

Efeito do treinamento concorrente sobre a força e hipertrofia muscular de mulheres na pós-menopausa

Effect of concurrent training on muscle hypertrophy and strength of postmenopausal women

Manoel Emílio Lixandrão¹

Valéria Bonganha¹

Miguel Soares Conceição¹

Cleiton Augusto Libardi^{1,2}

Ricardo Paes de Barros Berton¹

Claudia Regina Cavaglieri¹

Mara Patrícia Traina Chacon-Mikahil¹

Vera Aparecida Madruga¹

1. Laboratório de Fisiologia do Exercício – FISEX, Faculdade de Educação Física – FEF, Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Campinas, SP, Brasil.

2. Grupo de Estudos e Pesquisa em Adaptações Neuromusculares – GEPAN, Escola de Educação Física e Esportes – EEF, Universidade de São Paulo – USP, São Paulo, SP, Brasil.

ENDEREÇO PARA CORRESPONDÊNCIA

Manoel Emílio Lixandrão

Laboratório de Fisiologia do Exercício – FISEX, Faculdade de Educação Física Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Campinas, Brasil
Av. Érico Veríssimo, 701
CEP 13083-851 – Caixa postal 6134
e-mail: manelix.ef@gmail.com

• Recebido: 21/12/2011
• Re-submissão: 04/02/2012
20/03/2012
• Aceito: 21/06/2012

Resumo

A associação do treinamento de força (TF) e aeróbio (TA), conhecido com treinamento concorrente (TC), parece diminuir os ganhos de força e hipertrofia muscular quando comparado ao TF isolado. Dessa forma, esse estudo teve como objetivo comparar os efeitos de 16 semanas de TF e TC sobre os indicadores de hipertrofia e a força muscular em mulheres de meia-idade na pós-menopausa. Participaram 24 mulheres, não ativas fisicamente, subdivididas em três grupos: Grupo TC (n=8), Grupo TF (n=8) e Grupo Controle (n=8). Os treinamentos foram compostos de duas etapas (E1 e E2) com duração de oito semanas cada, e frequência de três sessões/semana (TF: 10 exercícios com 3 x 8-10 RM; TC: 6 exercícios com 3 x 8-10 RM, seguido de 30 min de caminhada ou corrida a 55-85% VO_{2pico}). Foram avaliadas a área muscular de coxa (AMC), força máxima e consumo pico de oxigênio (VO_{2pico}). Os resultados demonstraram aumento na força máxima nos exercícios *leg press*, supino reto e rosca direta para o TF e TC, sem diferença entre eles. Com relação aos indicadores hipertróficos não houve aumento na AMC para o TF e TC. Houve aumento do VO_{2pico} somente para o TC. Dessa forma, podemos concluir que o TC, realizado com as recomendações mínimas de TA preconizadas pelo *American College of Sports Medicine (ACSM)*, não promoveu efeito de interferência na força máxima e hipertrofia muscular de mulheres de meia-idade na pós-menopausa.

Palavras-chave: Pós-menopausa; Composição corporal; Força muscular; Treinamento de força; Exercício.

Abstract

The combination of strength (TF) and aerobic training (TA), known as concurrent training (TC), seems to diminish the muscle strength and hypertrophy gains when compared with isolated TF. This study aimed to compare the effects of 16 weeks of concurrent training (TC) and resistance training (TF) on hypertrophic indicators and muscle strength of middle-aged postmenopausal women. Participated 24 non-active women randomly assigned in three groups: TC (n=8), TP (n=8) and control group (GC, n=8). Both training protocols were divided in two phases lasting eight weeks with a three weeks sessions frequency (TF: 10 exercises, 3x8-10 RM; TC: 6 exercises, 3x8-10 RM followed by 30 min of walking or running at 55-85% VO_{2peak}). It were assessed thigh muscle area (AMC), muscle strength and maximal oxygen uptake (VO_{2peak}). Our data showed that both training protocols (i.e., TF and TC) significantly increased maximal strength in leg press, bench press and arm curl without differences between groups. Regarding the hypertrophic indicators there was no difference in AMC for both training groups. VO_{2peak} significantly increased only for TC. Thus, our data showed that when TC is held closely to the minimum of American College of Sports Medicine (ACSM) recommendation for aerobic training, no interference effect is observed in muscle strength and hypertrophic indicators in middle-aged postmenopausal women.

Keywords: Postmenopausal; Body composition; Muscle strength; Resistance training; Exercise.

Você pode ter acesso a este artigo na sua **versão em inglês** no site da Sociedade Brasileira de Atividade Física & Saúde (www.sbafs.org.br)

INTRODUÇÃO

A menopausa é caracterizada por uma redução na produção de hormônios femininos¹. Durante essa fase, as mulheres apresentam aumento da gordura total e redistribuição da gordura periférica para a região central, com concomitante diminuição da massa muscular esquelética². Essa redução tem sido associada a uma diminuição na quantidade de atividade física diária, na capacidade de gerar força muscular e na aptidão aeróbia nos idosos (i.e. consumo máximo de oxigênio, $VO_{2\text{máx.}}$)³. Por sua vez, essas reduções estão relacionadas a uma maior prevalência tanto de doenças crônicas degenerativas como a resistência à insulina, diabetes tipo 2⁴ e síndrome metabólica⁵ quanto de mortes acidentais decorrentes de quedas⁶.

Por isso, a prática de exercício físico tem sido amplamente recomendada como estratégia para reverter/minimizar os efeitos deletérios do envelhecimento na massa e força musculares. Diversas diretrizes para a prática de exercícios físicos recomendam a realização de treinamento concorrente (TC; i.e. treinamento de força – TF e treinamento aeróbio – TA em uma mesma unidade de treinamento ou em dias alternados) para homens e mulheres durante o envelhecimento^{7,8}. Porém, alguns estudos têm demonstrado que o TC atenua a resposta adaptativa ao treinamento físico, pois parece diminuir os ganhos de força e hipertrofia muscular no músculo exercitado, quando comparado ao TF isolado, fenômeno este conhecido como “efeito de interferência”^{9,10}.

Embora muitas hipóteses tenham sido relatadas na literatura sobre o efeito de interferência^{9, 11, 12}, o mecanismo responsável por tal fenômeno ainda não está totalmente esclarecido. Em uma dessas hipóteses, sugere-se que quando o TC é realizado com volume maior que o TF isolado, o efeito de interferência é mais comumente observado. Por exemplo, Karavirta et al. (2011) verificaram aumento na área de secção transversa de fibras musculares tipo II da coxa, em homens de meia-idade, somente para os que realizaram TF (2x/sem.), sem nenhuma alteração para o grupo que realizou TC (TF 2x/sem. e TA 2x/sem.). Efeito de interferência na massa magra de membros inferiores também foi demonstrado por Sillampää et al. (2008)¹³, por meio de *Dual-energy X-ray absorptiometry* (DXA). Porém, nesse mesmo estudo, verificou-se por meio de ultrassonografia, que a espessura do vasto lateral e intermédio não apresentaram diferenças significantes entre os grupos TF (11%) e TC (9%). É importante ressaltar que nos estudos supra citados, o volume do TC foi aumentado comparado ao TF devido a inserção de sessões de TA, com duração de até 90 minutos no cicloergômetro. Por outro lado, quando o TC é realizado com um volume semanal inferior (1x/sem. TF e 1x/sem. TA) ao TF isolado (2x/sem.) foi verificado aumento similar na área de secção transversa da coxa quando comparado os dois regimes de treinamento (TF e TC)^{14, 15}. Embora o efeito de interferência não tenha se manifestado nos estudos de Izquierdo et al. (2004; 2005), o volume semanal do TA durante o TC realizado foi abaixo das recomendações mínimas preconizadas pelo ACSM (2007; 2009)^{7, 8}.

Recentemente, nosso grupo demonstrou que o TC apresentou ganhos de força muscular similar ao TF para homens de meia-idade, quando o TA foi realizado próximo as recomendações das mínimas sugeridas pelo ACSM¹⁶. Assim, é possível que o mesmo ocorra com mulheres na pós-menopausa, porém ainda não se sabe se o efeito de interferência também não ocorrerá para a hipertrofia muscular.

Dessa forma, o presente estudo tem como objetivo verificar se o TC com baixo volume de TA, porém dentro das recomendações mínimas do ACSM, promove efeito de interferên-

cia na força e hipertrofia muscular em mulheres de meia-idade na pós-menopausa. Nossa hipótese é que o TC não promova efeito de interferência na força e hipertrofia muscular após 16 semanas de treinamento.

MÉTODOS

Amostra

Participaram desse estudo 24 mulheres de meia-idade na pós-menopausa (cinco hysterectomizadas), clinicamente saudáveis, não praticantes de exercícios físicos regulares (i. e. menor que duas vezes por semana e não sistematizada), que foram subdivididas em três grupos: TC (n=8, idade 53,0 ± 6,0). Grupo TF (n=8, idade 54,0 ± 3,6) e Grupo Controle (GC n=8, idade 51,0 ± 6,0). Como critérios de inclusão, as voluntárias deveriam estar na pós-menopausa (12 meses sem menstruações), não ter realizado programas de TF regularmente pelos menos a seis meses do início do estudo e não fazer uso de terapia hormonal (i. e. 1 ano precedente ao estudo), não apresentarem qualquer tipo de doença cardiovascular e/ou ortopédica e não fazer uso de medicação que pudesse interferir nas respostas fisiológicas (i. e. força muscular, capacidade e potência aeróbia e composição corporal), aderência maior que 85% do total das sessões de treinamento previstas. As voluntárias foram orientadas a não mudar o padrão dos hábitos alimentares durante o período experimental, entretanto nenhum controle sobre a dieta foi realizado. Após estarem cientes da proposta do estudo e procedimentos aos quais se submeteriam, as voluntárias assinaram o consentimento livre e esclarecido. Esse estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em pesquisa da Universidade local (248/2004).

Avaliação antropométrica e composição corporal

Para a medida da massa corporal foi utilizada um balança de plataforma (Filizola, São Paulo, Brasil), e a estatura foi obtida em estadiômetro de madeira com precisão de 0,1 cm. O índice de massa corpórea (IMC) foi obtido pela equação: massa corporal/estatura².

Foi mensurada a dobra cutânea da coxa, esta foi mensurada por meio de um adipômetro calibrado (LANGE, Cambridge, Maryland, USA). Foi realizada também medidas de circunferência da coxa direita. O diâmetro do bicôndilo femural, foi mensurado por meio de um compasso de pontas rombas com precisão de 0,1 cm. Todos os procedimentos da avaliação antropométrica e da mensuração das dobras cutâneas foram realizados de acordo com as técnicas descritas por Heyward¹⁷.

Área muscular de coxa

A área muscular de coxa (AMC) foi calculada pela equação de Knapik¹⁸. $AMC (cm^2) = 0,649 \times [Ccx/\pi - Dcx]^2 - (0,3 - DO)^2$. Onde Ccx = circunferência de coxa direita; Dcx = espessura da dobra cutânea da coxa; DO = diâmetro ósseo de fêmur. O grau de erro da fórmula para a AMC é de aproximadamente 6%¹⁸.

Força muscular

Previamente ao início da avaliação da força muscular foram realizadas duas sessões de familiarização com os seguintes exercícios: *leg press*, extensão dos joelhos, flexão dos joelhos, supino reto, puxador alto, elevação lateral, flexão dos cotovelos, extensão dos cotovelos no puxador alto, exercício abdominal, (RIGUETTO equipamentos, São Paulo, SP). Durante as duas sessões de familiarização, as voluntárias deveriam realizar duas séries de 10 repetições submáximas, com 60 segundos de intervalo entre as séries e exercícios. A força muscular

foi mensurada por meio do teste de uma repetição máxima (1-RM) nos exercícios supino reto, *leg press* e flexão dos cotovelos¹⁹. Todos os exercícios foram precedidos por uma série de aquecimento de 10 repetições, com aproximadamente 50% da carga prevista para a primeira tentativa de cada teste de 1-RM, sendo o início dos testes três minutos após o aquecimento. Em seguida, as voluntárias foram orientadas a realizar uma única repetição com a carga prevista para 1-RM. Caso fossem completadas duas repetições na primeira tentativa, ou mesmo se não fosse completada sequer uma repetição, uma segunda tentativa foi realizada após um intervalo de três a cinco minutos com carga (kg) superior (primeira possibilidade) ou inferior (segunda possibilidade) àquela empregada na tentativa anterior. Uma terceira e última tentativa foi realizada se ainda não houvesse determinado a carga correspondente a uma única repetição máxima. Todas as voluntárias realizaram duas sessões de testes com intervalo de 48h entre elas, visando familiarização com os mesmos, e assim minimizar os efeitos de aprendizagem. Foi considerada a maior carga obtida para as análises. O *intraclass correlation coefficient* (ICC) foi utilizado para analisar a fiabilidade do teste e re-teste de 1-RM nos exercícios supino reto (0,94), *leg press* (0,97) e rosca direta (0,99).

Avaliação cardiorrespiratória

As voluntárias executaram um protocolo de teste em esteira ergométrica (Quinton TM55. Bothell, Washington, EUA), no qual as trocas gasosas foram coletadas continuamente, respiração a respiração, por meio de um sistema metabólico de análise de gases (CPX, Medical Graphics, St. Paul, Minnesota, USA).

O protocolo consistiu de uma velocidade inicial de aquecimento de 4 km/h por 2 minutos, seguidos de acréscimos de 0,3 km/h a cada 30 s, com uma inclinação constante de 1% até a exaustão física. Seguido então de um período de 4 minutos de recuperação, sendo o primeiro minuto à 5 km/h, reduzindo-se 1 km/h a cada minuto²⁰.

A avaliação cardiorrespiratória foi realizada em três momentos: antes, após oito semanas e 16 semanas do período experimental. A avaliação após oito semanas foi realizada para reajuste da intensidade do treinamento aeróbio no grupo TC.

Capacidade aeróbia

A capacidade aeróbia foi determinada por meio de uma análise visual gráfica²¹, realizada por três observadores previamente treinados, e familiarizados com o sistema CPX da Medical Graphics. O limiar anaeróbio (LA) foi caracterizado como o primeiro ponto de inflexão das curvas da ventilação (VE), equivalente respiratório de O₂ (VE/O₂) e pressão parcial de O₂ (PETO₂), sem concomitante aumento no equivalente respiratório de CO₂ (VE/VCO₂)²¹. Já o ponto de compensação respiratória (PCR) foi determinado considerando a segunda quebra da linearidade da VE, aumento do equivalente ventilatório de dióxido de carbono (VE/VCO₂), e queda na curva da pressão parcial de CO₂ (PETCO₂)^{21,22}.

Potência aeróbia

A maioria das voluntárias do presente estudo não apresentou platô no consumo de oxigênio, considerado critério para caracterização do VO_{2máx}²³. Portanto, optou-se pela utilização do termo, consumo de oxigênio pico (VO_{2pico}). Essa, foi expressa a partir do (VO_{2pico}) considerado como a média dos valores nos últimos 30 segundos da avaliação cardiorrespiratória²⁴. Para assegurar que as voluntárias realizaram esforço máximo, foram adotados pelo menos dois dos três critérios a

seguir: (1) um platô no VO₂, ou seja, nenhuma ou pouca variação no VO₂ (< 2,1 mL.kg⁻¹.min⁻¹) apesar do aumento na intensidade do exercício; (2) razão de trocas respiratórias maior que 1,10; (3) frequência cardíaca (FC) maior que 90% do máximo predito para a idade²³.

Treinamento de força (TF)

O programa de TF foi dividido em duas etapas: na (E1) as participantes realizavam 10 exercícios (*leg press*, extensão do joelho, flexão do joelho, supino reto, puxador alto, elevação lateral ombro, tríceps na polia, rosca direta, exercício abdominal e elevação na ponta dos pés para panturrilha), os exercícios foram alternados por segmentos, da seguinte forma: foi iniciado com um exercício para membros superiores, seguido de um exercício para membros inferiores. O exercício abdominal foi sempre o último a ser realizado. O TF foi prescrito por zona alvo de repetições máximas, com três séries de 10 repetições, com pausa de 60 s entre as séries e exercícios. Na (E2) foram realizados os mesmos exercícios da E1, sendo a ordenação desses localizada por articulação, primeiramente os exercícios para membros inferiores e em seguida, os exercícios para membros superiores, com três séries de oito repetições máximas com pausa de 90 s entre as séries e exercícios. A duração total de cada sessão foi de aproximadamente 60 min¹⁶.

Treinamento concorrente (TC)

O TC era realizado numa mesma sessão o TA e o TF, dividido em duas etapas. Na (E1) as participantes realizavam primeiramente o TF que foi composto de seis exercícios (*leg press*, extensão de joelho, flexão de joelho, supino reto, puxador alto e rosca direta, com três séries de 10 repetições e pausa de 60 s, e duração da sessão de aproximadamente 30 min. A ordenação dos exercícios foi alternada por segmentos nessa fase. Em seguida as voluntárias realizavam 30 min de TA, com exercícios de caminhada e/ou corrida com variação da intensidade, 5 min. abaixo do LA, 10 min. no LA, 10 min. acima do LA e abaixo do PCR, e 5 min. abaixo do LA. Essas intensidades se encontravam entre a 55-85% do VO_{2pico} ou da frequência cardíaca de reserva segundo ACSM, (1998)²⁵. Na E2 do TC a sessão de TF foi realizada com os mesmos exercícios e séries da E1, porém, com três séries de oito repetições e pausa de 90 s e duração de aproximadamente 30 min/sessão. Nessa etapa a ordenação dos exercícios foi localizada por articulação. Para o TA ocorreu também um aumento da intensidade do treinamento sendo 5 min abaixo do LA, 10 min acima do LA e abaixo do PCR, 10 min no PCR, 5 min abaixo do LA totalizando 30 min. A duração total da sessão do TC foi de aproximadamente 60 min¹⁶.

Os exercícios com pesos eram realizados em uma cadência de 2s para a fase concêntrica e 2s para a fase excêntrica. Para esses exercícios tanto no TF quanto no TC houve uma progressão semanal da carga utilizada previamente descrito em Libardi et al., (2011)¹⁶. Para o TA, a intensidade de treinamento referente ao LA e PCR foi monitorada por meio da velocidade de caminhada, corrida e frequência cardíaca obtidas no teste executado na esteira (antes do período de treinamento e após oito semanas), uma vez que o mesmo foi realizado com inclinação de 1% para reproduzir as condições de treinamento na pista de atletismo²⁰.

Análise estatística

Foi utilizado o teste de Shapiro-Wilk para constatação da normalidade da amostra. Foi utilizado o teste de Levene e o de Mauchys para constatação da homogeneidade e esfericidade,

respectivamente. A análise de variância para medidas repetidas (two-way ANOVA) foi utilizada para comparação inter e intra-grupos da força máxima e AMC. Para comparação dos valores de análise da linha base e percentual de modificação do VO_{2pico} foi utilizada ANOVA one-way. Na ocorrência de valores de F significantes, foi utilizado um ajuste de Tukey para efeito de comparações múltiplas. Os resultados foram apresentados em valores de média e desvio-padrão. Foi adotada significância de $P < 0,05$.

RESULTADOS

Força máxima

O TF e TC apresentaram aumentos significantes na força máxima para os exercícios *leg press* ($F = 6,3$; $P = 0,0001$; 37,6% e $P = 0,0045$; 26,3% respectivamente), supino reto ($F = 18,7$; $P = 0,0001$; 34,4% e $P = 0,0001$; 21,9% respectivamente) e rosca direta ($F = 1,5$; $P = 0,0005$; 16,0% e $P = 0,01$; 13,7% respectivamente), sem diferença significativa entre os grupos ($P > 0,05$), (Tabela 2).

Indicador de hipertrofia muscular (AMC)

A AMC não apresentou diferença significativa para nenhum dos protocolos de intervenção ($F = 4,9$; $P > 0,05$), (Tabela 1).

Consumo pico de oxigênio (VO_{2pico})

Não houve diferença significativa em relação aos valores pré-intervenção do VO_{2pico} entre TC ($26,1 \pm 3,0$ ml/kg/min.), TF ($29,4 \pm 2,3$ ml/kg/min.) e GC ($27,7 \pm 2,5$ ml/kg/min.), (Tabela 1). Houve aumento dos valores de VO_{2pico} somente para o TC ($28,40 \pm 2,3$ ml/kg/min.; 8,8%), sendo diferente significativamente do TF ($26,60 \pm 6,10$ ml/kg/min.; -9,9%; $P = 0,009$) e GC ($24,20 \pm 2,80$ ml/kg/min.; -12,5%; $P = 0,003$), ($F = 8,5$), (Figura 1).

DISCUSSÃO

O objetivo desse estudo foi comparar os efeitos do TC e TF sobre a força máxima e hipertrofia muscular de mulheres na pós-menopausa. Os principais resultados do presente estudo confirmam a hipótese que o TC realizado próximo as

Tabela 1

Variáveis antropométricas, indicadores de hipertrofia muscular e VO_{2pico} , antes (pré) e após (pós) 16 semanas de treinamento de força (TF), treinamento concorrente (TC) e grupo controle (GC).

Variáveis	Momentos	TF (n=8)	TC (n=8)	GC (n=8)
MC (kg)	Pré	65,1 ± 8,8	62,3 ± 6,7	61,6 ± 6,8
	Pós	64,9 ± 8,8	62,8 ± 6,3	62,2 ± 7,7
IMC (kg/m ²)	Pré	26,6 ± 3,3	24,3 ± 2,3	24,8 ± 2,6
	Pós	26,5 ± 3,1	24,5 ± 2,1	25,1 ± 3,1
AMC (cm ²)	Pré	132,7 ± 25,0	119,3 ± 15,0	124,7 ± 15,5
	Pós	138,1 ± 22,4	123,7 ± 12,9	121,7 ± 14,8

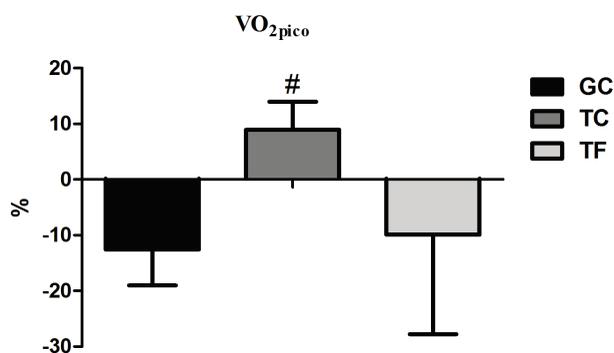
*Diferença significativa ($P < 0,05$) comparado ao momento pré. MC, massa corpora; IMC, índice de massa corporal; AMC, área muscular de coxa.

Tabela 2

Força máxima antes (pré) e após (pós) 16 semanas de treinamento de força (TF), treinamento concorrente (TC) e grupo controle (GC).

Exercícios	Momentos	TF (n=8)	TC (n=8)	GC (n=8)
Supino reto (Kg)	Pré	36,6 ± 9,2	38,5 ± 5,9	39,62 ± 6,0
	Pós	48,3 ± 8,5*	46,7 ± 6,6*	41,62 ± 7,7
Leg press (Kg)	Pré	127,3 ± 14,5	141,0 ± 39,1	132,50 ± 34,7
	Pós	176,6 ± 39,4*	172,1 ± 38,8*	144,75 ± 39,3
Rosca direta (Kg)	Pré	24,8 ± 4,9	23,2 ± 3,9	22,12 ± 2,8
	Pós	28,6 ± 4,7*	26,0 ± 2,1*	24,12 ± 2,9

*Diferença significativa ($P < 0,05$) comparado ao momento pré.



#Diferença significativa ($P < 0,05$) comparado ao TF e GC.

Figura 1

Valores do percentual de modificação entra as etapas do estudo no VO_{2pico} .

recomendações mínimas do ACSM, não promove efeito de interferência tanto na força quanto na hipertrofia muscular em mulheres na pós-menopausa. Foi verificado aumento similar na força muscular entre TF e TC, sem alterações na AMC após 16 semanas de treinamento.

Poucos estudos foram realizados somente em mulheres de meia-idade na pós-menopausa²⁶. Além disso, a comparação com outros estudos que investigaram o efeito de interferência do TC é dificultada, devido às discrepâncias encontradas em variáveis como volume, intensidade e frequência semanal^{9, 11}. Por exemplo, Sillanpää et al. (2008, 2009) verificaram aumento similar da força muscular entre TF (2x/sem.) e TC (TF 2x/sem. e TA 2x/sem.) para homens e mulheres de meia-idade. Por outro lado, quando o TF e TA são realizados na mesma sessão, o efeito de interferência foi verificado²⁷. Cadore et al., 2010, apontam que a ordem de execução dos treinamentos (TA antes do TF) pode ter influenciado os resultados, indicando que o efeito de interferência pode ser atribuído possivelmente a fadiga muscular induzida pela primeira atividade, a qual reduz a efetividade das adaptações fisiológicas da atividade realizada subsequentemente. Essa hipótese pode ser confirmada pelos achados Lemos et al., (2009), que verificaram que a realização de exercícios aeróbios de alta intensidade (80% FC_{máx}) precedentes aos exercícios de força, diminui o volume das séries subsequentes no TF²⁸.

No entanto, no presente estudo, a realização do TA posteriormente ao TF, não foi verificado o efeito de interferência nos ganhos de força dos membros inferiores para o TC (Tabela 2). Recentemente o nosso grupo, também não encontrou efeito de interferência em homens de meia-idade, em um protocolo de TC similar ao do presente estudo¹⁶. De fato, a ordem em que o TF e TA são realizados no TC pode influenciar de alguma forma a ausência ou não do efeito de interferência. Pode-se especular que embora o TF e TA tenham sido realizadas na mesma sessão, o baixo volume de TA pode ter contribuído para evitar o efeito de interferência nos ganhos de força máxima e ainda promover aumento no VO₂pico.

Em relação à hipertrofia muscular, alguns estudos embora não tenham observado efeito de interferência na força muscular de membros inferiores após realização de TC^{13, 29}, encontraram na hipertrofia muscular. Tem sido apontado que o efeito de interferência pode estar relacionado ao maior volume realizado pelo TC (TF 2x/sem. e TA 2x/sem.) quando comparado ao TF (TF 2x/sem.). Por outro lado, quando o TC é realizado com um volume semanal inferior (1x/sem. TF e 1x/sem. TA) ao TF isolado (2x/sem.) foi verificado aumento similar na área de secção transversa da coxa quando comparado os dois regimes de treinamento (i. e. TF e TC)^{14, 15}. No presente estudo, mesmo com um baixo volume de TA, não foi verificado aumento na área muscular de membros inferiores para nenhum dos grupos estudados. É importante ressaltar que a área muscular de coxa foi realizada por meio de um método indireto. Entretanto, esse método apresenta alta correlação com medidas como a ressonância magnética ($r = 0,96$)³⁰ e imagens de tomografia computadorizada ($r = 0,97$)¹⁸

Embora existam algumas variáveis que tentam/procuram explicar as diferentes respostas a programa de TC (intensidade, volume, frequência, duração)¹¹, a literatura ainda busca um consenso de como essas variáveis modulam as respostas de interferência ou não sobre a força e hipertrofia muscular. Assim, com base em nos nossos resultados podemos concluir que o TC, realizado com volume de TA próximo as recomendações mínimas preconizadas pelo ACSM não promoveu efeito de interferência na força muscular de membros inferiores,

após 16 semanas de intervenção em mulheres de meia-idade na pós-menopausa.

REFERÊNCIAS

1. WHO. Research on the menopause in the 1990s. Report of a WHO Scientific Group. World Health Organ Tech Rep Ser. 1996;866:1-107.
2. Roghani T, Torkaman G, Movassegh S, et al. Effects of short-term aerobic exercise with and without external loading on bone metabolism and balance in postmenopausal women with osteoporosis. *Rheumatol Int*. 2012.
3. Hunter GR, McCarthy JP, Bamman MM. Effects of resistance training on older adults. *Sports Med*. 2004;34(5):329-48.
4. Guillet C, Boirie Y. Insulin resistance: a contributing factor to age-related muscle mass loss? *Diabetes Metab*. 2005;31 Spec No 2:5S20-5S26.
5. Kuzuya M, Ando F, Iguchi A, et al. Age-specific change of prevalence of metabolic syndrome: longitudinal observation of large Japanese cohort. *Atherosclerosis*. 2007;191(2):305-12.
6. Lipsitz LA, Nakajima I, Gagnon M, et al. Muscle strength and fall rates among residents of Japanese and American nursing homes: an International Cross-Cultural Study. *J Am Geriatr Soc*. 1994;42(9):953-9.
7. Chodzko-Zajko WJ, Proctor DN, Fiatarone Singh MA, et al. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and physical activity for older adults. *Med Sci Sports Exerc*. 2009;41(7):1510-30.
8. Nelson ME, Rejeski WJ, Blair SN, et al. Physical activity and public health in older adults: recommendation from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Circulation*. 2007;116(9):1094-105.
9. Docherty D, Sporer B. A proposed model for examining the interference phenomenon between concurrent aerobic and strength training. *Sports Med*. 2000;30(6):385-94.
10. Cadore EL, Pinto RS, Lhullier FL, et al. Physiological effects of concurrent training in elderly men. *Int J Sports Med*. 2010;31(10):689-97.
11. Leveritt M, Abernethy PJ, Barry BK, et al. Concurrent strength and endurance training. A review. *Sports Med*. 1999;28(6):413-27.
12. Nader GA. Concurrent strength and endurance training: from molecules to man. *Med Sci Sports Exerc*. 2006;38(11):1965-70.
13. Sillanpää E, Hakkinen A, Nyman K, et al. Body composition and fitness during strength and/or endurance training in older men. *Med Sci Sports Exerc*. 2008;40(5):950-8.
14. Izquierdo M, Hakkinen K, Ibanez J, et al. Effects of combined resistance and cardiovascular training on strength, power, muscle cross-sectional area, and endurance markers in middle-aged men. *Eur J Appl Physiol*. 2005;94(1-2):70-5.
15. Izquierdo M, Ibanez J, KHA, et al. Once weekly combined resistance and cardiovascular training in healthy older men. *Med Sci Sports Exerc*. 2004;36(3):435-43.
16. Libardi CA, Souza GV, Gaspari AF, et al. Effects of concurrent training on interleukin-6, tumour necrosis factor-alpha and C-reactive protein in middle-aged men. *J Sports Sci*. 2011;29(14):1573-81.
17. Heyward V. ASEP methods recommendation: body composition assessment. *Journal of Exercise Physiology - online*. 2001;4:1-12.
18. Knapik JJ, Staab JS, Harman EA. Validity of an anthropometric estimate of thigh muscle cross-sectional area. *Med Sci Sports Exerc*. 1996;28(12):1523-30.
19. Brown L, Weir J. Procedures recommendation I: Accurate assessment of muscular strength and power. *Journal of Exercise Physiology - online*. 2001;4:1-21.
20. Jones AM, Doust JH. A 1% treadmill grade most accurately reflects the energetic cost of outdoor running. *J Sports Sci*. 1996;14(4):321-7.
21. Wasserman K, Whipp BJ, Koil SN, et al. Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. *J Appl Physiol*. 1973;35(2):236-43.
22. McLellan TM. Ventilatory and plasma lactate response with different exercise protocols: a comparison of methods. *Int J Sports Med*. 1985;6(1):30-5.
23. Howley ET, Bassett DR, Jr., Welch HG. Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. *Med Sci Sports Exerc*. 1995;27(9):1292-301.
24. Heubert RA, Billat VL, Chassaing P, et al. Effect of a previous sprint on the parameters of the work-time to exhaustion relationship in high intensity cycling. *Int J Sports Med*. 2005;26(7):583-92.
25. ACSM. American College of Sports Medicine Position Stand. The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. *Med Sci Sports Exerc*. 1998;30(6):975-91.
26. Sillanpää E, Laaksonen DE, Hakkinen A, et al. Body composition, fitness, and metabolic health during strength and endurance training and their combination in middle-aged and older women. *Eur J Appl Physiol*. 2009;106(2):285-96.
27. Cadore EL, Izquierdo M, Gonçalves Dos Santos M, et al. Hormonal Responses to Concurrent Strength and Endurance Training with Different Exercise Orders. *J Strength Cond Res*. 2012.
28. Lemos A, Simão R, Polito M, et al. The acute influence of two intensities of aerobic exercise on strength training performance in elderly women. *J Strength Cond Res*. 2009;23(4):1252-7.
29. Karavirta L, Hakkinen A, Sillanpää E, et al. Effects of combined endurance and strength training on muscle strength, power and hypertrophy in 40-67-year-old men. *Scand J Med Sci Sports*. 2011;21(3):402-11.
30. Heymsfield SB, McManus C, Smith J, et al. Anthropometric measurement of muscle mass: revised equations for calculating bone-free arm muscle area. *Am J Clin Nutr*. 1982;36(4):680-90.