

UNIVERSIDADE FEDERAL DO TRIÂNGULO MINEIRO

PAULO RICARDO PRADO NUNES

**COMPARAÇÃO DO EFEITO DO TREINAMENTO COMBINADO E DO
TREINAMENTO INTERVALADO DE ALTA INTENSIDADE COM PESO
CORPORAL SOBRE A COMPOSIÇÃO CORPORAL, FUNÇÃO FÍSICA E PERFIL
INFLAMATÓRIO EM MULHERES OBESAS NA PÓS-MENOPAUSA: UM ENSAIO
CLÍNICO CONTROLADO E RANDOMIZADO**

UBERABA

2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DO TRIÂNGULO MINEIRO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA SAÚDE

Paulo Ricardo Prado Nunes

**COMPARAÇÃO DO EFEITO DO TREINAMENTO COMBINADO E DO
TREINAMENTO INTERVALADO DE ALTA INTENSIDADE COM PESO
CORPORAL SOBRE A COMPOSIÇÃO CORPORAL, FUNÇÃO FÍSICA E PERFIL
INFLAMATÓRIO EM MULHERES OBESAS NA PÓS-MENOPAUSA: UM ENSAIO
CLÍNICO CONTROLADO E RANDOMIZADO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde, área de concentração Patologia Humana, da Universidade Federal do Triângulo Mineiro, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Ciências da Saúde.

Orientador: Prof. Dr. Fábio Lera Orsatti

UBERABA

2018

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

N927c Nunes, Paulo Ricardo Prado
Comparação do efeito do treinamento combinado e do treinamento intervalado de alta intensidade com peso corporal sobre a composição corporal, função física e perfil inflamatório em mulheres obesas na pós-menopausa: um ensaio clínico controlado e randomizado / Paulo Ricardo Prado Nunes. -- 2018.
65 f. : il., fig., tab.

Tese (Doutorado em Ciências da Saúde) -- Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, MG, 2018

Orientador: Prof. Dr. Fábio Lera Orsatti

1. Saúde da mulher. 2. Obesidade. 3. Pós-menopausa. 4. Aptidão física. 5. Citocinas. I. Orsatti, Fábio Lera. II. Universidade Federal do Triângulo Mineiro. III. Título.

CDU 613.99

Paulo Ricardo Prado Nunes

**COMPARAÇÃO DO EFEITO DO TREINAMENTO COMBINADO E DO
TREINAMENTO INTERVALADO DE ALTA INTENSIDADE COM PESO
CORPORAL SOBRE A COMPOSIÇÃO CORPORAL, FUNÇÃO FÍSICA E PERFIL
INFLAMATÓRIO EM MULHERES OBESAS NA PÓS-MENOPAUSA: UM ENSAIO
CLÍNICO CONTROLADO E RANDOMIZADO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde, área de concentração Patologia Humana, da Universidade Federal do Triângulo Mineiro, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Ciências da Saúde.

Aprovada em 12 de junho de 2018

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Fábio Lera Orsatti

Universidade Federal do Triângulo Mineiro

Prof^ª. Dra. Márcia Antoniazi Michelin

Universidade Federal do Triângulo Mineiro

Prof. Dr. Francisco Teixeira Coelho

Universidade Federal do Triângulo Mineiro

Prof. Dr. Daniel dos Santos

Universidade de Franca

Prof^ª. Dra. Ana Carolina Kanitz

Universidade Federal de Uberlândia

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, pela oportunidade, saúde e força na realização desta etapa. A toda minha família, em especial meus pais (Ana Sofia e Paulo Cesar) e avós (Maria Eunice e Luiz) pelo amor, apoio, compreensão e dedicação por toda a minha vida, obrigado por sempre acreditarem em mim. À Fernanda Liporoni, pelo amor, companheirismo, atenção e incentivo durante a realização desta pesquisa. Por estar sempre ao meu lado, me ouvindo e aconselhando nos momentos mais difíceis.

AGRADECIMENTOS

Ao professor e mentor científico Dr. Fábio Lera Orsatti, por todas as oportunidades e amizade ao longo destes anos, por acreditar e confiar no meu trabalho, pelas críticas e provocações que contribuíram com meus ensinamentos profissionais e pessoais.

Às agências de fomento Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa de estudos, a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e Fundação de Ensino e Pesquisa de Uberaba (FUNEPU), pelo suporte financeiro ao Projeto.

Aos amigos e integrantes do Laboratório de Pesquisa em Biologia do Exercício (BIOEX): Anselmo Alves de Oliveira, Fernanda Martins, Danyelle Pelet, Aletéia de Paula Souza, Gederson Gomes, Cristiane Franco, Marcelo Carneiro, Daniel Teixeira, Jairo Freitas, Gersiel Oliveira, Thalles Racine e Weverton Soares pelas ajudas e momentos de descontração.

À professora Dra. Márcia Antoniazi Michelin pela ajuda, confiança, paciência e orientação com a pesquisa e os exames realizados no Instituto de Pesquisa em Oncologia (IPON).

À professora Dra. Elisabete de Resende pela ajuda, confiança, paciência e orientação com a pesquisa.

Ao Professor Dr. Erick Prado de Oliveira pelas contribuições na área de nutrição e pelas considerações durante a escrita dos artigos científicos.

Às nutricionistas Paula Nahas, Luana Thomazetto Rossato e Flávia De Branco pela ajuda durante as coletas dos dados nutricionais.

Ao técnico Cláudio José Silva pelos ensinamentos, contribuições, dedicação e paciência. À biomédica Carolina Guissoni por realizar as coletas de sangue ao longo da pesquisa.

Aos funcionários da Pós-Graduação em Ciências da Saúde, Tuânia Alves e André Costa, obrigado pela atenção e eficiência.

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

E por fim, mas não com menor importância, aos examinadores da banca de qualificação (Professora Rosekeila Nomelini, Professor Francisco Coelho e Professor Sionaldo Ferreira) e defesa (Professor Fábio Orsatti, Professor Francisco Coelho, Professora

Márcia Michelin, Professor Daniel dos Santos e Professora Ana Carolina Kanitz), pelas pertinentes contribuições para a elaboração desta pesquisa e tese. Agradeço também o esforço de todos os Professores membros suplentes que se dispuseram a auxiliar nas bancas (Professor Eddie Murta, Professor Sionaldo Ferreira, Professor Markus Vinicius Souza, Professor Erick de Oliveira, Professor Guilherme Puga, Professora Elisabete de Resende e Professor Fabrício Borges).

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, o meu muito obrigado!

“A mente que se abre a uma nova ideia jamais voltará ao seu tamanho original.”

Albert Einstein

"Se vi mais longe foi por estar de pé sobre ombros de gigantes."

Isaac Newton

RESUMO

Este estudo comparou o efeito do treinamento combinado (TC) e do treinamento intervalado de alta intensidade (TIAI) sobre a composição corporal, perfil inflamatório e função física em mulheres obesas na pós-menopausa (PM). Participaram do estudo 26 voluntárias randomizadas em dois grupos: TC (n=13) e TIAI (n=13). Para a avaliação da composição corporal utilizou-se a absorciometria de raios-x de dupla energia. Para a avaliação do perfil inflamatório utilizou-se o ensaio de imunoabsorção enzimática. Para avaliar a função física, a força muscular máxima (FM) foi mensurada pelo teste de uma repetição máxima (1RM), a velocidade máxima de marcha (VMAX) foi mensurada pelo teste de caminhada de uma milha e a velocidade usual de marcha, tempo de levantar e sentar da cadeira (LSC) e equilíbrio pela curta bateria de testes de desempenho físico (SPPB). Os hábitos nutricionais foram avaliados por questionário alimentar. Todas as avaliações foram realizadas antes e após 12 semanas de treinamento, no qual, os grupos realizaram três vezes na semana em dias não consecutivos. O TC (tempo total aproximado: 60 minutos) realizou 30 minutos de caminhada de intensidade moderada (70% da frequência cardíaca máxima (FC) ou escala subjetiva de esforço adaptada (BORG 0-10) entre 5-6 e cinco exercícios de força a 70% de 1RM (três séries de 8-12 repetições). O TIAI (tempo total aproximado: 30 minutos) realizou 10 séries de 60 segundos de exercícios de alta intensidade (> 80% da FC ou BORG > 7) intercalados por períodos de recuperação de 60 segundos de exercício de baixa intensidade. Após 12 semanas de treinamento, ambos os grupos aumentaram o SPPB (TC pré: 12,0 [Interquartil (IQ) 10,5–12,0], TC pós: 12,0 [IQ 12,0–12,0], com quatro casos positivos; e TIAI pré: 11,0 [IQ 10,0–12,0], TIAI pós: 12,0 [IQ 11,0–12,0], com seis casos positivos e um caso negativo), interleucina (IL)-1 receptor antagonista (ra) (TC: 213,3 pg/ml [Intervalo de confiança de 95% (IC) 103,1–323,5] e TIAI: 191,6 pg/ml [IC 95,7–287,6]), massa magra apendicular (MM) (TC: 0,5 kg [IC 0,2–0,8] e TIAI: 0,3 kg [IC -0,1–0,7]) e reduziram LSC (TC: -3,2 segundos [IC -4,4–-1,9] e TIAI: -3,0 segundos [IC -4,8– -1,2]), leptina (TC: -3911,2 pg/ml [IC -11621,4–3798,9] e TIAI: -4982,4 pg/ml [IC -9778,8–186,0]), e gordura corporal (TC: -0,3% [IC (-0,8–0,2] e TIAI: -0,7% [IC -1,5–0,0]). Somente o TC aumentou a FM (14,6 kg [IC 8,6–20,6]), VMAX (0,08 m/s [IC 0,04–0,1]) e reduziu a adiponectina (-2,1 µg/ml [IC -3,5–0,6]) em comparação ao TIAI. O aumento da VMAX foi explicado pelo aumento da FM (36%) somente no TC. Apenas o TIAI reduziu a gordura visceral (GV) (-0,1 kg [IC -0,2–0,1]) e aumentou a IL-6 (1,2 pg/ml [IC 0,4–2,1]). A redução da GV explicou o aumento da IL-6

(56%), IL-1ra (65%), adiponectina (30%) e redução da leptina (35%) apenas no TIAI. Não houve diferenças para os hábitos nutricionais. Portanto, o TIAI é uma estratégia alternativa para a melhora da composição corporal, perfil inflamatório e da função física de mulheres obesas na PM.

Palavras chave: Obesidade. Exercício físico. Citocinas. Aptidão física.

ABSTRACT

This study compared the effects of high-intensity interval training with body weight (HIIT) with the effects of combined training (CT) on body composition, serum inflammation and physical function markers in obese postmenopausal women (PW) for 12 weeks. 26 PW were randomized in: CT (n=13) and HIIT (n=13). For body composition evaluation the dual-energy x-ray absorptiometry scanning was used. For serum inflammation markers evaluation, the enzyme linked immuno sorbent assay was used. For physical function evaluation, muscle strength (MS) was measured by the one repetition maximum (1RM), the fast walking speed (FWS) was measured by the one-mile walk test and the balance test, four-meters usual walking speed test and five-time chair stand test (CST) was measured by the short physical performance battery (SPPB). The nutritional habits were measured by a questionnaire. All assessments were measured pre and post study. Both groups trained for 12 weeks for three times a week. The CT group (training length ~ 60 minutes) performed 30 minutes of walking (70% of maximum heart rate (MHR) or adapted rated perceived exertion (BORG 0-10) scale between 5-6) and five resistance exercises at 70% of 1RM (three sets of 8-12 repetitions). The HIIT group (training length ~ 30 minutes) performed ten sets of 60 seconds of high-intensity exercises (> 80 % MHR or adapted BORG > 7) interspersed with a recovery period of 60 seconds of low intensity exercise (light walk). Both groups increased the SPPB score (CT pre: 12.0 [Interquartile range (IQ) 10.5–12.0], CT post: 12.0 [IQ 12.0–12.0], with four positive cases; and HIIT pre: 11.0 [IQ 10.0–12.0], HIIT post: 12.0 [IQ 11.0–12.0], with six positive cases and one negative case), interleukin (IL)-1 receptor antagonist (ra) (CT: 213.3 pg/ml [Confidence interval of 95% (CI) 103.1–323.5] and HIIT: 191.6 pg/ml [CI 95.7–287.6]), appendicular lean mass (ALM) (CT: 0.5 kg [IC 0.2–0.8] e HIIT: 0.3 kg [IC -0.1–0.7]) and reduced the CST time (CT: -3.2 seconds [CI -4.4– -1.9] e HIIT: -3.0 seconds [CI -4.8– -1.2]), leptin (CT: -3911.2 pg/ml [IC -11621.4–3798.9] e HIIT: -4982.4 pg/ml [IC -9778.8–186.0]) and body fat (CT: -0.3% [IC (-0.8–0.2)] e HIIT: -0.7% [IC -1.5–0.0]). Only CT increased MS (14.6 kg [CI 8.6–20.6]) and FWS (0.08 m/s [CI 0.04–0.1]) and reduced adiponectin (-2.1 µg/ml [CI -3.1– -0.6]). The FWS change was explained by MS (36%) changes only in CT. Only the HIIT group reduced visceral fat (VF) (-0.1 kg [CI -0.2– -0.1]) and increased IL-6 (1.2 pg/ml [CI 0.4–2.1]). The VF change explained the IL-6 (56%), IL-1ra (65%), adiponectin (30%) and leptin (35%) changes only in HIIT. There were no changes in the nutritional habits.

Thus, HIIT is an alternative strategy for improvements on body composition, serum inflammation and physical function markers in obese PW.

Key words: Obesity. Exercise. Cytokines. Physical fitness.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Fluxograma de seleção da amostra.....	26
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características dos protocolos de treinamento das mulheres obesas na pós-menopausa.	36
Tabela 2 – Características basais das mulheres obesas na pós-menopausa.....	37
Tabela 3 – Perfil nutricional das mulheres obesas na pós-menopausa antes e após 12 semanas de treinamento.....	39
Tabela 4 – Antropometria e composição corporal das mulheres obesas na pós-menopausa antes e após 12 semanas de treinamento.....	40
Tabela 5 – Perfil inflamatório das mulheres obesas na pós-menopausa antes e após 12 semanas de treinamento.....	42
Tabela 6 – Função física das mulheres obesas na pós-menopausa antes e após 12 semanas de treinamento.....	43
Tabela 7 – Modelo de associação com correção da variação interindividual do delta da gordura visceral, delta da massa magra apendicular, delta da IL-6, delta da IL-1ra, delta da adiponectina e delta da leptina em mulheres obesas na pós-menopausa após 12 semanas de treinamento.....	44
Tabela 8 – Modelo de associação com correção da variação interindividual do delta da velocidade máxima de marcha, delta da massa magra das pernas e delta da força muscular em mulheres obesas na pós-menopausa após 12 semanas de treinamento.....	45

LISTA DE SIGLAS

1RM – Força máxima de uma repetição

ANOVA – Análise de variância

BIOEX – Laboratório de Pesquisa em Biologia do Exercício

BORG – Escala auto percebida de esforço

DEXA – Absorciometria de raios-x de dupla energia

DP – Desvio padrão

E2 – Estradiol

ELISA – Ensaio de imunoabsorção enzimática

FC – Frequência cardíaca

FSH – Hormônio folículo estimulante

HbA1c – Hemoglobina glicada

HOMA-IR – Modelo de avaliação homeostático da resistência insulínica

IC – Intervalo de confiança

ICAM – Molécula de adesão intercelular

IL – Interleucina

IMC – Índice de massa corporal

IPON – Instituto de Pesquisa em Oncologia

MCP – Proteína quimioatraente de monócitos

PCR – Proteína C reativa

PM – Pós-menopausa

RA – Receptor antagonista

SPPB – curta bateria de testes de desempenho físico

TIAI – treinamento intervalado de alta intensidade

TC – Treinamento combinado

TNF – Fator de necrose tumoral

UFTM – Universidade Federal do Triângulo Mineiro

LISTA DE SÍMBOLOS

% – percentual

< – menor

> – maior

\leq – menor ou igual

\geq – maior ou igual

α – alfa

β – beta

γ – gama

Δ – delta, diferença entre o valor final menos o inicial.

η_p^2 – eta parcial ao quadrado

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
1.1 OBJETIVOS	19
1.1.1 Objetivo Geral	19
1.1.2 Objetivos Específicos	19
2 REFERENCIAL TEÓRICO	20
2.1 COMPOSIÇÃO CORPORAL, PERFIL INFLAMATÓRIO E FUNÇÃO FÍSICA EM MULHERES NA PÓS-MENOPAUSA.....	20
2.2 TREINAMENTO COMBINADO, COMPOSIÇÃO CORPORAL, PERFIL INFLAMATÓRIO E FUNÇÃO FÍSICA EM MULHERES NA PÓS-MENOPAUSA	22
2.3 TREINAMENTO INTERVALADO DE ALTA INTENSIDADE, COMPOSIÇÃO CORPORAL, PERFIL INFLAMATÓRIO E FUNÇÃO FÍSICA EM MULHERES NA PÓS-MENOPAUSA	24
3 MÉTODOS	26
3.1 DELINEAMENTO DO ESTUDO	26
3.2 SUJEITOS DO ESTUDO	27
3.3 ANAMNESE E INVESTIGAÇÃO DOS HÁBITOS ALIMENTARES E TEMPO SENTADO	28
3.4 AVALIAÇÃO DE MARCADORES BIOLÓGICOS NO SANGUE, ANTROPOMETRIA E COMPOSIÇÃO CORPORAL	29
3.5 AVALIAÇÃO DA FUNÇÃO FÍSICA	30
3.5.1 Teste força máxima	30
3.5.2 Testes de desempenho físico	31
3.6 PROTOCOLOS DE TREINAMENTO	32
3.6.1 Treinamento combinado	33
3.6.2 Treinamento intervalado de alta intensidade com o peso corporal	33
3.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA	34
4 RESULTADOS	36
5 DISCUSSÃO	46
5.1 VALIDAÇÃO DO TIAL.....	46

5.2 COMPOSIÇÃO CORPORAL.....	47
5.3 PERFIL INFLAMATÓRIO	49
5.4 FUNÇÃO FÍSICA.....	52
6 CONCLUSÃO	55
REFERÊNCIAS.....	56

1 INTRODUÇÃO

No século XVII, cerca de 30% das mulheres atingiam a fase da menopausa (aproximadamente 50 anos de idade) e somente 5% sobreviviam mais de 75 anos de idade. Atualmente, cerca de 95% atingem a menopausa e 50% delas ultrapassam os 75 anos de idade (PINTO-NETO; PAIVA; FOSENCHI-CARVASAN, 2003). Neste sentido, com o crescente aumento da sobrevida da mulher (DATASUS et al., 2012), existe a preocupação em proporcionar melhor qualidade de vida e promoção da saúde dessas mulheres.

Mulheres no período pós-menopausa (PM) apresentam aumento considerável de gordura corporal (obesidade) (TOTH et al., 2000), principalmente na região abdominal (obesidade abdominal) (TOTH et al., 2000), que está associado com doenças crônicas não transmissíveis (cânceres, diabetes do tipo II e doenças cardiovasculares) (CHEN, F. et al., 2015; HARTZ; HE; RIMM, 2012; KRISHNAN et al., 2013; MAJED et al., 2008; PATTERSON et al., 2010; POIRIER et al., 2006) e mortalidade precoce (DAGENAIS et al., 2005; KAICHI et al., 2017; SAHAKYAN et al., 2015). As alterações de marcadores inflamatórios (citocinas) no sangue (CAMILLERI et al., 2012; DONATH, 2014; FRIEDENREICH et al., 2012; GROSSMANN et al., 2015; NIU et al., 2013; OLLBERDING et al., 2013; SHAPIRO et al., 2014; WU et al., 2009) e redução da função física (força e potência muscular, velocidade de marcha e equilíbrio) (COOPER; KUH; HARDY, 2010; PAVASINI et al., 2016; STUDENSKI et al., 2011; YAZDANYAR et al., 2014) estão associadas à obesidade e são alguns dos fatores que podem contribuir para o maior risco de doenças crônicas não transmissíveis e mortalidade precoce. Portanto intervenções que reduzam a gordura corporal, perfil inflamatório e aumentem a função física são importantes para mulheres na PM.

As diretrizes de saúde pública recomendam a prática terapêutica de exercícios físicos de intensidade moderada por 150 minutos na semana, combinando exercício aeróbio com exercício de força (treinamento combinado; TC; padrão ouro) (AMERICAN COLLEGE OF SPORTS et al., 2009; GARBER et al., 2011; JOHANNSEN et al., 2016), para promover a redução de marcadores da obesidade (PARK; KWAK; JI, 2015; RIESCO et al., 2012; RYAN; NICKLAS, 2004; SON et al., 2017; UUSI-RASI et al., 2017; VALKEINEN et al., 2008; VAN GEMERT et al., 2016; VASCONCELOS et al., 2016), perfil inflamatório (PARK; KWAK; JI, 2015; RIESCO et al., 2012; RYAN; NICKLAS, 2004; VAN GEMERT

et al., 2016) e aumento da função física (SON et al., 2017; UUSI-RASI et al., 2017; VALKEINEN et al., 2008; VASCONCELOS et al., 2016) em mulheres na PM. Porém, apenas cerca de 10% das pessoas atingem a recomendação de prática de exercícios físicos (TROIANO et al., 2008; TUCKER; WELK; BEYLER, 2011), e um dos principais motivos tem sido relacionados à falta de tempo (GODIN et al., 1994; TROST et al., 2002). Diante desta problemática o treinamento intervalado de alta intensidade (TIAI) tem sido recomendado pelas diretrizes de saúde pública como uma estratégia terapêutica alternativa devido a utilizar pouco tempo de duração (aproximadamente 75 minutos por semana) (GARBER et al., 2011).

Os protocolos de TIAI, em mulheres na PM, têm sido realizados com equipamentos (esteiras e bicicletas ergométricas) e locais especializados (centos de treinamento e pistas de corrida) (IRVING et al., 2008; KLONIZAKIS et al., 2014; MAILLARD et al., 2016; MANDRUP et al., 2017). Porém, a necessidade de equipamentos e locais especializados também tem sido relacionada à baixa aderência ao treinamento (GODIN et al., 1994; TROST et al., 2002). Além do mais, o TIAI realizado sem equipamentos especializados (corridas na rua ou pistas) é caracterizado por envolver movimentos complexos de grande potência (saltos e corridas) para aumentar a intensidade do exercício (GIBALA; GILLEN; PERCIVAL, 2014), o que requer uma grande capacidade motora e experiência do praticante e podem aumentar o risco de lesões musculares e quedas, principalmente em mulheres sedentárias obesas na PM, inviabilizando a sua prática. Recentemente, um tipo de TIAI sem equipamentos e acessível (subidas e descidas de escadas prediais) foi realizado em mulheres jovens. Esse TIAI demonstrou efeitos benéficos no aumento da capacidade aeróbia máxima após seis semanas de intervenção. Esse TIAI foi realizado por apenas 10 minutos (TIAI: três séries de 60 segundos de subida e descida de escadas em intensidade alta com recuperação de dois minutos) por treino, por três vezes na semana, totalizando 30 minutos semanais (ALLISON et al., 2017). No entanto, ainda faltam estudos para validar a eficácia de um TIAI mais acessível comparando com o TC para mulheres na PM, pois até o presente momento não existem estudos que se propuseram a estudar um TIAI adaptado na população idosa. Portanto o presente estudo desenvolveu um TIAI adaptado, de baixo custo e alta aplicabilidade, para mulheres na PM combinando subidas e descidas de um *step* (simulador de degrau) associado a agachamentos livres com o peso corporal em arquibancada (simulador de uma cadeira), caracterizado por movimentos simples de fácil execução devido aos componentes motores

básicos estarem normalmente presentes no cotidiano (subir um degrau e levantar e sentar da cadeira).

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Comparar o efeito do TC e do TIAI sobre marcadores da composição corporal, perfil inflamatório e função física e em mulheres obesas na PM.

1.1.2 Objetivos Específicos

- a) Comparar o efeito do TC e do TIAI sobre a massa magra (total e membros), massa gorda (total, membros e tronco),
- b) Comparar o efeito do TC e do TIAI sobre a interleucina (IL)-1 receptor antagonista (ra), IL-6, adiponectina, leptina, proteína quimioatraente de monócitos (MCP)-1, molécula de adesão intercelular (ICAM)-1,
- c) Comparar o efeito do TC e do TIAI sobre a força muscular, velocidade máxima e usual de marcha, tempo de levantar e sentar da cadeira e equilíbrio estático.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 COMPOSIÇÃO CORPORAL, PERFIL INFLAMATÓRIO E FUNÇÃO FÍSICA EM MULHERES NA PÓS-MENOPAUSA

A menopausa é acompanhada pela perda da função folicular ovariana (redução dos níveis de estrogênios) e cessação permanente da menstruação, que é caracterizada por um intervalo mínimo de um ano da última menstruação, normalmente precedida por um período de ciclos irregulares (climatério). O período PM se refere ao tempo de vida após a menopausa (WHO, 1981). Neste sentido, a perda da função folicular ovariana de mulheres na PM tem se associado a alterações importantes, tais como: redução da função física, massa muscular (SIROLA; RIKKONEN, 2005) e aumento da massa gorda, principalmente na região abdominal (TOTH et al., 2000).

O excesso de massa corporal, devido ao excesso de massa gorda, é denominado como obesidade (índice de massa corporal (IMC) $\geq 30 \text{ kg/m}^2$ e/ou percentual de gordura corporal $\geq 40\%$) (BRAY; RYAN, 2000; GALLAGHER et al., 2000). A obesidade é considerada uma doença crônica não transmissível de nível epidêmico mundial (BRAY; RYAN, 2000; GALLAGHER et al., 2000), principalmente em mulheres (MITCHELL, S.; SHAW, 2015), que está associada a várias outras doenças crônicas não transmissíveis como o diabetes do tipo II (CHEN, F. et al., 2015), cânceres de mama e ginecológico (HARTZ; HE; RIMM, 2012; KRISHNAN et al., 2013), reincidência de câncer de mama (MAJED et al., 2008; PATTERSON et al., 2010), doenças cardiovasculares (POIRIER et al., 2006) e síndromes geriátricas (obesidade sarcopênica, fragilidade e incapacidade física) (BOUCHARD et al., 2007; CHEN, H.; GUO, 2008; LAROCHE; KRALIAN; MILLETT, 2011; TSENG et al., 2013; VINCENT; VINCENT; LAMB, 2010). Especificamente, a obesidade abdominal (excesso de gordura visceral $> 1,0 \text{ kg}$ ou circunferência da cintura $> 88 \text{ cm}$ (HERNANDEZ-ONO et al., 2002; RORIZ et al., 2011)) prediz o aumento do risco de mortalidade precoce por todas as causas quando comparada a indivíduos sem obesidade abdominal (DAGENAIS et al., 2005; KAICHI et al., 2017; SAHAKYAN et al., 2015), independentemente do IMC (SAHAKYAN et al., 2015).

O tecido adiposo é considerado um órgão endócrino por secretar uma grande variedade de substâncias (adipocinas – citocinas secretadas pelo tecido adiposo) que

controlam a atividade metabólica de forma autócrina ou parácrina (RODRÍGUEZ et al., 2015). Durante a obesidade, o tecido adiposo se expande de forma considerável e aumenta o recrutamento de infiltrados imunológicos (macrófagos, neutrófilos, linfócitos T e B, mastócitos, células esponjosas e células dendríticas) alterando o perfil de secreção das adipocinas (RODRÍGUEZ et al., 2015). Interessantemente, o tecido adiposo da região visceral durante a obesidade tem se mostrado mais ativo em relação às alterações do perfil de secreção das adipocinas (aumento de IL-6, IL-1ra, leptina e MCP-1 e redução de adiponectina) (FRIED; BUNKIN; GREENBERG, 1998; MAURY et al., 2007). Neste sentido, a obesidade abdominal altera as concentrações de marcadores inflamatórios como a IL-6, IL-1ra, MCP-1, leptina e adiponectina que estão associadas com o diabetes tipo II (DONATH, 2014; GROSSMANN et al., 2015), cânceres de mama (FRIEDENREICH et al., 2012; NIU et al., 2013; OLLBERDING et al., 2013; WU et al., 2009) e doenças cardiovasculares (CAMILLERI et al., 2012; SHAPIRO et al., 2014), assim podendo aumentar o risco de mortalidade precoce (DAGENAIS et al., 2005; KAICHI et al., 2017; SAHAKYAN et al., 2015). Por outro lado, intervenções que promovam reduções da gordura visceral estão associados com redução de marcadores inflamatórios (D'ANDREA et al., 2005; GIUGLIANO et al., 2004; LIMA et al., 2013). Reduções de aproximadamente 0,06 kg de gordura visceral ou aproximadamente cinco centímetros da circunferência da cintura está associado com reduções de fatores de risco metabólicos relacionados à mortalidade por todas as causas (KASHIWAGI et al., 2017; OKAUCHI et al., 2007).

A obesidade (BOUCHARD et al., 2007; CHEN, H.; GUO, 2008; LAROCHE; KRALIAN; MILLETT, 2011; TSENG et al., 2013; VINCENT; VINCENT; LAMB, 2010) e baixos níveis de força e massa musculares estão associados de forma negativa com testes de desempenho físico (CLARK; MANINI, 2012; CRUZ-JENTOFT et al., 2010; RANTANEN et al., 1999; RANTANEN et al., 2001). Estes testes de desempenho físico podem ser mensurados através de testes isolados (velocidade de marcha, levantar e sentar da cadeira e equilíbrio) ou testes compostos (combinação dos testes citados acima), denominado como a curta bateria de testes de desempenho físico (SPPB) (GURALNIK et al., 1994). Estes testes de desempenho físico estão relacionados à capacidade de mobilidade ou transferência de peso corporal (i.e., produção de força e potência muscular). Portanto, a redução do desempenho físico (velocidade de marcha < 0,8-1,0 m/s ou escore do SPBB < 7 (CRUZ-JENTOFT et al., 2010)) pode avançar até o momento em que a mulher fique impossibilitada de realizar

atividades comuns da vida diária, tais como as tarefas domésticas, levantar-se de uma cadeira, varrer o chão ou jogar o lixo fora (BURINI; MAESTÁ, 2012; ORSATTI et al., 2006; ROSENBERG, I. H., 1997; ROUBENOFF, 2003), assim aumentando o risco de mortalidade precoce (COOPER; KUH; HARDY, 2010; PAVASINI et al., 2016; STUDENSKI et al., 2011; YAZDANYAR et al., 2014). Por outro lado, aumentos de 0,05 m/s na velocidade de marcha ou escore do SPPB entre 0,5 a um ponto tem sido considerados aumentos significativos para o desempenho físico (KWON et al., 2009; PERERA et al., 2006).

Portanto, estratégias terapêuticas que possam concomitantemente reduzir a adiposidade corporal (principalmente a gordura visceral), o perfil inflamatório e aumentar a força, massa muscular e desempenho físico de mulheres obesas na PM são necessárias e recomendadas por diretrizes de saúde pública (AMERICAN COLLEGE OF SPORTS et al., 2009; GARBER et al., 2011; JOHANNSEN et al., 2016), podendo assim aumentar a longevidade e qualidade de vida dessas mulheres.

2.2 TREINAMENTO COMBINADO, COMPOSIÇÃO CORPORAL, PERFIL INFLAMATÓRIO E FUNÇÃO FÍSICA EM MULHERES NA PÓS-MENOPAUSA

O TC combina exercícios aeróbios de intensidade moderada e exercícios de força e é recomendado realizar cerca de 150 minutos semanais (AMERICAN COLLEGE OF SPORTS et al., 2009; GARBER et al., 2011; JOHANNSEN et al., 2016). Os exercícios aeróbios correspondem à duração de 30 a 40 minutos, em intensidade moderada. Comumente usa-se 70% da frequência cardíaca (FC) máxima e/ou escala auto percebida de esforço (BORG) adaptada (a escala varia entre zero e 10, quanto maior o número maior o esforço percebido) entre 5-6, no qual se utiliza principalmente o sistema energético oxidativo para a produção de energia (POWERS et al., 2000). Já, os exercícios de força correspondem à uma duração de 30 a 40 minutos e são compostos por 5 a 10 exercícios para o corpo todo realizados contra uma resistência externa (máquinas, barras, anilhas e/ou halteres). As cargas utilizadas são de aproximadamente de 70% da força máxima (uma repetição máxima, 1RM), uma a três séries (série = conjunto de repetições) por exercícios, entre oito a 12 repetições (repetição = movimento completo do exercício de força composto por ações de contração muscular concêntrica e excêntrica) por série e intervalo de recuperação (descanso passivo) entre séries e

exercícios de um a dois minutos, no qual se utiliza principalmente o sistema energético anaeróbio para a produção de energia (POWERS et al., 2000).

A redução do perfil inflamatório (PARK; KWAK; JI, 2015; RIESCO et al., 2012; RYAN; NICKLAS, 2004; VAN GEMERT et al., 2016) pelo TC tem sido atribuída a reduções da gordura corporal (PARK; KWAK; JI, 2015; RIESCO et al., 2012; RYAN; NICKLAS, 2004; VAN GEMERT et al., 2016) e abdominal (PARK; KWAK; JI, 2015; RIESCO et al., 2012; RYAN; NICKLAS, 2004). Park e colaboradores mostraram que 12 semanas de TC, sem monitoramento da dieta, reduziu o percentual de gordura (3%), gordura visceral (17%), fator de necrose tumoral (TNF)- α (18%) e *cluster* de diferenciação 14 (11%) em mulheres na PM com obesidade abdominal (PARK; KWAK; JI, 2015). Riesco e colaboradores mostraram que 24 semanas de TC, sem alterações na dieta, reduziu a gordura corporal total e tronco (1,4% para ambas as medidas), leptina (5%) e proteína C reativa (PCR) (14%) em mulheres na PM com obesidade abdominal (RIESCO et al., 2012). Van Germert e colaboradores mostraram que 16 semanas de TC associado à dieta hipocalórica (aproximadamente cinco kg ou aproximadamente 6% de perda de peso corporal com déficit calórico de 3.500 kcal/semana) reduziu o percentual de gordura (4%), PCR (26%), leptina (45%) e aumentou a adiponectina (1,8%) em mulheres na PM obesas (VAN GEMERT et al., 2016). Ryan e Nicklas mostraram que 24 semanas de TC associado à dieta hipocalórica (aproximadamente seis kg ou aproximadamente 7% de perda de peso corporal com déficit calórico de 250 a 350 kcal/dia) reduziu o percentual de gordura (3,3%) e gordura visceral (18%), PCR (7%), IL-6 (15%) e receptores solúveis de TNF-1 (6%), em mulheres na PM obesas (RYAN; NICKLAS, 2004). Portanto parece existir uma relação dose dependente entre a redução da gordura corporal e abdominal associado a melhoras do perfil inflamatório em mulheres na PM.

O aumento do desempenho físico com o TC tem sido associado com reduções de gordura corporal e aumento da massa e força musculares em mulheres na PM (SON et al., 2017; UUSI-RASI et al., 2017; VALKEINEN et al., 2008; VASCONCELOS et al., 2016). A melhora do desempenho físico tem sido reportada com testes de velocidade máxima de marcha (SON et al., 2017; VALKEINEN et al., 2008), levantar e sentar da cadeira (SON et al., 2017; UUSI-RASI et al., 2017; VASCONCELOS et al., 2016) e testes de equilíbrio (SON et al., 2017). Son e colaboradores mostraram que 12 semanas de TC, sem monitoramento da dieta, reduziu o percentual de gordura (2%), aumentou a força e massa

musculares (17% e 0,8%, respectivamente) e aumentou a velocidade máxima de marcha e equilíbrio (4% e 5%, respectivamente) em mulheres na PM (SON et al., 2017). Vasconcelos e colaboradores mostraram que 16 semanas de TC, sem monitoramento da dieta, reduziu a gordura abdominal (8,6%) e aumentou a quantidade de repetições do teste máximo de levantar e sentar da cadeira (23%) em mulheres na PM com obesidade abdominal (VASCONCELOS et al., 2016). Valkeinen e colaboradores mostraram que 21 semanas de TC, sem monitoramento da dieta, aumentou a força (6%) e velocidade máxima de marcha (10%) em mulheres na PM com sobrepeso (VALKEINEN et al., 2008). Uusi-Rasi e colaboradores mostraram que 02 anos de TC, sem monitoramento da dieta, aumentou a força (17%) e reduziu o tempo máximo de levantar e sentar da cadeira (7,4%) em mulheres na PM obesas (UUSI-RASI et al., 2017). Portanto parece existir uma relação da composição corporal e força muscular em relação ao desempenho físico, sugerindo que essas variáveis explicam a variação do desempenho físico em mulheres na PM.

2.3 TREINAMENTO INTERVALADO DE ALTA INTENSIDADE, COMPOSIÇÃO CORPORAL, PERFIL INFLAMATÓRIO E FUNÇÃO FÍSICA EM MULHERES NA PÓS-MENOPAUSA

O TIAI é caracterizado por combinar exercícios de alta intensidade seguidos de exercícios de recuperação (descanso ativo ou passivo, caracterizando uma intermitência), realizados por cerca de 60-75 minutos semanais (GARBER et al., 2011; GIBALA; GILLEN; PERCIVAL, 2014). Os exercícios de alta intensidade normalmente correspondem à duração de poucos segundos (aproximadamente 10) até quatro minutos de duração em intensidade acima de 80% da FC máxima e/ou escala de BORG adaptada (0-10) > 7, no qual se utiliza principalmente o sistema energético aeróbio glicolítico e anaeróbio para a produção de energia (POWERS et al., 2000).

O TIAI é uma intervenção tempo eficiente (aproximadamente 50% do tempo menor quando comparados a protocolos de intensidade moderada) para a redução da gordura corporal em populações com sobrepeso e obesidade (WEWEGE et al., 2017). Alguns estudos mostram superioridade do TIAI em reduzir a gordura abdominal (VISSERS et al., 2013) quando comparado a protocolos de treinamento de intensidade moderada e gasto energético similar em mulheres na PM (IRVING et al., 2008; MAILLARD et al., 2016). No entanto, as

informações sobre a modulação do perfil inflamatório com o TIAI em mulheres na PM ainda são escassas. Steckling e colaboradores mostraram que 12 semanas de TIAI realizado em esteira ergométrica (TIAI: quatro séries de quatro minutos a 90% da FC máxima seguidos de recuperação de três minutos) reduziu citocinas pró-inflamatórias (IL-1- β , IL-6, TNF- α , interferon- γ) e aumentou a citocina anti-inflamatória IL-10, sem alterações na composição corporal de mulheres na PM (STECKLING et al., 2016). Porém, o estudo de Steckling et al. (2016) não usou grupo controle, o que dificulta a extrapolação dos dados. Interessantemente, uma meta-análise recente mostrou que o TIAI parece não reduzir o perfil inflamatório em populações com sobrepeso e obesidade (BATACAN et al., 2017). No entanto, esta meta-análise focou apenas em dois marcadores inflamatórios (IL-6 e PCR) e usou uma amostra heterogênea, sugerindo que mais estudos controlados devam ser realizados para a validação do TIAI em relação à modulação do perfil inflamatório, sobretudo com mais marcadores (BATACAN et al., 2017), particularmente em mulheres obesas na PM. Além do mais, até o presente momento não existem estudos que compararam TIAI com o TC em mulheres na PM.

O desempenho físico (velocidade de marcha e sentar e levantar da cadeira) pode ser explicado em 12% pelo percentual de gordura corporal e 16% pela relação da qualidade muscular (relação da quantidade de força pela quantidade de massa muscular) em mulheres na PM (STRAIGHT; BRADY; EVANS, 2015). Apesar de estar bem definida a redução da gordura corporal com o TIAI em mulheres na PM (IRVING et al., 2008; MAILLARD et al., 2016; MANDRUP et al., 2017), existe uma contradição sobre o aumento da massa muscular, no qual apenas o estudo de Mandrup et al. (2017) mostra aumento, porém o estudo de Maillard et al. (2016) mostra uma redução e o estudo de Irving et al. (2008) não mostra aumento da massa muscular em mulheres na PM. Além do mais, não existem estudos que avaliaram os efeitos TIAI sobre a força muscular e desempenho físico de mulheres na PM. Portanto, estudos que avaliem o efeito do TIAI sobre a composição corporal, força muscular e desempenho físico comparando com o TC são necessários para a validação do TIAI em mulheres na PM.

3 MÉTODOS

3.1 DELINEAMENTO DO ESTUDO

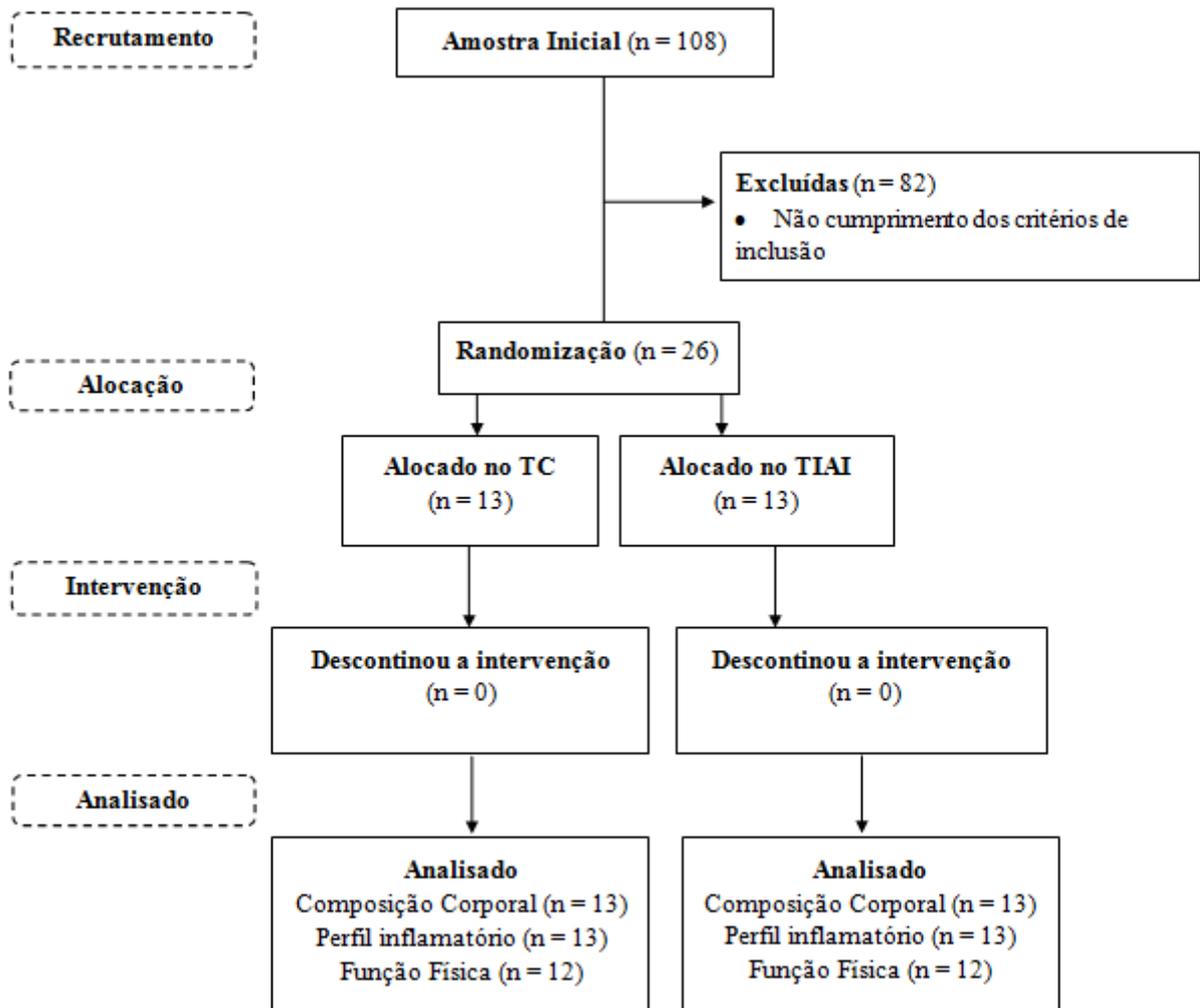


Figura 1 - Fluxograma de seleção da amostra (TIAI – treinamento intervalado de alta intensidade e TC – treinamento combinado)

O estudo controlado e randomizado (registro clínico: NCT03200639) iniciou-se com 108 mulheres voluntárias que foram 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 (UFTM). Após a seleção pelos critérios de inclusão, participaram da intervenção do estudo 26 mulheres que foram randomizadas pela gordura visceral por *software* estatístico (Medcalc versão 11.1.1.0) em

dois grupos. Após 12 semanas de intervenção completaram o estudo 26 mulheres (TC: grupo controle, n=13 e TIAI: grupo experimental, n=13) (FIGURA 1). A composição corporal (massa magra e massa gorda) foi mensurada pelo método de absorciometria de raios-x de dupla energia (DEXA). Para a função física, a força muscular foi mensurada através do teste de 1RM (exercício de cadeira extensora), a velocidade máxima de marcha foi realizada pelo teste de uma milha (1609m) e a velocidade de marcha usual, tempo para levantar e sentar da cadeira e equilíbrio estático foram avaliados pelo SPPB (uma voluntária do TC e uma voluntária do TIAI não puderam realizar as avaliações da função física no final do estudo por motivos pessoais, FIGURA 1). O perfil inflamatório (IL-6, IL-1ra, leptina, adiponectina, ICAM-1 e MCP-1) no sangue foi mensurado pelo método de ensaio de imunoabsorção enzimática (ELISA). Ambos os grupos (TC e TIAI) realizaram o treinamento por três vezes na semana durante 12 semanas em dias não consecutivos. O grupo TC realizou 30 minutos de caminhada de intensidade moderada (70% da FC máxima ou escala de BORG adaptada entre 5-6) ao longo de um piso plano em torno de uma quadra de esportes, seguido por cinco exercícios de força à 70% de 1RM (três séries de oito a 12 repetições com intervalo de descanso de 1,5 minutos entre séries e exercícios). O grupo TIAI realizou 10 séries de 60 segundos de exercícios de alta intensidade (> 80% da FC máxima ou escala BORG adaptada entre 7-8) intercalados por períodos de recuperação de 60 segundos de exercício de baixa intensidade (caminhada leve) (TABELA 1). A composição corporal, a função física e perfil inflamatório foram avaliados antes e após (48 h após a última sessão do treinamento) o estudo.

3.2 SUJEITOS DO ESTUDO

Participaram do estudo mulheres, no qual cumpriram os critérios de inclusão, obesas (percentual de gordura \geq 40% (GALLAGHER et al., 2000)), não praticantes de exercícios físicos (por exemplo, ausência de treinamento aeróbico supervisionado ou não supervisionado ou outro tipo de treinamento por pelo menos 12 meses), idade igual ou superior a 50 anos e que se encontravam no período PM (interrupção do ciclo menstrual por pelo menos 12 meses), pressão arterial controlada; ausência histórica de miopatias, artropatias, neuropatias, desordem músculo-tendínea-esquelética, tromboembólica e gastrointestinais; doenças cardiovasculares e infecciosas; não etilistas.

Todas as mulheres selecionadas para o presente estudo concordaram previamente com os termos e assinaram o consentimento livre e esclarecido aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFTM sob o número 451.081/2015 e 1685/2013.

3.3 ANAMNESE E INVESTIGAÇÃO DOS HÁBITOS ALIMENTARES E TEMPO SENTADO

Preliminarmente, todas as participantes do estudo realizaram a anamnese para obtenção dos seguintes dados: idade, indicadores de saúde (relatos de doenças atuais e progressas), medicamentos, prática de exercício físico, tempo sentado e de menopausa.

O tempo sentado foi quantificado, somente no momento inicial do estudo, utilizando a seção específica do Questionário Internacional de Atividade Física (versão curta), que possibilita a estimativa do número total de horas e minutos por dia que o indivíduo permanece sentado. As voluntárias foram instruídas a pensarem sobre o tempo que permaneceram sentadas no trabalho, em casa e/ou durante as atividades de lazer em três dias da semana anterior a avaliação (ROSENBERG, D. E. et al., 2008). Elas foram orientadas a estimar o número total de horas e minutos por dia que permaneceram sentadas para dois dias úteis e um dia do fim de semana. A média do tempo sentado dos dias na semana foi multiplicada por cinco e o tempo do dia do final de semana foi multiplicado por dois. Os valores foram somados para determinar o tempo sentado da semana.

A ingestão alimentar foi avaliada por meio de recordatório alimentar de 24 horas (CINTRA et al., 1997). Foram realizados três recordatórios no momento inicial e final do estudo. Os recordatórios foram realizados em dias não consecutivos, referentes a dois dias de semana e um dia de final de semana. As coletas e análises dos dados alimentares foram realizadas por uma nutricionista qualificada que utilizou o *software* Dietpro (versão 5.7i). Para a quantificação dos dados foi utilizado um banco de dados no programa contendo os alimentos consumidos pelas voluntárias e também foi utilizado a tabela americana de composição alimentar (USDA - Departamento de Agricultura dos Estados Unidos) (PEHRSSON et al., 2000). A energia e os macronutrientes (carboidratos, proteínas e gorduras) foram quantificados utilizando a média dos três dias.

Todas as voluntárias foram orientadas a manterem normalmente as rotinas usuais (medicamentos, ingestão alimentar, nível de atividade física e tempo de comportamento sedentário) durante todo o estudo.

3.4 AVALIAÇÃO DE MARCADORES BIOLÓGICOS NO SANGUE, ANTROPOMETRIA E COMPOSIÇÃO CORPORAL

Para padronizar o nível de hidratação corporal, todas as voluntárias foram orientadas a ingerir no mínimo dois litros de água durante todo dia que antecedeu (24h antes) as avaliações. No dia das avaliações (entre as sete horas e 30 minutos e nove horas da manhã) todas as voluntárias realizarem um jejum noturno de oito a 10 horas e foram orientadas a esvaziar a bexiga antes de qualquer procedimento. As avaliações seguiram a respectiva ordem: coleta de sangue, antropometria e composição corporal.

Para a avaliação dos marcadores biológicos no sangue a punção venosa foi realizada em sistema fechado a vácuo (Vacutainer®, England), na região antecubital, obtendo-se 16 ml de sangue, coletado diretamente em tubo seco com gel separador de soro e tubo com EDTA (anticoagulante) para o plasma. Ao final de cada coleta, uma parte do sangue foi centrifugada por 10 minutos (3.000 rotações por minuto) e foram separados o soro e plasma sanguíneo. Posteriormente, partes das amostras foram armazenadas em um freezer à -80°C para análises futuras (perfil inflamatório). A outra parte do sangue foi encaminhada para análise bioquímica e hormonal imediata. As avaliações bioquímicas e hormonais foram realizadas no Hospital Escola e as avaliações inflamatórias foram realizadas no Instituto de Pesquisa em Oncologia (IPON) ambos da UFTM. O perfil bioquímico (valor de referência do KIT) [glicose (60 a 99 mg/dL), hemoglobina glicada (4,8 a 5,9%) e colesterol total (< 200 mg/dL)] e hormonal [insulina (2,6 a 24,9 mUI/mL), estradiol (até 54,7 pg/mL) e hormônio folículo estimulante (25,8 a 134,8 mUI/mL)] foi determinado através do cassete de reação da Roche® (EUA) específico para cada marcador biológico através de métodos automatizados no aparelho Cobas 6000, somente na fase inicial do estudo para caracterização da amostra. O modelo homeostático de resistência à insulina (< 2,7, valor de referência) foi calculado pela fórmula: $[\text{glicose de jejum (mg/dL)} \times (\text{insulina de jejum (mUI/mL)} \times 0,05551) / 22,5]$ (BONORA et al., 2000). O perfil inflamatório (valor de referência do KIT): IL-1ra (181 a 1327 pg/mL), IL-6 (< 3,13 pg/mL), Adiponectina (0,8 a 21,4 µg/mL), Leptina (3,8 a 77,2 ng/mL), MCP-1 (200

a 722 pg/mL), ICAM-1 (156 a 518 ng/mL) foi determinado através de KIT específico, R&D Systems® (Minneapolis, EUA), pelo método ELISA em aparelho Spectra Max Plus 384 (Molecular Devices ®, EUA).

Para a avaliação antropométrica, a mensuração da massa corporal foi utilizada balança antropométrica tipo plataforma e digital (Lider®, Brasil), com capacidade até 300 kg e precisão de 0,05 kg, com o indivíduo descalço e com mínimo de roupa. A estatura foi determinada por estadiômetro acoplado a balança com precisão de 0,5 cm. Após a avaliação desses componentes antropométricos foi calculado o índice de massa corporal ($IMC = \text{massa corporal (kg)} / \text{estatura (m)}^2$). A composição corporal total e regional (região androide, ginoide, tronco e membros) dos tecidos moles (massa gorda e massa magra) foram medidas utilizando a DEXA (Lunar iDXA, GE Healthcare, EUA) e quantificada pelo software Encore versão 14.10 (STULTS-KOLEHMAINEN et al., 2013). Durante a mensuração, as voluntárias usaram roupas leves, confortáveis e sem a presença de objetos metálicos. A quantificação da gordura visceral foi estimada automaticamente através do software Encore pelo DEXA (KAUL et al., 2012).

3.5 AVALIAÇÃO DA FUNÇÃO FÍSICA

Todas as avaliações da função física foram realizadas antes e após o estudo por um profissional de educação física, qualificado, e vinculado ao BIOEX nas dependências do Programa de pós-graduação em Educação Física da UFTM.

3.5.1 Teste de força máxima

O teste de 1RM foi realizado para avaliar força máxima no momento inicial e após 12 semanas de intervenção do estudo. Previamente ao teste de 1RM, as voluntárias realizaram três sessões de exercícios, em dias não consecutivos, 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 está semana, foi realizada uma sessão de familiarização com o teste de 1RM e, após 48 horas, o re-teste do 1RM (para assegurar os valores encontrados no teste e evitar o ganho de força pela aprendizagem do movimento) (DO NASCIMENTO et al., 2013). Para determinação da carga de treinamento dos exercícios de

força para o grupo TC realizou o teste de 1RM em todos os exercícios: agachamento na barra guiada (45 graus de flexão do joelho), supino reto no banco com a barra, mesa flexora na máquina, remada sentada na máquina e cadeira extensora unilateral na máquina. O exercício de extensora unilateral foi utilizado para avaliar a força em ambos os grupos (TC e TIAI), utilizando a soma da força das pernas (Direita e Esquerda) no início e fim do estudo.

No dia do teste, estipulou-se aquecimento de 15 a 20 repetições, com carga subjetiva (identificada como 20 a 30% de 1RM após a determinação da carga máxima do teste) e um minuto de descanso. Em seguida, a carga foi aumentada (identificada como 40 a 60% de 1RM) e solicitado às mulheres a realização de oito a 12 repetições e um minuto de descanso. E por fim, aumentou-se a carga (identificada como 60 a 80% de 1RM) e foi solicitado às mulheres a realização de três a cinco repetições (DO NASCIMENTO et al., 2013).

Após este procedimento, a carga foi aumentada consideravelmente e realizada a primeira tentativa de 1RM. Caso a voluntária fosse (ou não) incapaz de realizar o movimento, teve de três a cinco minutos de repouso antes da próxima tentativa com uma nova carga (maior ou menor dependendo do desempenho). Procedeu-se até encontrar a carga equivalente a 1RM para cada exercício. Foram realizadas no máximo cinco tentativas para determinar a carga máxima. A carga máxima adotada foi aquela alcançada na última execução do exercício com sucesso e com movimento completo pelo indivíduo (DO NASCIMENTO et al., 2013). Todas as medidas de 1RM foram realizadas por um examinador experiente e todas as repetições se mantiveram em padrão de um segundo para a fase excêntrica e um segundo para a fase concêntrica.

3.5.2 Testes de desempenho físico

O SPPB é composto por três testes, aplicados na seguinte ordem: avaliação do equilíbrio, velocidade de marcha usual auto selecionada de quatro metros e tempo para levantar e sentar da cadeira por cinco vezes (GURALNIK et al., 1994). O teste de equilíbrio foi avaliado com o indivíduo em pé em três diferentes posições distintas com diminuição progressiva da base de apoio. Em cada posição o tempo do avaliado foi mensurado, sendo que em cada posição o tempo máximo foi de 10 segundos. A velocidade da marcha de quatro metros foi determinada através do tempo em que o indivíduo demorava a percorrer a distância andando em velocidade usual auto selecionada. A força/potência muscular dos membros

inferiores foi avaliada por meio de cinco repetições em velocidade máxima do movimento de levantar e sentar da cadeira, sem ajuda dos membros superiores (braços flexionados em frente ao peito). A pontuação total do SPPB foi determinada através da soma do escore individual de cada teste. A soma das pontuações pode variar entre zero e 12 pontos (sendo quatro pontos para cada etapa do teste).

A velocidade máxima de marcha foi determinada através do teste de uma milha, no qual as voluntárias caminharam a distância de uma milha no menor tempo possível (KLINE et al., 1987). O teste foi realizado em uma quadra poliesportiva plana (19 m de largura e 38 m de comprimento 38 m marcada a cada 3 m). Todas as voluntárias foram estimuladas verbalmente (“você está indo bem não pare”, “ande o mais rápido possível”) a cada duas voltas durante todo o teste e advertidas de somente caminhar o mais rápido possível sem interrupções até atingir a distância final. Após a realização do teste o tempo foi marcado e a velocidade média calculada (NUNES et al., 2017).

3.6 PROTOCOLOS DE TREINAMENTO

Todas as sessões de treinamento foram realizadas nas dependências do Programa de pós-graduação em Educação Física da UFTM e supervisionadas por um profissional de educação física, qualificado e vinculado ao BIOEX. Ambos os treinamentos tiveram duração de 12 semanas e foram realizados em dias não consecutivos por três vezes na semana. Antes e após cada sessão de treino para ambos os grupos, realizaram-se cinco minutos de aquecimento (caminhada leve) e três minutos de volta à calma (alongamento), respectivamente.

Para prescrever a intensidade moderada do treinamento aeróbio no TC e a intensidade alta do TIAI foi utilizada de forma conjunta a equação de Karvonen: $(FC\text{ máxima} = 220 - \text{idade})$ (KARVONEN; KENTALA; MUSTALA, 1957) e a escala de BORG adaptada (0-10) (UTTER et al., 2004). A FC foi aferida na artéria radial e os batimentos cardíacos eram mensurados durante 15 segundos e multiplicados por quatro. A escala de BORG adaptada foi mostrada a cada participante em uma prancheta indicando a escala numérica e o esforço percebido escrito ao lado. Todas as voluntárias foram familiarizadas com a escala de BORG adaptada durante a progressão dos treinamentos do estudo.

3.6.1 Treinamento combinado

O protocolo do grupo TC seguiu a recomendação do Colégio Americano de Medicina Esportiva (GARBER et al., 2011). O protocolo TC (duração total aproximada de 60 minutos) foi composto por 30 minutos de caminhada de intensidade moderada (70% da FC máxima ou escala de BORG adaptada entre 5-6) ao longo de um piso plano em torno de uma quadra de esportes, seguido por cinco exercícios de força a 70% de 1RM (três séries de oito a 12 repetições com intervalo de descanso de 1,5 minutos entre séries e exercícios) (TABELA 1). Os exercícios de força foram realizados, com um segundo para a fase excêntrica e um segundo para a fase concêntrica, em máquinas de musculação (Buick Fitness®, Brasil), na seguinte ordem: agachamento na barra guiada (45 graus de flexão do joelho), supino reto no banco com a barra, mesa flexora na máquina, remada sentada na máquina e cadeira extensora unilateral na máquina. Durante a caminhada, a FC foi medida e a escala de BORG adaptada foi aplicada a cada 10 minutos para assegurar a intensidade moderada. Caso a voluntária excedesse ou não atingisse a zona alvo do treinamento, a voluntária era estimulada pelos profissionais de Educação Física a diminuir ou aumentarem a velocidade de caminhada, respectivamente. Para os exercícios de força, a carga foi ajustada na 6ª semana de treinamento para manter a intensidade de 70% de 1RM entre oito a 12 repetições máximas até a 12ª semana de treinamento.

A progressão do TC foi separada em:

- Semana um: caminhada moderada de 15 minutos (70% da FC máxima e escala de BORG adaptada entre 5-6) e uma série (oito a 12 repetições a 70% de 1RM com intervalo de descanso de 1,5 minutos entre as séries e exercícios) nos cinco exercícios de força;
- Semana dois: caminhada moderada de 20 minutos e duas séries nos cinco exercícios de força;
- Semana três: caminhada moderada de 25 minutos e duas séries nos cinco exercícios de força;
- Semanas 4-12: caminhada de 30 minutos e três séries nos cinco exercícios de força.

3.6.2 Treinamento intervalado de alta intensidade com o peso corporal

O protocolo TIAI (duração total aproximada de 30 minutos) foi composto por 10 séries de 60 segundos de exercícios de alta intensidade ($> 80\%$ da FC máxima ou escala BORG adaptada entre 7-8) intercalados por períodos de recuperação de 60 segundos de exercício de baixa intensidade (caminhada leve) (GIBALA; GILLEN; PERCIVAL, 2014) (TABELA 1). O exercício de alta intensidade consistiu de 30 segundos de subida e descida no *step* (degrau) seguido por 30 segundos de agachamentos com o peso do corpo (as voluntárias foram orientadas a tocar os glúteos na arquibancada para garantir o movimento completo com segurança), o mais rápido possível. A altura do *step* foi de 16 cm e os agachamentos eram realizados a aproximadamente 90 graus de flexão do joelho. Todas as voluntárias foram orientadas a realizar o maior número possível de subidas e descidas no *step* e de agachamentos. Para assegurar a zona de treinamento de alta intensidade em todas as séries a FC ou a escala de BORG era registrada, e caso necessário, as voluntárias eram estimuladas a aumentar o número de subidas e descidas no *step* e de agachamentos. Ainda assim, caso as voluntárias não atingissem a zona alvo de alta intensidade era adicionado a elevação dos braços acima da cabeça durante o as subidas no *step*, com ou sem a adição de halteres (meio a um quilograma).

A progressão TIAI foi separada em:

- Semana um: quatro séries de 60 segundos de exercício (30 segundos de subida e descida do *step* mais 30 segundos de agachamento livre) de alta intensidade ($> 80\%$ da FC máxima ou escala BORG adaptada entre 7-8) intercalados por um período de recuperação de quatro minutos de exercício de baixa intensidade (caminhada leve);
- Semana dois: seis séries de 60 segundos de exercício de alta intensidade intercalados por um período de recuperação de três minutos de exercício de baixa intensidade;
- Semana três: oito séries de 60 segundos de exercício de alta intensidade intercalados por um período de recuperação de dois minutos de exercício de baixa intensidade;
- Semanas 4-12: 10 séries de 60 segundos de exercício de alta intensidade intercalados por um período de recuperação de 60 segundos de exercício de baixa intensidade.

3.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para as variáveis contínuas e quantitativas, os dados são apresentados em média e desvio padrão (DP) ou intervalo de confiança (IC) 95%. O teste t independente foi utilizado

para comparar as características basais entre os grupos (TABELA 1 e 2). A análise de variância (ANOVA) de medidas repetidas foi utilizada para comparar as variáveis entre os grupos durante a intervenção (TABELA 3, 4 e 5). O tamanho do efeito foi mensurado pelo eta parcial ao quadrado (η_p^2), no qual foi considerado tamanho do efeito pequeno ($\eta_p^2 = 0,01$), médio ($\eta_p^2 = 0,06$) e grande ($\eta_p^2 = 0,14$) (COHEN, 2013). O delta ($\Delta = \text{valor final} - \text{valor inicial}$) das variáveis foi calculado para comparação de magnitude de efeito entre os grupos.

Para as variáveis categóricas (medicamentos e hábitos comportamentais, TABELA 2) os dados são apresentados em quantidade de casos positivos e percentual; e foram testadas utilizando o teste qui-quadrado. Para o escore do SPPB os dados são apresentados em mediana e interquartil (IQ) da mediana e o teste de Friedman e Man-Whitney foram utilizados para comparar o efeito do tempo e o Δ (comparação dos grupos), respectivamente.

Para determinar a associação das variáveis estudadas durante a intervenção foi utilizada a regressão múltipla recomendada por Bland e Altman (BLAND; ALTMAN, 1995), no qual a influência da resposta individual é removida tratando cada indivíduo como variável categórica. O nível de significância das foi estabelecido em $p < 0,05$ e o *software* STATISTICA versão 8.0 foi utilizado para todas as análises estatísticas.

4 RESULTADOS

Tabela 1 – Características dos protocolos de treinamento das mulheres obesas na pós-menopausa

	TC	TIAI	P
Aderência	90,5	87,0	0,446
(%)	(86,1–95,1)	(78,9–96,0)	
FC	111,5	133,3	<0,001
(batimentos por minuto)	(107,6–115,4)	(125,8–141,3)	
FC	71,0	84,7	<0,001
(%)	(69,1–73,1)	(80,8–88,7)	
Escala de BORG	5,6	6,7	<0,001
(escore de pontuação)	(5,3–6,0)	(6,5–7,0)	
Agachamentos com peso corporal por série	-	19,1	-
(repetições)		(17,1–21,1)	
Subidas no <i>step</i> por série	-	18,4	-
(repetições)		(15,9–20,9)	
Volume total treino de força	6277,0	-	-
(kg)	(5668,3–6885,6)		

FC – frequência cardíaca; IC – intervalo de confiança; TIAI – treinamento intervalado de alta intensidade; TC – treinamento combinado; As variáveis são apresentadas em média e IC 95% – Teste T independente foi utilizado para comparar os grupos, $p < 0,05$. A média das variáveis de treinamento dos grupos foi calculada a partir da média das 12 semanas de treinamento. O volume total do treino de força foi calculado a partir da multiplicação das séries pelas repetições pela carga.

Ambos os grupos mantiveram de forma semelhante uma alta aderência aos protocolos de treinamento durante as 12 semanas. Conforme já esperado, o TIAI apresentou maiores valores de intensidade absoluta e relativa quando comparado ao TC (TABELA 1). Não encontramos diferenças para nenhuma das variáveis entre os grupos no momento basal (TABELA 2 a 6). Ambos os grupos foram considerados com perfil metabólico alterado para o metabolismo da glicose (glicose, resistência insulínica e hemoglobina glicada) e lipídico (hipercolesterolemia) e valores normais para pressão arterial (TABELA 2). Após as 12 semanas de treinamento, o perfil nutricional não se alterou durante a intervenção e não foi diferente entre os grupos (TABELA 3).

Tabela 2 – Características basais das mulheres obesas na pós-menopausa

	TC	TIAI	P
Idade	62,9	62,3	0,863
(anos)	(57,6–68,2)	(58,2–66,5)	
Tempo de menopausa	18,3	16,1	0,586
(anos)	(12,3–24,2)	(10,0–22,2)	
Tempo sentado	2915,0	2776,8	0,752
(minutos/semana)	(2325,8–3504,3)	(2038,3–3515,3)	
PAS	127,4	122,9	0,446
(mmHg)	(118,9–135,8)	(113,5–132,3)	
PAD	79,4	78,7	0,863
(mmHg)	(73,4–85,5)	(72,2–85,3)	
Fumantes	2	2	1,000
	(15,3%)	(15,3%)	
E₂	9,7	14,0	0,449
(pg/mL)	(4,6–14,7)	(3,5–24,5)	
FSH	73,0	59,3	0,299
(mUI/mL)	(47,3–98,7)	(44,7–73,9)	
Glicose	99,7	103,6	0,560
(mg/dL)	(91,8–107,6)	(91,6–115,6)	
Hb1Ac	6,1	5,9	0,413
(%)	(5,6–6,6)	(5,5–6,2)	
HOMA-IR	3,7	3,8	0,930
	(2,4–5,0)	(2,3–5,3)	
Insulina	15,0	14,2	0,785
(mUI/mL)	(10,2–19,8)	(10,1–18,3)	
Colesterol Total	235,0	224,4	0,602
(mg/dL)	(208,4–261,6)	(189,3–259,4)	
Medicamentos:			
Anti-hiperglicêmicos	0	0	0,844
	(0%)	(0%)	
Anti-hipertensivos	1	4	0,319
	(7,6%)	(30,7%)	
Antiasmáticos	1	0	1,000
	(7,6%)	(0%)	

Anti-inflamatórios	0 (0%)	2 (15,3%)	0,461
Antialérgicos	1 (7,6%)	0 (0%)	1,000
Antidepressivos	1 (7,6%)	1 (7,6%)	0,461
Ansiolíticos	1 (7,6%)	1 (7,6%)	0,461
Anti-hiperlipêmicos	2 (15,3%)	0 (0%)	0,461
Anti-ulcerosos	2 (15,3%)	1 (7,6%)	1,000
Cálcio	1 (7,6%)	0 (0%)	1,000
Analgésicos	1 (7,6%)	1 (7,6%)	0,461
Reposição de E₂	0 (0%)	2 (15,3%)	0,461
Reposição de Tiroxina	1 (7,6%)	1 (7,6%)	0,461

E₂ – hormônio estradiol; FSH – hormônio folículo estimulante; Hb1Ac – hemoglobina glicada; HOMA-IR – modelo homeostático de resistência à insulina; IC – intervalo de confiança; PAD – pressão arterial diastólica; PAS – pressão arterial sistólica; TIAI – treinamento intervalado de alta intensidade; TC – treinamento combinado. As variáveis contínuas são apresentadas em média e IC95% – Teste T independente foi utilizado para comparar os grupos, $p < 0,05$. As variáveis categóricas são apresentadas em quantidade casos e percentual da amostra – Teste chi quadrado foi utilizado para comparar os grupos, $p < 0,05$.

Tabela 3 – Perfil nutricional das mulheres obesas na pós-menopausa antes e após 12 semanas de treinamento

	TC			TIAI			P	P	P
	Pré (DP)	Pós (DP)	Δ (IC95%)	Pré (DP)	Pós (DP)	Δ (IC95%)	G.	T.	T. vs. G.
E (kcal)	1449,8 (397,9)	1559,8 (503,3)	109,9 (-179,3–399,3)	1277,6 (153,5)	1289,1 (357,0)	11,4 (-219,2–242,1)	0,078	0,482	0,567
CHO (g)	190,5 (51,4)	187,9 (64,6)	-2,6 (-35,7–30,4)	166,2 (25,5)	171,5 (39,3)	5,3 (-21,1–31,8)	0,212	0,891	0,685
PTN (g)	52,8 (16,8)	64,0 (25,7)	11,1 (-6,0–28,3)	47,4 (11,4)	51,7 (19,0)	4,2 (-8,1–16,7)	0,128	0,126	0,486
LPD (g)	50,7 (15,4)	60,7 (23,0)	10,0 (-4,3–24,3)	46,8 (14,3)	44,4 (16,5)	-2,3 (-16,9–12,1)	0,058	0,425	0,199

CHO – ingestão de carboidratos; DP – desvio padrão; E – ingestão de energia; IC – intervalo de confiança; LPD – ingestão de lipídeos; PTN – ingestão de proteínas; TIAI – treinamento intervalado de alta intensidade; TC – treinamento combinado; Δ – valor final – inicial. As variáveis são apresentadas em média e DP ou IC95% – ANOVA de medidas repetidas foi utilizada para comparar os grupos, $p < 0,05$.

P G. – fator grupo

P T. – fator tempo

P T. vs. G. – interação tempo e grupo

Para a composição corporal observamos que a ANOVA mostrou que ambos os grupos reduziram o percentual de gordura corporal (fator tempo, $p < 0,05$ e $\eta_p^2 = 0,19$), gordura das pernas (fator tempo, $p < 0,05$ e $\eta_p^2 = 0,18$), porém somente o grupo TIAI reduziu da gordura visceral (interação do tempo e grupo, $p < 0,05$ e $\eta_p^2 = 0,20$) quando comparado ao TC. Para a massa magra a ANOVA mostrou que ambos os grupos aumentaram a massa magra das pernas (fator tempo, $p < 0,05$ $\eta_p^2 = 0,45$) e massa magra apendicular (fator tempo, $p < 0,05$ e $\eta_p^2 = 0,32$). Não observamos diferenças para as outras variáveis da composição corporal (TABELA 4).

Tabela 4 – Antropometria e composição corporal das mulheres obesas na pós-menopausa antes e após 12 semanas de treinamento

	TC			TIAI			P	P	P
	Pré (DP)	Pós (DP)	Δ (IC95%)	Pré (DP)	Pós (DP)	Δ (IC95%)	G.	T.	T. vs. G.
Massa Corporal (kg)	70,9 (12,4)	69,7 (13,5)	-1,2 (-3,5–1,0)	75,5 (16,8)	74,3 (16,8)	-1,2 (-2,4–0,0)	0,437	0,056	0,977
IMC (kg,m⁻²)	30,6 (3,8)	30,0 (4,1)	-0,6 (-1,6–0,4)	31,4 (6,6)	30,9 (6,4)	-0,5 (-1,1–0,1)	0,673	0,065	0,800
G (%)	44,5 (3,0)	44,2 (3,1)	-0,3 (-0,8–0,2)	46,2 (5,3)	45,5 (5,2)	-0,7 (-1,5–0,0)	0,405	0,026	0,423
MG Total (kg)	31,5 (7,0)	31,2 (7,0)	-0,3 (-1,0–0,4)	35,1 (11,5)	34,2 (11,4)	-0,9 (-1,8–0,1)	0,385	0,064	0,313
MG Androide (kg)	2,9 (0,7)	2,9 (0,7)	0,0 (-0,1–0,0)	3,3 (1,3)	3,2 (1,4)	-0,1 (-0,2–0,0)	0,363	0,107	0,176
MG Tronco (kg)	17,0 (3,9)	17,0 (3,9)	0,0 (-0,3–0,5)	19,5 (8,0)	18,7 (7,3)	-0,8 (-1,6–0,0)	0,391	0,123	0,076
MG Ginoide (kg)	5,4 (0,7)	5,4 (0,8)	0,0 (0,0–0,1)	5,5 (0,8)	5,5 (0,8)	0,0 (-0,0–0,1)	0,386	0,151	0,399
MG Braços (kg)	3,5 (0,8)	3,4 (0,7)	-0,1 (-0,2–0,0)	3,4 (0,6)	3,6 (0,9)	0,2 (-0,2–0,6)	0,701	0,692	0,221
MG Pernas (kg)	10,2 (3,3)	10,0 (3,2)	-0,2 (-0,4–0,0)	11,2 (3,4)	11,0 (3,4)	-0,2 (-0,6–0,0)	0,425	0,029	0,848
Gordura Visceral (kg)	1,3 (0,5)	1,3 (0,5)	0,0 (-0,1–0,1)	1,6 (0,7)	1,5 (0,6)	-0,1 (-0,2– -0,1)	0,334	0,027	0,021
MM Total (kg)	36,8 (5,5)	37,0 (5,8)	0,2 (-0,1–0,6)	37,4 (5,3)	37,5 (5,5)	0,0 (-0,4–0,6)	0,803	0,322	0,578
MM Apendicular (kg)	16,6 (3,3)	17,1 (3,5)	0,5 (0,2–0,8)	16,6 (2,6)	16,9 (2,8)	0,3 (-0,1–0,7)	0,947	0,002	0,375
MM Braços (kg)	3,9 (0,8)	3,9 (0,8)	0,0 (-0,1–0,1)	3,8 (0,6)	3,9 (0,5)	0,0 (-0,2–0,3)	0,724	0,532	0,836
MM Pernas (kg)	12,6 (2,5)	13,1 (2,7)	0,5 (0,2–0,7)	12,8 (2,4)	13,0 (2,4)	0,2 (-0,0–0,5)	0,987	<0,001	0,133

DP – desvio padrão; G – gordura corporal; IC – intervalo de confiança; IMC – índice de massa corporal; MG – massa gorda; MM – massa magra; TIAI – treinamento intervalado de alta intensidade; TC – treinamento combinado; Δ – valor final – inicial; As variáveis são apresentadas em média e DP ou IC95% – ANOVA de

medidas repetidas foi utilizada para comparar os grupos, $p < 0,05$.

P G. – fator grupo

P T. – fator tempo

P T. vs. G. – interação tempo e grupo

Para o perfil inflamatório observamos que a ANOVA mostrou que ambos os grupos aumentaram a IL-1ra (fator tempo, $p < 0,05$ e $\eta_p^2 = 0,60$) e reduziram a leptina (fator tempo, $p < 0,05$ e $\eta_p^2 = 0,16$). Para IL-6 a ANOVA mostrou aumento somente no TIAI (interação do tempo e grupo, $p < 0,05$ e $\eta_p^2 = 0,17$) em comparação ao TC. Para a adiponectina a ANOVA mostrou redução somente no TC (interação do tempo e grupo, $p < 0,05$ e $\eta_p^2 = 0,24$) em comparação ao TIAI. Não observamos diferenças para as outras variáveis do perfil inflamatório (TABELA 5).

Tabela 5 - Perfil inflamatório das mulheres obesas na pós-menopausa antes e após 12 semanas de treinamento

	TC			TIAI			P	P	P
	Pré (DP)	Pós (DP)	Δ (IC95%)	Pré (DP)	Pós (DP)	Δ (IC95%)	G.	T.	T. vs. G.
IL-6 (pg/mL)	1,8 (2,0)	1,7 (1,1)	-0,1 (-1,1-0,9)	1,4 (1,1)	2,6 (2,0)	1,2 (0,4-2,1)	0,676	0,083	0,037
IL-1 ra (pg/mL)	459,3 (376,8)	672,7 (450,0)	213,3 (103,1-323,5)	397,4 (206,7)	589,1 (298,8)	191,6 (95,7-287,6)	0,584	<0,001	0,749
MCP-1 (pg/mL)	360,7 (139,9)	329,9 (160,1)	-30,7 (-147,8-86,3)	367,1 (79,0)	403,4 (98,9)	36,2 (-50,5-123,1)	0,267	0,935	0,326
ICAM-1 (ng/mL)	184,2 (70,7)	175,5 (79,2)	-8,6 (-56,5-39,1)	198,3 (62,6)	207,0 (65,3)	8,7 (-36,0-53,5)	0,329	0,999	0,568
ADP (μ g/mL)	5,1 (1,8)	3,0 (1,7)	-2,1 (-3,5- -0,6)	4,3 (2,2)	4,7 (1,8)	0,3 (-0,9- 1,6)	0,441	0,063	0,012
Leptina (ng/mL)	21,3 (10,1)	17,4 (7,4)	-3,9 (-11,6-3,7)	22,5 (10,6)	17,5 (10,6)	-4,9 (-9,7- -0,1)	0,828	0,043	0,799

ADP – adiponectina; DP – desvio padrão; IC – intervalo de confiança; ICAM – molécula de adesão intercelular; IL – interleucina; MCP – proteína quimioatraente de monócitos; ra – receptor antagonista; TIAI – treinamento intervalado de alta intensidade; TC – treinamento combinado; Δ – valor final – inicial; As variáveis são apresentadas em média e DP ou IC95% – ANOVA de medidas repetidas foi utilizada para comparar os grupos, $p < 0,05$.

P G. – fator grupo

P T. – fator tempo

P T. vs. G. – interação tempo e grupo

Para a função física, a ANOVA mostrou que ambos os grupos reduziram o tempo do teste de levantar e sentar da cadeira (fator tempo, $p < 0,05$ e $\eta_p^2 = 0,64$), porém somente o grupo TC aumentou a força muscular (interação do tempo e grupo, $p < 0,05$ e $\eta_p^2 = 0,20$) e o teste de velocidade máxima de marcha (interação do tempo e grupo, $p < 0,05$ e $\eta_p^2 = 0,17$) em comparação ao TIAI (TABELA 6). Ambos os grupos aumentaram o escore do SPPB (TC pré = 12,0 [IQ 10,5 a 12,0], TC pós = 12,0 [IQ 12,0 a 12,0], com quatro casos positivos; e TIAI pré = 11,0 [IQ 10,0 a 12,0], TIAI pós = 12,0 [IQ 11,0 a 12,0], com seis casos positivos e um caso negativo), identificado pelo teste de Friedman ($p = 0,004$) e sem diferença entre os grupos (comparação do Δ , teste de Mann-Whitney, $p = 0,623$).

Tabela 6 – Função física das mulheres obesas na pós-menopausa antes e após 12 semanas de treinamento

	TC			TIAI			P	P	P
	Pré (DP)	Pós (DP)	Δ (IC95%)	Pré (DP)	Pós (DP)	Δ (IC95%)	G.	T.	T. vs. G.
Força muscular (kg)	50,7 (15,1)	65,4 (16,5)	14,6 (8,6–20,6)	57,9 (16,1)	61,5 (24,7)	3,5 (-4,8–12,0)	0,824	0,001	0,028
V máxima (m/s)	1,6 (0,1)	1,7 (0,1)	0,08 (0,04–0,1)	1,6 (0,2)	1,6 (0,1)	-0,01 (-0,1–0,07)	0,126	0,185	0,045
V usual (m/s)	1,1 (0,1)	1,1 (0,1)	-0,03 (-0,1–0,06)	1,0 (0,2)	1,0 (0,1)	-0,0 (-0,1–0,1)	0,204	0,579	0,649
LSC (s)	11,0 (2,1)	7,8 (1,5)	-3,2 (-4,4– -1,9)	12,3 (3,4)	9,3 (2,8)	-3,0 (-4,8– -1,2)	0,149	<0,001	0,856

DP – desvio padrão; IC – intervalo de confiança; LSC – tempo de levantar da cadeira por cinco vezes em velocidade máxima; TIAI – treinamento intervalado de alta intensidade; TC – treinamento combinado; V – velocidade, Δ – valor final – inicial. As variáveis são apresentadas em média e IC 95% – ANOVA de medidas repetidas foi utilizada para comparar os grupos, $p < 0,05$.

P G. – fator grupo

P T. – fator tempo

P T. vs. G. – interação tempo e grupo

O Δ da composição corporal explicou em partes o Δ do perfil inflamatório nos grupos. Para ambos os grupos o Δ da gordura visceral explicou o Δ IL-6, Δ IL-1ra, Δ adiponectina e Δ leptina em 29% ($r = -0,53$), 15% ($r = -0,38$), 16% ($r = 0,40$) e 15% ($r = 0,38$), respectivamente. No entanto quando os grupos foram analisados de forma separada, as associações permaneceram significativas somente no grupo TIAI, mostrando que o Δ da gordura visceral explicou o Δ IL-6, Δ IL-1ra, Δ adiponectina e Δ leptina em 56% ($r = -0,74$), 65% ($r = -0,80$), 30% ($r = -0,54$) e 35% ($r = 0,59$), respectivamente. Além do mais, o Δ IL-6 explicou o Δ IL-1ra em 46% ($r = 0,67$) somente no TIAI. Para ambos os grupos o Δ da massa magra apendicular explicou o Δ IL-1ra em 33% ($r = 0,58$). No entanto quando os grupos foram analisados de forma separada, as associações permaneceram significativas somente no grupo TC, mostrando que o Δ da massa magra apendicular explicou o Δ IL-1ra 47% ($r = 0,69$) (TABELA 7).

Tabela 7 – Modelo de associação com correção da variação interindividual do delta da gordura visceral, delta da massa magra apendicular, delta da IL-6, delta da IL-1ra, delta da adiponectina e delta da leptina em mulheres obesas na pós-menopausa após 12 semanas de treinamento

	Ambos os Grupos			TC			TIAI		
	r	R ²	P	r	R ²	P	r	R ²	P
<i>Δ Gordura visceral</i>									
<i>(kg):</i>									
Δ IL-6 (pg/ml)	-0,53	0,29	0,004	0,24	0,06	0,402	-0,74	0,56	0,002
Δ IL-1ra (pg/ml)	-0,38	0,15	0,044	0,10	0,01	0,789	-0,80	0,65	<0,001
Δ Leptina (ng/ml)	0,38	0,15	0,045	0,24	0,06	0,461	0,59	0,35	0,026
Δ Adiponectina (μg/ml)	-0,40	0,16	0,037	-0,31	0,10	0,270	-0,54	0,30	0,043
<i>Δ MM apendicular</i>									
<i>(kg):</i>									
Δ IL-1ra (pg/ml)	0,58	0,33	0,002	0,69	0,47	0,007	0,47	0,22	0,091
<i>Δ IL-6</i>									
<i>(pg/ml):</i>									
Δ IL-1ra (pg/ml)	0,26	0,07	0,161	-0,10	0,01	0,714	0,67	0,46	0,007
Δ Leptina (ng/ml)	-0,10	0,01	0,731	0,27	0,07	0,348	-0,47	0,21	0,058
Δ Adiponectina (μg/ml)	0,28	0,08	0,145	0,22	0,05	0,435	0,39	0,15	0,168

IL – interleucina; MM – massa magra; ra – receptor antagonista; TIAI – treinamento intervalado de alta intensidade; TC – treinamento combinado; Δ – valor final – inicial.

O Δ da força muscular explicou em partes o Δ da velocidade máxima de marcha no TC. Somente no grupo TC o Δ da velocidade máxima de marcha foi explicado em partes pelo Δ da massa magra das pernas e Δ força muscular em 54% ($r = 0,73$) e 36 % ($r = 0,60$), respectivamente (TABELA 8).

Tabela 8 – Modelo de associação com correção da variação interindividual do delta da velocidade máxima de marcha, delta da massa magra das pernas e delta da força muscular em mulheres obesas na pós-menopausa após 12 semanas de treinamento

	Ambos os Grupos			TC			TIAI		
	r	R ²	P	r	R ²	P	r	R ²	P
<i>Δ V máxima</i>									
<i>(m/s):</i>									
Δ MM pernas (kg)	0,37	0,14	0,063	0,73	0,54	0,003	0,00	0,00	0,774
Δ Força muscular (kg)	0,22	0,05	0,270	0,60	0,36	0,027	0,10	0,01	0,706

MM – massa magra; TIAI – treinamento intervalado de alta intensidade; TC – treinamento combinado; V – velocidade; Δ – valor final – inicial.

5 DISCUSSÃO

O presente estudo comparou os efeitos do TC (protocolo padrão ouro) e do TIAI (protocolo experimental) sobre a composição corporal, função física e marcadores inflamatórios em mulheres obesas na PM. Os achados do estudo mostraram que ambos os grupos reduziram a gordura corporal (total percentual e pernas), leptina, tempo do teste de sentar e levantar da cadeira e aumentaram a massa magra apendicular, SPPB e IL-1ra. Somente o TIAI reduziu a gordura visceral e aumentou a IL-6 quando comparado ao TC. Somente o TC aumentou a força muscular, velocidade máxima de marcha e reduziu a adiponectina quando comparado ao TIAI. Além do mais, a variação da composição corporal, perfil inflamatório e função física se associaram nos grupos. No grupo TIAI, a redução da gordura visceral explicou a variação do perfil inflamatório (leptina, adiponectina, IL-6 e IL-1ra) de 30% a 65%. No grupo TC, o aumento da massa muscular apendicular explicou o aumento da IL-1ra em 47 %, e o aumento da força muscular e massa muscular das pernas explicou a variação da velocidade máxima de marcha em 36% e 54 %, respectivamente. Portanto, os dados do presente estudo sugerem que o TIAI é uma estratégia tempo eficiente para a melhora da composição corporal, perfil inflamatório e função física em mulheres obesas na PM.

5.1 VALIDAÇÃO DO TIAI

A necessidade de protocolos de intervenção com exercício físico para a promoção da saúde, que possam ultrapassar as grandes barreiras (falta de tempo e acesso a centros de treinamento e equipamentos especializados) (GODIN et al., 1994; TROST et al., 2002) para a prática de exercício físico, é um grande desafio, pois atualmente poucas pessoas (aproximadamente 10%) atingem as recomendações de prática de exercício físico (TROIANO et al., 2008; TUCKER; WELK; BEYLER, 2011) e os níveis de obesidade estão muito elevados (aproximadamente 60% no Brasil), atingindo principalmente as mulheres (MITCHELL, S.; SHAW, 2015), o que se associa com diversas doenças crônicas não transmissíveis (CHEN, F. et al., 2015; HARTZ; HE; RIMM, 2012; KRISHNAN et al., 2013; MAJED et al., 2008; PATTERSON et al., 2010; POIRIER et al., 2006) e mortalidade precoce (DAGENAIS et al., 2005; KAICHI et al., 2017; SAHAKYAN et al., 2015). Portanto

intervenções que possam aumentar a aderência das pessoas aos treinamentos físicos e reduzam os níveis de obesidade são necessários para a promoção da saúde.

Diante desta problemática, o presente estudo mostrou que em apenas 12 semanas, o TIAI realizado com apenas 60 minutos semanais, sem equipamentos e que pode ser feito em lugares acessíveis (em casa), promoveu melhoras da composição corporal (redução da gordura visceral), perfil inflamatório (redução da leptina e aumento da IL-1ra e IL-6) e função física (aumento do SPPB e redução do tempo do teste de levantar e sentar da cadeira) em mulheres obesas na PM. Estes resultados são importantes, pois mulheres na PM aumentam o risco de desenvolver a obesidade abdominal, perfil inflamatório e redução da função física (SIROLA; RIKKONEN, 2005; TOTH et al., 2000), o que pode aumentar o risco de mortalidade precoce (COOPER; KUH; HARDY, 2010; DAGENAIS et al., 2005; KAICHI et al., 2017; PAVASINI et al., 2016; SAHAKYAN et al., 2015; STUDENSKI et al., 2011; YAZDANYAR et al., 2014). Portanto, o TIAI realizado com o peso corporal pode ser uma estratégia alternativa e interessante para aumentar a aderência ao treinamento físico e promover a promoção da saúde de mulheres obesas na PM.

5.2 COMPOSIÇÃO CORPORAL

No presente estudo, nós observamos que somente o TIAI reduziu a gordura visceral (-0,1 kg, [IC95% -0,2 – -0,1]). Este resultado é relevante devido ao tamanho do efeito observado da comparação entre os grupos, no qual indicou um tamanho do efeito grande ($\eta_p^2 = 0,20$) (COHEN, 2013). Além do mais, a maioria dos estudos em mulheres idosas com sobrepeso/obesidade mostram uma superioridade do TIAI em reduzir a gordura abdominal, particularmente a gordura visceral, quando comparados a protocolos de intensidade moderada e gasto energético similar (IRVING et al., 2008; MAILLARD et al., 2016; VISSERS et al., 2013). Uma possível explicação para a superioridade no TIAI em reduzir a gordura abdominal pode estar relacionada à intensidade do exercício, pois os exercícios de alta intensidade promovem um aumento robusto de hormônios lipolíticos (hormônio do crescimento, cortisol e catecolaminas) quando comparados a exercícios de intensidade moderada (PEAKE et al., 2014), assim podendo aumentar a lipólise no tecido adiposo, particularmente da região abdominal (ARNER et al., 1990). Corroborando, uma meta-análise mostrou uma dose-resposta sobre a redução da gordura visceral e a intensidade do exercício, no qual exercícios

acima de 70% da FC máxima promovem maiores reduções (VISSERS et al., 2013). De fato, nossos resultados estão de acordo com essas evidências mostradas acima, pois somente o TIAI realizou exercícios acima de 80% da FC máxima e reduziu a gordura visceral comparado ao TC (TABELA 4).

O ganho de massa muscular (hipertrofia muscular) está associado a processos estimulados pelo exercício que resultam em uma maior síntese de proteínas sobrepondo a degradação de proteínas, assim promovendo um ambiente anabólico (AMERICAN COLLEGE OF SPORTS, 2009). Interessantemente, Bell e colaboradores mostraram que, em idosos, o TIAI realizado em bicicleta ergométrica (10 séries de 1 minuto a aproximadamente 95% FC máxima com descanso ativo) aumentou a síntese de proteínas de forma semelhante ao exercício de força (modelo padrão ouro para hipertrofia muscular), sugerindo que o TIAI poderia ser uma estratégia alternativa para aumentar a massa muscular (BELL et al., 2015). No entanto ainda existe uma contradição na literatura referente à eficácia do TIAI em promover aumento da massa muscular. Mandrup e colaboradores mostraram que 12 semanas de TIAI realizado em bicicleta ergométrica (seis séries de aproximadamente cinco minutos entre 76-96% da FC máxima) por 35 minutos aumentou a massa magra total (aproximadamente 0,5 kg ou 1%) em mulheres na PM (MANDRUP et al., 2017). No entanto, Maillard e colaboradores mostraram que 16 semanas de TIAI realizado em bicicleta ergométrica (60 séries de oito segundos a aproximadamente 80% da FC máxima seguidos de 12 segundos de recuperação) por 20 minutos reduziu a massa magra das pernas em mulheres na PM com diabetes do tipo II (MAILLARD et al., 2016). Irving e colaboradores mostraram que 16 semanas de TIAI com corrida e caminhada (protocolo baseado na escala de BORG > 7 até completar 400 kcal) não alterou a massa magra total e das pernas (IRVING et al., 2008). No presente estudo, observamos aumento da massa magra (apendicular) após 12 semanas de TIAI realizado com subidas em *step* e agachamentos (10 séries de um minuto a aproximadamente 80% da FC máxima com recuperação ativa) com 20 minutos de duração (TABELA 4). As diferenças entre os estudos de Maillard e Irving com o estudo de Mandrup e o presente, podem ser relacionadas às características distintas do TIAI em cada estudo (diferentes tipos de equipamentos ou ausência, biomecânica distinta dos movimentos, tempo de zona de alta intensidade e presença ou não de fadiga muscular). Além do mais as diferenças nas características das amostras dos estudos e monitoramento de dieta pode ser outra explicação para essas diferenças sobre a massa muscular. No estudo de Mandrup et al.

(2017) as voluntárias eram mulheres na PM não obesas saudáveis sem alterações metabólicas e a dieta não foi monitorada durante a intervenção. No estudo de Maillard et al. (2016) as voluntárias eram mulheres diabéticas tipo II na PM não obesas e a dieta foi monitorada durante a intervenção e não se alterou. No estudo de Irving et al. (2008) as voluntárias eram mulheres na PM obesas com síndrome metabólica e a dieta não foi monitorada durante a intervenção. Já no presente estudo as voluntárias eram mulheres na PM obesas com perfil metabólico alterado (metabolismo da glicose e lipídico) e a dieta foi monitorada durante a intervenção e não se alterou. Portanto, ainda faltam mais estudos controlados para validar a eficácia do TIAI em promover aumento da massa muscular em mulheres na PM.

5.3 PERFIL INFLAMATÓRIO

A IL-6 é uma citocina pleiotrópica que é liberada por diferentes tipos de células e pode ser considerada tanto pró-inflamatória e anti-inflamatória, dependendo dos tipos de condições em que são secretadas (sepsis ou exercício) (PEDERSEN, 2017). Durante o exercício, o músculo em contração é a principal fonte de IL-6 (miocina anti-inflamatória) na corrente sanguínea (PEDERSEN, 2017), no qual é dependente da intensidade do exercício (LEICHT et al., 2016). Estudos anteriores mostraram que o TIAI promove um maior distúrbio metabólico e hormonal (aumento de oxidação de carboidrato e aumento de hormônios lipolíticos) quando comparado a exercícios de intensidade moderada (PEAKE et al., 2014), o que pode explicar o aumento da IL-6 dependente da intensidade (LEICHT et al., 2016). Após o exercício ser completado (aproximadamente quatro horas), a concentração da IL-6 é reduzida na corrente sanguínea (LYNGSØ; SIMONSEN; BÜLOW, 2002a), mas é aumentada no tecido adiposo (aproximadamente cinco horas) (LYNGSØ; SIMONSEN; BÜLOW, 2002a), o que pode contribuir para o aumento da lipólise e oxidação de gordura no músculo esquelético (LYNGSØ; SIMONSEN; BÜLOW, 2002b; PETERSEN et al., 2005; WOLSK et al., 2010) e reduções de gordura visceral associado ao TIAI (IRVING et al., 2008; MAILLARD et al., 2016; VISSERS et al., 2013). De fato, no presente estudo, somente o TIAI aumentou a IL-6 (TABELA 5; aproximadamente 1,2 pg/mL) e reduziu a gordura visceral (TABELA 4). Além do mais, a redução da gordura visceral foi negativamente associada com a IL-6 em 56%, somente no grupo TIAI (TABELA 7). Corroborando com o presente estudo, Logan e colaboradores demonstraram que oito semanas de TIAI aumentou a IL-6 e reduziu a gordura

visceral em jovens (LOGAN et al., 2016). Interessantemente, no estudo de Logan et al. (2016) o aumento da IL-6 pelo TIAI não afetou de forma negativa o perfil metabólico (glicose e lipídios), o que sugere que o aumento da IL-6 advinda do exercício não causa os mesmos distúrbios metabólicos (resistência à insulina) como as doenças crônicas não transmissíveis que aumentam a IL-6 (diabetes e obesidade sarcopênica). Além do mais, no presente estudo o aumento da IL-6 pelo TIAI foi positivamente associado com a IL-1ra (citocina anti-inflamatória) e não se associou com alterações negativas da leptina e adiponectina no grupo TIAI (TABELA 7).

A IL-1ra tem sido associada como uma citocina anti-inflamatória por inibir a transdução de sinal da IL-1, no qual é considerada como uma citocina clássica inflamatória associada ao diabetes do tipo II (PEDERSEN, 2017). No entanto, ainda existem poucos estudos sobre o efeito do treinamento físico sobre as concentrações séricas de IL-1ra, e os estudos que existem são conflitantes. Beavers e colaboradores mostraram que o TC não promove aumento da IL-1ra em idosos obesos com baixo desempenho físico (SPPB de aproximadamente sete pontos) (BEAVERS et al., 2010). No entanto, Madsen e colaboradores mostraram que o TIAI aumenta a IL-1ra em idosos com alteração do perfil metabólico (síndrome metabólica), mas não em idosos com diabetes do tipo II (MADSEN, S. M. et al., 2015). No presente estudo, ambos os grupos (TIAI e TC) aumentaram de forma semelhante a IL-1ra (TABELA 5). As diferenças entre os estudos de Beavers et al (2010) com Madsen et al. (2015) e o presente pode estar relacionado as diferenças nas características da amostra (perfil metabólico, desempenho físico e diabetes do tipo II). No estudo de Beavers et al. (2010) o grupo TC aparentou ser menos saudável que o grupo controle (sem treinamento) devido a ter menores valores de desempenho físico (SPPB) e maiores números de voluntários com diabetes do tipo II. No presente estudo e no estudo de Madsen et al. (2015) as amostras que aumentaram a IL-1ra tinham alterações do perfil metabólico, mas não eram diabéticas do tipo II. Além do mais, no presente estudo ambos os grupos (TC e TIAI) foram considerados com desempenho físico normal (SPPB de aproximadamente 11 pontos), o que difere da amostra do estudo de Beavers et al. (2010). Interessantemente, Madsen et al. (2015) mostrou que o grupo diabéticos tipo II tinham valores basais superiores de IL-1ra quando comparados ao grupo sem diabetes com síndrome metabólica, sugerindo uma compensação advinda do diabetes tipo II sobre a IL-1. Portanto, esses dados acima sugerem que independentemente do

tipo de treinamento a IL-1ra pode aumentar, porém condições como o diabetes tipo II e baixo desempenho físico podem interferir na resposta da IL-1ra.

Os mecanismos que levam ao aumento da IL-1ra pelos tipos de exercícios ainda são pouco esclarecidos. O aumento da IL-1ra pelo exercício tem sido atribuído à liberação de IL-6 pelo músculo em contração e *cross-talk* com os macrófagos (PEDERSEN, 2017). Estudos anteriores mostraram que exercícios de alta intensidade (> 70% da FC máxima) é a chave para o aumento da IL-1ra dependente do aumento da IL-6 (LEICHT et al., 2016). No entanto, o estudo de Madsen et al. (2015) mostrou que o TIAI (grupo sem diabetes do tipo II) aumentou a IL-1ra independentemente de aumentos séricos de IL-6, embora houve reduções de gordura abdominal. Neste sentido, não somente o aumento da IL-6 pode explicar o aumento da IL-1ra, mas também a redução da obesidade abdominal o que pode contribuir para a alteração do perfil dos macrófagos para o estado M2 (estado anti-inflamatório) no tecido adiposo (GIUGLIANO et al., 2004; LIMA et al., 2013; PEDERSEN, 2017). De fato, no presente estudo no grupo TIAI, as alterações da IL-6 (aumento) e gordura visceral (redução) se associaram com o aumento da IL-1ra em 46% e 65%, respectivamente (TABELA 7).

Contrariamente ao que foi observado no grupo TIAI, o grupo TC não alterou a gordura visceral e a IL-6, mas promoveu aumento da IL-1ra (TABELA 5) e massa muscular (TABELA 4). Além do mais, somente no grupo TC, o aumento da massa muscular se associou com o aumento da IL-1ra em 47% (TABELA 7). Alguns estudos mostraram que o exercício de força com cargas altas (> 60% 1RM) promove aumento da IL-1ra e massa muscular (FORTI et al., 2016; IHALAINEN et al., 2017), sem mudanças da IL-6 (FORTI et al., 2016; IHALAINEN et al., 2017) e gordura abdominal (IHALAINEN et al., 2017). Interessantemente, no estudo de Beavers e colaboradores mostraram que o grupo TC não aumentou a IL-1ra e também não aumentou a massa muscular (BEAVERS et al., 2010). Neste sentido, parece que o aumento da massa muscular pode ser importante por explicar em partes o efeito anti-inflamatório do exercício (PEDERSEN, 2017), assim como o aumento da IL-1ra.

Baixas e altas concentrações séricas de adiponectina e leptina, respectivamente, têm sido associadas ao aumento de risco para câncer de mama (NIU et al., 2013; OLLBERDING et al., 2013; WU et al., 2009) e síndrome metabólica (MAURY et al., 2007). Estas adipocinas são secretadas pelo tecido adiposo, particularmente o visceral, e estão alteradas (redução da adiponectina e aumento da leptina) em pessoas obesas (MAURY et al., 2007). Aumentos da

adiponectina e redução da leptina têm sido associados com alterações da composição corporal (redução da gordura corporal e abdominal) (RIESCO et al., 2012; VAN GEMERT et al., 2016). Além disso, melhoras do perfil destas adipocinas é associado após treinamentos (> 12 semanas) com exercícios de alta intensidade (YU et al., 2017), no qual também são eficientes para reduzir a gordura visceral (VISSERS et al., 2013). Interessantemente, as reduções de leptina são associadas com pequenas alterações no peso corporal (1%) (KLIMCAKOVA et al., 2010), já para os aumentos de adiponectina as reduções de peso corporal devem ser mais robustas (10%) (MADSEN, E. L. et al., 2008). De fato, no presente estudo ambos os grupos reduziram o percentual de gordura corporal e a leptina (TABELA 5). No entanto, somente o grupo TC reduziu a adiponectina (TABELA 5). Apesar da resposta da adiponectina no grupo TC não ter sido esperada, esta resposta tem sido observada em outros estudos, mesmo após intervenções com redução de peso e gordura abdominal (KIM et al., 2006; LEGGATE et al., 2012; WOLFE et al., 2004). Uma possível explicação é pelo fato de existir diferentes isoformas da adiponectina que expressam tanto atividades inflamatórias e anti-inflamatórias (alto peso molecular e globular) (HAUGEN; DREVON, 2007; OUCHI et al., 2000) e como no presente estudo nós dosamos a adiponectina total, fica difícil em determinar qual tipo de adiponectina (inflamatória ou anti-inflamatória) foi reduzida no TC. Outra explicação pode estar relacionada a quantidade de receptores de adiponecinta, pois o estudo de Langleite et al., (2016) mostrou que 12 semanas de TC reduziu a adiponectina (total e de alto peso molecular) e aumentou os receptores de adiponectina no músculo de homens de meia idade (LANGLEITE et al., 2016). Portanto os dados acima sugerem que a redução da leptina acontece de forma mais sensível quando se tem pequenas reduções de gordura corporal independentemente do treinamento, no entanto sobre o contexto da adiponectina a resposta ainda é mais complexa devido as isoformas existentes.

5.4 FUNÇÃO FÍSICA

Estudos anteriores mostraram que ambos os exercícios de força realizados com carga baixa (20-40% de 1RM) e alta (70-80% de 1RM) promovem aumento da força muscular, no entanto, exercícios com carga alta promovem maiores aumentos (MITCHELL, C. J. et al., 2012; SCHOENFELD et al., 2015; VAN ROIE et al., 2013). O mecanismo principal que pode explicar a superioridade dos exercícios com carga alta para o aumento superior da força

muscular está relacionado às adaptações neurais (ativação muscular) quando comparados aos exercícios de carga baixa (AKIMA; SAITO, 2013; COOK; MURPHY; LABARBERA, 2013; SCHOENFELD et al., 2014). No presente estudo nós observamos que o TIAI não aumentou a força muscular, apenas o TC aumentou (TABELA 6). No grupo TC, os exercícios de força foram realizados com cargas altas (70% de 1RM) e no TIAI realizado com o peso corporal, que corresponde a exercícios com carga mais baixos, aproximadamente a 40% de 1RM (peso corporal dividido pelo 1RM estimado no exercício de agachamento). De fato, estudos anteriores mostraram que em mulheres jovens e na PM os agachamentos com o peso corporal correspondem a aproximadamente de 35% a 45% de 1RM no agachamento (BAZUELO-RUIZ et al., 2015; NUNES et al., 2017). Interessantemente, alguns estudos mostraram que a falha muscular (exaustão) deve estar presente para que ocorra aumento da força muscular em exercícios com carga baixa (AKIMA; SAITO, 2013; AMERICAN COLLEGE OF SPORTS, 2009; COOK; MURPHY; LABARBERA, 2013; SCHOENFELD et al., 2014). No entanto, o grupo TIAI do presente estudo apenas promoveu uma pequena fadiga muscular durante os exercícios em zonal de intensidade alta (subida do *step* e agachamentos corporais), o que pode explicar a ausência de ganho na força muscular (TABELA 6). Interessantemente, outro fator que pode explicar a ausência de ganho de força no TIAI e ganho de força no TC, é a especificidade da cadeira extensora que foi utilizado para mensurar a força muscular no presente estudo, pois somente o TC realizou este tipo de exercício ao longo das 12 semanas de treinamento, o que sugere uma adaptação específica ao movimento (velocidade, ângulo de movimento e músculos ativados durante a execução), assim favorecendo ao aumento da força muscular somente no TC (BUCKNER et al., 2017).

Baixos níveis de massa e força musculares (CLARK; MANINI, 2012; CRUZ-JENTOFT et al., 2010; RANTANEN et al., 1999; RANTANEN et al., 2001) e altos níveis de gordura corporal (BOUCHARD et al., 2007; CHEN, H.; GUO, 2008; LAROCHE; KRALIAN; MILLETT, 2011; TSENG et al., 2013; VINCENT; VINCENT; LAMB, 2010) são fatores de risco bem conhecidos para a baixa função física de velocidade de marcha. Em mulheres idosas, a qualidade muscular e o percentual de gordura corporal estão associados com a função física de membros inferiores (por exemplo, velocidade máxima de marcha) em 16% e 12%, respectivamente (STRAIGHT; BRADY; EVANS, 2015). Neste sentido, estratégias que promovam aumento da massa e força musculares e reduzam a gordura corporal de mulheres na PM são necessárias para aprimoramento da velocidade de marcha

(NUNES et al., 2017; SON et al., 2017; UUSI-RASI et al., 2017; VALKEINEN et al., 2008; VASCONCELOS et al., 2016). De fato, no presente estudo, somente o grupo TC aumentou a força e velocidade máxima de marcha (TABELA 4 e 6), e o TIAI não. Além do mais, o ganho de força e massa musculares explicou o aumento da velocidade máxima de marcha no teste de uma milha em 36% e 54%, respectivamente, no grupo TC (TABELA 8).

Embora ambos os grupos aumentaram o escore do SPPB e teste sentar e levantar da cadeira, o TIAI promoveu somente o aumento da massa muscular, mas não da força (TABELA 4 e 6). Portanto, a explicação para o aumento do SPPB e sentar e levantar da cadeira no TIAI pode estar relacionado à especificidade do protocolo. A técnica de agachamento do protocolo no TIAI se assemelhou com a técnica de levantar e sentar da cadeira do teste SPPB. Além do mais, dos três testes que compõem o SPPB (velocidade usual de marcha, equilíbrio e levantar e sentar da cadeira) o TIAI promoveu redução somente no tempo do teste de levantar e sentar da cadeira (TABELA 6), o que explica o aumento do SPPB. Assim as adaptações específicas do agachamento com o peso corporal e o teste de levantar e sentar da cadeira (velocidade, ângulo de movimento e músculos ativados durante a execução) podem explicar as adaptações do TIAI no SPPB (BUCKNER et al., 2017).

6 CONCLUSÃO

Os resultados mostraram que ambos os protocolos melhoraram marcadores da composição corporal, perfil inflamatório e função física em mulheres obesas na PM. O TC aumentou a massa muscular, IL-1ra, força muscular, SPPB e velocidade máxima de marcha e reduziu a adiponectina e o tempo do teste de levantar e sentar da cadeira. O TIAI reduziu a gordura visceral, leptina e tempo do teste de levantar e sentar da cadeira e aumentou a IL-1ra, IL-6, massa muscular e SPPB. Portanto, os dados do presente estudo sugerem que o TIAI realizado com o peso corporal (subidas em *step* e agachamentos) é uma estratégia alternativa tempo eficiente para a melhora da composição corporal, perfil inflamatório e da função física de mulheres obesas na PM. Neste sentido, mulheres obesas na PM que possuam pouco tempo e dificuldade de acesso a lugares específicos para a aderência ao treinamento podem se beneficiar com o TIAI proposto do presente estudo. No entanto, se o foco do treinamento é aumentar a força muscular e a velocidade máxima de marcha o TC é recomendado.

REFERÊNCIAS

- AKIMA, H.; SAITO, A. Activation of quadriceps femoris including vastus intermedius during fatiguing dynamic knee extensions. **European Journal of Applied Physiology**, v. 113, n. 11, p. 2829-2840, 2013.
- ALLISON, M. K. et al. Brief intense stair climbing improves cardiorespiratory fitness. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 49, n. 2, p. 298-307, 2017.
- AMERICAN COLLEGE OF SPORTS, M. American College of Sports Medicineicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 41, n. 3, p. 687-708, Mar 2009.
- AMERICAN COLLEGE OF SPORTS, M. et al. American College of Sports Medicineicine position stand. Exercise and physical activity for older adults. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 41, n. 7, p. 1510-30, Jul 2009.
- ARNER, P. et al. Adrenergic regulation of lipolysis in situ at rest and during exercise. **Journal of Clinical Investigation**, v. 85, n. 3, p. 893, 1990.
- BATACAN, R. B. et al. Effects of high-intensity interval training on cardiometabolic health: a systematic review and meta-analysis of intervention studies. **British Journal of Sports Medicineicine**, v. 51, n. 6, p. 494-503, 2017.
- BAZUELO-RUIZ, B. et al. Predicting maximal dynamic strength from the load-velocity relationship in squat exercise. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 29, n. 7, p. 1999-2005, 2015.
- BEAVERS, K. M. et al. Long-term physical activity and inflammatory biomarkers in older adults. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 42, n. 12, p. 2189, 2010.
- BELL, K. E. et al. Day-to-day changes in muscle protein synthesis in recovery from resistance, aerobic, and high-intensity interval exercise in older men. **The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences**, v. 70, n. 8, p. 1024-1029, 2015.
- BLAND, J. M.; ALTMAN, D. G. Statistics notes: Calculating correlation coefficients with repeated observations: Part 1—correlation within subjects. **Bmj**, v. 310, n. 6977, p. 446, 1995.
- BONORA, E. et al. Homeostasis model assessment closely mirrors the glucose clamp technique in the assessment of insulin sensitivity: studies in subjects with various degrees of glucose tolerance and insulin sensitivity. **Diabetes Care**, v. 23, n. 1, p. 57-63, 2000.
- BOUCHARD, D. R. et al. Fat mass but not fat-free mass is related to physical capacity in well-functioning older individuals: nutrition as a determinant of successful aging (NuAge)—the Quebec Longitudinal Study. **The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences**, v. 62, n. 12, p. 1382-1388, 2007.

BRAY, G. A.; RYAN, D. H. Clinical evaluation of the overweight patient. **Endocrine**, v. 13, n. 2, p. 167-86, Oct 2000.

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

BURINI, R. C.; MAESTÁ, N. The Meaning of Muscle Mass for Health, Disease, and Strength Exercises. In: (Ed.). **Handbook of Anthropometry**: Springer, 2012. p.1747-1759. ISBN 144191787X.

CAMILLERI, G. et al. The role of cytokines in cardiovascular disease in menopause. **Climacteric**, v. 15, n. 6, p. 524-530, 2012.

CHEN, F. et al. Impact of dynamic changes of waist circumference and body mass index on type 2 diabetes mellitus risk. **Zhonghua yu fang yi xue za zhi [Chinese Journal of Preventive Medicine]**, v. 49, n. 12, p. 1092-1097, 2015.

CHEN, H.; GUO, X. Obesity and functional disability in elderly Americans. **Journal of the American Geriatrics Society**, v. 56, n. 4, p. 689-694, 2008.

CINTRA, I. D. P. et al. Métodos de inquéritos dietéticos. **Cadernos de Nutrição**, v. 13, n. 2, p. 11-23, 1997.

CLARK, B. C.; MANINI, T. M. What is dynapenia? **Nutrition**, v. 28, n. 5, p. 495-503, 2012.

COHEN, J. **Statistical power analysis for the behavioral sciences**. Academic press, 2013. ISBN 1483276481.

COOK, S. B.; MURPHY, B. G.; LABARBERA, K. E. Neuromuscular function after a bout of low-load blood flow-restricted exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 45, n. 1, p. 67-74, 2013.

COOPER, R.; KUH, D.; HARDY, R. Objectively measured physical capability levels and mortality: systematic review and meta-analysis. **Bmj**, v. 341, p. c4467, 2010.

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.

D'ANDREA, F. et al. Changing the metabolic profile by large-volume liposuction: a clinical study conducted with 123 obese women. **Aesthetic Plastic Surgery**, v. 29, n. 6, p. 472-478, 2005.

DAGENAIS, G. R. et al. Prognostic impact of body weight and abdominal obesity in women and men with cardiovascular disease. **American Heart Journal**, v. 149, n. 1, p. 54-60, 2005.

DATASUS, I. et al. **Informações de Saúde**: Ministério da Saúde Brasília 2012.

DO NASCIMENTO, M. A. et al. Familiarization and reliability of one repetition maximum strength testing in older women. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 27, n. 6, p. 1636-1642, 2013.

DONATH, M. Y. Targeting inflammation in the treatment of type 2 diabetes: time to start. **Nature reviews. Drug discovery**, v. 13, n. 6, p. 465, 2014.

FORTI, L. N. et al. Load-specific inflammation mediating effects of resistance training in older persons. **Journal of the American Medical Directors Association**, v. 17, n. 6, p. 547-552, 2016.

FRIED, S. K.; BUNKIN, D. A.; GREENBERG, A. S. Omental and subcutaneous adipose tissues of obese subjects release interleukin-6: depot difference and regulation by glucocorticoid. **The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism**, v. 83, n. 3, p. 847-850, 1998.

FRIEDENREICH, C. M. et al. Case-control study of markers of insulin resistance and endometrial cancer risk. **Endocrine-Related Cancer**, v. 19, n. 6, p. 785-92, Dec 2012.

GALLAGHER, D. et al. Healthy percentage body fat ranges: an approach for developing guidelines based on body mass index. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 72, n. 3, p. 694-701, Sep 2000.

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.

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 Medicine**, v. 44, n. 2, p. 127-137, 2014.

GIUGLIANO, G. et al. Effect of liposuction on insulin resistance and vascular inflammatory markers in obese women. **British Journal of Plastic Surgery**, v. 57, n. 3, p. 190-194, 2004.

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. 279-385, 1994.

GROSSMANN, V. et al. Profile of the Immune and Inflammatory Response in Individuals With Prediabetes and Type 2 Diabetes. **Diabetes Care**, v. 38, n. 7, p. 1356-64, Jul 2015.

GURALNIK, J. M. et al. A short physical performance battery assessing lower extremity function: association with self-reported disability and prediction of mortality and nursing home admission. **Journal of Gerontology**, v. 49, n. 2, p. M85-M94, 1994.

- HARTZ, A.; HE, T.; RIMM, A. Comparison of adiposity measures as risk factors in postmenopausal women. **The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism**, v. 97, n. 1, p. 227-33, Jan 2012.
- HAUGEN, F.; DREVON, C. A. Activation of nuclear factor- κ B by high molecular weight and globular adiponectin. **Endocrinology**, v. 148, n. 11, p. 5478-5486, 2007.
- HERNANDEZ-ONO, A. et al. Association of visceral fat with coronary risk factors in a population-based sample of postmenopausal women. **International Journal of Obesity**, v. 26, n. 1, p. 33, 2002.
- IHALAINEN, J. K. et al. Resistance training status modifies inflammatory response to explosive and hypertrophic resistance exercise bouts. **Journal of Physiology and Biochemistry**, p. 1-10, 2017.
- IRVING, B. A. et al. Effect of exercise training intensity on abdominal visceral fat and body composition. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 40, n. 11, p. 1863, 2008.
- JOHANNSEN, N. M. et al. Combined aerobic and resistance training effects on glucose homeostasis, fitness, and other major health indices: a review of current guidelines. **Sports Medicine**, v. 46, n. 12, p. 1809-1818, 2016.
- KAICHI, Y. et al. Relationship between sudden natural death and abdominal fat evaluated on postmortem CT scans. **Obesity Science and Practice**, 2017.
- KARVONEN, M. J.; KENTALA, E.; MUSTALA, O. The effects of training on heart rate; a longitudinal study. **Annales Medicinæ Experimentalis et Biologiæ Fenniae**, 1957. p.307.
- KASHIWAGI, R. et al. Effective waist circumference reduction rate necessary to avoid the development of type 2 diabetes in Japanese men with abdominal obesity. **Endocrine Journal**, p. EJ17-0113, 2017.
- KAUL, S. et al. Dual-energy X-ray absorptiometry for quantification of visceral fat. **Obesity**, v. 20, n. 6, p. 1313-1318, 2012.
- KIM, M. et al. Increased adiponectin receptor-1 expression in adipose tissue of impaired glucose-tolerant obese subjects during weight loss. **European Journal of Endocrinology**, v. 155, n. 1, p. 161-165, 2006.
- KLIMCAKOVA, E. et al. Adipokines and dietary interventions in human obesity. **Obesity Reviews**, v. 11, n. 6, p. 446-456, 2010.
- KLINE, G. M. et al. Estimation of VO₂max from a one-mile track walk, gender, age, and body weight. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 19, n. 3, p. 253-259, 1987.
- KLONIZAKIS, M. et al. Low-volume high-intensity interval training rapidly improves cardiopulmonary function in postmenopausal women. **Menopause**, v. 21, n. 10, p. 1099-1105, 2014.

KRISHNAN, K. et al. Associations between weight in early adulthood, change in weight, and breast cancer risk in postmenopausal women. **Cancer Epidemiology, Biomarkers and Prevention**, v. 22, n. 8, p. 1409-16, Aug 2013.

KWON, S. et al. What is a meaningful change in physical performance? Findings from a clinical trial in older adults (the LIFE-P study). **JNHA-The Journal of Nutrition, Health and Aging**, v. 13, n. 6, p. 538-544, 2009.

LANGLEITE, T. M. et al. Insulin sensitivity, body composition and adipose depots following 12 w combined endurance and strength training in dysglycemic and normoglycemic sedentary men. **Archives of Physiology and Biochemistry**, v. 122, n. 4, p. 167-179, Oct 2016.

LAROCHE, D. P.; KRALIAN, R. J.; MILLETT, E. D. Fat mass limits lower-extremity relative strength and maximal walking performance in older women. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 21, n. 5, p. 754-761, 2011.

LEGGATE, M. et al. Determination of inflammatory and prominent proteomic changes in plasma and adipose tissue after high-intensity intermittent training in overweight and obese males. **Journal of Applied Physiology (1985)**, v. 112, n. 8, p. 1353-1360, 2012.

LEICHT, C. A. et al. Arm and intensity-matched leg exercise induce similar inflammatory responses. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 48, n. 6, p. 1161-8, 2016.

LIMA, M. M. et al. Visceral fat resection in humans: Effect on insulin sensitivity, beta-cell function, adipokines, and inflammatory markers. **Obesity**, v. 21, n. 3, 2013.

LOGAN, G. et al. Low-Active Male Adolescents: A Dose Response to High-Intensity Interval Training. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 48, n. 3, p. 481-490, 2016.

LYNGSØ, D.; SIMONSEN, L.; BÜLOW, J. Interleukin-6 production in human subcutaneous abdominal adipose tissue: the effect of exercise. **The Journal of Physiology**, v. 543, n. 1, p. 373-378, 2002a.

_____. Metabolic effects of interleukin-6 in human splanchnic and adipose tissue. **The Journal of Physiology**, v. 543, n. 1, p. 379-386, 2002b.

MADSEN, E. L. et al. Weight loss larger than 10% is needed for general improvement of levels of circulating adiponectin and markers of inflammation in obese subjects: a 3-year weight loss study. **European Journal of Endocrinology**, v. 158, n. 2, p. 179-187, 2008.

MADSEN, S. M. et al. Does 8 weeks of strenuous bicycle exercise improve diabetes-related inflammatory cytokines and free fatty acids in type 2 diabetes patients and individuals at high-risk of metabolic syndrome? **Archives of Physiology and Biochemistry**, v. 121, n. 4, p. 129-138, 2015.

- MAILLARD, F. et al. High-intensity interval training reduces abdominal fat mass in postmenopausal women with type 2 diabetes. **Diabetes and Metabolism**, 2016.
- MAJED, B. et al. Is obesity an independent prognosis factor in woman breast cancer? **Breast Cancer Research and Treatment**, v. 111, n. 2, p. 329-342, 2008.
- MANDRUP, C. M. et al. Effects of high-intensity training on cardiovascular risk factors in premenopausal and postmenopausal women. **American Journal of Obstetrics and Gynecology**, v. 216, n. 4, p. 384. e1-384. e11, 2017.
- MAURY, E. et al. Adipokines oversecreted by omental adipose tissue in human obesity. **American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism**, v. 293, n. 3, p. E656-E665, 2007.
- MITCHELL, C. J. et al. Resistance exercise load does not determine training-mediated hypertrophic gains in young men. **Journal of Applied Physiology (1985)**, v. 113, n. 1, p. 71-77, 2012.
- MITCHELL, S.; SHAW, D. The worldwide epidemic of female obesity. **Best Practice and Research Clinical Obstetrics and Gynaecology**, v. 29, n. 3, p. 289-299, 2015.
- NIU, J. et al. The association between leptin level and breast cancer: a meta-analysis. **PloS one**, v. 8, n. 6, p. e67349, 2013.
- NUNES, P. R. et al. Effect of resistance training volume on walking speed performance in postmenopausal women: a randomized controlled trial. **Experimental Gerontology**, v. 97, p. 80-88, 2017.
- OKAUCHI, Y. et al. Reduction of visceral fat is associated with decrease in the number of metabolic risk factors in Japanese men. **Diabetes Care**, v. 30, n. 9, p. 2392-2394, 2007.
- OLLBERDING, N. J. et al. Prediagnostic leptin, adiponectin, C-reactive protein, and the risk of postmenopausal breast cancer. **Cancer Prevention Research**, v. 6, n. 3, p. 188-195, 2013.
- ORSATTI, F. L. et al. Redução na Massa Muscular de Mulheres na Pós-Menopausa: Efeito do Treinamento Hipertrófico. **Femina**, v. 34, n. 12, p. 815-820, 2006.
- OUCHI, N. et al. Adiponectin, an adipocyte-derived plasma protein, inhibits endothelial NF- κ B signaling through a cAMP-dependent pathway. **Circulation**, v. 102, n. 11, p. 1296-1301, 2000.
- PARK, S. M.; KWAK, Y. S.; JI, J. G. The Effects of Combined Exercise on Health-Related Fitness, Endotoxin, and Immune Function of Postmenopausal Women with Abdominal Obesity. **Journal of Immunology Research**, v. 2015, p. 830567, 2015.
- PATTERSON, R. E. et al. Physical activity, diet, adiposity and female breast cancer prognosis: a review of the epidemiologic literature. **Maturitas**, v. 66, n. 1, p. 5-15, 2010.

- PAVASINI, R. et al. Short Physical Performance Battery and all-cause mortality: systematic review and meta-analysis. **BMC Medicine**, v. 14, n. 1, p. 215, Dec 22 2016.
- PEAKE, J. M. et al. Metabolic and hormonal responses to isoenergetic high-intensity interval exercise and continuous moderate-intensity exercise. **American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism**, v. 307, n. 7, p. E539-E552, 2014.
- PEDERSEN, B. K. Anti-inflammatory effects of exercise: role in diabetes and cardiovascular disease. **European Journal of Clinical Investigation**, 2017.
- PEHRSSON, P. et al. USDA's national food and nutrient analysis program: food sampling. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 13, n. 4, p. 379-389, 2000.
- PERERA, S. et al. Meaningful change and responsiveness in common physical performance measures in older adults. **Journal of the American Geriatrics Society**, v. 54, n. 5, p. 743-749, 2006.
- PETERSEN, E. et al. Acute IL-6 treatment increases fatty acid turnover in elderly humans in vivo and in tissue culture in vitro. **American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism**, v. 288, n. 1, p. E155-E162, 2005.
- PINTO-NETO, A. M.; PAIVA, L. H. S. C.; FOSENCHI-CARVASAN, G. Epidemiologia. In: FERNANDES, C. E. (Ed.). **Menopausa, Diagnóstico e Tratamento**. São Paulo: Segmento, 2003. p.21-30.
- POIRIER, P. et al. Obesity and cardiovascular disease: pathophysiology, evaluation, and effect of weight loss. **Circulation**, v. 113, n. 6, p. 898-918, 2006.
- POWERS, S. K. et al. **Fisiologia do exercício: teoria e aplicação ao condicionamento e ao desempenho**. 2000. ISBN 8520410464.
- 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. **Journal of the American Geriatrics Society**, v. 49, n. 1, p. 21-27, 2001.
- RIESCO, E. et al. Effect of exercise training combined with phytoestrogens on adipokines and C-reactive protein in postmenopausal women: a randomized trial. **Metabolism**, v. 61, n. 2, p. 273-280, 2012.
- RODRÍGUEZ, A. et al. Revisiting the adipocyte: a model for integration of cytokine signaling in the regulation of energy metabolism. **American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism**, v. 309, n. 8, p. E691-E714, 2015.

- RORIZ, A. K. C. et al. Methods of predicting visceral fat in Brazilian adults and older adults: a comparison between anthropometry and computerized tomography. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, v. 61, n. 1, p. 5, 2011.
- ROSENBERG, D. E. et al. Assessment of sedentary behavior with the International Physical Activity Questionnaire. **Journal of Physical Activity and Health**, v. 5, p. S30, 2008.
- ROSENBERG, I. H. Sarcopenia: origins and clinical relevance. **The Journal of Nutrition**, v. 127, n. 5 Suppl, p. 990S-991S, May 1997.
- ROUBENOFF, R. Sarcopenia: effects on body composition and function. **The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences**, v. 58, n. 11, p. 1012-7, Nov 2003.
- RYAN, A. S.; NICKLAS, B. J. Reductions in plasma cytokine levels with weight loss improve insulin sensitivity in overweight and obese postmenopausal women. **Diabetes Care**, v. 27, n. 7, p. 1699-1705, 2004.
- SAHAKYAN, K. R. et al. Normal-Weight Central Obesity: Implications for Total and Cardiovascular Mortality Risk in Persons With Normal-Weight Central Obesity. **Annals of Internal Medicine**, v. 163, n. 11, p. 827-835, 2015.
- SCHOENFELD, B. J. et al. Muscle activation during low-versus high-load resistance training in well-trained men. **European Journal of Applied Physiology**, v. 114, n. 12, p. 2491-2497, 2014.
- SCHOENFELD, B. J. et al. Effects of low-vs. high-load resistance training on muscle strength and hypertrophy in well-trained men. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 29, n. 10, p. 2954-2963, 2015.
- SHAPIRO, Y. et al. Diabetes and menopause aggravate age-dependent deterioration in arterial stiffness. **Menopause**, v. 21, n. 11, p. 1234-1238, 2014.
- SIROLA, J.; RIKKONEN, T. Muscle performance after the menopause. **The Journal of the British Menopause Society**, v. 11, n. 2, p. 45-50, Jun 2005.
- SON, W.-M. et al. Combined exercise reduces arterial stiffness, blood pressure, and blood markers for cardiovascular risk in postmenopausal women with hypertension. **Menopause**, v. 24, n. 3, p. 262-268, 2017.
- STECKLING, F. et al. High Intensity Interval Training Reduces the Levels of Serum Inflammatory Cytokine on Women with Metabolic Syndrome. **Experimental and Clinical Endocrinology and Diabetes**, 2016.
- STRAIGHT, C. R.; BRADY, A. O.; EVANS, E. Sex-specific relationships of physical activity, body composition, and muscle quality with lower-extremity physical function in older men and women. **Menopause**, v. 22, n. 3, p. 297-303, 2015.

STUDENSKI, S. et al. Gait speed and survival in older adults. **Journal of the American Medical Directors Association**, v. 305, n. 1, p. 50-58, 2011.

STULTS-KOLEHMAINEN, M. A. et al. DXA estimates of fat in abdominal, trunk and hip regions varies by ethnicity in men. **Nutrition and Diabetes**, v. 3, p. e64, Mar 18 2013.

TOTH, M. et al. 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**, v. 24, n. 2, p. 226-231, 2000.

TROIANO, R. P. et al. Physical activity in the United States measured by accelerometer. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 40, n. 1, p. 181, 2008.

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

TSENG, L. A. et al. Body composition explains sex differential in physical performance among older adults. **Journals of Gerontology Series A: Biomedical Sciences and Medical Sciences**, v. 69, n. 1, p. 93-100, 2013.

TUCKER, J. M.; WELK, G. J.; BEYLER, N. K. Physical activity in US adults: compliance with the physical activity guidelines for Americans. **American Journal of Preventive Medicine**, v. 40, n. 4, p. 454-461, 2011.

UTTER, A. C. et al. Validation of the Adult OMNI Scale of perceived exertion for walking/running exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 36, n. 10, p. 1776-1780, 2004.

UUSI-RASI, K. et al. A 2-year follow-up after a 2-year RCT with vitamin D and exercise: effects on falls, injurious falls and physical functioning among older women. **Journals of Gerontology Series A: Biomedical Sciences and Medical Sciences**, p. glx044, 2017.

VALKEINEN, H. et al. Effects of concurrent strength and endurance training on physical fitness and symptoms in postmenopausal women with fibromyalgia: a randomized controlled trial. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 89, n. 9, p. 1660-1666, 2008.

VAN GEMERT, W. A. et al. Effect of Weight Loss with or without Exercise on Inflammatory Markers and Adipokines in Postmenopausal Women: The SHAPE-2 Trial, A Randomized Controlled Trial. **Cancer Epidemiology and Prevention Biomarkers**, 2016.

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

VASCONCELOS, A. P. S. L. et al. Comparison of the effect of different modalities of physical exercise on functionality and anthropometric measurements in community-dwelling older women. **Journal of Bodywork and Movement Therapies**, v. 20, n. 4, p. 851-856, 2016.

VINCENT, H.; VINCENT, K.; LAMB, K. Obesity and mobility disability in the older adult. **Obesity Reviews**, v. 11, n. 8, p. 568-579, 2010.

VISSERS, D. et al. The effect of exercise on visceral adipose tissue in overweight adults: a systematic review and meta-analysis. **PloS one**, v. 8, n. 2, p. e56415, 2013.

WEWEGE, M. et al. The effects of high-intensity interval training vs. moderate-intensity continuous training on body composition in overweight and obese adults: a systematic review and meta-analysis. **Obesity Reviews**, v. 18, n. 6, p. 635-646, 2017.

WHO. Research on menopause. **WHO Technical Report Series**, p. 670, 1981.

WOLFE, B. E. et al. Effect of dieting on plasma leptin, soluble leptin receptor, adiponectin and resistin levels in healthy volunteers. **Clinical Endocrinology**, v. 61, n. 3, p. 332-338, 2004.

WOLSK, E. et al. IL-6 selectively stimulates fat metabolism in human skeletal muscle. **American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism**, v. 299, n. 5, p. E832-E840, 2010.

WU, M. et al. Circulating levels of leptin, adiposity and breast cancer risk. **British Journal of Cancer**, v. 100, n. 4, p. 578-582, 2009.

YAZDANYAR, A. et al. Association Between 6-Minute Walk Test and All-Cause Mortality, Coronary Heart Disease-Specific Mortality, and Incident Coronary Heart Disease. **Journal of Aging and Health**, v. 26, n. 4, p. 583-599, 2014.

YU, N. et al. Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized, Controlled Trials on the Effect of Exercise on Serum Leptin and Adiponectin in Overweight and Obese Individuals. **Hormone and Metabolic Research**, 2017.