



DOI 10.20396/conex.v18i0.8656776

Artigo Original

Treinamento de força bi-set em mulheres: aumento de força muscular e massa magra mesmo na ausência de alteração do índice testosterona/cortisol

Cibele Marli Cação Paiva Gouvêa¹ Juliano Ribeiro Bueno¹ 

RESUMO

Objetivo: O presente trabalho teve como objetivo avaliar se o treinamento de força bi-set induz alterações de testosterona e cortisol séricos, do índice T/C (razão testosterona: cortisol), da força muscular, da gordura e da massa magra em mulheres jovens, após treinamento de 8 semanas. **Metodologia:** Os parâmetros corporais e as concentrações séricas de testosterona e cortisol foram determinados no repouso e, imediatamente, após o treinamento, antes do início e após 8 semanas. Utilizou-se o método bi-set com 4 séries e 10 repetições máximas para cada exercício, com intervalo entre as séries de 90 s, realizados quatro vezes por semana, no período de 8 semanas. **Resultados e discussão:** Após o período de treinamento não houve alteração significativa ($p > 0,05$) nos níveis séricos de testosterona e cortisol, da massa corporal e do IMC. Contudo houve significativamente ($p < 0,05$) aumento de 1-RM e do número de repetições máximas, diminuição da gordura corporal, aumento de massa magra e aumento da área da seção transversa muscular do braço e da coxa. **Conclusão:** Os níveis séricos de testosterona e cortisol não são os únicos fatores para o ganho de força e hipertrofia muscular. O método bi-set promoveu adaptações positivas em mulheres.

Palavras-chave: Exercício. Sistema endócrino. Múltiplas séries.

¹ Universidade Federal de Alfenas.

Correspondência:

Cibele Marli Cação Paiva Gouvêa. Universidade Federal de Alfenas, Instituto de Ciências da Natureza. Rua Gabriel Monteiro da Silva, 700, Centro, CEP 37130000, Alfenas – MG, Email: cibelegouvea@hotmail.com

Recebido em: 23 set. 2019

Aprovado em: 7 jul. 2020

Bi-set strength training in women: muscle strength and lean mass increase even in the absence of alteration of the testosterone/cortisol index

ABSTRACT

Objective: This study aimed to evaluate whether bi-set strength training induces changes in: serum testosterone and cortisol, the T/C index (testosterone: cortisol ratio), muscle strength, fat and lean mass in young women, after training for 8 weeks.

Methods: The body parameters and serum concentrations of testosterone and cortisol were determined at rest and immediately after the training, before the onset and after 8 weeks. We used the bi-set method, with 4 series and 10 maximum repetitions for each exercise, with interval between the series of 90 s, performed four times a week, for 8 weeks. **Results and discussion:** After the training period there was no significant change ($p > 0.05$) in the serum levels of testosterone and cortisol, body mass and BMI, however, there was significant ($p < 0.05$) 1-RM and the number of maximal repetitions increase, body fat decrease, lean mass increase, arm and thigh sectional area increase.

Conclusion: Serum testosterone and cortisol levels are not the only factors for muscle strength and hypertrophy gain. Bi-set method promoted positive adaptations in women.

Keywords: Exercise. Endocrine system. Multiple series.

Entrenamiento de fuerza bi-set en las mujeres: aumento de la fuerza muscular y la masa magra incluso en ausencia de alteración del índice de testosterona/cortisol

RESUMEN

Objetivo: Este estudio tenía como objetivo evaluar si el entrenamiento de fuerza bi-set induce cambios en la testosterona sérica y el cortisol, en el índice T/C (relación testosterona:cortisol), fuerza muscular, grasa corporal y masa magra en mujeres jóvenes, después del entrenamiento durante 8 semanas. **Metodología:** Los parámetros corporales y las concentraciones séricas de testosterona y cortisol se determinaron en reposo e inmediatamente después del entrenamiento, antes del inicio y después de 8 semanas. Utilizamos el método bi-set, con 4 series y 10 repeticiones máximas para cada ejercicio, con intervalo entre las series de 90 s, realizado cuatro veces a la semana, durante 8 semanas. **Resultados y discusión:** Después del período de entrenamiento no hubo ningún cambio significativo ($p > 0,05$) en los niveles séricos de testosterona y cortisol, masa corporal y IMC, sin embargo, hubo significativamente ($p < 0,05$) aumento de 1-RM y del número de repeticiones máximas, disminución de la grasa corporal, aumento de la masa magra y el aumento de la zona de la sección transversal muscular del brazo y el muslo. **Conclusión:** Los niveles séricos de testosterona y cortisol no son los únicos factores para la ganancia de fuerza y hipertrofia muscular. El método bi-set promueve adaptaciones positivas en mujeres.

Palabras Clave: Ejercicio. Sistema endócrino. Series múltiples.

INTRODUÇÃO

A inatividade física é um os principais problemas mundiais de saúde pública, sendo associada ao desenvolvimento de várias doenças crônicas e morte prematura (ARROCHA RODULFO, 2019). Assim, a prática regular de exercícios físicos, tanto aeróbicos como de força, traz inúmeros benefícios à saúde, incluindo a diminuição da incidência de doenças cardiovasculares, obesidade, diabetes e aumento da longevidade. Além disto, o treino de força é essencial para a manutenção do sistema musculoesquelético (ARROCHA RODULFO, 2019; FRAGALA *et al.*, 2019; MCLEOD *et al.*, 2019; WARBURTON; BREDIN, 2017).

O treino de força induz adaptações musculares neurais e estruturais. O estresse mecânico produzido pelo exercício modula o controle neuromotor, a demanda metabólica e a atividade endócrina. Assim, o estímulo produzido pelo exercício ativa vias de sinalização que induzem a expressão gênica e a síntese proteica muscular. Portanto, o exercício induz alterações no recrutamento, na força e no tamanho das fibras musculares (HUGHES *et al.*, 2018; KIDGELL *et al.*, 2017; MCGLORY *et al.*, 2017). Contudo, o fenótipo adaptativo resultante depende das variáveis do treino, tais como intensidade, volume e intervalo, que determinam o tipo de fibras recrutadas, as distintas respostas hormonais, a magnitude de microtraumas gerados na musculatura, as alterações nas concentrações de metabólitos e o tempo de duração destas alterações (HEAVENS *et al.*, 2014; HUGHES *et al.*, 2018; MCGLORY *et al.*, 2017; SUCHOMEL *et al.*, 2018).

Tem sido relatado que elevações agudas nas concentrações de hormônios anabólicos após o treinamento de força teriam maior associação com o crescimento e remodelamento do tecido muscular do que as alterações crônicas nas concentrações hormonais em repouso (KRAEMER; RATAMESS, 2005; LINNAMO *et al.*, 2005). A testosterona é um importante hormônio, que ativa vias anabólicas, incluindo a transcrição e síntese de enzimas e proteínas estruturais musculares, sendo importante na manutenção do tecido musculoesquelético (KRAEMER; RATAMESS, 2005). Após o trabalho pioneiro de Fahey *et al.* (1976) que demonstraram aumento de testosterona sérica em homens, mas não em mulheres em resposta ao exercício de força, inúmeros trabalhos têm avaliado as respostas hormonais ao treino de força.

Tem sido observado que o aumento dos níveis basais de testosterona melhora o desempenho, com aumento de força e hipertrofia muscular. Entretanto, mesmo na ausência desta adaptação, o treinamento de força induz ganho de força e hipertrofia muscular em mulheres (HAKKINEN *et al.*, 2000; LINNAMO *et al.*, 2005). Os homens possuem níveis séricos de testosterona superior ao das mulheres e o seu aumento com o exercício de força está bem documentado, mas em mulheres é inconsistente (KRAEMER; RATAMESS, 2005;

LINNAMO *et al.*, 2005; VINGREN *et al.*, 2010) e a resposta hormonal aguda, ao exercício de força em mulheres, parece ser limitada (BENINI *et al.*, 2015; BOSCO *et al.* 2000; CONSITT *et al.*, 2002; HAKKINEN *et al.*, 2000; HAKKINEN; PAKARINEN, 1995; KRAEMER; RATAMESS, 2005; LINNAMO *et al.*, 2005; LUK *et al.*, 2019; NUNES *et al.*, 2019; VINGREN *et al.*, 2010). Poucos estudos demonstraram aumento de testosterona, em mulheres, após a realização do exercício de força (COPELAND *et al.*, 2002; CUMMING *et al.*, 1987; NINDL *et al.*, 2001).

Outro hormônio, modulado pelo exercício físico, é o cortisol. Trata-se do principal glicocorticoide humano, é um esteroide catabólico, estimula a lipólise, aumenta a degradação e ainda reduz a síntese proteica. É secretado pelo córtex das adrenais, em resposta ao estresse físico e emocional (BUENO; GOUVÊA, 2011; KRAEMER; RATAMESS, 2005; TAIPALE; HAKKINEN, 2013). É importante na manutenção dos níveis séricos de glicose durante o exercício e, ainda, devido ao seu importante papel na remodelação tecidual, as alterações agudas e crônicas do cortisol no treinamento de força são frequentemente analisadas (BENINI *et al.*, 2015; KRAEMER; RATAMESS, 2005). Alguns trabalhos sugerem que o treinamento que requer alta demanda metabólica induz aumento de cortisol, enquanto os que requerem menor demanda metabólica induzem a síntese de testosterona (MANGINE *et al.*, 2018). Em relação à modulação do cortisol no treino de força em mulheres, tem sido demonstrado aumento sérico deste hormônio após o treinamento de força (HAKINEN; PAKARINEN, 1995; KRAEMER *et al.*, 1993; SZIVAK *et al.*, 2013; UCHIDA *et al.*, 2004), porém, diversos trabalhos não obtiveram aumento ou variação do cortisol com o treinamento de força (BENINI *et al.*, 2015; COPELAND *et al.*, 2002; HAKINEN *et al.*, 2000; LUK *et al.*, 2019; NUNES *et al.*, 2017).

Outro parâmetro analisado durante o treinamento de força é a relação entre a concentração de testosterona e a concentração de cortisol ou índice T/C. Este índice tem sido utilizado para avaliação do balanço entre anabolismo e catabolismo tanto no treinamento de força como no aeróbico, sendo considerado útil para avaliação do programa de treinamento e um indicador de *overtraining* (DE LUCCIA, 2016).

O método de treinamento de força bi-set induziu maior aumento de testosterona e força muscular para homens do que o treino tradicional (CHEREM *et al.*, 2014; WEAKLEY *et al.*, 2017), contudo, seu efeito para mulheres ainda é pouco conhecido. Assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar se o treinamento de força bi-set induz alterações de testosterona e cortisol séricos, bem como do índice T/C, da força muscular, da massa corporal, do índice de massa corporal (IMC), da gordura corporal, da massa magra e das áreas das seções transversas musculares do braço e da coxa (indicadores de hipertrofia muscular) em mulheres jovens, após treinamento por 8 semanas.

MÉTODO

SUJEITOS

O trabalho foi realizado após aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Alfenas (CAAE: 63323416.9.0000.5142) e realizado de acordo com a Resolução n. 196 do Conselho Nacional de Saúde. Foram selecionadas para este estudo 20 jovens, praticantes de treinamento de força, saudáveis e não tabagistas, com experiência de no mínimo 12 meses em treinamento de força, das quais 6, com idade de $28,2 \pm 4,4$ anos, permaneceram até o final do estudo. Houve perda do seguimento amostral por motivo de trabalho, gravidez e mudança de endereço. Todas as participantes foram informadas, detalhadamente, sobre os procedimentos utilizados e concordaram em participar de maneira voluntária do estudo, assinando o termo de consentimento livre e esclarecido.

DETERMINAÇÕES PLASMÁTICAS DE TESTOSTERONA E CORTISOL

Para a determinação dos níveis séricos de testosterona e cortisol, as participantes permaneceram 5 h em jejum. Foram coletados 10mL de sangue por punção venosa da veia superficial do antebraço após assepsia com etanol 70%, antes do início da sessão de treinamento (às 19:00 h), caracterizando a situação de repouso e logo após o término da sessão de treinamento (às 20:00 h), antes da primeira e após a última sessão de treinamento. A coleta foi realizada por um técnico de laboratório de análises clínicas, utilizando-se luvas cirúrgicas, agulhas e seringas descartáveis. As amostras de sangue foram enviadas para o laboratório de análises clínicas Hermes Pardini, que procedeu às análises hormonais, utilizando-se o método de quimioluminescência.

DETERMINAÇÃO DA FORÇA MÁXIMA (1-RM) E DA CAPACIDADE DE REPETIÇÃO MÁXIMA

As determinações do desempenho no teste de 1-RM e do número máximo de repetições foram realizadas segundo descrito por Uchida *et al.* (2004), utilizando-se supino, agachamento e bíceps. Após breve alongamento e aquecimento, a 1-RM foi determinada por meio de três tentativas crescentes com intervalo de três minutos, nos respectivos exercícios, o supino, agachamento e a rosca bíceps. Posteriormente, foi calculado o equivalente a 50% do valor de 1-RM (50% - 1-RM) para execução do teste de repetições máximas. A capacidade de repetições máximas foi determinada pela exaustão ou incapacidade de manter o padrão do movimento.

AValiação ANTROPOMÉTRICA

Para a avaliação antropométrica foram coletadas as seguintes medidas:

estatura (utilizando o estadiômetro Alturaexata®); massa corporal (utilizando a balança mecânica Welmy®); dobras cutâneas subescapular, suprailíaca e da coxa (utilizando o plicômetro Sanny®) e as medidas das circunferências: do tórax, da cintura, do abdômen, do quadril, dos antebraços direito e esquerdo, dos braços direito e esquerdo, das coxas direita e esquerda e das panturrilhas direita e esquerda. Para a determinação da gordura corporal e da massa magra utilizou-se o protocolo proposto por Jackson e Pollock (1978) e foi também determinado o índice de massa corporal (IMC). As medidas foram realizadas por um mesmo avaliador e a confiabilidade dos dados foi controlada pelo coeficiente de correlação intraclasse (IC 95%). Os valores de correlação intraclasse foram de 0,94 (0,91-0,96) a 0,97 (0,94-0,99) para os dados obtidos antes do início do treinamento e de 0,95 (0,93-0,98) a 0,97 (0,96-0,99) para os dados obtidos após o término do período de treinamento.

As medidas da circunferência do braço e da coxa e as respectivas dobras cutâneas foram utilizadas para determinação da área da seção transversa muscular do braço e da coxa, um indicador de hipertrofia muscular. A área da seção transversa do braço (ASTB) foi estimada utilizando-se a equação descrita por Heymsfield *et al.* (1982) que possui alta correlação ($r = 0,97$) com imagens de tomografia computadorizada:

$$\text{ASTB (cm}^2\text{)} = [(\text{CB} - \pi \times \text{DCB})^2 / 4\pi] - 6,5$$

Onde: CB, circunferência do braço; DCB, dobra cutânea do tríceps.

A área da seção transversa da coxa (ASTC) foi estimada utilizando-se a equação descrita por Knapik *et al.* (1996), que apresenta alta correlação ($r = 0,96$) com imagens de ressonância magnética:

$$\text{ASTC (cm}^2\text{)} = \pi/4 \times [(\text{CC}/\pi - \text{DCC})^2 - (0,3 \times \text{DE})^2]$$

Onde: CC, circunferência da coxa; DCC, dobra cutânea da coxa; DE, distância entre os epicôndilos femoral medial e lateral.

PROTOCOLO DE TREINAMENTO DE FORÇA

O treinamento foi realizado quatro vezes por semana (segunda, terça, quinta e sexta-feira), durante 8 semanas. Utilizou-se o método bi-set, que consistiu em dois exercícios para cada grupamento muscular e foram realizadas 4 séries, com 10 repetições máximas para cada exercício, com intervalo entre as séries de 90 s. Na segunda e na quinta-feira foram executados os seguintes exercícios: supino reto e remada sentado; *peck deck* e puxada pela frente; elevação lateral e desenvolvimento com halteres, sendo trabalhados peito, costas e ombro. Na terça e na sexta-feira foram realizados os exercícios: *leg-press* e flexão em pé; cadeira extensora e *stiff*; agachamento e levantamento

terra; *hack* e afundo com halter; rosca direta e tríceps na polia alta; rosca alternada com halter e tríceps francês, sendo trabalhados os membros superiores e inferiores. A intensidade dos exercícios realizados às segundas e terças-feiras, foi 100% de 10 repetições máximas (10-RM) e às quintas e sextas-feiras, 90% de 10 repetições máximas (90%-10-RM).

ANÁLISE ESTATÍSTICA

Foi verificada a normalidade dados obtidos para os experimentos realizados pelo teste de Kolmogorov e Smirnov. Os dados foram comparados pelo teste *t* de Student (valor de 1-RM, do número de repetições máximas, dados antropométricos e das áreas das seções transversas musculares do braço e da coxa) ou por análise de variância (concentrações plasmática de testosterona, cortisol e índice T/C) pelo teste ANOVA, seguido do teste de Tukey e do pós-teste, quando $p < 0,05$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises sanguíneas realizadas no presente trabalho demonstraram que não houve variação significativa ($p > 0,05$) das concentrações séricas de testosterona e de cortisol, comparadas pelo teste de Tukey. A relação entre a concentração plasmática de testosterona e a concentração plasmática de cortisol (índice T/C) também não mostrou variação significativa ($p > 0,05$), quando os valores foram comparados ao início e após o término do período de treinamento de força bi-set, pelo teste de Tukey, como apresentados na Tabela 1. Apesar dos resultados indicarem diminuição de cortisol e aumento do índice T/C iniciais (efeitos agudos do exercício), as variações não foram significativas pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

Tabela 1 – Concentração sérica (nM) de testosterona (T) e de cortisol (C) e índice T/C (média \pm erro padrão da média) no repouso e após o exercício, obtidos antes do início e ao final de 8 semanas do treinamento de força bi-set.

Parâmetro	Inicial		Final	
	Repouso	Pós-exercício	Repouso	Pós-exercício
T (nM)	1,2376 \pm 0,2997	1,3764 \pm 0,2199	1,0236 \pm 0,2284	1,0526 \pm 0,2289
C (nM)	159,62 \pm 47,58	129,72 \pm 46,51	207,92 \pm 66,73	250,70 \pm 57,49
T/C	0,0092 \pm 0,0022	0,0150 \pm 0,0030	0,0066 \pm 0,0011	0,0043 \pm 0,0005

Diversos trabalhos recentes utilizando treinamento de força de mulheres obtiveram resultados semelhantes aos observados neste trabalho (BENINI *et al.*, 2015; HEAVENS *et al.*, 2014; LUK *et al.*, 2019). HEAVENS *et al.* (2014) e LUK *et al.* (2019) propõem que, em mulheres, a indução de dano muscular decorrente

do exercício de força pode ativar vias de sinalização dependentes de estrógeno, produzindo adaptação muscular ao treino, mesmo na ausência do aumento de testosterona. Uchida *et al.* (2004), utilizando protocolo de treinamento de 8 semanas, observaram diminuição do índice T/C, pois obtiveram aumento de cortisol após o treinamento. A diminuição do índice T/C indica estado metabólico muscular catabólico, o que não é desejável após uma sessão de treino de força e isso não ocorreu com o programa de treinamento utilizado no presente estudo.

Em relação à força muscular, os testes de força demonstraram que ao final do período de treinamento houve aumento significativo ($p < 0,05$) de 1-RM e do número de repetições máximas, para os três exercícios realizados (Tabela 2).

Tabela 2 - Determinação do valor de 1-RM (kg) e do número de repetições máximas executadas a 50% de 1-RM, antes do início e ao final de 8 semanas do treinamento de força bi-set (média \pm erro padrão da média)

Teste	Supino*		Agachamento*		Bíceps*	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
1RM (kg)	28,67 \pm 4,29	37,33 \pm 3,13	53,33 \pm 5,13	66,00 \pm 3,58	17,00 \pm 1,61	21,33 \pm 1,23
Rep. máx	16,5 \pm 1,65	18,33 \pm 3,15	21,67 \pm 2,74	25,83 \pm 1,87	16,83 \pm 2,09	17,5 \pm 2,81

*Diferença significativa ($p < 0,05$), entre o valor inicial e o final, pelo teste *t* de Student.

Com relação à composição corporal não houve variação significativa ($p > 0,05$) da massa corporal e do IMC ao início e após o término do período de treinamento. Entretanto, houve diminuição significativa ($p < 0,05$) da gordura corporal, quando se comparam os valores ao início e após o término do período de treinamento de força. Observa-se também que houve aumento significativo ($p > 0,05$) da massa magra (Tabela 3).

Tabela 3 - Parâmetros corporais obtidos antes do início e ao final de 8 semanas do treinamento de força bi-set (média \pm erro padrão da média)

	Inicial	Final
Idade	28,17 \pm 1,09	28,17 \pm 1,09
Altura (m)	1,65 \pm 0,02	1,65 \pm 0,02
Massa corporal (kg)	63,85 \pm 2,32	64,57 \pm 2,42
IMC	22,58 \pm 0,28	22,85 \pm 0,25
Gordura corporal (kg)*	14,33 \pm 1,62	11,83 \pm 1,10
Massa magra (kg)*	51,29 \pm 3,08	54,39 \pm 3,50

*Diferença significativa ($p < 0,05$), entre o valor inicial e o final, pelo teste *t* de Student.

Ao final do período de treinamento, houve diferença significativa da área da seção transversa do braço ($p < 0,05$) bem como da coxa ($p < 0,001$), como apresentado na Tabela 4. Isto pode indicar que houve hipertrofia muscular, uma vez que foram utilizadas equações com dados antropométricos que possuem altas correlações com exames de ressonância magnética ($r = 0,96$) (KNAPIK *et al.*, 1996) e de tomografia computadorizada ($r = 0,97$) (HEYMSFIELD *et al.*, 1982).

Tabela 4 – Áreas das seções transversas do braço (ASTB) e da coxa (ASTC) obtidas antes do início e ao final de 8 semanas do treinamento de força bi-set (média \pm erro padrão da média)

Área	Inicial (cm ²)	Final (cm ²)
ASTB*	37,05 \pm 2,19	41,95 \pm 2,27
ASTC**	185,31 \pm 15,48	223,21 \pm 12,32

*Diferença significativa ($p < 0,05$) e **($p < 0,001$), entre o valor inicial e o final, pelo teste *t* de Student.

Tem sido demonstrado que o treino de força aumenta a força muscular e a massa magra (KIDGELL *et al.*, 2017; SUCHOMEL *et al.*, 2018), além de melhorar o desempenho físico tanto atlético como para a realização de tarefas diárias (HOOPER *et al.*, 2017; PAREJA-BLANCO *et al.* 2017), como observado no presente trabalho. O protocolo de treinamento utilizado induziu aumento da força muscular com aumento de 1-RM e do número de repetições máximas para os três exercícios realizados no teste e, ainda, aumento de massa magra, além da diminuição da gordura corporal e ainda houve aumento da área da seção transversa tanto do braço como da coxa. Esses resultados podem sugerir alteração do balanço energético e proteico muscular, com possível lipólise e síntese proteica.

Nunes *et al.* (2019), também observaram que 3 séries a 70% 1RM produz o mesmo aumento de força muscular que 6 séries, após 16 semanas de treinamento, mesmo na ausência do aumento de testosterona e cortisol. Assim, o aumento de força muscular pode ter ocorrido devido ao aumento do recrutamento das unidades motoras (HUGHES *et al.*, 2017; SCHOENFELD *et al.*, 2017). West *et al.* (2012) demonstraram que o exercício de força induz aumento da síntese de proteínas miofibrilares em mulheres, mesmo na presença de baixas concentração séricas de testosterona. Ainda Damas *et al.* (2017) evidenciaram que os protocolos de treino de força que não promovem lesão muscular também induzem ganho de força muscular, como observado no presente estudo. Cabe ressaltar que a testosterona mesmo em baixas concentrações pode atuar induzindo aumento de cálcio citoplasmático, o que aumenta a força de contração muscular e ainda atua estimulando vias de sinalização anabólicas. Assim, a ação não gênômica da testosterona também pode aumentar a força muscular e não pode ser totalmente descartada no presente estudo (DENT *et al.*, 2012; HOOPER *et al.*, 2017).

Neste trabalho observou-se diminuição da gordura corporal, aumento da massa magra e possível hipertrofia muscular tanto do braço como da coxa. O exercício físico regular aumenta o gasto energético e, portanto, a oxidação de lipídeos o que induz perda de massa gorda (BAJER *et al.*, 2015). É interessante ressaltar que o exercício também reduz a tolerância à insulina, pois reduz a concentração de insulina circulante e ainda aumenta a sensibilidade muscular à insulina, o que reduz a degradação de proteínas musculares (BAJER *et al.*,

2015). Também, tem sido proposto que o exercício resistido com séries múltiplas é um potente estimulador da síntese proteica muscular (BURD *et al.*, 2010). Dessa forma, é provável que a combinação desses fatores possa ter induzido a diminuição do lipídeo corporal e o aumento da massa magra e a hipertrofia muscular, obtidos neste trabalho.

Embora a adaptação ao treinamento de força seja um processo fisiológico complexo e dependente de inúmeros fatores, o protocolo de treinamento analisado no presente estudo parece indicado para a melhora da força muscular, diminuição da gordura corporal, aumento de massa magra e hipertrofia do braço e da coxa.

CONCLUSÃO

O método bi-set é capaz de desenvolver a força muscular, promover o ganho de massa magra, além da diminuição da gordura corporal e aumento da área da seção transversa muscular do braço e da coxa, porém sem alterações nos níveis séricos de testosterona, cortisol e da relação T/C.

REFERÊNCIAS

AROCHA RODULFO, Jose Ildefonso. Sedentarismo, la enfermedad del siglo XXI. *Clínica e Investigación en Arteriosclerosis*, 2019. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0214916819300543>.

BAJER, Boris; VLCEK, Miroslav; GALUSOVA, Andrea; IMRICH, Richard; PENESOVA, Adela. Exercise associated hormonal signals as powerful determinants of an effective fat mass loss. *Endocrine Regulations*, v. 49, n. 3, p. 151-163, 2015. Disponível em:

http://www.elis.sk/index.php?page=shop.product_details&flypage=flypage.tpl&product_id=4322&category_id=122&option=com_virtuemart&Itemid=1.

BENINI, Ricardo; PRADO NUNES, Paulo Ricardo; ORSATTI, Claudio Lera; BARCELOS, Larissa Correa; ORSATTI, Fabio Lera. Effects of acute total body resistance exercise on hormonal and cytokines changes in men and women. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, v. 55, n. 4, p. 337-344, 2015. Disponível em:

<https://www.minervamedica.it/en/journals/sports-med-physical-fitness/article.php?cod=R40Y2015N04A0337>.

BOSCO, Carmelo; COLLI, Roberto; BONOMI, Roberto; VON DUVILLARD, Serge; VIRU, Atko. Monitoring strength training: neuromuscular and hormonal profile. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 32, n.1, p. 202-8, 2000. Disponível em:

<https://insights.ovid.com/pubmed?pmid=10647550>.

BUENO, Juliano Ribeiro; GOUVÊA, Cibele Marli Cação Paiva. Cortisol e exercício: efeitos, secreção e metabolismo. *Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício*, v.5, n.29, p.435-445. 2011. Disponível em:

<http://www.rbpfex.com.br/index.php/rbpfex/article/view/364/369>.

BURD, Nicholas; WEST, Daniel; STAPLES, Aaron; ATHERTON, Philip; BAKER, Jeff; MOORE, Daniel; HOLWERDA, Andrew; PARISE, Gianni; RENNIE, Michael; BAKER, Steven; PHILLIPS, Stuart. Low-load high volume resistance exercise stimulates muscle protein synthesis more than high-load low volume resistance exercise in young men. *PLoSOne*, v. 5, n. 8, p. e12033, 2010. Disponível em:

<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0012033>.

CHEREM, Eduardo Hippolyto Latsch; SANTOS, Leonardo Chrysostomo; AZEREDO, Fernando Petrocelli; SERRA, Rodrigo de Assunção; SÁ, Cristiano Cosme Nascimento Franco. Alteração da testosterona, cortisol, força e massa magra após 20 semanas como resposta a três metodologias de treinamento de força. *Revista Brasileira de Fisiologia do Exercício*, v. 13, n. 4, p. 188-196, 2014. Disponível em:

<http://www.portalatlanticaeditora.com.br/index.php/revistafisiologia/article/view/135/248>.

COPELAND, Jennifer; CONSITT, Leslie; TREMBLAY, Mark. Hormonal responses to endurance and resistance exercise in females aged 19-69 years. *Journal of Gerontology: Biological Sciences*, v. 57A, n. 4, p. B158-165, 2002. Disponível em:

<https://academic.oup.com/biomedgerontology/article/57/4/B158/600124>.

CONSITT, Leslie; COPELAND, Jennifer; TREMBLAY, Mark. Endogenous anabolic hormone responses to endurance versus resistance exercise and training in women. *Sports Medicine*, v. 32, n. 1, p. 1-22, 2002. Disponível em:

<https://link.springer.com/article/10.2165%2F00007256-200232010-00001>.

CUMMING, David; WALL, Stephen; GALBRAITH, Meredith; BELCASTRO, Angelo. Reproductive hormone responses to resistance exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 19, n. 3, p. 234-238, 1987. Disponível em:

<https://insights.ovid.com/pubmed?pmid=3110538>.

DAMAS, Felipe; LIBARDI, Cleiton; UGRINOWITSCH, Carlos. The development of skeletal muscle hypertrophy through resistance training: the role of muscle damage and muscle protein synthesis. *European Journal of Applied Physiology*, v. 118, n. 3, p. 485-500, 2018. Disponível em: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs00421-017-3792-9.pdf>.

DE LUCCIA, Thiago. Use of the testosterone/cortisol ratio variable in sports. *The Open Sports Sciences Journal*, v. 9, n. 1, p. 104-113, 2016. Disponível em:

<https://benthamopen.com/contents/pdf/TOSSJ/TOSSJ-9-104.pdf>.

DENT, Jessica; FLETCHER, Deborah; MCGUIGAN, Michael. Evidence for a non-genomic action of testosterone in skeletal muscle which may improve athletic performance: implications for the female athlete. *Journal of Sports Science and Medicine*, v. 11, n. 3, p. 363-370, 2012. Disponível em:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3737931/pdf/jssm-11-363.pdf>.

FAHEY, Thomas; ROLPH, Richard; MOUNGMEE, Pratoom; NAGEL, James; MORTARA, Stephen. Serum testosterone, body composition, and strength of young adults. *Medicine and Science in Sports*, v. 8, n. 1, p. 31-34, 1976. Disponível em:

[file:///C:/Users/Particular/Downloads/Serum testosterone, body composition, and strength.19.pdf](file:///C:/Users/Particular/Downloads/Serum%20testosterone,%20body%20composition,%20and%20strength.19.pdf).

FRAGALA, Maren; CADORE, Eduardo; DORGO, Sandor; IZQUIERDO, Mikel; KRAEMER, William; PETERSON, Mark; RYAN, Eric. Resistance training for older adults: position statement from the national strength and conditioning association. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, v. 33, n. 8, p. 2019-2052, 2019. Disponível em:

[file:///C:/Users/Particular/Downloads/Resistance Training for Older Adults Position.1.pdf](file:///C:/Users/Particular/Downloads/Resistance%20Training%20for%20Older%20Adults%20Position.1.pdf)

HAKKINEN, Keijo; PAKARINEN, Arto. Acute hormonal responses to heavy resistance exercise in men and women at different ages. *International Journal of Sports Medicine*, v. 16, n. 8, p. 507-513, 1995. Disponível em: <https://www.thieme-connect.com/products/ejournals/abstract/10.1055/s-2007-973045>.

HAKKINEN, Keijo; PAKARINEN, Arto, KRAEMER, William; NEWTON, Robert; ALEN, Markku. Basal concentrations and acute responses of serum hormones and strength development during heavy resistance training in middle-aged and elderly men and women. *Journal of Gerontology: Biological Sciences*, v. 55A, n. 2, p. 95-105, 2000. Disponível em: <https://academic.oup.com/biomedgerontology/article/55/2/B95/570768>.

HEAVENS, Kristen; SZIVAK, Tunde; HOOPER, David; DUNN-LEWIS, Courtenay; COMSTOCK, Brett; FLANAGAN, Shawn; LOONEY, David; KUPCHAK, Brian; MARESH, Carl; VOLEK, Jeff; KRAEMER, William. The effects of high intensity short rest resistance exercise on muscle damage markers in men and women. *Journal of Strength and Conditioning Research*, v. 28, n. 4, p. 1041-1049, 2014. Disponível em: https://journals.lww.com/nsca-jscr/Fulltext/2014/04000/The_Effects_of_High_Intensity_Short_Rest.23.aspx.

HEYMSFIELD, Steven; MCMANUS, Clifford; SMITH, Janet; STEVENS, Victoria; NIXON, Daniel. Anthropometric measurement of muscle mass: revised equations for calculating bone-free arm muscle area. *The American Journal of Clinical Nutrition*, v. 36, n. 4, p. 680-690, 1982. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/16073750_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_36_680-690

HOOPER, David Robert; KRAEMER, William; FOCHT, Brian; VOLEK, Jeff; DUPONT, William CALDWELL, Lydia; MARESH, Carl. Endocrinological roles for testosterone in resistance exercise responses and adaptations. *Sports Medicine*, v. 47, n. 9, p. 1709-1720, 2017. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs40279-017-0698-y>.

HUGHES, David; ELLEFSEN, Stian; BAAR, Keith. Adaptations to endurance and strength training. *Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine*, v. 8, n. 6, p. a029769, 2018. Disponível em: <http://perspectivesinmedicine.cshlp.org/content/8/6/a029769.long>.

JACKSON, Andrew; POLLOCK, Michael. Generalized equations for predicting body density of men. *The British Journal of Nutrition*, v. 40, n. 3, p. 497-504, 1978. Disponível em: <file:///C:/Users/Particular/Downloads/JACKSON20Br20J20Nutri20197820equacoes20generalizadas20homens.pdf>.

KNAPIK, Joseph; STAAB, Jeffery; HARMAN, Everett. Validity of an anthropometric estimate of thigh muscle cross-sectional area. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 28, n. 12, p. 1523-1530, 1996. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8970148/?from_term=Validity+of+an+anthropometric+estimate+of+thigh+muscle+cross-sectional+area&from_pos=3.

KIDGELL, Dawson; BONANNO, Daniel; FRAZER, Ashlyn; HOWATSON, Glyn; PEARCE, Alan. Corticospinal responses following strength training: a systematic review and meta-analysis. *European Journal of Neuroscience*, v. 46, n. 11, p. 2648-2661, 2017. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/ejn.13710>.

KRAEMER, William; FLECK, Steven, DZIADOS, Joseph; HARMAN, Everett; MARCHITELLI, Louis; GORDON, Scott; MELLO, Robert; FRYKMAN, Peter; KOZIRIS, Lymperis Perry; TRIPLETT, Travis. Changes in hormonal concentrations after different heavy-resistance exercise protocols in women. *Journal of Applied Physiology*, v. 75, n. 2, p. 594-604, 1993. Disponível em: <https://www.physiology.org/doi/abs/10.1152/jap.1993.75.2.594>.

KRAEMER, William; RATAMESS, Nicholas. Hormonal responses and adaptations to resistance exercise and training. *Sports Medicine*, v. 35, n. 4, p. 339-361, 2005. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.2165%2F00007256-200535040-00004>.

LINNAMO, Vesa; PAKARINEN, Arto; KOMI, Paavo; KRAEMER, William; HAKKINEN, Keijo. Acute hormonal responses to submaximal and maximal heavy resistance and explosive exercises in men and women. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, v. 19, n. 3, p. 566-571, 2005. Disponível em: file:///C:/Users/Particular/Downloads/ACUTE_HORMONAL_RESPONSES_TO_SUBMAXIMAL_AND_MAXIMAL.14.pdf

LUK, Hui-Ying; LEVITT, Danielle; BOYETT, James; ROJAS, Sharon; FLADER, Shawn; MCFARLIN, Brian; VINGREN, Jakob. Resistance exercise-induced hormonal response promotes satellite cell proliferation in untrained men but not in women. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, v. 317, n. 2, p. E421-432, 2019. Disponível em: <https://www.physiology.org/doi/pdf/10.1152/ajpendo.00473.2018>.

MANGINE, Gerald; VAN DUSSELDORP, Trisha; FEITO, Yuri; HOLMES, Alyssa; SERAFINI, Paul; BOX, Allyson; GONZALEZ, Adam. Testosterone and cortisol responses to five high-intensity functional training competition workouts in recreationally active adults. *Sports*, v. 6, n. 3, p. E62, 2018. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6162535/pdf/sports-06-00062.pdf>.

MCGLORY, Chris; DEVRIES, Michaela; PHILLIPS, Stuart. Skeletal muscle and resistance exercise training; the role of protein synthesis in recovery and remodeling. *Journal of Applied Physiology*, v. 122, n. 3, p. 541-548, 2017. Disponível em: <https://www.physiology.org/doi/pdf/10.1152/jappphysiol.00613.2016>.

MCLEOD, Jonathan; STOKES, Tanners; PHILLIPS, Stuart. Resistance exercise training as a primary countermeasure to age-related chronic disease. *Frontiers in Physiology*, v. 10, p. 645, 2019. Disponível em: <file:///C:/Users/Particular/Downloads/fphys-10-00645.pdf>.

NINDL, Bradley; KRAEMER, William; GOTSHALK, Lincoln; MARX, James; VOLEK, Jeff; BUSH, Jill; HAKKINEN, Keijo; NEWTON, Robert; FLECK, Steve. Testosterone responses after resistance exercise in women: influence of regional fat distribution. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, v. 11, n. 4, p. 451-465, 2001. Disponível em: <https://journals.humankinetics.com/view/journals/ijsnem/11/4/article-p451.xml>.

NUNES, Paulo Ricardo Prado; BARCELOS, Larissa; OLIVEIRA, Anselmo; FURLANETTO, Roberto; MARTINS, Fernanda Maria; RESENDE, Elisabete; ORSATTI, Fábio Lera. Muscular strength adaptations and hormonal responses after two different multiple-set protocols of resistance training in postmenopausal women. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, v. 33, n. 5, p. 1276-1285, 2019. Disponível em: <https://insights.ovid.com/pubmed?pmid=28135215>.

PAREJA-BLANCO, Fernando; RODRÍGUEZ-ROSELL, David; SÁNCHEZ-MEDINA, Luis; SANCHIS-MOYSI, Joaquin; DORADO, Cecilia; MORA-CUSTODIO, Ricardo; YÁÑEZ-GARCÍA, Juan Manuel; MORALES-ALAMO, David; PÉREZ-SUÁREZ, Ismael; CALBET, Jose; GONZÁLEZ-BADILLO, Juan José. Effects of velocity loss during resistance training on athletic performance, strength gains and muscle adaptations. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, v. 27, n. 7, p. 724-735, 2017. Disponível em: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/sms.12678?casa_token=IGrtLdS6td8AAA:AA:WNYgjdxyirpIq-Dp8ovwW5hn5SnWNVd1DIHvtv1xSIKj24hxIEH2cE-F486sjggODwMMMrKHx6cfY4F.

SCHOENFELD, Brad; GRGIC, Jozo; OGBORN, Dan; KRIEGER, James. Strength and hypertrophy adaptations between low- vs. high-load resistance training: a systematic review and meta-analysis. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, v. 31, n. 12, p. 3508-3523, 2017. Disponível em: <https://insights.ovid.com/pubmed?pmid=28834797>.

SUCHOMEL, Timothy; NIMPHIUS, Sophia; BELLON, Christopher; STONE, Michael. The importance of muscular strength: training considerations. *Sports Medicine*, v. 48, n. 4, p. 765-785, 2018. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs40279-018-0862-z>.

SZIVAK, Tunde; HOOPER, David; DUNN-LEWIS, Courtenay; COMSTOCK, Brett; KUPCHAK, Brian; APICELLA, Jenna; SAENZ, Catherine; MARESH, Carl; DENEGAR, Craig; KRAEMER, William. Adrenal cortical responses to high-intensity, short rest, resistance exercise in men and women. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, v. 27, n. 3, p. 748-760, 2013. Disponível em: <https://insights.ovid.com/pubmed?pmid=22561973>.

TAIPALE, Ritva; HAKKINEN, Keijo. Acute hormonal and force responses to combined strength and endurance loadings in men and women: the "order effect". *PLoS One*, v. 8, n. 2, p. e55051, 2013. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0055051>.

UCHIDA, Marco Carlos; BACURAU, Reury Frank Pereira; NAVARRO, Francisco; PONTES JR, Francisco Luciano; TESSUTI, Vitor Daniel; MOREAU, Regina Lúcia; ROSA, Luís Fernando Bicudo Pereira Costa; AOKI, Marcelo Saldanha. Alteração da relação testosterona: cortisol induzida pelo treinamento de força em mulheres. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, v. 10, n. 3, p. 165-168, 2004. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-86922004000300005.

VINGREN, Jakob; KRAEMER, William; RATAMESS, Nicholas; ANDERSON, Jeffrey; VOLEK, Jeff; MARESH, Carl. Testosterone physiology in resistance exercise and training: the upstream regulatory elements. *Sports Medicine*, v. 40, n. 12, p. 1037-1053, 2010. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.2165%2F11536910-000000000-00000>.

WARBURTON, Darren; BREDIN, Shannon. Health benefits of physical activity: a systematic review of current systematic reviews. *Current Opinion in Cardiology*, v. 32, n. 5, p. 541-556, 2017. Disponível em: <https://insights.ovid.com/crossref?an=00001573-201709000-00010>.

WEAKLEY, Jonathon; TILL, Kevin; READ, Dale; ROE, Gregory; DARRALL-JONES, Joshua; PHIBBS, Padraic; JONES, Ben. The effects of traditional, superset, and tri-set resistance training structures on perceived intensity and physiological responses. *European Journal of Applied Physiology*, v. 117, n. 9, p. 1877-1889, 2017. Disponível em: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs00421-017-3680-3.pdf>.

WEST, Daniel; BURD, Nicholas; CHURCHWARD-VENNE, Tyler; CAMERA, Donny; MITCHELL, Cameron; BAKER, Steven; HAWLEY, John; COFFEY, Vernon; PHILLIPS, Stuart. Sex based comparisons of myofibrillar protein synthesis after resistance exercise in the fed state. *Journal of Applied Physiology*, v. 112, n. 11, p. 1805-1813, 2012. Disponível em: <https://www.physiology.org/doi/pdf/10.1152/jappphysiol.00170.2012>.