



# Efeito de diferentes protocolos de treinamento de força sobre parâmetros morfofuncionais, hormonais e imunológicos

Marco Carlos Uchida<sup>1,3,4,5</sup>, Marcelo Saldanha Aoki<sup>6</sup>, Francisco Navarro<sup>1,2</sup>, Vitor Daniel Tessutti<sup>4</sup> e Reury Frank Pereira Bacurau<sup>1,2</sup>

## RESUMO

O objetivo do estudo foi examinar a influência de dois diferentes protocolos de treinamento de força sobre parâmetros antropométricos (peso, IMC, massa gorda), funcionais (teste de 1-RM e teste de repetições máximas) e relacionados ao sistema endócrino (concentração de testosterona e de cortisol) e ao sistema imunológico (concentração de glutamina e de IgG). Participaram do estudo 12 homens treinados ( $27,4 \pm 4,8$  anos). Esses indivíduos foram aleatoriamente divididos em dois grupos, que posteriormente foram submetidos a dois protocolos de treinamento distintos: Múltiplas séries (MS) e Tri-set (TS). Amostras de sangue foram coletadas antes e depois de uma sessão de exercício de força, no início e no final do período de oito semanas de treinamento. Não foram observadas alterações nos parâmetros morfofuncionais (com exceção do teste de repetições máximas para o agachamento). Com relação aos parâmetros endócrinos, foi observado que o TS provocou aumento significativo do cortisol, imediatamente após a sessão de treino, tanto no início como no final das oito semanas ( $p < 0,05$ ). Ao observar o comportamento da relação testosterona para cortisol (T:C), pode-se notar um marcante aumento no grupo submetido ao protocolo MS após oito semanas de treinamento ( $p < 0,05$ ). Com relação aos parâmetros imunológicos, não foi observada alteração na concentração de imunoglobulina G. A concentração de glutamina sofreu decréscimo após oito semanas em ambos os grupos. Esse decréscimo foi mais acentuado no grupo TS ( $p < 0,05$ ). Os resultados obtidos sugerem que o método TS impôs maior estresse ao organismo. Além disso, os dados também indicam que o protocolo MS promove um ambiente mais propício ao anabolismo, após oito semanas de treinamento. Entretanto, ambos os métodos falharam em promover alterações significativas nos parâmetros morfofuncionais.

**Palavras-chave:** Treinamento de força. 1-RM. Testosterona. Cortisol. Glutamina. IgG.  
**Keywords:** Resistance training. 1-MR. Testosterone. Cortisol. Glutamine. IgG.  
**Palabras-clave:** Entrenamiento de fuerza. 1-RM. Testosterona. Cortisol. Glutamina. IgG.

## ABSTRACT

### **Effects of different resistance training protocols over the morphofunctional, hormonal and immunological parameters**

The purpose of this study was to assess the influence of two different resistance training protocols on the anthropometric (weight, BMI, fat mass), functional parameters (1-MR test, and maximal repetition test) and the parameters related to the endocrine system (testosterone and cortisol concentrations), as well as to the immunological system (glutamine and IgC concentrations). The study was composed by twelve trained men ( $27.4 \pm 4.8$  years), who were randomly divided in two groups that later were submitted to two different training protocols: the Multiple Series (MS), and Tri-set (TS). Blood samplings were collected before and after an resistance training session in the beginning and the end of the 8 weeks training period. It was observed no alterations in the morphofunctional parameters (except as to the maximal repetition test for the squat). As to the endocrine parameters, it was observed that the TS caused a significant increase in the cortisol immediately after the training session both in the beginning and in the end of the eight weeks ( $p < 0.05$ ) period. Upon the observation of the testosterone vs. cortisol ratio (T:C) behavior, it can be observed a noticeable increase in the group submitted to the MS protocol after the 8 weeks training period ( $p < 0.05$ ). As to the immunological parameters, it was observed no alterations in the concentration of the immunoglobulin G. The concentration of the glutamine suffered a decrease after 8 weeks in both groups. That decrease had a higher accentuation in the TS group ( $p < 0.05$ ). Results attained suggest that the TS method imposed a higher stress to the body. Furthermore, these data also indicate that the MS protocol promotes a more propitious environment to the anabolism after the 8 weeks training period. However, both methods did not succeed in promoting significant changes in the morphofunctional parameters.

## RESUMEN

### **Efecto de protocolos diferentes en el entrenamiento de la fuerza en los parámetros morfo-funcional, hormonal e inmunológico**

El objetivo del estudio fué examinar la influencia de 2 protocolos diferentes de entrenamiento de fuerza sobre parámetros antropométricos (peso, IMC, masa grasa), funcionales (prueba de 1-RM y prueba de repeticiones máximas) y los parámetros relacionados al sistema endocrino (concentraciones de testoste-

1. Laboratório de Fisiologia do Exercício – Faculdade de Educação Física – Universidade FMU, São Paulo, SP, Brasil.
2. Programa de Pós-Graduação *Lato-Sensu* em Fisiologia do Exercício – Universidade Gama Filho, RJ.
3. Instituto de Ciências Biomédicas – USP, SP, Brasil.
4. Colégio Marista Arquidiocesano de São Paulo, SP, Brasil.
5. UNIFIEO, Osasco, SP, Brasil.
6. Curso de Ciências da Atividade Física – EACH – USP Leste, São Paulo, SP, Brasil

Recebido em 28/5/05. Versão final recebida em 7/9/05. Aceito em 14/9/05.

**Endereço para correspondência:** UniFMU – Faculdade de Educação Física, Laboratório de Fisiologia do Exercício, Prof. Dr. Marcelo Saldanha Aoki, Prof. Dr. Reury Frank P. Bacurau, Rua Galvão Bueno, 707 – 01506-000 – São Paulo, SP. E-mail: msaoki@usp.br; reurybacurau@uol.com.br

rona y de cortisol) y al sistema inmunológico (la concentración del glutamina y de IgG). Participaron en el estudio 12 hombres entrenados ( $27,4 \pm 4,8$  años). Estos individuos fueron aleatoriamente divididos en 2 grupos que después se sometieron a 2 protocolos de entrenamiento en dos series diferentes, Múltiple (MS) y Tri-juego (TS). Las muestras de sangre eran reunidos antes y después de una sesión de ejercicio de fuerza, al principio y en el fin del período de 8 semanas de entrenar. No se observaron alteraciones en los parámetros morfo-funcionales (salvo la prueba de repeticiones máximas para el agachamiento). Con respecto a los parámetros endócrinos, se observó que TS provocó un aumento significativo del cortisol, inmediatamente después de la sesión de entrenamiento, al principio y en el fin de las 8 semanas ( $p < 0,05$ ). Al observar la conducta de la testosterona en relación con el cortisol (T:C), puede notarse un aumento excelente en el grupo sometido al MS protocolar después de 8 semanas de entrenar ( $p < 0,05$ ). Con respecto a los parámetros inmunológicos, no se observó alteración en la concentración de la inmunoglobulina G; la concentración del glutamina sufrió una disminución después de 8 semanas en ambos grupos. Esta disminución se acentuó más en el TS de grupo ( $p < 0,05$ ). Los resultados obtenidos sugieren que el método TS impuso una tensión más grande al organismo. Además, los datos también indican que el MS protocolar promueve una atmósfera más favorable al anabolismo, después de 8 semanas de entrenar. Sin embargo, ambos métodos fallaron promoviendo las alteraciones significantes en los parámetros morfo-funcionales.

## INTRODUÇÃO

A hipertrofia muscular é um dos objetivos mais desejados entre os praticantes do treinamento de força. Atualmente, existem diferentes métodos ou sistemas de treinamento para se atingir essa meta, o que gera muita polêmica sobre a superioridade de um método em relação ao outro<sup>(1)</sup>. A diferença entre esses métodos está na forma como as variáveis agudas do treinamento (intensidade, volume, período de descanso entre séries e exercícios e a ordem dos exercícios) são dispostas<sup>(1)</sup>.

Dentre os métodos de treinamento de força mais populares podem-se destacar: o método Múltiplas séries (MS) e o método Tri-set (TS). O método MS é o mais difundido entre os praticantes do treinamento de força, podendo ser utilizado pelo indivíduo sedentário e até pelo atleta de alto nível, para qualquer objetivo, desde que se ajuste o número de séries e repetições. Esse método se caracteriza pela realização de mais de uma série por exercício<sup>(1)</sup>. Já o método TS consiste em utilizar três exercícios diferentes para a mesma parte do corpo, com o mínimo ou mesmo sem intervalo entre as séries, e usualmente com três séries para cada exercício<sup>(1)</sup>. O TS é utilizado geralmente por indivíduos bem treinados, que têm como objetivo a hipertrofia muscular, já que o pequeno intervalo entre as séries induz uma significativa sobrecarga metabólica<sup>(1)</sup>.

A distinção entre os prós e contras dos diferentes métodos de treinamento é mais complicada em indivíduos treinados. Pois, nesses indivíduos é imperativa a utilização de sobrecargas crescentes, a fim de promover as adaptações desejadas. No entanto, esse aumento no nível de estresse aplicado (sobrecarga) não deve induzir efeitos deletérios no organismo do praticante. Embora bastante difundida, essa questão tem sido pouco explorada.

Com o intuito de atender a demanda energética imposta pelo exercício, mecanismos celulares, neurais e hormonais são ativados a fim de regular-controlar o metabolismo<sup>(2)</sup>. Durante o exercício, as alterações na concentração de hormônios aumentam a disponibilidade de substratos energéticos, prevalecendo o catabolismo. Já na fase de recuperação, esse balanço entre hormônios anabólicos e catabólicos, com prevalência dos hormônios anabólicos, será responsável pela ampliação da síntese protéica adaptativa<sup>(3)</sup>.

Essas alterações hormonais, aparentemente, constituem um parâmetro adequado para a verificação dos efeitos agudos e crônicos do treinamento físico<sup>(4)</sup>. Por exemplo, a resposta hormonal ao treino de força (ex.: aumento da concentração de testosterona em relação à de cortisol) está correlacionada com a hipertrofia e a força muscular<sup>(5)</sup>.

Além do sistema endócrino, a análise dos efeitos do treinamento físico sobre outros sistemas, como o nervoso e o imunológico, pode fornecer informações mais abrangentes de como esse estímulo afeta a fisiologia do organismo<sup>(2,6,7)</sup>, uma vez que estes sistemas também são determinantes para a adaptação ao estresse<sup>(3)</sup>. A modificação na concentração de hormônios, principalmente o aumento do cortisol, também é capaz de alterar parâmetros imunológicos. Reconhecidamente, o cortisol exerce efeito deletério sobre a funcionalidade do sistema imunológico<sup>(6-9)</sup>.

Considerando que as respostas neurais, hormonais e imunológicas responsáveis pelas adaptações ao treinamento físico dependem das características do mesmo, é de se esperar que diferentes sistemas de treinamento também provoquem respostas orgânicas diferentes. Assim, o objetivo do presente estudo foi examinar a influência de dois protocolos de treinamento de força, conhecidos como Múltiplas séries (MS) e Tri-set (TS), sobre parâmetros relacionados ao sistema endócrino e ao sistema imunológico. A composição corporal, a contração voluntária máxima e a resistência muscular localizada também foram avaliadas para determinar o efeito das alterações hormonais e imunológicas sobre parâmetros morfofuncionais.

## MÉTODOS

**Sujeitos:** Foram selecionados 12 praticantes de treinamento de força, com experiência superior a 12 meses ( $70,2 \pm 4,5$ kg;  $172 \pm 5$ cm;  $27,4 \pm 4,8$  anos). Os indivíduos foram divididos aleatoriamente e, posteriormente, submetidos a dois protocolos de treinamento distintos: Múltiplas séries (MS) ( $n = 6$ ) e Tri-set (TS) ( $n = 6$ ). Realizou-se a coleta dos dados no início e após oito semanas de treinamento. Seguindo a resolução específica do Conselho Nacional de Saúde (nº 196/96), os participantes foram informados detalhadamente sobre os procedimentos utilizados e concordaram em participar de maneira voluntária do estudo, assinando um termo de consentimento informado e proteção da privacidade. O experimento foi aprovado pela Comissão de Ética para Humanos do Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo (Parecer nº 72/00). Todos os sujeitos foram submetidos à análise da urina (início, quatro semanas e após as oito semanas) para averiguar a presença de anabolizantes esteróides. Essa análise foi realizada no Laboratório de Análises Toxicológicas da Faculdade de Ciências Farmacêuticas da USP, sendo o resultado negativo para todos os sujeitos.

**Teste para determinação do valor de 1-RM e teste de repetições máximas:** Após um breve alongamento e aquecimento, a força muscular máxima, através do teste de uma repetição máxima (1-RM), foi determinada por quatro tentativas de uma repetição, com intervalo de três minutos, nos respectivos exercícios: o supino, o agachamento e a rosca direta<sup>(1)</sup>, utilizando amplitude natural do movimento, com exceção do exercício agachamento, em que se realizou a fase excêntrica até que a coxa do sujeito experimental ficasse paralela ao solo. Após sete dias desse, executou-se outro teste, o de resistência muscular, repetições máximas, no qual o peso utilizado foi equivalente a 50% do valor de 1-RM (50%-1RM) para a execução até a exaustão ou incapacidade de manter o padrão do movimento<sup>(1)</sup>, sendo que a velocidade de execução desses respeitava a seguinte condição: dois segundos aproximadamente, tanto na fase concêntrica quanto na excêntrica do movimento.

**Descrição do protocolo de treinamento de força:** Durante oito semanas, os sujeitos treinaram quatro vezes por semana (segundas, terças, quintas e sextas-feiras), sendo às segundas e quin-

tas, o treino A, no qual eram trabalhados peito, costas e ombros; e nas terças e sextas, nas quais se realizava o treino B, que consistia em exercícios para coxas e braços. A intensidade foi diferenciada para cada dia, segundas e terças, 100% do peso das 10 repetições máximas (10RM), e quintas e sextas-feiras, 90% do peso das 10 repetições máximas (90% de 10RM), sendo que o número máximo de repetições nos exercícios foi determinado durante o próprio treinamento e ajustado a cada duas semanas para que realmente estivessem trabalhando com a carga prevista. O treinamento de *endurance* foi restrito a um máximo de 20 minutos, duas vezes por semana, separado por pelo menos oito horas das sessões de força. O método Múltiplas séries (MS) consistiu em dois exercícios para cada grupamento muscular com exceção dos músculos da coxa, que foram três exercícios, em quatro séries de 10 repetições para cada exercício, com intervalo entre as séries de 90 segundos. Os exercícios utilizados foram: **treino A**, supino, supino inclinado com halteres, remada baixa, puxada pela frente, elevação lateral, desenvolvimento com halteres, **treino B**: *leg press*, mesa extensora, mesa flexora, rosca direta com barra W, rosca alternada, tríceps na polia alta, tríceps francês. Já o método Tri-set (TS) consistiu na realização de três exercícios diferentes para o mesmo grupamento muscular sem intervalo, três séries de 10 repetições; após a finalização no terceiro exercício havia um intervalo de 90 segundos, para reiniciar a seqüência. Os exercícios utilizados foram: treino A, supino, supino inclinado com halteres, crucifixo, remada baixa, puxada pela frente, remada alta, elevação lateral, desenvolvimento com halteres, elevação frontal; treino B: *leg press*, mesa extensora, mesa flexora, rosca direta com barra W, rosca alternada, rosca simultânea com banco inclinado, tríceps na polia alta, tríceps francês, supino com pegada fechada. Os dois protocolos foram previamente equalizados quanto ao volume total de treinamento (tonelagem), por meio de teste-piloto, ou seja, a quantidade total de peso levantado pelos dois grupos foi muito semelhante. Para isso, foi utilizada a fórmula, volume total = séries x repetições x peso (kg)<sup>(1)</sup>.

**Avaliação da composição corporal:** A composição corporal foi avaliada por meio da utilização de compasso de dobra cutânea, marca Lange, o protocolo utilizado foi Jackson e Pollock<sup>(10)</sup> para homens.

**Determinações plasmáticas:** Após cinco horas de jejum, o sangue foi coletado antes (~19:00h) e logo após o término da sessão de treinamento (~20:00h); essas coletas foram feitas no início do treinamento e ao final de oito semanas de experimento. Para avaliar a concentração plasmática de testosterona e de cortisol foram utilizados kits para radioimunoensaio *COAT-A-COUNT*, DPC®. Os participantes foram instruídos a seguir um cardápio padrão, com horários estabelecidos, 24 horas antes das coletas de sangue<sup>(11)</sup>. Com o intuito de diminuir a variabilidade interensaio, todas as amostras foram avaliadas de uma só vez, ao final do experimento (variação analítica foi menor que 10,5% e 9%, respectivamente para testosterona e cortisol, conforme proposto por Tremblay e Chu<sup>(12)</sup>). A concentração de glutamina foi determinada segundo método descrito por Windmueller e Spaeth<sup>(13)</sup>, que utiliza as enzimas asparaginase e glutamato-desidrogenase (GDH). A imunoglobulina G (IgG) foi dosada por ELISA (*double antibody, enzyme-linked immunosorbent assay*) em placa de Well de 96 poços marca DPC®.

**Análise estatística:** Para a comparação entre antes e depois da sessão de treino e pré e pós-treinamento foi utilizado o teste *t* de Student pareado. Para a comparação entre os métodos foi aplicado o teste *t* de Student não pareado. Foi estipulado o nível mínimo de significância de  $p < 0,05$ .

## RESULTADOS

Com relação à composição corporal (peso, IMC e massa gorda) não foram observadas diferenças significativas em ambas as intervenções de treinamento (MS e TS) em relação ao valor inicial (tabela 1).

**TABELA 1**  
Composição corporal de indivíduos submetidos aos métodos de treinamento Tri-set (TS) e Múltiplas séries (MS)

MS		TS	
<b>Peso corporal (kg)</b>			
Inicial	8 sem	Inicial	8 sem
72,6 ± 6,5	73,0 ± 6,9	67,0 ± 6,6	67,4 ± 6,6
<b>Índice de massa corporal</b>			
Inicial	8 sem	Inicial	8 sem
23,2 ± 0,6	23,4 ± 0,5	22,8 ± 1,1	22,9 ± 1,1
<b>Massa gorda (%)</b>			
Inicial	8 sem	Inicial	8 sem
12,6 ± 3,8	11,1 ± 3,1	12,8 ± 2,4	12,2 ± 3,0

Valores expressos em média ± desvio-padrão. As medidas foram realizadas no início e ao final de oito semanas de treinamento.

O valor da contração voluntária máxima aferida pelo teste de 1-RM nos exercícios de supino, de agachamento e de rosca direta também não apresentou diferença significativa em comparação com o início do treinamento em ambos os protocolos. Em relação ao valor inicial, a capacidade de repetição máxima aumentou apenas no agachamento. Esse aumento foi observado em ambos os protocolos (MS ~56% e TS ~66%;  $p < 0,05$ ) (tabelas 2 e 3).

**TABELA 2**  
Determinação do valor de 1-RM em indivíduos submetidos aos métodos de treinamento Tri-set (TS) e Múltiplas séries (MS)

MS		TS	
<b>1-RM (kg)</b>			
<b>Supino</b>			
Inicial	8 sem	Inicial	8 sem
70,1 ± 11,1	84,8 ± 9,1	67,1 ± 9,2	76,0 ± 8,4
<b>Agachamento</b>			
Inicial	8 sem	Inicial	8 sem
100,9 ± 11,6	119,6 ± 5,8	90,4 ± 9,9	104,9 ± 12,9
<b>Rosca direta</b>			
Inicial	8 sem	Inicial	8 sem
44,2 ± 7,1	49,1 ± 8,3	37,4 ± 2,1	40,2 ± 4,1

Valores expressos em média ± desvio-padrão. Os testes foram realizados no início e ao final de oito semanas de treinamento.

**TABELA 3**  
Determinação das repetições máximas executadas a 50% de 1-RM em indivíduos submetidos aos métodos de treinamento Tri-set (TS) e Múltiplas séries (MS)

MS		TS	
<b>Repetições máximas a 50% de 1-RM</b>			
<b>Supino</b>			
Inicial	8 sem	Inicial	8 sem
31,2 ± 4,4	26,6 ± 4,4	30,5 ± 3,3	27,7 ± 5,6
<b>Agachamento</b>			
Inicial	8 sem	Inicial	8 sem
27,2 ± 10,2	42,2 ± 11,3 <sup>a</sup>	21,5 ± 5,2	35,7 ± 7,6 <sup>a</sup>
<b>Rosca direta</b>			
Inicial	8 sem	Inicial	8 sem
21,6 ± 3,3	23,40 ± 3,7	25,2 ± 4,9	27,5 ± 4,3

Valores expressos em média ± desvio-padrão. Os testes foram realizados no início e ao final de oito semanas de treinamento. a - diferença estatística em relação à condição inicial.

Quanto aos parâmetros plasmáticos, não foi observada alteração na concentração plasmática de testosterona em nenhum dos protocolos, seja antes ou depois da sessão de treino, no início ou final de oito semanas. No início do treinamento, foi observado aumento da concentração de cortisol no momento pós-treino em ambos os protocolos (MS ~38% e TS ~250%;  $p < 0,05$ ). No entanto, a magnitude desse aumento foi mais evidente no TS em relação ao MS ( $p < 0,05$ ). Após oito semanas de treinamento, apenas o grupo submetido ao TS apresentou aumento (~38%;  $p < 0,05$ ) na secreção de cortisol após a sessão de treino. Ainda, com relação à concentração de cortisol, após oito semanas de treinamento, imediatamente após a sessão de treino, foi observado que o grupo TS apresentava elevação na concentração de cortisol em comparação com o grupo MS (~230%;  $p < 0,05$ ) (tabela 4).

**TABELA 4**  
Concentração plasmática de testosterona total, cortisol e glutamina de indivíduos submetidos aos métodos de treinamento Tri-set (TS) e Múltiplas séries (MS)

	MS		TS	
	Antes	Depois	Antes	Depois
<b>Testosterona (<math>\eta\text{mol.L}^{-1}</math>)</b>				
Inicial	16,0 $\pm$ 3,5	17,3 $\pm$ 6,2	21,5 $\pm$ 6,8	20,2 $\pm$ 6,9
8 sem	16,7 $\pm$ 3,6	18,0 $\pm$ 2,8	17,1 $\pm$ 2,4	18,9 $\pm$ 4,6
<b>Cortisol (<math>\eta\text{mol.L}^{-1}</math>)</b>				
Inicial	304,7 $\pm$ 39,1	421,8 $\pm$ 101,5 <sup>a</sup>	285,8 $\pm$ 70,2	715,4 $\pm$ 105,7 <sup>abc</sup>
8 sem	207,4 $\pm$ 94,6	209,6 $\pm$ 114,5 <sup>b</sup>	349,5 $\pm$ 54,2	485,2 $\pm$ 69,8 <sup>abc</sup>
<b>Razão T:C</b>				
Inicial	0,05 $\pm$ 0,01	0,04 $\pm$ 0,01	0,06 $\pm$ 0,01	0,03 $\pm$ 0,005 <sup>a</sup>
8 sem	0,09 $\pm$ 0,01 <sup>b</sup>	0,11 $\pm$ 0,01 <sup>b</sup>	0,04 $\pm$ 0,01 <sup>c</sup>	0,04 $\pm$ 0,01 <sup>c</sup>

Valores expressos em média  $\pm$  desvio-padrão. As coletas foram realizadas antes (pré-treino) e depois de cada sessão de treino (pós-treino) no início e ao final de oito semanas de treinamento. a - diferença estatística em relação ao momento antes do exercício; b - diferença estatística em relação à condição inicial; c - diferença estatística em relação ao método MS.

No início do período de treinamento (condição inicial), a relação T:C foi reduzida (~50%;  $p < 0,05$ ) após a realização do protocolo TS. Com relação ao método MS, foi evidenciado aumento da relação T:C no repouso (pré-treino) e depois do exercício (pós-treino), no final de oito semanas, em relação ao início do experimento (condição inicial). Ao comparar os grupos (TS x MS), no final de oito semanas de treinamento, no momento pós-treino, também se verifica marcante aumento na relação T:C no grupo MS em comparação com o TS ( $p < 0,05$ ) (tabela 4).

**TABELA 5**  
Concentração plasmática de glutamina e imunoglobulina G (IgG) de indivíduos submetidos aos métodos de treinamento Tri-set (TS) e Múltiplas séries (MS)

	MS		TS	
	Antes	Depois	Antes	Depois
<b>Glutamina (<math>\text{mmol.L}^{-1}</math>)</b>				
Inicial	1.110,6 $\pm$ 105,3	928,6 $\pm$ 77,1	1.318,3 $\pm$ 320,3	1.156,9 $\pm$ 288,2
8 sem	663,2 $\pm$ 214,2 <sup>b</sup>	540,2 $\pm$ 198,7 <sup>b</sup>	836,7 $\pm$ 301,2 <sup>b</sup>	340,0 $\pm$ 151,6 <sup>ab</sup>
<b>IgG (<math>\text{mg.L}^{-1}</math>)</b>				
Inicial	15,3 $\pm$ 2,7	14,2 $\pm$ 5,3	15,4 $\pm$ 3,7	13,7 $\pm$ 5,6
8 sem	13,9 $\pm$ 4,1	14,0 $\pm$ 4,9	16,6 $\pm$ 3,0	14,3 $\pm$ 3,9

Valores expressos em média  $\pm$  desvio-padrão. As coletas foram realizadas antes (pré-treino) e depois de cada sessão de treinamento (pós-treino) no início e ao final de oito semanas de treinamento. a - diferença estatística em relação ao momento antes do exercício; b - diferença estatística em relação à condição inicial.

Com relação aos parâmetros imunológicos, em ambos os protocolos MS e TS, a concentração plasmática de glutamina apresentou decréscimo após oito semanas de treinamento, tanto antes (pré-treino) como depois do exercício de força (pós-treino) em relação ao valor inicial. Particularmente, no grupo TS foi detectada marcante redução depois do treino de força, em relação à situação de repouso (pré-treino), após oito semanas de treinamento. Ao comparar os grupos TS e MS, é possível observar que a concentração de glutamina apresentou redução no método TS, após a sessão de treino, no final de oito semanas (~40%;  $p < 0,05$ ) (tabela 5).

## DISCUSSÃO

Alterações em parâmetros hormonais e imunológicos podem ser utilizadas para avaliar o efeito da sobrecarga de treinamento sobre o organismo, seja aguda ou cronicamente<sup>(3,14)</sup>.

No presente estudo foram realizadas análises agudas (antes e depois de uma sessão de treino), porém, com um intervalo significativo entre as mesmas (oito semanas entre o início e o término do período de treinamento). Dessa forma, os resultados do presente estudo não só representam o efeito agudo de dois protocolos diferentes de treinamento de força, mas também a resposta crônica a esses dois métodos ao longo de oito semanas.

### Alterações endócrinas

Em termos agudos, acredita-se que mudanças hormonais podem modificar o desempenho do exercício por meio de diversos mecanismos, como, por exemplo, alterações do metabolismo e/ou da funcionalidade do sistema nervoso e do sistema imunológico. Bosco *et al.*<sup>(2)</sup>, por exemplo, demonstraram uma associação entre a concentração de testosterona e a redução da atividade neural durante uma sessão de treinamento de força de alta intensidade. Em função disso, concluíram que a testosterona (em concentração adequada) pode compensar a fadiga de fibras de contração rápida (presente à medida que o treino progride), garantindo, assim, maior eficiência neuromuscular. Essa conclusão é corroborada pelos dados de Tamaki *et al.*<sup>(15)</sup>, que demonstraram aumento da capacidade de trabalho e maior resistência à fadiga através do tratamento com esteróides anabolizantes.

Indivíduos do grupo TS exercitaram os mesmos grupos musculares do grupo MS, porém, realizaram três exercícios por grupo (e não dois na maioria das vezes no grupo MS, com exceção da coxa), sem intervalo entre esses três exercícios (o grupo MS teve 90 segundos de pausa entre os exercícios). Nesse sentido, se a relação T:C for utilizada como indicador fisiológico de sobrecarga<sup>(16,17)</sup>, possivelmente, os indivíduos do grupo TS foram submetidos a um maior grau de estresse no início do experimento. Em concordância com essa suposição, Smilios *et al.*<sup>(18)</sup> propuseram que a resposta do cortisol ao treinamento de força é dependente das necessidades metabólicas e do estresse total<sup>(19)</sup>. No presente estudo, a queda da razão T:C ocorreu em função do aumento significativo da concentração de cortisol ao término do treino TS, especialmente no início do exercício (condição inicial - pré vs. pós-treino) (aumento de 250%). O mesmo aumento foi observado por Passelergue e Lac<sup>(19)</sup>; coincidentemente, esses autores demonstraram que a concentração de cortisol salivar aumentou 2,5 vezes ao longo de uma competição de *wrestling*. Elloumi *et al.*<sup>(20)</sup> também demonstraram que o cortisol está associado ao grau de estresse de um jogo de rúgbi, também observando aumento semelhante na concentração desse hormônio.

Com relação às respostas crônicas, após oito semanas de treinamento, ambos os grupos (MS e TS) apresentaram decréscimo na concentração plasmática de cortisol ao final da sessão de treino, indicando uma atenuação do estresse imposto pela sessão de treino. Entretanto, mesmo assim, o grupo TS apresentou maior concentração de cortisol em comparação com o grupo MS ao final

das oito semanas de treinamento. Considerando que a secreção de cortisol é um mecanismo fisiológico de resposta ao estresse, isso reforçaria a hipótese de o método TS ser mais estressante, mesmo após um período crônico de oito semanas.

Considerando o significado da queda na relação T:C, pode-se entender o aparente contra-senso entre o fato de o protocolo TS apresentar-se mais estressante, porém não comprometer os parâmetros morfofuncionais avaliados ao longo de oito semanas. Inicialmente, Adlercreutz *et al.*<sup>(4)</sup> recomendaram o uso da relação testosterona livre para cortisol, como um indicio da ocorrência de *overtraining*, no caso de a mesma apresentar redução maior que 30%. Posteriormente, além disso, foi preconizado que a razão T:C também poderia ser um indicador fisiológico de sobrecarga de treinamento.

Diversos autores ressaltam que a redução na relação T:C não necessariamente está associada à síndrome de *overtraining*<sup>(3,14,16,17,21)</sup>. Portanto, apesar da redução (50%) na razão T:C observada após oito semanas de treinamento TS, no início da sessão de treino (condição de repouso), não é possível afirmar que este método induziu o *overtraining*.

Já está estabelecido que o funcionamento do sistema endócrino é profundamente alterado pela síndrome do *overtraining*. Porém, a interpretação dessas alterações é dificultada por quatro fatores: o tipo de exercício (*endurance* vs. força), a variação circadiana dos hormônios, as diferenças entre respostas agudas (durante o exercício) e crônicas (observadas no repouso) e, especialmente no exercício de força, o número de *sets* e repetições, intervalo de pausa e a ordem dos exercícios<sup>(21)</sup>. Ainda com relação ao *overtraining*, é importante ressaltar a existência de duas formas. A primeira é marcada pela predominância do sistema nervoso parassimpático. Já a segunda, pela maior atividade do sistema nervoso simpático<sup>(14,21)</sup>. Esta última forma de *overtraining* é mais frequentemente observada em atletas de força e de atividades anaeróbias<sup>(21)</sup>. As adaptações hormonais no *overtraining* (simpático) são: aumento, decréscimo ou inalteração do cortisol, decréscimo da testosterona, GH e prolactina. Com relação à adrenalina e noradrenalina, o comportamento destas está diretamente relacionado ao nível de estresse (duração e intensidade)<sup>(21)</sup>.

Diante desta complexidade de respostas endócrinas verificadas no *overtraining*, é muito difícil interpretar as variações na relação T:C como indicio dessa síndrome. Atualmente, acredita-se que a relação T:C está relacionada ao quadro metabólico (anabolismo vs. catabolismo), que não pode ser diretamente associado ao *overtraining*<sup>(21)</sup>.

Portanto, o comportamento da relação T:C sugere que os indivíduos submetidos ao método TS suportaram um maior nível de estresse. Pode-se afirmar que ao final dessa sessão de treino (TS) houve prevalência do estímulo catabólico. É importante ressaltar que no presente estudo o comportamento dessa relação foi avaliado pontualmente ao final do treino. Não foram realizadas determinações no período de repouso subsequente à sessão de treinamento.

### Alterações relacionadas ao sistema imunológico

A concentração plasmática de glutamina tem sido associada à funcionalidade do sistema imunológico de indivíduos submetidos ao treinamento físico intenso<sup>(8,9)</sup>. No início do experimento, não foi observada alteração da glutamina plasmática, antes e depois da sessão de treino, em ambos os protocolos. Apesar da redução na relação T:C (promovida pelo aumento do cortisol), no início do experimento (efeito agudo), após o treino no protocolo TS, tal queda não foi acompanhada por redução na glutamina plasmática e por sinais de imunossupressão.

Após oito semanas, observou-se que a glutaminemia apresentou queda em relação aos momentos antes e depois da sessão de treinamento, em ambos os grupos. Entretanto, a relevância da manutenção da glutamina plasmática vem sendo questionada<sup>(22)</sup>.

Recentemente, Hiscock e Pedersen<sup>(22)</sup> afirmaram que é improvável que a queda na concentração plasmática de glutamina possa exercer alguma influência na imunodepressão induzida pelo exercício (normalmente, estudos que avaliam atividades de *endurance*). No presente estudo, a queda na glutamina não afetou a produção de IgG em ambos os grupos.

Além disso, é comum que parâmetros imunológicos apresentem um padrão de queda em períodos imediatamente após o exercício. Bush *et al.*<sup>(23)</sup>, por exemplo, demonstraram que dois protocolos de treinamento de força (mesma quantidade total de trabalho realizada) foram capazes de promover redução na concentração de interferon-gama e interleucina 2. Essa resposta indicaria redução da imunidade, porém, essa queda foi temporária.

Simonson<sup>(24)</sup> ainda destaca, em sua revisão da literatura sobre a resposta imune ao exercício de força, que indivíduos condicionados a esse tipo de atividade não apresentam alterações em parâmetros imunológicos de repouso durante o período de vários anos.

O outro parâmetro imunológico avaliado, a concentração salivar de IgG, não apresentou diferença em função do tipo de protocolo. Esses dados são corroborados pelos estudos de McDowell *et al.*<sup>(25)</sup> e Calabrese *et al.*<sup>(26)</sup>.

### Alterações morfofuncionais

Assim, apesar das alterações hormonais e imunológicas observadas no grupo TS, os parâmetros morfofuncionais avaliados (composição corporal, teste de 1-RM e teste de repetições máximas) não foram diferentes do grupo MS após oito semanas. No entanto, é relevante mencionar que, embora não tenha sido observada diferença estatística, o valor de 1-RM no supino e no agachamento aumentou para ambos os protocolos (essa diferença foi de mais de 10kg). É possível que diferenças estatísticas não tenham sido observadas pelo reduzido número de indivíduos por grupo. Embora um aumento de 10kg (em termos absolutos) não possa ser desprezado, principalmente por tratar-se de indivíduos treinados, que apresentam menor reserva de adaptação.

### Principais limitações

Uma limitação importante do presente trabalho é o fato de a análise da razão T:C ter sido realizada imediatamente após o término da sessão de treinamento. Outras pesquisas<sup>(19,20,27)</sup> também observaram aumento do cortisol durante uma competição/treino e manutenção da concentração de testosterona, assim como no presente estudo. No entanto, essas pesquisas ainda demonstram que, nas horas e dias subsequentes ao estresse, a concentração plasmática de testosterona é elevada, enquanto a concentração de cortisol sofre redução. Possivelmente, a análise pontual não permitiu a observação desse padrão de resposta no presente estudo. Outros fatores que limitam nossas conclusões são: o número reduzido de participantes e o curto período de tempo de intervenção.

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em conclusão, as alterações agudas e crônicas da relação T:C sugerem que o método de treinamento TS foi mais estressante. Com relação ao protocolo MS, pode-se afirmar que o mesmo promoveu um ambiente mais anabólico. Especificamente em relação ao protocolo MS, um estudo prévio realizado no nosso laboratório demonstrou um padrão de alteração semelhante na relação T:C em mulheres, na condição de repouso, após oito semanas de treinamento<sup>(28)</sup>.

Entretanto, a indução desse ambiente mais favorável ao anabolismo pelo protocolo MS não resultou em maior nível de adaptação morfofuncional, em comparação com as mudanças induzidas pelo protocolo TS, no período de oito semanas. Assim, estes dados corroboram a crença de que utilização de dois métodos diferentes de treinamento de força resulta em respostas hormonais e

imunológicas diferentes. Porém, essas alterações não foram capazes de modular parâmetros morfofuncionais, em indivíduos treinados, em um curto período de tempo (dois meses). No presente estudo não foi possível estabelecer uma correlação entre as alterações endócrinas/imunológicas e as alterações na composição corporal e na força muscular.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Dra. Regina Lúcia Moreau pela análise das amostras de urina, a fim de averiguar a presença de anabolizantes esteróides. Essa análise foi realizada no Laboratório de Análises Toxicológicas da Faculdade de Ciências Farmacêuticas da USP. Também somos gratos ao Prof. Dr. Luís Fernando Pereira Bicudo Costa-Rosa (GG) (*in memoriam*) por ter disponibilizado o Laboratório de Metabolismo do ICBUSP para avaliação dos parâmetros endócrinos e imunológicos.

---

*Todos os autores declararam não haver qualquer potencial conflito de interesses referente a este artigo.*

---

## REFERÊNCIAS

1. Baechele TR, Earle RW, Wathen D. Resistance training. In: Baechele TR, Earle RW, editors. Essentials of strength training and conditioning. Human Kinetics, Champaign, 2<sup>nd</sup> ed., 2000;395-425.
2. Bosco C, Colli R, Bonomi R, Von Duvillard S, Viru A. Monitoring strength training: neuromuscular and hormonal profile. *Med Sci Sports Exerc* 2000;32:202-8.
3. Viru A, Viru M. Assessing changes in adaptivity for optimizing training strategies. In: Biochemical monitoring of sport training. Human Kinetics, 2001;193-220.
4. Adlercreutz H, Härkönen K, Kuoppasalmi K, Näveri H, Huthaniani H, Timsanen H, Remes K, et al. Effect of training on plasma anabolic and catabolic steroid hormones and their response during physical exercise. *Int J Sports Med* 1986; 7:S27-8.
5. Crowley M, Matt KS. Hormonal regulation of skeletal muscle hypertrophy in rats: the testosterone to cortisol ratio. *Eur J Appl Physiol* 1996;73:66-72.
6. Nieman DC. Immune response to heavy exertion. *J Appl Physiol* 1997;82:1385-94.
7. Nieman DC. Is infection risk linked to exercise workload? *Med Sci Sports Exerc* 2000;32:S406-11.
8. Castell LM. Glutamine supplementation in vitro and in vivo, in exercise and in immunodepression. *Sports Med* 2003;33:323-45.
9. Castell LM. Can glutamine modify the apparent immunodepression observed after prolonged exhaustive exercise? *Nutrition* 2002;18:371-5.
10. Jackson A, Pollock M. Generalized equations for predicting body density of men. *Br J Nutr* 1978;40:497-504.
11. Bacurau RF, Bassit RA, Sawada L, Navarro F, Martins E Jr, Costa Rosa LF. Carbohydrate supplementation during intense exercise and the immune response of cyclists. *Clin Nutr* 2002;21:423-9.
12. Tremblay MS, Chu SY. Hormonal response to exercise: methodological considerations. In: Warren MP, Constantini NW, editors. *Sports endocrinology*. New Jersey: Humana Press, 2000;1-30.
13. Windmueller HG, Spaeth AE. Uptake and metabolism of plasma glutamine by small intestine. *J Biol Chem* 1974;249:5070-9.
14. Budget R, Newsholme EA, Lehmann M. Redefining the overtraining syndrome as the unexplained underperformance syndrome. *Br J Sports Med* 2000;34:67-8.
15. Tamaki T, Uchiyama S, Uchiyama Y, Akatsuka A, Roy RR, Edgerton VR. Anabolic steroids increase exercise tolerance. *Am J Physiol* 2001;280:E973-81.
16. Tesch PA. Training for bodybuilding. Strength and power in sport. Komi PV, editor. Oxford: Blackwell Science, 1994;370-80.
17. Urhausen A, Gabriel H, Kinderman W. Blood hormones as markers of training stress and overtraining. *Sports Med* 1995;20:351-76.
18. Smilios I, Piliandis T, Karamouzis M, Tokmakidis SP. Hormonal responses after various resistance exercise protocols. *Med Sci Sports Exerc* 2003;35:644-54.
19. Passelergue P, Lac G. Saliva cortisol, testosterone and T/C ratio variations during a wrestling competition and during the post-competitive recovery period. *Int J Sports Med* 1999;20:109-13.
20. Elloumi M, Maso F, Michaux O, Robert A, Lac G. Behaviour of saliva cortisol [C], testosterone [T] and T/C ratio during a rugby match and during the post-competition recovery days. *Eur J Appl Physiol* 2003;1:23-8.
21. Armstrong LE, VanHeest JL. The unknown mechanism of the overtraining syndrome: clues from depression and psychoneuroimmunology. *Sports Med* 2002;32:185-209.
22. Hiscock N, Pedersen BK. Exercise-induced immunodepression plasma glutamine is not the link. *J Appl Physiol* 2002;93:813-22.
23. Bush JA, Dohl K, Mastro AM, et al. Exercise and recovery responses of lymphokines to heavy resistance exercise. *J Strength Cond Res* 2000;14:344-9.
24. Simonson SR. The Immune response to resistance exercise. *J Strength Cond Res* 2001;15:378-84.
25. McDowell SL, Weir JP, Eckerson JM, Wagner LL, Housh TJ, Johnson GO. A preliminary investigation of the effect of weight training on salivary immunoglobulin A. *Res Quart* 1993;64:348-51.
26. Calabrese LH, Kleiner SM, Barna BP, et al. The effects of anabolic steroids and strength training on the human immune response. *Med Sci Sports Exerc* 1989; 21:386-92.
27. Lac G, Berthon P. Changes in cortisol and testosterone levels and T/C ratio during an endurance competition and recovery. *J Sports Med Phys Fitness* 2000; 40:139-44.
28. Uchida MC, Bacurau RFP, Navarro F, Pontes Jr FL, Tessuti VD, Moreau RL, et al. Alteração da relação testosterona:cortisol induzida pelo treinamento de força em mulheres. *Rer Bras Med Esporte* 2004;10:165-8.