

Efeito do treinamento concorrente sobre a força e área de secção transversa muscular

Effects of concurrent training on strength and muscle cross sectional area

MENDES JUNIOR E, LIBARDI CA, CONCEIÇÃO MS, NOGUEIRA FRD, VECHIN FC, GASPARI AF, BERTON RPB, LIXANDRÃO ME, MIKAHIL MPTC. Efeito do treinamento concorrente sobre a força e área de secção transversa muscular. **R. bras. Ci. e Mov** 2012;20(2):98-105.

RESUMO: O treinamento de força (TF) induz aumentos na força e hipertrofia muscular. Por outro lado, o treinamento aeróbio (TA) é capaz de elevar a potência aeróbia ($VO_{2\text{pico}}$). Porém a associação entre o TF e TA, conhecido como treinamento concorrente (TC), parece diminuir os ganhos de força e hipertrofia muscular quando comparado ao TF isolado. Dessa forma, esse estudo comparou os efeitos de 16 semanas de TF, TA e TC na área de secção transversa de coxa (ASTC) e força muscular em 49 homens de meia-idade não ativos fisicamente. Para tanto os sujeitos foram randomizados em TF (n=12), TA (n=12), TC (n=12) e grupo controle (GC, n=13). Os protocolos de treinamento foram compostos de duas etapas (E1 e E2) com duração de oito semanas cada, e frequência de três sessões/semana (TF: 10 exercícios 3 x 8-10RM; TA: 60 min de caminhada ou corrida a 55-85% $VO_{2\text{pico}}$; TC: 6 exercícios 3 x 8-10RM somados de 30 min de caminhada ou corrida a 55-85% $VO_{2\text{pico}}$; GC não realizou nenhum protocolo de treinamento durante o período do estudo). A ASTC foi mensurada pela equação de Knapik; força máxima por teste de 1-RM; $VO_{2\text{pico}}$ por meio de teste ergométrico em esteira. Os principais resultados demonstraram que o TF e TC obtiveram aumentos similares da ASTC (5,7 e 5,6%; respectivamente) e concomitante aumento da força máxima no exercício *leg press* após 16 semanas de intervenção (48,6 e 54,8%; respectivamente). Os resultados referentes ao $VO_{2\text{pico}}$ evidenciaram aumentos similares apenas para os grupos TC (14,8%) e TA (21,7%) após a intervenção. Dessa forma, concluímos que o protocolo de TC utilizado no presente estudo, não promove o efeito de interferência na ASTC e força muscular de membros inferiores de homens de meia-idade.

Palavras-chave: Hipertrofia; Treinamento de Resistência; Músculo Esquelético; Exercício Aeróbico.

ABSTRACT: Strength training (TF) promotes muscle hypertrophy and enhances muscle strength. On the other hand, endurance training (TA) raises the peak oxygen uptake ($VO_{2\text{peak}}$). However, the association between TF and TA, known as concurrent training (TC), might impair gains of muscle hypertrophy and strength compared to isolated TF. Therefore, this study analyzed the effects of 16 weeks of TF, TA and TC in muscle strength and thigh cross sectional area (AST) in 49 non-physically active middle-aged men. Subjects were randomized in TF (n=12), TA (n=12), TC (n=12) and control group (GC, n=13). Trainings were composed of two periods (E1 and E2) of 8 weeks each and frequency of 3 days/week (TF: 10 exercises-3x8-10RM; TA: 60 min of walking or running; TC: 6 exercises-3x8-10RM followed by 30 min of walking or running at 55-85% $VO_{2\text{peak}}$; GC did not performed any training during study period). Thigh AST was analyzed through the equation of Knapik; muscle strength through 1-RM test; $VO_{2\text{peak}}$ through a cardiorespiratory treadmill test. Main results showed that TF and TC enhanced similarly muscle strength in leg press (5,7 e 5,6%; respectively) and thigh AST (48,6 e 54,8%; respectively) following 16 weeks of intervention. The results regarding $VO_{2\text{peak}}$ demonstrated similar increases for TC (14,8%) and TA (21,7%) after intervention. We concluded that 16 weeks of TC did not produce the interference effect either for thigh AST or lower limbs muscle strength in middle-aged men.

Key Words: Hypertrophy; Resistance Training; Skeletal Muscle; Endurance Training.

Edson Mendes Junior¹
Cleiton A. Libardi²
Miguel S. Conceição¹
Felipe R. Damas Nogueira¹
Felipe C. Vechin²
Arthur F. Gaspari¹
Ricardo P. de B. Berton¹
Manoel E. Lixandrão¹
Mara P. T. C. Mikahil¹

¹UNICAMP

²USP

Enviado: 04/06/2012

Aceito: 22/10/2012

Contato: Edson Mendes Junior - eds82_junior@hotmail.com

Introdução

O processo de envelhecimento promove redução da massa muscular esquelética, e diminuição de aptidão aeróbia (consumo máximo de oxigênio). Estas mudanças degenerativas, que começam a ser pronunciadas já na meia-idade, podem acarretar em dependência funcional^{1,2} e no desenvolvimento de doenças crônico-degenerativas^{3,4,1}.

Contudo, para reverter e/ou minimizar os efeitos deletérios do envelhecimento, a prática regular do treinamento de força (TF) pode promover alterações morfofuncionais positivas, como o aumento de força e da área de secção transversa (AST) muscular¹. Adicionalmente, o treinamento aeróbio (TA) promove aumento da capacidade e potência aeróbia, prevenindo fatores de risco cardiovascular⁵. Desta forma, o *American College of Sports Medicine (ACSM)*^{6,3}, tem recomendado a realização do treinamento concorrente (TC), ou seja, utilizar ambos os treinamentos (TF e TA). No entanto, o TC pode diminuir a resposta adaptativa crônica relacionada aos ganhos de força e principalmente hipertrofia muscular quando comparado ao TF isolado, configurando o fenômeno conhecido como “efeito de interferência”⁷⁻⁹. Entre as hipóteses sugeridas para o efeito de interferência, o maior volume do TC comparado ao TF isolado, parece comprometer os ganhos de força e hipertrofia muscular^{10,11}.

Karavirta *et al.*¹⁰ demonstraram em indivíduos com idade entre 40 e 67 anos, após a realização de TF (2x/sem), aumento significativo na AST de coxa (ASTC) de fibras tipo II. Entretanto, os indivíduos que realizaram TC (2x/sem TF e 2x/sem TA) não modificaram significativamente a ASTC destas fibras. Resultados semelhantes foram encontrados por Sillanpää e colaboradores¹¹, ao compararem as alterações de massa magra de membros inferiores após a realização de protocolos de TC (2x/sem TF e 2x/sem TA), TF (2x/sem) e TA (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 observado aumento similar na ASTC^{12,13}. No entanto, o baixo volume de treinamento não atinge às recomendações do ACSM

frente aos exercícios aeróbios (75 mim vigorosos semanal)⁴, e tão pouco às recomendações frente aos exercícios de força³ que sugerem para indivíduos iniciantes, frequência mínima de três vezes por semana.

Recentemente, estudos do nosso grupo com baixo volume de TC, porém, com as recomendações mínimas sugeridas pelo ACSM (TF e TA na mesma sessão, com duração de ~60 min, 3x/sem.), não verificaram efeito de interferência na força muscular de indivíduos de meia-idade^{14,15}. Dessa forma, é possível que o TC proposto neste estudo, também não verifique efeito de interferência na hipertrofia muscular. Portanto, o objetivo do presente estudo foi comparar a modificação da ASTC e da força muscular após 16 semanas de TC (TC realizado 3x/sem. com TA e TF na mesma sessão) aos protocolos de treino isolados (TF e TA), em indivíduos de meia-idade. Como hipótese, tem-se que a realização do TC com um volume baixo, porém seguindo as recomendações mínimas do ACSM, não apresente efeito de interferência na ASTC de coxa e força muscular. Assim, o objetivo do presente estudo foi verificar o efeito de 16 semanas de TF, TC e TA na área de secção transversa da coxa e força muscular dos membros inferiores de indivíduos de meia-idade não ativos fisicamente.

Materiais e Métodos

Desenho experimental

O período experimental do treinamento foi de 16 semanas. Os grupos TF, TA e TC realizaram três sessões semanais (segunda, quarta e sexta-feira). Já o grupo controle (GC) não realizou qualquer tipo de exercício físico. A força muscular, área de secção transversa de coxa e potência aeróbia foram mensuradas antes (pré) e após 16 semanas (pós) do período experimental. Para reajustes das intensidades de treinamento de força e aeróbio foram realizados após 8 semanas de treinamento os testes de 1-RM e o teste de esteira, respectivamente. A fim de evitar as interferências dos ciclos circadianos, todos os testes e re-testes foram realizados no mesmo período do dia.

Amostra

Participaram desse estudo 49 homens de meia-idade, clinicamente saudáveis, não praticantes de exercícios físicos regulares (exercícios físicos com frequência menor que 2x/sem. e não sistematizados), que foram randomicamente subdivididos em quatro grupos: TF (n=12, idade = $48,6 \pm 5$ anos, estatura = $172,5 \pm 5,9$ cm, massa corporal = $82,8 \pm 15,1$ kg, IMC = $27,8 \pm 3,4$ kg/cm²), TC (n=12, idade = $48,6 \pm 5,3$ anos, estatura = $172,7 \pm 6,4$ cm, massa corporal = $84,1 \pm 8,4$ kg, IMC = $28,2 \pm 3,1$ kg/cm²), TA (n=12, idade = $47,4 \pm 3,6$ anos, estatura = $174,7 \pm 5,2$ cm, massa corporal = $76,6 \pm 9,7$ kg, IMC = $25,6 \pm 2,2$ kg/cm²) e GC (n=13, idade = $49,1 \pm 5,3$ anos, estatura = $172,5 \pm 6,5$ cm, massa corporal = 73 ± 13 kg, IMC = $24,6 \pm 3,3$ kg/cm²). Como critérios de inclusão, os voluntários não poderiam ter realizado programas de TF regularmente pelos menos a seis meses do início do estudo, não apresentarem qualquer tipo de doença cardiovascular e/ou ortopédica, não fazer uso de medicação que pudesse interferir nas respostas fisiológicas (força muscular, capacidade e potência aeróbia e composição corporal) e aderência maior que 90% do total das sessões de treinamento previstas. Os voluntários foram orientados 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, os voluntários assinaram o consentimento livre e esclarecido. Esse estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em pesquisa da própria Universidade (25/2003, 251/2003).

Avaliação antropométrica

Para a avaliação 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, por meio de um adipômetro calibrado (LANGE[®], Cambridge, Maryland, USA). Foi realizada também a medida da circunferência da coxa direita. O diâmetro do bicôndilo femoral 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 Heyward¹⁶.

Área de secção transversa de coxa

A área de secção transversa de coxa (ASTC) foi calculada pela equação de Knapik et al¹⁷:

$$AST \text{ de coxa (cm}^2\text{)} = 0,649 \times [Ccx/\pi - Dcx]^2 - (0,3 - DO)^2]$$

onde Ccx = circunferência de coxa direita; Dcx = espessura da dobra cutânea da coxa; DO = diâmetro ósseo de fêmur. O método de análise da área muscular de coxa utilizado no presente artigo (i.e. ASTC), possui alta correlação com medidas de ressonância magnética ($r = 0,96$)¹⁸ e imagens de tomografia computadorizada ($r = 0,97$)¹⁷.

Força muscular

A força muscular foi mensurada por meio do teste de uma repetição máxima (1-RM) no exercício *leg press*. Foram realizadas duas sessões de familiarização com o exercício *leg press* e também com o teste de 1-RM, separadas por 72h. Antes do início do teste de 1-RM foi realizada 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, os voluntários foram orientados 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 era 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 era realizada se ainda não houvesse determinado a carga correspondente a uma única repetição máxima. Foi considerada a maior carga obtida para as análises¹⁹.

Avaliação cardiorrespiratória

Os voluntários 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 iniciou com uma velocidade 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 minuto^{14,15}.

Capacidade aeróbia

A capacidade aeróbia foi determinada por meio de uma análise visual gráfica²⁰, 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)^{22,21}.

Potência aeróbia

Foi determinada a partir do consumo máximo de oxigênio considerado como a média dos valores nos últimos 30 segundos da avaliação cardiorrespiratória²³. Sendo que nem todos voluntários chegaram a um platô máximo durante o teste, foi utilizado o VO_{2pico} para referir-se a potência aeróbia. Para assegurar que os voluntários 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 idade²⁴.

Treinamento aeróbio (TA)

O TA foi dividido em duas etapas (E1 e E2): durante a (E1) os voluntários realizavam 60 minutos de TA, com exercícios de caminhada e/ou corrida com variação da intensidade, 10 minutos abaixo do LA, 20 minutos no LA, 20 minutos acima do LA e abaixo do PCR, e 10 minutos abaixo do LA. Na (E2) houve um aumento da intensidade do treinamento sendo 10 minutos abaixo do LA, 20 minutos acima do LA e abaixo do PCR, 20 minutos no PCR, 10 minutos abaixo do LA^{14,15}. Essas intensidades se encontravam entre a 55-85% do VO_{2pico} ou da frequência cardíaca de reserva segundo recomendações⁶. 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 atletismo²⁵.

Treinamento de força (TF)

O TF foi dividido em duas etapas (E1 e E2): durante a (E1) os voluntários 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 flexão plantar), os exercícios foram alternados por segmentos, da seguinte forma: iniciava-se com um exercício para membros superiores, seguido de um exercício para membros inferiores. O exercício abdominal foi sempre o último a ser realizado. A prescrição do TF foi realizada por zona alvo de repetições máximas, ajustadas semanalmente como previamente descrito¹⁴, com três séries de 10 repetições, pausa de 60 s entre as séries e exercícios. Na (E2) foram realizados os mesmos exercícios da E1, sendo a ordenação desses localizado 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

segundos entre as séries e exercícios. A duração total de cada sessão foi de aproximadamente 60 minutos^{14,15}.

Treinamento concorrente (TC)

No TC era realizado, em uma mesma sessão o TA e o TF, dividido em duas etapas (E1 e E2). Na (E1) os voluntários 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 os voluntários realizavam 30 minutos de TA, com exercícios de caminhada e/ou corrida com variação da intensidade, 5 minutos abaixo do LA, 10 minutos no LA, 10 minutos acima do LA e abaixo do PCR e 5 minutos abaixo do LA. Essas intensidades se encontravam entre a 55-85% do VO_{2pico} ou da frequência cardíaca de reserva segundo recomendações⁶. Na (E2) do TC a sessão de TF foi realizada com os mesmos exercícios da (E1), porém, com três séries de oito repetições e pausa de 90 s e duração de aproximadamente 30 minutos/sessão. Nessa etapa a ordenação dos exercícios foi localizada por articulação (i.e. primeiramente os exercícios para membros inferiores e em seguida, os exercícios para membros superiores). Para o TA ocorreu também um aumento da intensidade do treinamento sendo 5 minutos abaixo do LA, 10 minutos acima do LA e abaixo do PCR, 10 minutos no PCR e 5 minutos abaixo do LA totalizando 30 minutos. A duração total da sessão do TC foi de aproximadamente 60 minutos^{14,15}.

Os exercícios com pesos eram realizados em uma cadência de 2 segundos para a fase concêntrica e 2 segundos para a fase excêntrica. Para esses exercícios tanto no TF quanto no TC houve uma progressão semanal da carga já descrita e utilizada previamente¹⁵.

Análise estatística

Foi utilizado o teste de Shapiro-Wilk para constatação da normalidade da amostra. A análise de variância de modelos mistos para medidas repetidas foi

utilizada para comparação das mudanças de força máxima, VO_{2pico} e AST de coxa. Os grupo (TF, TC, TA e GC) e tempo (pré e pós) foram selecionados como fatores fixos e os sujeitos como fatores randômicos. Na ocorrência de valores de *F* significativos, foi utilizado o *post-hoc* de Tukey para comparações múltiplas. Os resultados foram apresentados em valores de média e desvio-padrão (média \pm DP). Para todas as análises adotou-se uma significância estatística de $p < 0,05$. Para a análise do poder estatístico foi utilizado o software G*Power 3.1.3²⁶ com alfa ajustado em 0,05. Todo o cálculo do poder estatístico foi realizado utilizando o *effect size* (diferença entre a mudança ocorrida com o exercício e os valores de base) e o *pooled* do desvio padrão de cada teste de força máxima, VO_{2pico} e AST de coxa²⁷.

Resultados

Poder estatístico *post-hoc*

Para a AST de coxa o poder estatístico foi de 0,81 para o TF; 0,87 para o TC e 0,41 para o TA. Com relação à força muscular, o poder foi de 1,00 para os três grupos. A análise de poder do VO_{2pico} também demonstrou poder de 1,00 para todos os grupos.

Área de secção transversa de coxa

A Figura 1 demonstra o aumento significativo da ASTC para o TF e TC após 16 semanas de intervenção ($p = 0,001$; 5,7%; $p = 0,010$; 5,6%, respectivamente) sem diferença entre os grupos ($p > 0,05$). Não foram observadas alterações significativas para os grupos TA e GC ($p > 0,05$).

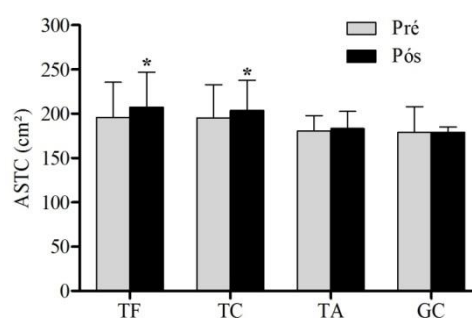


Figura 1. Área de secção transversa da coxa (ASTC) (cm²) antes (Pré) e após (Pós) 16 semanas de treinamento de força (TF), treinamento concorrente

(TC), treinamento aeróbio (TA) e grupo controle (GC). *Diferença significativa comparada ao pré-treinamento ($p < 0,05$)

Força muscular

Na figura 2, estão evidenciadas as mudanças na força muscular. O TF e TC apresentaram aumento significativo após 16 semanas de intervenção ($p = 0,001$; 48,6% e $p = 0,001$; 54,8% respectivamente), sem diferenças significativas entre os grupos ($p > 0,05$). Não foram observadas mudanças estatisticamente significativas para os grupos TA e GC.

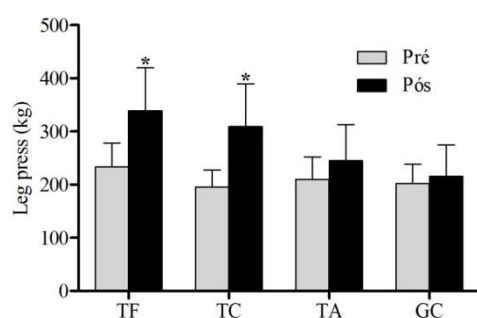


Tabela 1. Consumo de oxigênio pico (VO_{2pico}) antes e após 16 semanas de treinamento de força (TF), concorrente (TC), aeróbio (TA) e grupo controle (GC) intervenção

		TF	TC	TA	GC
VO_{2pico} ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$)	Pré	32,9 ± 4,9	30,4 ± 5,3	31,7 ± 4,2	30,9 ± 5,3
	Pós	35,3 ± 4,6	34,5 ± 5,1*	38,3 ± 3,6*	31 ± 4,3

Dados apresentados em média ± DP. *Diferença significativa comparada ao pré-treinamento ($P < 0,05$)

Discussão

O objetivo do presente estudo foi verificar o efeito de 16 semanas de treinamento de força (TF), concorrente (TC) e aeróbio (TA) na área de secção transversa da coxa e força muscular de indivíduos de meia-idade não ativos fisicamente. Os principais resultados do estudo confirmam a hipótese inicial, pois foi demonstrado que a execução do TC não apresentou efeito de interferência na força muscular e ASTC. Adicionalmente, nossos resultados corroboram com estudos da literatura que demonstraram melhoras no componente aeróbio tanto para o TA quanto para o TC^{10,15}.

No presente estudo, 16 semanas de TA promoveu aumento de 21,7% no VO_{2pico} , enquanto o TC aumentou 14,8% (Tabela 1). Assim, o TA realizado durante o TC, com volume 50% menor que o TA isolado,

Figura 2. Força máxima no exercício *leg press*, antes (Pré) e após (Pós) 16 semanas de treinamento de força (TF), treinamento concorrente (TC), treinamento aeróbio (TA) e grupo controle (GC). *Diferença significativa comparada ao pré-treinamento ($p < 0,05$)

Consumo máximo de oxigênio (VO_{2pico})

Foram observados aumentos similares do VO_{2pico} para os grupos TA e TC após 16 semanas de intervenção ($p = 0,001$; 21,7% e $p = 0,009$; 14,8% respectivamente). Não foram observadas mudanças significativas para os grupos TF e GC.

apresentou melhoras similares na potência aeróbia. Esses resultados são de grande importância para essa população, uma vez que a potência aeróbia tem sido inversamente relacionada à mortalidade²⁸. Por outro lado, como esperado, o TF não promoveu aumento significativo do VO_{2pico} (mudança de 3,63%) assim como demonstrado previamente¹⁵.

No entanto, o TF promoveu aumento de 48,6% na força muscular de membros inferiores (Figura 2). Similarmente, foram encontrados aumentos na força muscular (54,8%) também para o TC, sem diferença significativa grupos (TF e TC), assim como já foi demonstrado em estudos com jovens^{29,30,31} e idosos^{10,11}. Para a ASTC, ambos os grupos TF e TC promoveram aumentos na ASTC (5,7 e 5,6%, respectivamente). Assim, o aumento na ASTC são resultados benéficos, pois refletem diretamente na capacidade e independência

funcional principalmente para indivíduos a partir da meia-idade¹.

Os ganhos de força muscular encontrado para o TF foram acompanhados de aumento ASTC. Nossos resultados demonstram que quando o mesmo número de exercícios de força para membros inferiores foram realizados no TF e TC, hipertrofia muscular similar da coxa foram encontrados (Figura 1). No entanto, em trabalho de nosso grupo (ainda não publicado) com o mesmo protocolo de TC aplicado a mulheres, não foram observados ganhos hipertróficos, o que evidencia a importância de outros fatores como a diferença entre gêneros e a dieta na hipertrofia muscular³². Ainda que o método utilizado pelo presente estudo possua alta correlação com medidas como a ressonância magnética e imagens de tomografia computadorizada, não foram analisadas as áreas específicas de fibras musculares, o que se constitui uma limitação do estudo.

Karavirta *et al.*¹⁰ realizaram o protocolo de TC com quatro sessões de treinamento semanais, compostas de duas sessões de TF e duas sessões de TA em dias alternados, enquanto os protocolos de treinamento isolados realizavam apenas duas sessões por semana. Segundo os autores, o alto volume e número de sessões do TC, pode ter interferido no aumento da AST de fibras do tipo II de membros inferiores. Sillanpää *et al.*¹¹ também encontraram interferência no desenvolvimento da massa magra de membros inferiores após a realização de um protocolo de TC com quatro sessões semanais. Por outro lado, estudos que realizaram o TC com baixo volume de treinamento e frequência semanal inferior ao do presente estudo (1x/sem. - TF e 1x/sem. - TA), observaram aumento similar na ASTC para os dois regimes de treinamento (TF e TC)^{12,13}. Porém, nestes estudos, o baixo volume de treinamento não atinge às recomendações do ACSM quanto ao TA (75 min. vigorosos semanais)⁴, e tão pouco às recomendações frente ao TF, que sugerem que para indivíduos iniciantes a frequência mínima seja de 3x/sem.⁴. Já o protocolo de TC proposto no presente estudo, segue as recomendações do ACSM sem apresentar efeito de interferência para hipertrofia e força muscular de membros inferiores.

Conclusões

O protocolo de 16 semanas de TC utilizado no presente estudo, seguindo as recomendações mínimas do ACSM, diferentemente do GC e TA, promoveu aumento significativo na ASTC e na força muscular, sem diferenças para o grupo de TF isolado. Portanto, considerando o protocolo de TC em questão, não foi evidenciado efeito de interferência em membros inferiores de homens na meia-idade não ativos fisicamente.

Referências

1. Hunter GR, McCarthy JP, Bamman MM. Effects of resistance training on older adults. **Sports Med.** 2004;34: 329-48.
2. Lexell J, Taylor CC, Sjoström M. What is the cause of the ageing atrophy? Total number, size and proportion of different fiber types studied in whole vastus lateralis muscle from 15- to 83-year-old men. **J Neurol Sci.** 1988;84: 275-94.
3. Chodzko-Zajko WJ, Proctor DN, Fiatarone Singh MA, Minson CT, Nigg CR, Salem GJ, *et al.* American College of Sports Medicine position stand. Exercise and physical activity for older adults. **Med Sci Sports Exerc.** 2009;41: 1510-30.
4. Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, Franklin BA, Lamonte MJ, Lee IM, *et al.* American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. **Med Sci Sports Exerc.** 2011;43: 1334-59.
5. Cornelissen VA, Arnout J, Holvoet P, Fagard RH. Influence of exercise at lower and higher intensity on blood pressure and cardiovascular risk factors at older age. **J Hypertens.** 2009;27: 753-62.
6. ACSM. American College of Sports Medicine Position Stand and American Heart Association. Recommendations for cardiovascular screening, staffing, and emergency policies at health/fitness facilities. **Med Sci Sports Exerc.** 1998;30: 1009-18.
7. Docherty D, Sporer B. A proposed model for examining the interference phenomenon between concurrent aerobic and strength training. **Sports Med.** 2000;30: 385-94.
8. Leveritt M, Abernethy PJ, Barry BK, Logan PA. Concurrent strength and endurance training. A review. **Sports Med.** 1999;28: 413-27.
9. Nader GA. Concurrent strength and endurance training: from molecules to man. **Med Sci Sports Exerc.** 2006;38: 1965-70.

10. Karavirta L, Hakkinen A, Sillanpaa E, Garcia-Lopez D, Kauhanen A, Haapasaari A, *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: 402-11.
11. Sillanpaa E, Hakkinen A, Nyman K, Mattila M, Cheng S, Karavirta L, *et al.* Body composition and fitness during strength and/or endurance training in older men. **Med Sci Sports Exerc**. 2008;40: 950-8.
12. Izquierdo M, Hakkinen K, Ibanez J, Kraemer WJ, Gorostiaga EM. 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: 70-5.
13. Izquierdo M, Ibanez J, K HA, Kraemer WJ, Larrion JL, Gorostiaga EM. Once weekly combined resistance and cardiovascular training in healthy older men. **Med Sci Sports Exerc**. 2004;36: 435-43.
14. Libardi CA, De Souza GV, Cavaglieri CR, Madruga VA, Chacon-Mikahil MP. Effect of resistance, endurance, and concurrent training on TNF-alpha, IL-6, and CRP. **Med Sci Sports Exerc**. 2012;44: 50-6.
15. Libardi CA, Souza GV, Gaspari AF, Dos Santos CF, Leite ST, Dias R, *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: 1573-81.
16. Heyward V. ASEP methods recommendation: body composition assessment. **Journal of Exercise Physiology Online**. 2001;4: 1-12.
17. Knapik JJ, Staab JS, Harman EA. Validity of an anthropometric estimate of thigh muscle cross-sectional area. **Med Sci Sports Exerc**. 1996;28: 1523-30.
18. Heymsfield SB, McManus C, Smith J, Stevens V, Nixon DW. Anthropometric measurement of muscle mass: revised equations for calculating bone-free arm muscle area. **Am J Clin Nutr**. 1982;36: 680-90.
19. Brown LE, Weir JP. Procedures recommendation I: Accurate assessment of muscular strength and power. **Journal of Exercise Physiology Online**. 2001;4: 1-21.
20. Wasserman K, McIlroy MB. Detecting the Threshold of Anaerobic Metabolism in Cardiac Patients During Exercise. **Am J Cardiol**. 1964;14: 844-52.
21. Wasserman K, Whipp BJ, Koyl SN, Beaver WL. Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. **J Appl Physiol**. 1973;35: 236-43.
22. McLellan TM. Ventilatory and plasma lactate response with different exercise protocols: a comparison of methods. **Int J Sports Med**. 1985;6: 30-5.
23. Heubert RA, Billat VL, Chassaing P, Bocquet V, Morton RH, Koralsztein JP, *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: 583-92.
24. Howley ET, Bassett DR, Jr., Welch HG. Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. **Med Sci Sports Exerc**. 1995;27: 1292-301.
25. Jones AM, Doust JH. A 1% treadmill grade most accurately reflects the energetic cost of outdoor running. **J Sports Sci**. 1996;14: 321-7.
26. Faul F, Erdfelder E, Lang AG, Buchner A. G*Power 3: a flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. **Behav Res Methods**. 2007;39: 175-91.
27. Paschalis V, Nikolaidis MG, Theodorou AA, Giakas G, Jamurtas AZ, Koutedakis Y. Eccentric exercise affects the upper limbs more than the lower limbs in position sense and reaction angle. **J Sports Sci**. 2010;28: 33-43.
28. Park MS, Chung SY, Chang Y, Kim K. Physical activity and physical fitness as predictors of all-cause mortality in Korean men. **J Korean Med Sci**. 2009;24: 13-9.
29. Hakkinen K, Alen M, Kraemer WJ, Gorostiaga E, Izquierdo M, Rusko H, *et al.* Neuromuscular adaptations during concurrent strength and endurance training versus strength training. **Eur J Appl Physiol**. 2003;89: 42-52.
30. McCarthy JP, Pozniak MA, Agre JC. Neuromuscular adaptations to concurrent strength and endurance training. **Med Sci Sports Exerc**. 2002;34: 511-9.
31. Sale DG, MacDougall JD, Jacobs I, Garner S. Interaction between concurrent strength and endurance training. **J Appl Physiol**. 1990;68: 260-70.
32. Burd NA, Tang JE, Moore DR, Phillips SM. Exercise training and protein metabolism: influences of contraction, protein intake, and sex-based differences. **J Appl Physiol**. 2009;106: 1692-701.