

Influência da ordem dos exercícios sobre a resposta do hormônio do crescimento e cortisol

Influence of exercise order in GH and cortisol hormonal response

LEITE RD *et al.* Influência da ordem dos exercícios sobre a resposta do hormônio do crescimento e cortisol. **R. bras. Ci. e Mov** 2010;18(1):48-55.

RESUMO: O objetivo deste estudo foi investigar a resposta hormonal aguda ao treinamento de força em diferentes ordens de exercícios. Dez homens treinados ($22,4 \pm 2,7$ anos; $80,3 \pm 5,7$ kg; 180 ± 8 cm; $21,5 \pm 0,3$ kg.m⁻²) participaram do estudo e completaram dois protocolos experimentais com diferentes ordenações de exercícios. As sequências foram compostas de três séries para cada exercício usando 70% de 1RM, com dois minutos de intervalo de descanso entre séries e exercícios com intervalo de sete dias entre elas. A ordem dos exercícios para SEQA foram: supino reto (SR), puxada no *pulley* pela frente (PF), desenvolvimento (DES), rosca direta (RD) e tríceps no *pulley* (TP). A ordem dos exercícios para SEQB foram TP, RD, DES, PF e SR. As variáveis sanguíneas analisadas foram hormônio de crescimento (GH) e cortisol pré e imediatamente pós-esforço a execução da sessão de treinamento. Os resultados demonstram que a SEQA promoveu maior e significativo aumento na concentração do GH imediatamente após a sessão, quando comparado a SEQB. A concentração de cortisol apresentou um aumento significativo quando comparado os momentos pré e pós para ambas as sequências. No entanto, não houve diferença estatisticamente significativa quando feita a comparação entre as sequências. Portanto, parece que a ordem dos exercícios pode influenciar as respostas do GH sendo que exercícios para grandes grupos musculares promovem um aumento significativo deste hormônio do que exercícios para pequenos grupos musculares no início da sessão.

Palavras-chave: Treinamento de força; Ordem de exercícios; Resposta hormonal.

ABSTRACT: The aim of this study was to investigate the acute hormonal response to resistance training sessions with different exercises order in men. Ten recreationally trained men (22.4 ± 2.7 years; 80.3 ± 5.7 kg; 180 ± 8 cm; 21.5 ± 0.3 kg.m⁻²) participated in the study. All subjects completed two experimental protocols with different exercises order. The exercise sequences were composed by three sets using 70% of 1RM for each exercise with 2 minutes rest between sets and exercises and separated by seven days between them. Exercise order for SEQA was bench press (BP), lat-pull down (LPD), seated shoulder press (SP), biceps curl (BC) and triceps extension (TE). The exercises order for SEQB order were TE, BC, SP, LPD and BP. The blood variables analyzed were: growth hormone (GH), cortisol before (Pre) and immediately after (Post) each exercise session. The results shown that SEQA promoted higher and significantly increases in GH concentration immediately post session, as compared with SEQB. The cortisol concentration presented a significantly increase when compared pre and post moments for both sequences. However, there were not statistically differences when compared SEQA and SEQB post session. In conclusion, seems that exercises order can influences the GH responses, being exercises for large muscle group promoted a significantly increase in this hormone than exercises for small muscle group at the beginning of training session.

Key Words: Resistance training; Exercise order; Hormonal response.

Richard D. Leite^{1,2}
Roberto Simão²
Fernando P. Silvestrini²
Vinícius Fernandes²
Cleudson Schlatter²
Jonathan F. K. Eduardo²
Jailso A. Jönck²
Alex S. Maior²

¹Laboratório de Pesquisas Clínicas e Experimentais em Biologia Vascular (BioVasc), Departamento de Ciências Fisiológicas, Universidade do Estado do Rio de Janeiro

²Escola de Educação Física e Desportos, Universidade Federal do Rio de Janeiro

Recebido em: 27/05/2010
Aceito em: 28/10/2010

Contato: Richard Diego Leite - rdleite@gmail.com

Introdução

O mais recente posicionamento do *American College of Sports Medicine*³ sobre as variáveis metodológicas do treinamento de força em adultos saudáveis³, preconiza que os maiores grupamentos musculares sejam realizados primeiro em uma sessão de treinamento de força, mas essa recomendação foi baseada em evidências científicas de categoria considerada nível C. De acordo com o ACSM³, a recomendação na ordem dos exercícios para iniciantes, intermediários e avançados inclui grandes grupamentos antes dos menores grupamentos musculares, exercícios multiarticulares antes dos uniarticulares, exercícios de alta intensidade antes dos exercícios de menor intensidade, independente se forem exercícios para a parte superior ou inferior do corpo.

Estudos de efeito agudo observaram que independente do tamanho muscular, todos os exercícios realizados ao final de uma sessão de treinamento resultaram em um menor número de repetições quando comparados ao mesmo exercício no início da sessão de treinamento^{4,9,10,20,21,22,24,28}. Portanto, de acordo com os resultados obtidos, foi recomendado que exercícios que sejam prioritários devam iniciar uma sessão de treinamento de força, independentemente do tamanho do grupamento muscular. Mais recentemente, alguns estudos de efeito crônico verificaram a influência na ordem dos exercícios sobre os ganhos de força^{7,23,27} e hipertrofia muscular^{23,27}. A principal conclusão de todos os estudos foi que se um exercício é prioritário no treinamento de força, o mesmo deve iniciar a sessão de treinamento, independente do tamanho do grupamento muscular^{7,23,29}.

As formas de manipulação do treinamento de força visando hipertrofia muscular sobre as respostas hormonais tem sido amplamente estudada, mas a maioria dos estudos foram conduzidos em protocolos que incorporaram grandes grupamentos musculares, principalmente membros inferiores, em intensidade entre 70–80% de uma repetição máxima (1RM), em torno de três séries, 10–12 repetições e intervalos de curta duração (60–90 s)^{2,5,6,14}. Observou-se também que o treinamento com objetivo de hipertrofia muscular promove aumento do hormônio do crescimento^{14,15,17,18}. Estudos prévios demonstram que o

treinamento de força com elevado número de séries e intervalo curto, promovem estimulação hormonal que conseqüentemente podem gerar a hipertrofia muscular^{2,5}. No entanto, até o presente momento, não foi verificado na literatura a influência na ordem dos exercícios em uma sessão de treinamento sobre a resposta hormonal.

Os autores consideram que nenhum estudo evidenciou a influência na ordem dos exercícios em uma sessão de treinamento sobre respostas hormonais. Portanto, o objetivo do estudo foi investigar o comportamento da concentração sérica do hormônio de crescimento e cortisol em diferentes ordenações de exercícios para membros superiores, em intensidade visando hipertrofia muscular.

Materiais e métodos

Sujeitos

A amostra foi composta por 10 homens ($22,4 \pm 2,7$ anos; $80,3 \pm 5,7$ kg; 180 ± 8 cm; $21,5 \pm 0,3$ kg.m⁻²) experientes no treinamento de força por no mínimo dois anos e frequência mínima de três vezes por semana, selecionados de forma intencional. Antes da coleta de dados, os candidatos assinaram o termo de consentimento pós-informado, conforme resolução 196/96 do conselho nacional de saúde. O protocolo foi aprovado pelo Comitê de Ética da Instituição. Foram excluídos do estudo sujeitos que apresentaram problemas osteomioarticulares que pudessem influenciar a realização dos exercícios e testes previstos, ou usuários de qualquer recurso ergogênico.

Teste de 1RM

Todos os participantes completaram três sessões de familiarização no protocolo do teste de 1RM, sendo que o intervalo entre as sessões foi de 48 a 72 horas. O teste de 1RM foi desempenhado em dois dias não consecutivos na forma de delineamento alternado, com intervalo entre 48 a 72 horas. A carga mais elevada em um desses dois dias de teste foi considerada a carga para 1RM. Nenhum tipo de exercício físico foi permitido entre os testes de 1RM, para não comprometer a reprodutibilidade do teste. O teste de 1RM foi conduzido similarmente a um estudo

prévio do mesmo laboratório²⁴. Visando reduzir a margem de erro no teste de 1RM, foram adotadas as seguintes estratégias: a) instruções padronizadas e familiarização antes do teste, de modo que todo o avaliado estivesse ciente de toda a rotina que envolvia a coleta de dados; b) o avaliado foi instruído sobre técnicas de execução do exercício; c) o avaliador estava atento quanto à posição adotada pelo praticante no momento da medida, pois pequenas variações do posicionamento das articulações envolvidas no movimento poderiam acionar outros músculos levando interpretações errôneas dos escores obtidos; d) estímulos verbais foram realizados a fim de manter alto o nível de estimulação; e) os pesos adicionais utilizados no estudo foram previamente aferidos em balança de precisão (Filizola). Os intervalos entre as tentativas em cada exercício durante o teste de 1RM foram fixados entre três e cinco minutos. Após obtenção da carga do exercício, um intervalo não inferior a 10 minutos foi adotado, antes de passar ao exercício seguinte.

Sessão de treinamento

Na semana seguinte (sete dias após a última sessão de treinamento, os sujeitos realizaram uma das duas sequências de exercícios em delineamento alternado. Após sete dias da execução da primeira sequência foi realizada outra sequência. O aquecimento antes de cada sequência de exercícios consistiu de duas séries de 20 repetições no primeiro exercício da sessão (supino reto para SEQA e tríceps no *pulley* para SEQB) a 40% de 1 RM. Após a série de aquecimento foi dado um intervalo de dois minutos para o início da realização das sequências propostas. As sequências de exercícios foram compostas de três séries de cada exercício usando 70% de 1RM com dois minutos de intervalo de descanso entre séries e exercícios. A ordem dos exercícios para SEQA foi: supino reto (SR), puxada pela frente no *pulley* (PF), desenvolvimento (DES), rosca direta (RD) e tríceps no *pulley* (TP). Para SEQB a ordem dos exercícios foi: TP, RD, DES, PF e SR.

Durante as sessões de treinamento, os sujeitos foram encorajados verbalmente para realizarem todas as

repetições em cada série, e a mesma definição de um ângulo de movimento usado durante o teste de 1RM foi usado para definir uma repetição completa com sucesso. Nenhuma tentativa foi feita para controlar a velocidade com que as repetições eram realizadas, não sendo permitida nenhuma pausa entre as fases concêntrica e excêntrica de cada repetição. Todas as sessões foram realizadas nos mesmos horários do dia.

Coleta e análise sanguínea

Todos os testes foram realizados entre 07:00 e 09:00 horas da manhã para controlar as variações hormonais diurnas. Os sujeitos permaneceram em jejum durante oito horas e dormiram aproximadamente oito horas antes da coleta de sangue e protocolos experimentais. As sessões de treinamento ocorreram cinco horas após a coleta sanguínea. Temperatura do ambiente e umidade foram controlados e fixados a 20-25°C e 40-65%, respectivamente. A coleta sanguínea no repouso foi realizada com os sujeitos sentado em uma posição levemente reclinada por 15 minutos antes da coleta de 10 mL de sangue através da veia antecubital. Imediatamente após a sessão de treinamento o mesmo procedimento foi realizado. As amostras sanguíneas foram centrifugadas a 1500g por 10 minutos (2.000 rpm), o soro foi separado, rapidamente congelado e estocado a -20°C até a subsequente análise em duplicata. As concentrações do hormônio de crescimento e cortisol foram determinadas usando kit COAT-ACOUNT, DPC-MedLab por meio de radioimunoensaio. Para minimizar os efeitos da variação inter-ensaio, todas as amostras de um mesmo sujeito foram analisadas no mesmo ensaio^{2,18}. Os coeficientes de variação intraensaios foram todos menores do que 5%.

Análise estatística

Os coeficientes de correlação intra-classe foram usados para determinar a reprodutibilidade para o teste e reteste de 1RM. O método de correlação intra-classe foi usado baseado nas medidas repetidas de força máxima. A correlação do reteste foi medido pelo coeficiente de correlação de Pearson. Teste t de *Student* pareado foi

usado para analisar as diferenças entre o teste e reteste de 1RM. Inicialmente foram realizados os testes de normalidade Shapiro-Wilk e o teste de homocedasticidade (critério de Barlett). Todas as variáveis apresentaram distribuição normal e homogeneidade. O teste de análise de variância (ANOVA *one-way*) usado para comparar as diferenças nas concentrações hormonais pré e pós-sessão de treinamento, seguido pelo teste post hoc de Fisher. Foi adotado valor de alpha de 0,05 para determinar as significâncias para todas as comparações. Foi utilizado o pacote estatístico Statistica 6.0 (Statsoft; Tulsa, OK).

Resultados

Os resultados mostraram uma excelente reprodutibilidade no teste de 1RM para todos os exercícios neste protocolo. O teste de 1RM em dois momentos separados por 48 horas mostraram coeficientes

de correlação intra-classe de $r = 0,94$ para o SR, $r = 0,96$ para PF, $r = 0,94$ para DES, $r = 0,94$ para RD e $r = 0,96$ para TP. Foi observado diferença significativa entre SEQA e SEQB no número total de repetições completadas em três séries, exceto no DES.

O GH apresentou aumento significativo na SEQA (98,3%) quando comparado aos valores de repouso e depois das sessões de treinamento (figura 1). A concentração de cortisol mostrou aumento significativo após a SEQA (26,7%) e SEQB (26,9%) (figura 2). Não houve mudanças significativas na concentração de cortisol entre as sequências de exercícios durante o repouso e após a manipulação da ordem dos exercícios (figura 2). Entretanto, a concentração do GH demonstrou aumento significativo após a SEQA em relação SEQB (63%), enquanto não houve nenhuma mudança nos valores de repouso (Figura 1).

Tabela 1. Repetições totais nos exercícios para SEQA e SEQB (Média $\pm$ Desvio padrão)

	SR	PF	DES	RD	TP
SEQA	25,2 $\pm$ 3,4	25,3 $\pm$ 4,4	22,5 $\pm$ 7,5	19,9 $\pm$ 7,0	18,2 $\pm$ 8,6
SEQB	16,4 $\pm$ 5,0*	18,3 $\pm$ 5,0*	25,6 $\pm$ 7,0	26,5 $\pm$ 2,8*	24,8 $\pm$ 3,8*

* Diferença significativa para SEQA. SR= Supino reto; PF= Puxada frente no *pulley*; DES= Desenvolvimento; RD= Rosca direta; TP= Tríceps no *pulley*.

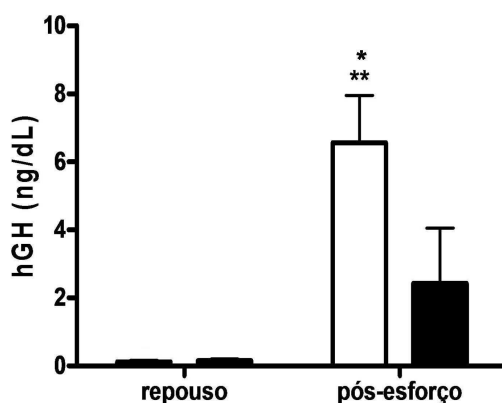


Figura 1. Concentração do hormônio de crescimento (GH) no repouso e imediatamente após as sessões de treinamento

Os dados são expressos pela média $\pm$ desvio padrão da média. * $p < 0,05$ – diferença estatisticamente significativa entre o repouso e após a sequência de exercícios. ** $p < 0,05$ – diferença estatisticamente significativa entre as sequências

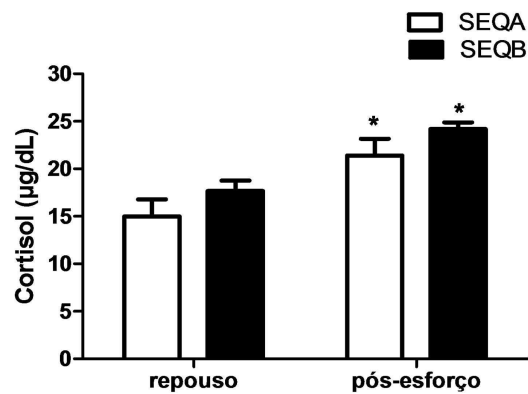


Figura 2. Concentração do hormônio cortisol no repouso e imediatamente após as sessões de treinamento

Os dados são expressos pela média $\pm$ desvio padrão da média. * $p < 0,05$ – diferença estatisticamente significativa entre o repouso e após a sequência de exercícios. ** $p < 0,05$ – diferença estatisticamente significativa entre as sequências.

Discussão

O principal achado do presente estudo foi que diferentes ordenações de exercícios influenciaram a resposta do GH, no entanto, a manipulação da ordem dos exercícios não influenciou significativamente a concentração de cortisol. A concentração do GH apresentou aumento significativo nas SEQA e SEQB, quando comparados os períodos de repouso e pós exercício. No entanto, foi observado um maior aumento da concentração de GH na SEQA quando comparados a SEQB. O hormônio cortisol demonstrou um aumento significativo comparando os períodos pré e pós-exercícios para ambas as sequências. Em contrapartida não houve diferença significativa quando comparadas as SEQA e SEQB.

Uma das limitações do presente estudo foi o fato do volume de treinamento não ser igual (carga X repetições) entre as sequências. Como demonstrado em estudos anteriores, os exercícios colocados no início da sequência resulta em um maior e significativo número de repetições quando os mesmos exercícios são colocados no final da sequência^{4,9,10,20,21,22,24,28}. No presente estudo, o número total de repetições para SR e PF foi significativamente maior quando realizados no início da sessão (SEQA); contrariamente, o número total de repetições nos exercícios RD e TP foi significativamente maior quando realizados no início (SEQB). O exercício DES, realizado em ambas as sequências não foi significativamente diferente. É comumente aceito a colocação de exercícios multiarticulares no início da

sequência foi demonstrado no presente estudo, um maior aumento significativo na concentração de GH imediatamente após a SEQA, o qual, SR e PF iniciaram a sequência de exercícios. As maiores cargas absolutas utilizadas nos exercícios SR e PF combinado com maior número de repetições na SEQA pode ter induzido demandas metabólicas maiores (aumento de íons H^+ e baixo pH), sinalizando uma grande resposta aguda do hormônio GH.

Comparar os resultados deste estudo com estudos prévios similares é difícil, devido ao fato que este é o primeiro estudo a comparar a resposta do GH e cortisol e diferentes ordens de exercícios. Estudos prévios têm demonstrado que o grupo muscular envolvido nas sessões de treinamento influencia diretamente as respostas hormonais. A execução de exercícios que envolvam pequenos grupos musculares demonstra nenhuma ou pequena elevação nas concentrações hormonais. Diferentemente a execução de exercícios para grandes grupos musculares promove maiores respostas hormonais^{12,14,26}, no entanto, nosso grupo de estudo vem demonstrando que a ordem dos exercícios pode não afetar os ganhos de força para grandes grupos e pequenos grupos musculares^{7,22,24}.

No presente estudo, ambas as sequências foram capazes de promover aumento nas concentrações hormonais, entretanto, a SEQA promoveu maior resposta do GH quando comparado a SEQB. Este fato pode ser atribuído a maior demanda metabólica imposta pela participação de grandes grupos musculares no início

da SEQA. Migiano *et al.*¹⁹ encontraram maiores respostas para o GH quando exercícios eram executados com a participação dos dois membros superiores, quando comparado à execução unilateral. Assim especulamos que a ordem dos exercícios tem influência na resposta do GH, devido a maior demanda metabólica.

O stress imposto pela sessão de treinamento vem recebendo bastante atenção por parte da comunidade científica, devido ao fato de que alguns autores consideram a demanda metabólica mais importante do que o volume por si só para promover respostas hormonais mais favoráveis à hipertrofia muscular^{19,25}. Os mecanismos envolvidos nas respostas hormonais podem ser relacionados com o aumento do metabolismo anaeróbio sendo afetado principalmente pelo metabolismo glicolítico e mudanças ácido-base^{8,11}. O acúmulo local de intermediários metabólicos como, por exemplo, lactato e acidose induzida pelo acúmulo de íons hidrogênio tem sido sugeridos como moduladores das respostas do GH^{13,15}. Além disso, tem sido especulado que uma mínima concentração do GH é necessária para as ações anabólicas da testosterona devido aos efeitos permissivo e sinérgico na promoção da síntese proteica^{16,19}. Entretanto alguns estudos sugerem que o GH sistêmico apresenta efeito limitado na força e hipertrofia muscular, não sendo desse modo uma relação de causa e efeito^{5,14}. Ainda é sugerido que os mesmos mecanismos envolvidos na produção de GH afetem independentemente a resposta hormonal e a resposta muscular ao treinamento de força⁵.

O cortisol é primariamente relacionado a processos catabólicos, como a degradação de proteínas do músculo esquelético¹, e é diretamente relacionado à demanda metabólica imposta pelo treinamento de força. A concentração de cortisol mostrou aumento significativo na SEQA e SEQB quando comparado o repouso e imediatamente após a sessão, mas não foi observada diferença estatisticamente significativa entre as sequências. Em contrapartida, Migiano *et al.*¹⁹ observaram existir uma diminuição do cortisol quando executados os exercícios unilaterais, já quando realizado com ambos os membros superiores não houveram modificações na concentração deste hormônio.

Desse modo, independentemente da ordem dos exercícios, o estresse imposto pela execução dos exercícios não foi suficiente para promover diferenças significantes na resposta do cortisol entre as sequências. Esse aumento pode estar relacionado a elevação da concentração sanguínea de lactato, redução da glicemia e também elevações na concentração da creatina kinase promovendo a elevação deste hormônio¹⁴.

Em conclusão, o presente estudo indica que para uma sessão de treinamento para membros superiores, exercícios para grandes grupos musculares devam ser colocados no início da sessão para promover aumento significativamente maior de GH. Neste sentido, estudos prévios do nosso grupo de estudo^{22,24} têm demonstrado a importância de priorizar exercícios baseados nos objetivos do programa de treinamento de força. Entretanto, ainda é necessário para elucidar a influência da ordem dos exercícios na resposta hormonal para membros inferiores e ambos nas sessões de treinamento de força.

Conclusões

Os resultados do presente estudo mostram que exercícios que envolvam grandes grupos musculares no início da sessão de treinamento promovem maiores respostas do GH, entretanto, a ordem dos exercícios parece não exercer influência significativa na concentração do cortisol para membros superiores. A correlação entre a resposta do GH ao treinamento de força e hipertrofia do músculo esquelético tem sido demonstrado por estudos prévios¹⁷. A natureza da relação entre GH e adaptação muscular pode ser apenas matemática do que biológica⁵. Por ser o primeiro estudo a comparar diferentes ordens de exercícios e respostas hormonais, nós sugerimos estudos que estabeleçam as influências da ordem dos exercícios para membros inferiores e também a associação de membros superiores e inferiores na mesma sessão. Assim, devido à escassa literatura a respeito da ordem dos exercícios e respostas hormonais e baseado nos estudos sobre ganhos de força, é particularmente importante que os exercícios mais importantes para os objetivos do treinamento devam ser

colocados no início da sessão, independentemente, do envolvimento de grandes e pequenos grupos musculares.

Referências

1. Ahtiainen JP, Pakarinen A, Alen M, Kraemer WJ, Häkkinen K. Muscle hypertrophy, hormonal adaptations and strength development during strength training in strength-trained and untrained men. **Eur J Appl Physiol** 2003;89(6):555–563.
2. Ahtiainen JP, Pakarinen A, Alen M, Kraemer WJ, Häkkinen K. Short versus long rest periods between the sets in hypertrophic resistance training: influence on muscle strength, size, and hormonal adaptations in trained men. **J Strength Cond Res** 2005;19(3):572–582.
3. American College of Sports Medicine. Position stand: Progression models in resistance training for healthy adults. **Med Sci Sports Exerc** 2009;41(3):687–708.
4. Bellezza PA, Hall EE, Miller PC, Bixby WR. The influence of exercise order on blood lactate, perceptual, and affective responses. **J Strength Cond Res** 2009;23(1):203–208.
5. Bottaro M, Martins B, Gentil P, Wagner D. Effects of rest duration between sets of resistance training on acute hormonal responses in trained women. **J Sci Med Sport** 2009;12(1):73–78.
6. Crewther B, Keogh J, Cronin J, Cook C. Stimuli for Strength and Power Adaptation: Acute Hormonal Responses. **Sports Med** 2006;36(3):215–238.
7. Dias I, Salles BF, Novaes J, Costa P, Simão R. Influence of exercise order on maximum strength in untrained young men. **J Sports Sci & Med** 2009;13(1):65–69.
8. Elias AN, Wilson AF, Naqvi S. Effects of blood pH and blood lactate on growth hormone, prolactin, and gonadotropin release after acute exercise in male volunteers. **Proc Soc Exp Biol Med** 1997;214(2):156–160.
9. Farinatti PTV, Simão R, Monteiro WD, Fleck SJ. Influence of exercise order on oxygen uptake during strength training in young women. **J Strength Cond Res** 2009;23(3):1037–1044.
10. Gentil P, Oliveira E, Rocha Junior VA, Do Carmo J, Bottaro M. Effects of exercise order on upper-body muscle activation and exercise performance. **J Strength Cond Res** 2007;21(4):1082–1086.
11. Gordon SE, Kraemer WJ, Vos NH, Lynch JM, Knuttgen HG. Effect of acid-base balance on the growth hormone response to acute high-intensity cycle exercise. **J Appl Physiol** 1994;76(2):821–829.
12. Hansen S, Kvorning T, Kjaer M, Sjogaard G. The effect of short-term strength training on human skeletal muscle: The importance of physiologically elevated hormone levels. **Scand J Med Sci Sports** 2001;11(6):347–354.
13. Kraemer WJ, Fleck SJ, Dziados JE, Harman EA, Marchitelli LJ, Gordon SE, Mello R, Frykman PN, Koziris LP, Triplett NT. Changes in hormonal concentrations after different heavy-resistance exercise protocols in women. **J Appl Physiol** 1993;75(2):594–604.
14. Kraemer WJ, Marchitelli L, Gordon SE, Harman E, Dziados JE, Mello R, Frykman P, McCurry D, Fleck SJ. Hormonal and growth factor responses to heavy resistance exercise protocols. **J Appl Physiol** 1990;69:1442–1450.
15. Kraemer WJ, Ratamess NA. Hormonal responses and adaptations to resistance exercise and training. **Sports Med** 2005;35(4):339–361.
16. Murras N, Rini A, Welch S, Sager B, Murphy SP. Synergistic effects of testosterone and growth hormone on protein metabolism and body composition in prepubertal boys. **Metabolism** 2003;52(8):964–969.
17. McCall GE, Byrnes WC, Fleck SJ, Dickinson A, Kraemer WJ. Acute and chronic hormonal responses to resistance training designed to promote muscle hypertrophy. **Can J Appl Physiol** 1999;24(1):96–107.
18. McCaulley GO, McBride JM, Cormie P, Hudson MB, Nuzzo JL, Quindry JC. Acute hormonal and neuromuscular responses to hypertrophy, strength and power type resistance exercise. **Eur J Appl Physiol** 2009;105(5):695–704.
19. Migiano MJ, Vingren JL, Volek JS, Maresh CM, Fragala MS, Ho JY, Thomas GA, Hatfield DL, Häkkinen K, Ahtiainen J, Earp JE, Kraemer WJ. Endocrine response patterns to acute unilateral and bilateral resistance exercise in men. **J Strength Cond Res** 2010;24(1):128–34.
20. Miranda H, Simão R, Vigário PS, Salles BF, Pacheco MTT, Willardson, JM. Exercise order interacts with rest interval during upper body resistance exercise. **J Strength Cond Res** 2010 (in press).
21. Sforzo, GA, Touey, PR. Manipulating exercise order affects muscular performance during a resistance exercise training session. **J Strength Cond Res** 1996;10(1):20–24.
22. Simão R, Farinatti PTV, Polito MD, Maior AS, Fleck SJ. Influence of exercise order on the number of repetitions performed and perceived exertion during resistance exercises. **J Strength Cond Res** 2005;19(1):152–156.
23. Simão R, Spinetti J, Salles BF, Oliveira LF, Matta T, Miranda F, Miranda H, Costa PB. Influence of exercise order on maximum strength and muscle thickness in untrained men. **J Sports Sci & Med** 2010;9:1–7.
24. Simão R, Farinatti PTV, Polito MD, Viveiros L, Fleck, SJ. Influence of exercise order on the number of repetitions performed and perceived exertion during resistance exercise in women. **J Strength Cond Res** 2007;21(1):23–28.
25. Smilios I, Pilianidis T, Karamouzis M, Tokmakidis SP. Hormonal responses after various resistance exercise protocols. **Med Sci Sports Exerc** 2003;35(4):644–654.

26. Spiering BA, Kraemer WJ, Anderson JM, Armstrong LE, Nindl BC, Volek JS, Judelson DA, Joseph M, Vingren JL, Hatfield DL, Fragala MS, Ho JY, Maresh CM. Importance of elevated circulating hormones in modulating resistance exercise-induced protein kinase B signaling in fasted men. **Med Sci Sports Exerc** 2008;40(5):1039–1048.

27. Spinetti J, Salles BF, Rhea MR, Lavigne D, Matta T, Miranda F, Fernandes L, Simão R. Influence of exercise order on maximum strength and muscle volume in nonlinear periodized resistance training. **J Strength Cond Res** 2010;24(11): 2962-2969.

28. Spreuwenberg LPB, Kraemer WJ, Spiering BA, Volek JS, Hatfield DL, Silvestre R, Vingren JL, Fragala MS, Hakkinen K, Newton RU, Maresh CM, Fleck SJ. Influence of exercise order in a resistance-training exercise session. **J Strength Cond Res** 2006;20(1):141–144.