \leq 62% of body weight] is positive when the low overall physical function is present was 100%, whereas to MS cutoff (\leq 41.3 kg) the probability was 69%. Thus, the muscle strength measure which takes into account the body weight (i.e. MS/BW) is more appropriated for predict overall function capacity than MS in PW.

We showed that the MS/BW is the stronger predictor of overall physical function when compared to MS, suggesting that high muscle strength relative to body weight is critical for maintaining overall physical function in PW. As menopause-related changes in body composition (16-19), obesity and low muscle mass/strength may not coexist in same women simply by chance. This may explain the great likelihood of functional limitation in older women than men (5, 6, 11, 13). Thus, PW should be carefully screened for interplay between muscle strength and body weight. Moreover, we suggest that interventions aimed at improving the muscle strength (e.g. resistance exercise) and reducing excess of fat weight (e.g. hipocaloric diet) may reduce the risk of function limitation and disability. However, interventional studies are needed to show whether the positive change in muscle strength to body weight ratio leads to improvement of physical function capacity.

Despite our findings showed that the MS/BW presented good clinical validity, limitations should be noted. This study was restricted to a cross-sectional strategy and small sample; therefore, the accuracy and predictive ability of the MS/BW may not be generalizable to different settings. In this context, future studies should consider these associations prospectively, and a large sample should be included. However, accuracy and predictive ability can be well estimated from comparative studies. None of the studies has been designated to determine accuracy and predictive ability of different muscle strength measures for identifying low physical function in PW, making our study important particularly in routine clinical care.

CONCLUSION

Muscle strength to body weight ratio is more appropriate to predict overall function capacity than absolute muscle strength in postmenopausal women.

REFERENCES

1. Holmes J, Powell-Griner E, Lethbridge-Cejku M, Heyman K. Aging differently: Physical limitations among adults aged 50 years and over: United States, 2001-2007. NCHS Data Brief. 2009(20):1-8. Epub 2009/07/25.
2. Reid KF, Fielding RA. Skeletal muscle power: a critical determinant of physical functioning in older adults. Exercise and sport sciences reviews. 2012;40(1):4-12. Epub 2011/10/22.
3. Cruz-Jentoft AJ, Baeyens JP, Bauer JM, Boirie Y, Cederholm T, Landi F, et al. Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis: Report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People. Age and ageing. 2010;39(4):412-23. Epub 2010/04/16.
4. Fielding RA, Vellas B, Evans WJ, Bhasin S, Morley JE, Newman AB, et al. Sarcopenia: an undiagnosed condition in older adults. Current consensus definition: prevalence, etiology, and consequences. International working group on sarcopenia. Journal of the American Medical Directors Association. 2011;12(4):249-56. Epub 2011/04/30.
5. Newman AB, Brach JS. Gender gap in longevity and disability in older persons. Epidemiologic reviews. 2001;23(2):343-50. Epub 2002/08/24.
6. Brady AO, Straight CR. Muscle capacity and physical function in older women: What are the impacts of resistance training? Journal of Sport and Health Science. 2014;3(3):179-88.
7. Brady AO, Straight CR, Schmidt MD, Evans EM. Impact of body mass index on the relationship between muscle quality and physical function in older women. J Nutr Health Aging. 2014;18(4):378-82.
8. Janssen I, Heymsfield SB, Wang ZM, Ross R. Skeletal muscle mass and distribution in 468 men and women aged 18-88 yr. J Appl Physiol (1985). 2000;89(1):81-8. Epub 2000/07/25.
9. Chen H, Guo X. Obesity and functional disability in elderly Americans. Journal of the American Geriatrics Society. 2008;56(4):689-94. Epub 2008/02/13.
10. Tseng LA, Delmonico MJ, Visser M, Boudreau RM, Goodpaster BH, Schwartz AV, et al. Body composition explains sex differential in physical performance among older adults. J Gerontol A Biol Sci Med Sci. 2014;69(1):93-100. Epub 2013/05/18.
11. Straight CR, Brady AO, Evans E. Sex-specific relationships of physical activity, body composition, and muscle quality with lower-extremity physical function in older men and women. Menopause. 2015;22(3):297-303. Epub 2014/08/20.

12. Vincent HK, Vincent KR, Lamb KM. Obesity and mobility disability in the older adult. *Obesity reviews : an official journal of the International Association for the Study of Obesity*. 2010;11(8):568-79. Epub 2010/01/12.
13. Fragala MS, Clark MH, Walsh SJ, Kleppinger A, Judge JO, Kuchel GA, et al. Gender differences in anthropometric predictors of physical performance in older adults. *Gender medicine*. 2012;9(6):445-56. Epub 2012/11/06.
14. Clark BC, Manini TM. What is dynapenia? *Nutrition*. 2012;28(5):495-503. Epub 2012/04/04.
15. Bouchard DR, Janssen I. Dynapenic-obesity and physical function in older adults. *The journals of gerontology Series A, Biological sciences and medical sciences*. 2010;65(1):71-7. Epub 2009/11/06.
16. Pfeilschifter J, Koditz R, Pfohl M, Schatz H. Changes in proinflammatory cytokine activity after menopause. *Endocrine reviews*. 2002;23(1):90-119. Epub 2002/02/15.
17. Toth MJ, Tchernof A, Sites CK, Poehlman ET. Effect of menopausal status on body composition and abdominal fat distribution. *International journal of obesity and related metabolic disorders : journal of the International Association for the Study of Obesity*. 2000;24(2):226-31. Epub 2000/03/07.
18. Sirola J, Rikkonen T. Muscle performance after the menopause. *The journal of the British Menopause Society*. 2005;11(2):45-50. Epub 2005/06/23.
19. Kamel HK, Maas D, Duthie EH, Jr. Role of hormones in the pathogenesis and management of sarcopenia. *Drugs & aging*. 2002;19(11):865-77. Epub 2002/11/14.
20. Freiburger E, de Vreede P, Schoene D, Rydwik E, Mueller V, Frandin K, et al. Performance-based physical function in older community-dwelling persons: a systematic review of instruments. *Age and ageing*. 2012;41(6):712-21. Epub 2012/08/14.
21. Steffen TM, Hacker TA, Mollinger L. 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*. 2002;82(2):128-37. Epub 2002/02/22.
22. Guralnik JM, Simonsick EM, Ferrucci L, Glynn RJ, Berkman LF, Blazer DG, 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*. 1994;49(2):M85-M94.
23. Lyons RA, PERRY IM, LITTLEPAGE BN. Evidence for the validity of the Short-form 36 Questionnaire (SF-36) in an elderly population. *Age and ageing*. 1994;23(3):182-4.

24. Obesity: preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO consultation. World Health Organization technical report series. 2000;894:i-xii, 1-253. Epub 2001/03/10.
25. Bohannon RW, Peolsson A, Massy-Westropp N, Desrosiers J, Bear-Lehman J. Reference values for adult grip strength measured with a Jamar dynamometer: a descriptive meta-analysis. *Physiotherapy*. 2006;92(1):11-5.
26. DeLong ER, DeLong DM, Clarke-Pearson DL. Comparing the areas under two or more correlated receiver operating characteristic curves: a nonparametric approach. *Biometrics*. 1988;44(3):837-45. Epub 1988/09/01.

ANEXO B:

HIGH-INTENSITY INTERVAL TRAINING IS AN ALTERNATIVE TIME-EFFICIENT STRATEGY TO IMPROVE MUSCLE FUNCTION AND PHYSICAL PERFORMANCE IN POSTMENOPAUSAL WOMEN

ABSTRACT

The high-intensity interval training (HIIT) have shown to be an alternative time-efficient strategy in reducing body fat and increasing cardiorespiratory capacity and muscle mass. In spite of these adaptations, it is not clear whether these HIIT-induced adaptations increase muscle function (i.e. muscle strength and rate of force development) and physical performance in older people. This randomized and controlled study investigated the effects of high-intensity interval training (HIIT) on muscle strength (MS), rate of force development (RFD) and physical performance in older people, especially in postmenopausal women (PW). Thirty-four PW were divided into two groups: HIIT (n=14) and combined training (COM, n=20). The HIIT group performed a training protocol (length time ~28min) composed of ten sets of 60s of high intensity exercise (30s of stepping up and down on a step and 30s of squatting up and down with body weight as fast as possible) at 80-95% of maximum heart rate (HRmax) or Borg scale at 7-9 interspersed by a recovery period of 60s of low intensity exercise < 60% of HRmax or Borg scale < 5 (light walk). The COM group performed a training protocol (length time ~60min) composed by 30-min walk at 70% of HRmax or Borg scale at 5-6 following by five resistance exercises (three sets of 8-12 repetitions at 70% of 1RM, with a 1.5-min rest period between sets and exercises). Both groups performed a three-day-a-week (no consecutive days) routine. There were no significant differences between groups for age, menopause time, body mass index, physical performance, MS and RFD at baseline. The major finding from the present study was that 12 weeks of HIIT improved the RFD and physical performance (but not MS), which were similar to those elicited by COM. In conclusion, this study indicates that HIIT is a time-efficient strategy to improve physical performance in PW.

INTRODUCTION

In women, menopause period is accompanied by a progressive reduction in muscle function and physical performance (1). Low physical performance (defined by the Centers for Disease Control and Prevention as difficulty in performing usual physical tasks, such as walk, sit and stand up from the chair and carrying objects (2)) is associated with falls, hospitalizations, cardio and cerebrovascular diseases and mortality in older adults (3-5). Muscle function, such as muscle strength (MS) and rate of force development (RFD, a critical component of muscle power), is an important determinant of physical performance in older people (6).

Regular exercise is an efficient non-pharmacological strategy to prevent low physical performance in middle-aged and older people because improves muscle function (7, 8). However, many pending issues involve the optimal exercise type for these benefits (9). American College of Sports Medicine recommends resistance exercise combined with aerobic exercise (COM) for older adults (7, 8). These recommendations are mainly based on the combined effects of each modality, such as increased muscle mass and muscle function (MS, RFD, and aerobic capacity) and decreased body fat (7, 8). However, while well-established health benefits of COM have been documented, the long period session (total length time ~60min.) of COM may be a common reason to people not to do exercise due to lack of time (10-12). Therefore, understanding the effects of different time-efficient exercises in different conditions (i.e. different ages and genders) is of critical importance if we are to find alternative time-efficient treatment strategies to population.

The high intensity interval training (HIIT) is characterized by repeated brief bouts of fast and intense exercise (> 80% of maximum heart rate; HRmax), followed by periods of low-intensity exercise or rests. A commonly studied HIIT model is to perform ten 60-second high intense efforts (i.e. on bike or treadmill) interspersed by 60 seconds of recovery per exercise session (total length time ~20min) (13). The HIIT have shown to be a time-efficient strategy in benefits to health in older adults because HIIT reduces body fat and increases cardiorespiratory capacity (12, 14) and muscle mass (15) similarly to others type of long-duration exercise (8). In spite of

these adaptations, it is not clear whether these HIIT-induced adaptations increase muscle function (i.e. MS and RFD) and physical performance in older people. It is assumed that moderate to heavy loads (> 70% of one repetition maximum) are more directly related to MS and RFD gains than light loads in older people (16-22). As HIIT is performed with a light load, consequently could not improve physical performance in older people. However, it has been evidenced that exercise with a light load and high-velocity movement increases RFD in older people (23). Therefore, it would seem reasonable to assume that HIIT improves RFD due to high-velocity movements and therefore HIIT improves physical performance in older people.

To the best of our knowledge, there was no study that investigated the effects of HIIT on MS, RFD and physical performance in older people. It has been shown that lack of access to physical activity facilities is another common reason to people not to do exercise (10, 11). In this sense, the need for specific equipments (i.e. treadmill or bike) or high motor skill levels to performance the high-intensity exercise (i.e. run at high speed) required to the majority of HIT protocols studied may present an additional barrier for studies with HIIT in older population. Therefore, more studies are needed to elucidate whether different HIIT protocols (i.e. high accessibility) can be an alternative time-efficient treatment strategy to improve muscle function and physical performance in older adults. To confirm whether HIIT is an alternative and accessible time-efficient strategy, we compared the effects of an adapted HIIT protocol with the recommended COM protocol on muscle strength, RFD and physical performance in postmenopausal women (PW).

METHODS

STUDY DESIGN

This study was conducted to compare the effect of HIIT and COM on MS, RFD and physical performance in PW. A randomized controlled study was performed over 12 weeks. All outcomes were assessed at the baseline and at the end of the study. The sample consisted of 34 PW randomized in to two groups: HIIT (n=14) and COM (n=20) (Figure 1). The HIIT group performed a training protocol composed of ten sets of 60s of high intensity exercise (30s of stepping up and down on a step and 30s of

squatting up and down as fast as possible) at 80-95% of HRmax (220 - age) or Borg category ratio scale at 7-9 interspersed by a recovery period of 60s of low intensity exercise < 60% of HRmax or Borg scale < 5 (light walk) (Figure 2). The COM group performed a training protocol composed by 30-min walk at 70% of HRmax or Borg scale at 5-6 following by five resistance exercises (three sets of 8-12 repetitions at 70% of 1RM, with a 1.5-min rest period between sets and exercises) (Table 1). Both groups performed a three-day-a-week (no consecutive days) routine (training frequency: HIIT = 90.7% \pm 9.2% and COM = 90.7% \pm 8.3%). At the end of the study, the assessments were performed 48 hours after the last session of training to avoid residual effects of the last session.

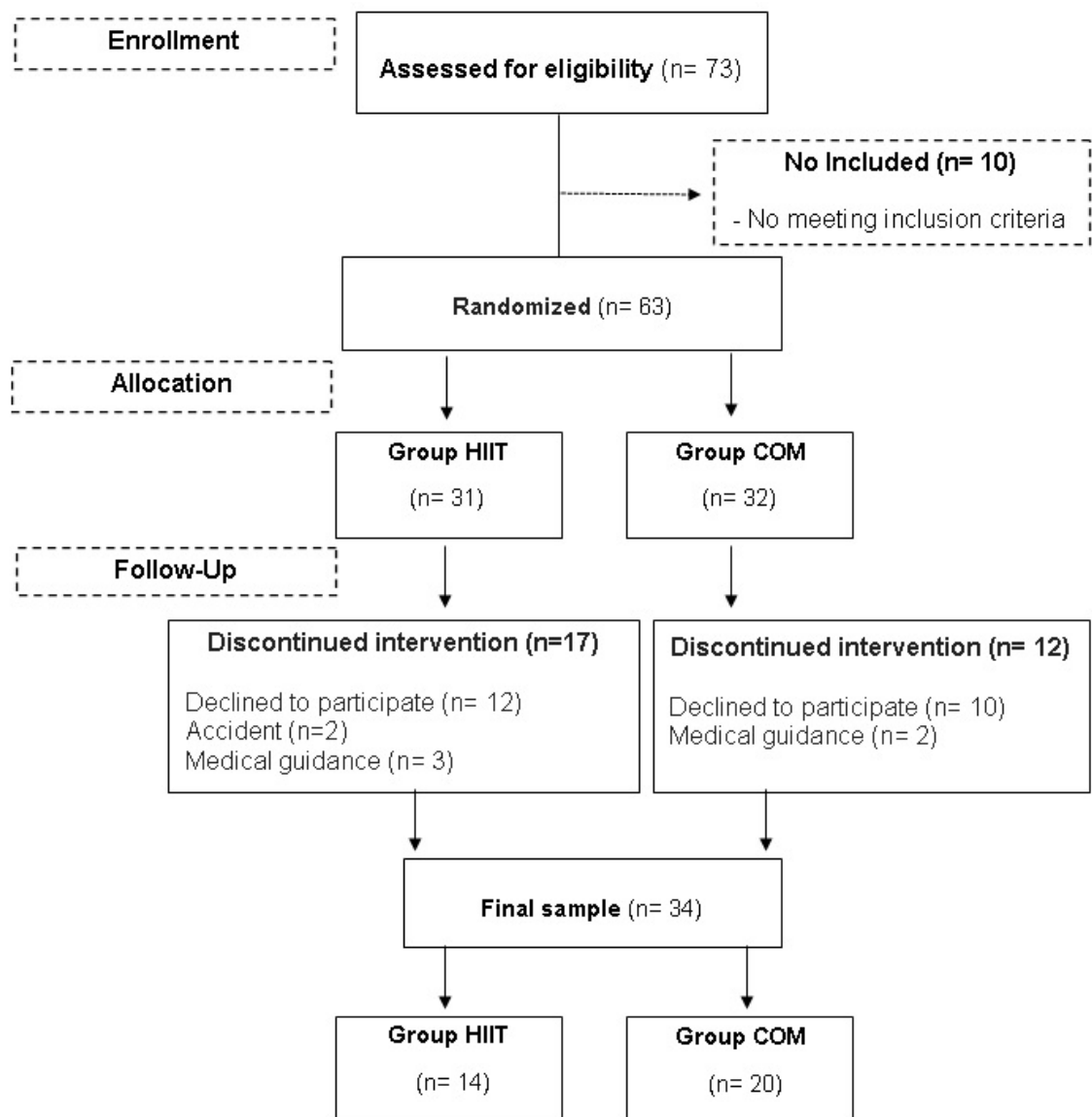


Fig. 1 Participant flow diagram; HIIT: High Intensity Interval Training; COM: *Concurrent Training*.

SUBJECTS

All the volunteers were sedentary women whose amenorrhea had occurred at least 12 months prior to the study and were selected at a neighborhood association near the local University. The exclusion criteria consisted of: uncontrolled blood pressure and glycemia; presence of myopathies, arthropathies, and neuropathies; presence of muscle, thromboembolic and gastrointestinal disorders; presence of cardiovascular and infection diseases. All volunteers were clear on the objectives and procedures of the study and gave us their written informed consent. The study was approved by the University Review Board for the Use of Human Subjects (local Ethics Committee) and was written in accordance with the standards set by the Declaration of Helsinki.

ASSESSMENTS

Anthropometric measurements

Body weight and height were measured with a digital scale (Lider®, Brazil) and a stadiometer fixed to the scale, respectively, and with participants wearing light weight clothing and no shoes. Body mass index (BMI) was classified according to the system used by the World Health Organization (24).

Six-minute walk test

The six-minute walk test (6MWT) (25) was performed indoor, on a flat floor in a sports court (19 m + 38 m + 19 m + 38 m of length marked every 3 m). A line, which indicated the beginning and end of each 114 m lap, was marked on the floor using brightly colored tape. All volunteers were advised to walk as fast as possible in the six minutes of the test. The distance was recorded after the volunteer completes the test. 6MWT values ≤ 500 m were considered as low 6MWT performance (25).

Short physical performance battery

The SPPB test consisted of three tests performed in the following order: balance test, four-meter walk test, and five-time-sit-to-stand test. Each test score

varied to zero to four points, and the SPPB total score varied to zero to 12 points (sum of the scores of the three tests) (26). The balance test consisted of three positions: side-by-side stand, semi-tandem stand, and tandem stand. The score was based on the time hold (10 seconds) in each position. The four-meter walk test was evaluated by the time walked in a distance of four meters which the volunteer auto selected the velocity. Two measures were taken and the shorter time was considered as the valid measure. The five-time-sit-to-stand test was evaluated by the time spent in five sitting and standing from a chair (42 cm) in maximum velocity with the arms folded across the chest. SPPB total score values ≤ 7 (score) was considered as low SPPB performance (27).

Rate of force development

The RFD was obtained by analyzing the rapid maximum isometric voluntary contraction (MIVC) of the one-sidedly knee extension force pulses (Metrolog SD20-LVDT, São Carlos/SP, Brazil) of both legs (21). All volunteers were familiarized with the procedures of the experiment. In brief, each volunteer performed three MIVC (contraction time: 3s) separated by 30s rest intervals of each leg, in the following order: right leg and left leg. Before each measurement, the volunteers were instructed to perform the MIVC “as fast and as hard as possible” after the verbal stimulus. First, the volunteer was accommodated in the apparatus for individual adjustment of the lower leg (fixed to the lever arm of the dynamometer just above the medial malleolus with no static fixation of the ankle joint) and at 90-degree hip and knee flexion. Then, the procedure was explained and the test conducted. Throughout testing, the same experienced examiner checked the MIVC’s recordings and gave a verbal stimulus to ensure the optimal performance of the test. When necessary, subjects were given corrective instruction. The moment of force (torque) was calculated by multiplying the MIVC per leg length (distance between the medial malleolus and the knee intra-articular space). The RFD was derived as the average slope of the moment-time curve ($\Delta\text{force}/\Delta\text{time}$) over time intervals of 0–50, 0–100, and 0–200 ms relative to the onset of contraction. The 0–50 ms, 0–100 and ms 0–200 ms time interval was chosen for analysis because it reflects explosive force characteristics (RFD) both in the very initial phase (0–50 ms) and the later phase (0–

200 ms) of the muscle contraction (18, 21). The onset of muscle contraction was defined as the time point at which the moment curve exceeded baseline moment by 7.5 N.m (absolute RFD) (28). All collected data were recorded and analyzed with the software SD20 DataLogger v2.40 (São Carlos / SP – Brazil). Both leg values were summed and compared between groups.

Maximum strength test

The 1RM test was performed to assess the maximum muscle strength in all resistance exercises: 90-degree half squat (smith machine), bench press, leg curl, rowing machine and unilateral leg extension. The HIIT group performed solely the leg extension 1RM. Before the 1RM test, all volunteers attended a one-week familiarization period with light loads in order to learn the exercise technique. After this week, two sessions in non-consecutive days of the 1RM test were performed (test and retest). The load used as the maximum was the load of the last exercise successfully performed (full range of motion) by the volunteer. Three to five attempts were used to determine the maximum load (29). The unilateral leg extension strength was used as an indicator of the muscle strength gain for both training protocols (COM and HIIT). Both leg strength values were summed and compared between groups.

TRAINING PROTOCOLS

All training sessions were performed in a gym at the local University. All volunteers performed a three-day-a-week (no consecutive days) routine for 12 weeks and a fitness professional supervised all training sessions. A warm-up (walking for five min.) and a cool down (walking for three min.) at < 60% of HRmax (and modified Borg Scale < 5) were performed by volunteers before and after each training session, respectively. The Borg scale (0-10) (30) and heart rate were used together in this study because some women used beta blocker (Table 1). The Borg scale was showed to each participant to determine their rating of perceived exertion. The heart rate, beats per minute, were obtained in the radial pulse within 15 seconds and multiplied by four (HR = beat numbers in 15s x 4).

Table 1. Protocol characterization

	Progression of a session			All sessions	
	First serie HIIT	Tenth serie HIIT	The Best session HIIT	HIIT	COM
HR (Beta blocker),%	79.3±10.0 (n=3)	87.5±11.1 (n=3)	86.2±9.4 (n=3)	83.7±7.2 (n=3)	70.9±3.5 (n=1)
HR (No Beta blocker),%	84.1±3.5	92.9±4.5	89.7±3.9	86.5±1.3	71.4±2.6
Numbers of stepping up and down on a step	19.1±4.9	17.9±3.9	18.8±4.8	18.8±4.2	_____
Numbers of squatting up and dow	20.9±5.1	18.6±4.1	19.6±4.3	19.4±3.4	_____
Borg scale	5.9±1.4	8.5±1.0	7.1±0.8	6.9±0.5	5.4±0.5
Percentagem of 1RM	_____	_____	_____	_____	70%

=: percentage; HR: hart reat; HIIT: high-intensity interval training; COM: Combined training. The data were shown as mean and standard deviation.

High-Intensity Interval Training (HIIT)

The HIIT protocol (total length time ~28min) was composed by ten sets of 60 s of high (vigorous) intensity exercises at 80-95% of HRmax or Borg Scale at 7-9 (i.e. 30s of stepping up and down on a step and 30s of squatting up and down as fast as possible) interspersed with a recovery period of 60 s of light walk (< 60% of HRmax or Borg Scale at < 5). The height of the steps was about 16 cm and the squat was performed with body weight and up to 90-degree knee flexion. To ensure the high-intensity training zone of all sets, if the volunteer exceed or did not reach the high-intensity zone (80-95% of HRmax or Borg Scale at 7-9), the volunteer was stimulated by the fitness professionals to decrease or increase the number of steps and squats, respectively. Overall, the volunteers were advised to perform the step and squat exercises as fast and as hard as possible.

The HIIT progression was separated as described: Week 1 – four sets of 60 seconds of high-intensity exercise (80-95% of HRmax or Borg Scale at 7-9) interspersed with a recovery period of 4min of low-intensity (light) exercise (< 60% of HRmax or Borg Scale at < 5), a slow-speed walk. Week 2 – six sets of 60 seconds of high-intensity exercise interspersed with a recovery period of 3min of low-intensity exercise. Week 3 – eight sets of 60 seconds of high-intensity exercise interspersed with a recovery period of 2min of low-intensity exercise. Week 4-12 – ten sets of 60 seconds of high-intensity exercise interspersed with a recovery period of 60 seconds of low-intensity exercise.

The heart rate and the Borg scale were obtained immediately after each “burst”.

Concurrent Training (COM)

The COM protocol follows the recommendation of the American College of Sports Medicine Guidelines (31, 32). The COM protocol (total length time ~60min) was composed by 30-min walk at 70% of HRmax or Borg Scale at 5-6 on flat floor in a sports court following of five total body resistance exercises at 70% of 1RM with three sets of 8-12 repetitions and 1.5 min rest interval between sets and exercises. The resistance exercises (Buick Fitness®, Brazil) were performed in the following

order: 90-degree half squat (smith machine), bench press, leg curl, rowing machine and unilateral leg extension. During the walk, the moderate intensity was measured every 10min to ensure the relative intensity (70% of HRmax or Borg Scale at 5-6). If the volunteer exceeded or did not reach the moderate intensity, the volunteer was stimulated by the fitness professionals to decrease or increase the walk speed, respectively. Regarding the resistance exercises, to ensure the 70% of 1RM between 8-12 repetitions the load was adjusted in the 6th week with the 1RM test.

The COM progression was separated as described: Week 1 – 15-min walk at 70% of HRmax or Borg Scale at 5-6 and one set of 8-12 repetitions at 70% of 1RM, with a 1.5-min rest period between sets (five exercises). Week 2 – 20-min walk at 70% of HRmax or Borg Scale at 5-6 and two sets of 8-12 repetitions at 70% of 1RM, with a 1.5-min rest period between sets. Week 3 – 25-min walk at 70% of HRmax or Borg Scale at 5-6 and two sets of 8-12 repetitions at 70% of 1RM, with a 1.5-min rest period between sets. Week 4-12 – 30-min walk at 70% of HRmax or Borg Scale at 5-6 and three sets of 8-12 repetitions at 70% of 1RM, with a 1.5-min rest period between sets.

The heart rate and the Borg scale were obtained immediately after each 10min during the aerobic phase (walking).

STATISTICAL ANALYSIS

The number of participants required for the current study was calculated using G* Power software (version 3.0.1). Based on the physical performance (i.e. functional tests) outcome from Tiggemann et al.'s study (17), we used an alpha level of 0.05, a power of 90 %, and an medium effect size of 0.059 (Eta squared). A sample size of 16 subjects per group was estimated. However, our sample size was increased in 31 women at the beginning of the intervention due to participants lost to follow-up.

Data distribution was determined using the Shapiro-Wilk test. If a normal distribution were not appropriate, a logarithmic transformation (LOG10) was performed. The data are presented as mean \pm standard deviation. Independent *t*-test was used to compare the groups at baseline. Repeated measure ANOVA was used to compare the groups (HIIT and COM) by time (Pre and Post) by interaction.

ANCOVA was used to compare the group values adjusting for hormonal therapy and smoker. The significant level was set at $p < 0.05$.

RESULTS

Firstly, the baseline clinical characteristics of all groups were interpreted and statistically compared. The age values were within the normal range for PW. All participants showed overweight and normal physical performance (6WMT and SPPB). There were no significant differences between groups for age, menopause time, BMI, physical performance, 1RM, MIVC, and RFD at baseline (Table 1).

Table 2. Baseline characteristics between groups

	HIIT (n=14) (mean±SD)	COM (n=20) (mean±SD)	P
Age (y)	62.0±6.45	61.6±8.16	0.879
TM (y)	13.92±9.54	16.20±9.49	0.498
BW (kg)	73.45±17.36	65.9±13.6	0.166
Height (cm)	156.25±6.27	153.72±6.47	0.265
Log BMI (kg/m)	1.75±1.10	1.43±0.08	0.208
Walking Speed (m/s)	1.07±0.23	1.13±0.15	0.415
Sit-to-stand (s)	11.89 ± 3.18	10.78±2.20	0.239
Log SPPB (score)	1.03±0.05	1.05±0.02	0.191
6MWT (m)	575.73±82.86	600.45±75.39	0.373
1RM R (kg)	30.78±8.10	26.65±7.43	0.133
1RM L (kg)	29.5±8.49	23.95±7.42	0.051
1RM Sum (kg)	60.28±16.44	50.6±14.33	0.077
Log MIVC R (N.m)	1.88±0.13	1.88±0.12	0.997
Log MIVC L (N.m)	1.86±0.12	1.87±0.12	0.835
Log MIVC Sum (N.m)	2.17±0.12	2.18±0.11	0.923
Log RFD 50 R (N.m/s)	1.81±0.48	1.96±0.38	0.322
Log RFD 50 L (N.m/s)	1.96±0.35	2.13±0.35	0.192
Log RFD Sum 50 (N.m/s)	2.24±0.33	2.39±0.29	0.172
Log RFD 100 R (N.m/s)	1.92±0.31	1.97±0.37	0.650
Log RFD 100 L (N.m/s)	2.01±0.39	2.13±0.30	0.341
Log RFD Sum 100 (N.m/s)	2.30±0.31	2.39±0.28	0.358
Log RFD 200 R (N.m/s)	1.97±0.25	1.95±0.31	0.874
Log RFD 200 L (N.m/s)	2.00±0.31	2.03±0.24	0.764
Log RFD Sum 200 (N.m/s)	2.31±0.24	2.32±0.23	0.915

Log: logarithm; y: years; kg: kilogram; cm: centimeters; kg/m: kilogram/meters; m/s: meters/second; s: second; m: meters; N.m: newton.meters; N.m/s: newton.meters/second; TM: time of menopause; BW: body weight; BMI: body mass index; SPPB: short physical performance battery; 6MWT: Six-minutes walk test; 1RM: repetition maximum; MIVC: maximum isometric voluntary contraction; RFD: rate of force development; R: right leg; L: left leg; HIIT: High-Intensity Interval Training; COM: concurrent training. The variables were presented as mean and SD standard deviation.

After that, the changes after 12 weeks of intervention (pre vs. post) were statistically compared between groups. Both the groups improved the physical performance tests (Sit-to-stand, SPPB, and 6MWT) with no difference between them. Both the groups improved early (0-50 ms) and later (0-200 ms) RFD with no difference between them. These results were confirmed by ANCOVA, adjusting for hormonal therapy use and smoker. The 1RM performance increased only in COM group (Table 2).

Table 3. Comparison of physical performance between groups after 12 weeks in intervention

	HIIT		COM		P time	P interaction	P ANCOVA
	Pre (mean±SD)	Post (mean±SD)	Pre (mean±SD)	Post (mean±SD)			
Sit-to-stand (s)	11.89 ± 3.18	8.99±2.76	10.78±2.20	8.26±1.70	<0.001	0.629	0.456
Log SPPB (score)	1.03±0.05	1.06±0.03	1.05±0.02	1.07±0.01	0.007	0.553	0.421
6MWT (m)	575.73±82.86	582.8±72.3	600.45±75.39	637.6±76.4	0.035	0.144	0.315
1RM Sum (kg)	60.28±16.44	60.3±16.4	50.6±14.33	65.7±17.2*	<0.001	0.003	0.001
Log RFD Sum 50 (N.m/s)	2.24±0.33	2.42±0.25	2.39±0.29	2.45±0.21	0.047	0.362	0.539
Log RFD Sum 100 (N.m/s)	2.30±0.31	2.47±0.25	2.39±0.28	2.49±0.22	0.019	0.582	0.825
Log RFD Sum 200 (N.m/s)	2.31±0.24	2.42±0.21	2.32±0.23	2.45±0.21	0.010	0.792	0.476

Log: logarithm; s: second; m: meters; Kg: kilogram; N.m/s: newton.meters/second; SPPB: short physical performance battery; 6MWT: six-minutes walk test; 1RM: repetition maximum; RFD: rate of force development; HIIT: high-intensity interval training; COM: combined training. The data were shown as mean and SD standard deviation. ANCOVA adjusted for hormonal therapy and smoker.

DISCUSSION

The major finding from the present study was that 12 weeks of HIIT elicited adaptations in RDF and physical performance (but not muscle strength), which were similar to those elicited by COM in PW. Although much research has focused on the effectiveness of COM and resistance training for improving muscle function and physical performance (8), to our knowledge, this is the first study to show that HIIT and COM are similar in the improvement of RDF and physical performance in PW. As the adapted HIIT protocol did not need specific equipment and required a much lower training volume and time than COM, HIIT seems to be an alternative and accessible time-efficient strategy to elicit such adaptations in PW. These findings are important from a public health perspective, given that “lack of time” and of access to physical activity facilities are the common reasons to people not to do exercise (10-12).

Significant decreases in early and late RDF are observed with aging, resulting in impaired muscle performance and, consequently, reduced functional capacity of daily tasks (33). Moreover, it has been reported that time < 200 ms (which reflects early and late phase RDF) discriminates young from old adults in a time limited motor task, i.e. reversing a fall (34). In the current study, both groups showed significant improvements in early and late RDF after 12 weeks of training. Increased early and late RDF in older people has been reported by previous studies which utilized RT with moderate to heavy loads (17, 18), but not to endurance training (19) or electrical muscle stimulation (20). However, to our knowledge, this is the first study that showed that HIIT increases early and late RDF in PW. In the current study, HIIT was performed by repeated brief bouts of a fast exercise (stepping up and down on a step and squatting up and down as fast as possible). Some evidence suggests that exercise involving fast-type muscle contractions (i.e., muscle actions performed with maximal intentional RFD) is an efficient training modality, regardless of the training load used, for inducing gains in RFD (35). Tiggemann et al (2016) showed that power (as fast as possible) resistance training (leg press, knee extension, and leg curl) with light load improves RDF at 110 ms of lower limbs older women (17). Thus, HIIT seems to be an alternative time-efficient strategy to improve RDF in PW.

Physical performance is measured via a number of performance-based assessments, such as walk speed and SPPB performances (3-5). Low 6MWT and SPPB performances are strongly associated with falls, hospitalizations, cardio and

cerebrovascular diseases and mortality in older adults (3-5). According to the disablement model, impairment (e.g. loss or abnormality of the muscle tissue) precedes the functional limitation (6, 36-38). Thus, maximum muscle strength and rapid force production (i.e. RDF and power) have been established as early determinants of physical performance in older adults (6, 36, 37, 39, 40). In the current study, both groups similarly increased RDF and physical performance, but solely COM increased muscle strength. It seems that the ability to improve physical performance with exercise training is related to the ability to improve muscle RDF (6, 38, 40) in PW. Thus, HIIT seem to be an alternative time-efficient strategy to improve physical performance due to an ability to improve RDF in PW.

This study has limitations that should be acknowledged. This study was restricted to a specific sample (PW); therefore, the effects of the HIIT observed here may not be generalizable to different settings. Moreover, the loss rate of subjects in the study was higher in HIIT than COM, which reduces the importance from a public health perspective. In this context, future studies should consider other samples (i.e. older men) and confirm a high dropout in HIIT.

CONCLUSIONS

Low physical performance is associated with falls, hospitalizations, cardio and cerebrovascular diseases and mortality in older adults (3-5). The knowledge of practical time-efficient strategies to improve physical performance in older people is important given that “lack of time” and of access to physical activity facilities are the common reasons to not do exercise. This study found that HIIT is an alternative and accessible time-efficient strategy to improve physical performance in PW.

REFERENCES

1. Sirola J, Rikkonen T. Muscle performance after the menopause. *The journal of the British Menopause Society*. 2005;11(2):45-50. Epub 2005/06/23.
2. Holmes J, Powell-Griner E, Lethbridge-Cejku M, Heyman K. Aging differently: Physical limitations among adults aged 50 years and over: United States, 2001-2007. *NCHS Data Brief*. 2009(20):1-8. Epub 2009/07/25.
3. Guralnik JM, Ferrucci L, Pieper CF, Leveille SG, Markides KS, Ostir GV, et al. Lower extremity function and subsequent disability consistency across studies,

predictive models, and value of gait speed alone compared with the short physical performance battery. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*. 2000;55(4):M221-M31.

4. Guralnik JM, Ferrucci L, Simonsick EM, Salive ME, Wallace RB. Lower-extremity function in persons over the age of 70 years as a predictor of subsequent disability. *New England Journal of Medicine*. 1995;332(9):556-62.
5. McGinn AP, Kaplan RC, Verghese J, Rosenbaum DM, Psaty BM, Baird AE, et al. Walking speed and risk of incident ischemic stroke among postmenopausal women. *Stroke*. 2008;39(4):1233-9.
6. Reid KF, Fielding RA. Skeletal muscle power: a critical determinant of physical functioning in older adults. *Exercise and sport sciences reviews*. 2012;40(1):4-12. Epub 2011/10/22.
7. Chodzko-Zajko WJ, Proctor DN, Fiatarone Singh MA, Minson CT, Nigg CR, Salem GJ, et al. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and physical activity for older adults. *Medicine and science in sports and exercise*. 2009;41(7):1510-30. Epub 2009/06/12.
8. Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, Franklin BA, Lamonte MJ, Lee I-M, et al. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2011;43(7):1334-59.
9. Bamman MM, Cooper DM, Booth FW, Chin ER, Neufer PD, Trappe S, et al. Exercise biology and medicine: innovative research to improve global health. *Mayo Clinic proceedings*. 2014;89(2):148-53. Epub 2014/02/04.
10. Trost SG, Owen N, Bauman AE, Sallis JF, Brown W. Correlates of adults' participation in physical activity: review and update. *Medicine and science in sports and exercise*. 2002;34(12):1996-2001. Epub 2002/12/10.
11. Godin G, Desharnais R, Valois P, Lepage L, Jobin J, Bradet R. Differences in perceived barriers to exercise between high and low intenders: observations among different populations. *American Journal of Health Promotion*. 1994;8(4):279-85.
12. Gillen JB, Gibala MJ. Is high-intensity interval training a time-efficient exercise strategy to improve health and fitness? *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. 2013;39(3):409-12.
13. Gibala MJ, Gillen JB, Percival ME. Physiological and health-related adaptations to low-volume interval training: influences of nutrition and sex. *Sports Med*. 2014;44 Suppl 2:S127-37. Epub 2014/10/31.
14. Boutcher SH. High-intensity intermittent exercise and fat loss. *Journal of obesity*. 2011;2011:868305. Epub 2010/11/30.

15. Gillen JB, Percival ME, Ludzki A, Tarnopolsky MA, Gibala MJ. Interval training in the fed or fasted state improves body composition and muscle oxidative capacity in overweight women. *Obesity (Silver Spring)*. 2013;21(11):2249-55. Epub 2013/06/01.
16. Fink J, Kikuchi N, Yoshida S, Terada K, Nakazato K. Impact of high versus low fixed loads and non-linear training loads on muscle hypertrophy, strength and force development. *SpringerPlus*. 2016;5(1):1.
17. Tiggemann CL, Dias CP, Radaelli R, Massa JC, Bortoluzzi R, Schoenell MC, et al. Effect of traditional resistance and power training using rated perceived exertion for enhancement of muscle strength, power, and functional performance. *Age (Dordr)*. 2016;38(2):42. Epub 2016/03/25.
18. Gurjão ALD, Gobbi LTB, Carneiro NH, Gonçalves R, Ferreira de Moura R, Cyrino ES, et al. Effect of strength training on rate of force development in older women. *Research quarterly for exercise and sport*. 2012;83(2):268-75.
19. Vila-Cha C, Falla D, Farina D. Motor unit behavior during submaximal contractions following six weeks of either endurance or strength training. *J Appl Physiol (1985)*. 2010;109(5):1455-66. Epub 2010/09/11.
20. Suetta C, Aagaard P, Rosted A, Jakobsen AK, Duus B, Kjaer M, et al. Training-induced changes in muscle CSA, muscle strength, EMG, and rate of force development in elderly subjects after long-term unilateral disuse. *J Appl Physiol (1985)*. 2004;97(5):1954-61. Epub 2004/07/13.
21. Maffiuletti NA, Aagaard P, Blazevich AJ, Folland J, Tillin N, Duchateau J. Rate of force development: physiological and methodological considerations. *European journal of applied physiology*. 2016:1-26.
22. ACSM. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc*. 2009;41(3):687-708. Epub 2009/02/11.
23. Correa C, LaRoche D, Cadore E, Reischak-Oliveira A, Bottaro M, Krueger L, et al. 3 Different types of strength training in older women. *International journal of sports medicine*. 2012;33(12):962-9.
24. Organization WH. *Obesity: preventing and managing the global epidemic*: World Health Organization; 2000.
25. Steffen TM, Hacker TA, Mollinger L. 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*. 2002;82(2):128-37. Epub 2002/02/22.
26. Guralnik JM, Simonsick EM, Ferrucci L, Glynn RJ, Berkman LF, Blazer DG, 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*. 1994;49(2):M85-M94.

27. Cruz-Jentoft AJ, Baeyens JP, Bauer JM, Boirie Y, Cederholm T, Landi F, et al. Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis: Report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People. *Age and ageing*. 2010;39(4):412-23. Epub 2010/04/16.
28. Aagaard P, Simonsen EB, Andersen JL, Magnusson P, Dyhre-Poulsen P. Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. *Journal of applied physiology*. 2002;93(4):1318-26.
29. Orsatti FL, Nahas EA, Orsatti CL, de Oliveira EP, Nahas-Neto J, da Mota GR, et al. Muscle mass gain after resistance training is inversely correlated with trunk adiposity gain in postmenopausal women. *J Strength Cond Res*. 2012;26(8):2130-9. Epub 2011/10/12.
30. Borg GA. Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine and science in sports and exercise*. 1982;14(5):377-81. Epub 1982/01/01.
31. Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, Franklin BA, Lamonte MJ, Lee I-M, et al. American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Medicine and science in sports and exercise*. 2011;43(7):1334-59.
32. American College of Sports M, Chodzko-Zajko WJ, Proctor DN, Fiatarone Singh MA, Minson CT, Nigg CR, et al. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and physical activity for older adults. *Medicine and science in sports and exercise*. 2009;41(7):1510-30. Epub 2009/06/12.
33. 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(1):49-64. Epub 2010/05/22.
34. Pijnappels M, Bobbert MF, van Dieen JH. Control of support limb muscles in recovery after tripping in young and older subjects. *Experimental brain research*. 2005;160(3):326-33. Epub 2004/08/24.
35. Maffiuletti NA, Aagaard P, Blazevich AJ, Folland J, Tillin N, Duchateau J. Rate of force development: physiological and methodological considerations. *European journal of applied physiology*. 2016;116(6):1091-116. Epub 2016/03/05.
36. Rantanen T, Guralnik JM, Ferrucci L, Leveille S, Fried LP. Coimpairments: strength and balance as predictors of severe walking disability. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*. 1999;54(4):M172-M6.
37. BUCHNER DM, LARSON EB, WAGNER EH, KOEPESELL TD, DE LATEUR BJ. Evidence for a non-linear relationship between leg strength and gait speed. *Age and ageing*. 1996;25(5):386-91.

38. Bassey EJ, Fiatarone MA, O'Neill EF, Kelly M, Evans WJ, Lipsitz LA. Leg extensor power and functional performance in very old men and women. *Clin Sci (Lond)*. 1992;82(3):321-7. Epub 1992/03/01.
39. Rantanen T, Guralnik JM, Ferrucci L, Penninx BW, Leveille S, Sipilä S, et al. Coimpairments as predictors of severe walking disability in older women. *Journal of the American Geriatrics Society*. 2001;49(1):21-7.
40. Herman S, Kiely DK, Leveille S, O'Neill E, Cyberey S, Bean JF. Upper and lower limb muscle power relationships in mobility-limited older adults. *The journals of gerontology Series A, Biological sciences and medical sciences*. 2005;60(4):476-80. Epub 2005/06/04.