Saulo Costa de Souza

MODULAÇÃO DO CORTISOL DURANTE O TREINAMENTO DE FORÇA, VISANDO A HIPERTROFIA DO TECIDO MUSCULAR:

uma revisão bibliográfica

Belo Horizonte
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG
2012

Saulo Costa de Souza

MODULAÇÃO DO CORTISOL DURANTE O TREINAMENTO DE FORÇA, VISANDO A HIPERTROFIA DO TECIDO MUSCULAR:

uma revisão bibliográfica

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Educação Física da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Educação Física.

Orientadora: Profa. Dra. Danusa Dias Soares

Belo Horizonte
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional
2012

Para àqueles que fizeram de tudo para que a minha formação como pessoa e profissional fosse possível.

Pais, esse trabalho é a conclusão de todo o esforço que vocês fizeram para que eu me formasse no curso que eu escolhi.

Obrigado por aceitarem a minha escolha de mudar de curso, e por me apoiarem em toda essa trajetória acadêmica de, quase, oito anos.

Muito obrigado!

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, por todo amor e apoio.

Aos meus irmãos, por me suportarem e me apoiarem nas escolhas, mesmo as erradas.

À Mel, que tornou-se muito importante na minha vida, e, nessa fase final, me cobrava, mais do que qualquer outra pessoa, se essa monografia realmente ia ficar pronta.

Aos meus irmãos da família GEMA, que tornaram esses últimos três anos e meio de faculdade muito mais fáceis e engraçados de serem suportados.

À Professora Danusa Soares, por toda paciência na orientação para a conclusão desse trabalho final do curso e pela inspiração, afinal, esse tema me instigou durante uma aula da disciplina de Seminários em Fisiologia Neuroendócrina aplicada ao Exercício.

Ao Professor Luciano Sales, que foi meu mentor durante todo o curso e me mostrou, ainda quando eu cursava Fisioterapia, o quão fascinante é a fisiologia humana durante o exercício.

Aos Professores Mauro Heleno Chagas e Fernando Vítor Lima, que me ensinaram toda a base do treinamento esportivo.

Ao amigo, mentor e “Coach” Léo Pádua, por todas as discussões e instruções sobre treinamento esportivo e fisiologia, que me auxiliaram na elaboração desse trabalho.

E a todas as outras pessoas não citadas nominalmente, mas que fizeram parte dessa trajetória acadêmica.

“A explicação básica de como o corpo e a mente são um – a fisiologia do novo paradigma – envolve um pouco de bioquímica simples. (...)

Para começar, virtualmente cada célula do corpo é salpicada com milhares de minúsculas estruturas, chamadas receptores. Igual aos órgãos dos sentidos, olhos, nariz e ouvidos, a tarefa dos receptores é captar sinais vindos do espaço ao redor. Eles são tão importantes que quarenta por cento do nosso DNA é dedicado a garantir que eles sejam perfeitamente reproduzidos, de geração em geração.

Uma vez que os receptores recebem um sinal, a informação é transferida para bem fundo no interior da célula, onde minúsculos motores entram em ação e iniciam processos-chave. Os dados que chegam assim orientam a divisão celular e seu crescimento, a migração das células para atacar inimigos e fazer reparos, e o metabolismo das células para conservar ou gastar energia – só para citar algumas das atividades ativadas por receptores.

O sinal vem de outras células e é levado por um suco que chamamos de substância informacional. Esses sucos do cérebro, órgãos sexuais, intestino e coração, literalmente de todos os lugares, comunicam de célula para célula, fornecendo uma infraestrutura para a ‘conversa’ que acontece em todo corpo-mente. Esses sucos são conhecidos como hormônios, neurotransmissores e peptídeos, e nós, cientistas, nos referimos aos três com uma palavra: *ligand*. Esse termo vem de *ligare*, uma palavra latina que significar ‘ligar’, e é usada por causa da intensidade com que as substâncias se acoplam aos receptores na superfície da célula.”

(Candace Pert, “Conexão Mente – Corpo – Espírito: Para o seu bem estar”)

RESUMO

A Hipertrofia muscular é um objetivo bem comum entre os praticantes de Musculação, nas Academias de Ginástica. Esse processo é dependente de diversos fatores, entre eles, a modulação do Cortisol, que é um hormônio catabólico. O objetivo desse trabalho foi identificar na literatura os fatores, relacionados ao treinamento e/ou ao indivíduo, que favorecem o processo anabólico muscular (Hipertrofia muscular), por meio do treinamento de força, através dos ajustes agudos e crônicos da concentração do Cortisol. Para tal, o tema foi pesquisado nos portais Google Acadêmico, Pubmed e Scielo, e em livros. Os fatores mais recorrentes encontrados nos estudos, cujos resultados pareciam favoráveis ao anabolismo, foram: alto volume, pausa maior do que dois minutos, preferência por exercícios com contração excêntrica e suplementação com carboidratos antes da sessão de treino. Os mais recorrentes, nos que pareciam não favorecer, foram: pausa menor do que 1 minuto, treinamento concorrente e intensidades submáximas (± 70% de 1 RM). No entanto, a combinação dos fatores do primeiro grupo e a exclusão dos do segundo grupo, não garante uma modulação desse hormônio favorável ao anabolismo. Nos estudos, outros fatores estavam associados a esses e, possivelmente, interferiram na resposta desse hormônio ao treinamento. Deve-se lembrar que os resultados obtidos através treinamento de força são dependentes da associação entre as variáveis do treinamento e as características do indivíduo. Então, a modulação somente desse hormônio não será capaz de garantir o resultado esperado.

Palavras – chave: Cortisol. Treinamento de força. Hipertrofia muscular.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO **7**

2. RESULTADOS ENCONTRADOS NA LITERATURA **11**
2.1 NO REPOUSO (RESPOSTA CRÔNICA) 11
2.1.1 Diminuição 11
2.1.2 Aumento 12
2.1.3 Nenhuma mudança 12
2.2 APÓS UMA SESSÃO DE TREINO (RESPOSTA AGUDA) 13
2.2.1 Diminuição 13
2.2.2 Aumento 13
2.2.3 Nenhuma mudança 15

3. ASPECTOS RELACIONADOS COM O TREINAMENTO QUE INTERFERIRAM NOS RESULTADOS **16**
3.1 COMPONENTES DA CARGA DE TREINAMENTO 16
3.1.1 Volume 16
3.1.2 Intensidade 17
3.2 PAUSA (Recuperação entre séries) 17
3.3 RELAÇÃO CONTRAÇÃO CONCÊNTRICA X CONTRAÇÃO EXCÊNTRICA 18
3.4 SUPLEMENTAÇÃO ALIMENTAR 18
3.5 USO DE ESTERÓIDES ANABÓLICOS-ANDROGÊNICOS 19
3.6 NÍVEL (STATUS) DE TREINAMENTO – Treinado X Não-treinado 19
3.7 TREINAMENTO CONCORRENTE 20

4. OUTROS FATORES QUE INTERFERIRAM NOS RESULTADOS **21**
4.1 SÍNTESE E LIBERAÇÃO DE ACTH (Hormônio Adrenocorticotrópico) 21
4.2 RELACIONADOS AO RECEPTOR PARA GLICOCORTICÓIDES 21
4.2.1 Downregulation 21
4.2.2 Upregulation 22
4.2.3 Competição do Cortisol com outras substâncias 22
4.3 GÊNERO – Homens X Mulheres 22
4.4 IDADE – Adultos Jovens X Idosos 23
4.5 RITMO CIRCADIANO DE LIBERAÇÃO DO HORMÔNIO 23

5. DISCUSSÃO **24**

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS **26**

REFERÊNCIAS **27**

1. INTRODUÇÃO

Desde a década de 80, tornou-se popular a realização da Musculação, que é um meio de treinamento de força (Chagas e Lima, 2008), nas academias de ginástica, por pessoas de diferentes faixas etárias e sociais, a fim de obterem resultados relacionados à estética e/ou à saúde (Da Silva, 2008). Essa popularização ocorreu por ser uma atividade segura e adaptável a diversas metodologias.

Muitas variáveis são consideradas na montagem de um treinamento de Musculação, tais como: número de séries, de repetições e de exercícios; a ordem desses exercícios; a intensidade relativa e absoluta; o intervalo (pausa) entre as séries e os exercícios; a duração de cada repetição; a freqüência semanal; a velocidade e a amplitude de execução, dentre outros (Chagas e Lima, 2008; Da Silva, 2008). A combinação e a modulação dessas variáveis, associadas às características do indivíduo (gênero, genótipo, idade, etc.), provocam diferentes resultados (Willardson e Burkett, 2006 citado por Da Silva, 2008; Kraemer e Ratamess, 2005), sendo o mais requisitado por esses praticantes, a Hipertrofia Muscular (Uchida *et al.*, 2006).

Esse processo é estimulado por uma sobrecarga sobre esse tecido, produzida pela contração, alongamento e/ou por uma resistência externa (Baar et al 1999; Bodine et al, 2001, Wong e Booth, 1988 citados por Spiering *et al.*, 2008; Fugita *et al.*, 2007), que resulta na síntese protéica, e, conseqüentemente, na hipertrofia das fibras musculares. Dentre os fatores que modulam esse processo, estão as respostas agudas e os ajustes crônicos, decorrentes do treinamento, dos hormônios anabólicos e dos catabólicos, além de modificações nos seus receptores (Kadi *et al.*, 2000 citado por Cadore *et al.*, 2008). Staron *et al.* (1994) demonstraram que as mudanças nas fibras musculares, durante o treinamento de força, estavam associadas com aumentos na concentração sérica de testosterona e diminuição do cortisol (Araújo, 2008).

O Cortisol é um hormônio sintetizado na região Fasciculada do Córtex da glândula Adrenal (Supra-renal), estimulado pela ação do hormônio Adrenocorticotrópico (ACTH) que é liberado pela região anterior da Hipófise (Adenohipófise) (Elias *et al.* citado por Aires *et al.*, 2003; Gayton, 1998), e, o primeiro, é secretado a partir de um estímulo estressante, como o exercício físico (figura 1). Durante a prática de atividade física, o cortisol aumenta a disponibilidade de substrato para as necessidades energéticas dos músculos, mantendo a

integridade e a capacidade de resposta vascular normais, e protegendo o organismo de danos devido a uma reação imune exacerbada induzida pelo exercício (Gayton, 1998).

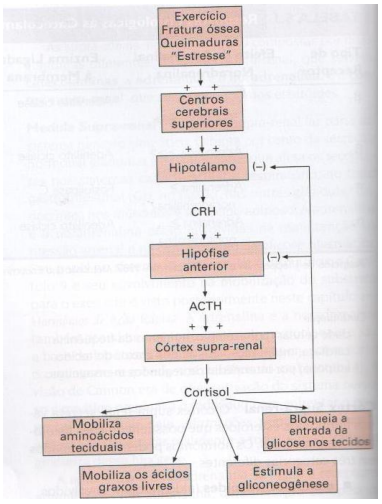

Figura 1 - Via de estimulação da síntese e liberação do Cortisol
Fonte: Powers e Howley, 2004

Por suas ações catabólicas, é considerado um marcador de estresse ao exercício, e apresenta uma ação antagonista ao processo anabólico muscular (Hipertrofia) (Lu *et al.*, 1997; Brownlee *et al.*, 2005, citados por Cadore *et al.*, 2008; Kraemer *et al.*, 1999; Häkkinen e Pakarinen, 1994). Uma das vias pela qual esse hormônio atua no processo de catabolismo muscular é pela supressão das vias posteriores a sinalização da enzima Akt (Proteína Quinase B) (Spiering *et al.*, 2008; Shah *et al.*, 2002 citado por Spiering *et al.*, 2008), como é demonstrado pela figura 2.

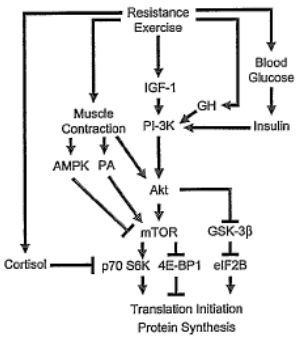

FIGURE 1—Theoretical paradigm demonstrating the numerous potential influences of RE on Akt signaling. Muscle contractions performed during RE incite a considerable hormonal response, including IGF-I, GH, and cortisol. Additionally, RE mildly increases blood glucose, which promotes insulin release. IGF-I, GH, and insulin stimulate Akt signaling, whereas cortisol inhibits p70 S6K and 4E-BP1 phosphorylation. Muscle contraction *per se* stimulates mTOR via phosphatidic acid. However, muscle contraction can also stimulate AMPK activity, which inhibits mTOR activity. Arrows signify a stimulatory effect; blocked lines indicate an inhibitory effect. Abbreviations: Akt, protein kinase B; AMPK, adenosine monophosphate-activated protein kinase; eIF2B, eukaryotic initiation factor 2B; GH, growth hormone; GSK-3β, glycogen synthase kinase-3β; IGF-I, insulin-like growth factor-I; mTOR, mammalian target of rapamycin; PA, phosphatidic acid; PI-3K, phosphatidylinositol-3 kinase; p70 S6K, 70-kDa ribosomal protein S6 kinase; 4E-BP1, eukaryotic initiation factor 4E binding protein-1.

Figura 2 - Vias relacionadas à Síntese Protéica estimulada pelo Treinamento de força.
Fonte: Spiering *et al.*, 2008

Como é observado nessa figura, o cortisol inibe a fosforilação das enzimas p70-S6K e 4E-BP1 (corroborado por Shah *et al.*, 2002 citado Spiering *et al.*, 2008), e, conseqüentemente, os processos de transcrição gênica que resultam na síntese protéica. Diversos estudos (Spiering *et al.*, 2008; Shah *et al.*, 2000a, 2000b, 2000c citados por Spiering *et al.*, 2008) demonstraram a inibição dessas enzimas durante protocolos de treinamento em que foram observados níveis altos desse hormônio durante os experimentos.

No seu capítulo do livro Treinamento de força para o desempenho humano (Chandler e Brown, 2009), Fry e Hoffman afirmam que a resposta aguda do cortisol ao treino de força é maior para exercícios multiarticulares, envolvendo grandes grupos musculares, alta potência e com uma pausa reduzida; depende da intensidade relativa e do volume; e pode ser reduzida pela suplementação alimentar. Essas observações são corroboradas por Kraemer (1994) no seu capítulo do livro Essentials oh Stregth Training and Conditioning (Baechle, 1994). Fleck e Kraemer (2002), no capítulo 7 do seu livro, afirmam que os níveis mais altos de cortisol foram observados em protocolos de séries múltiplas (três) de 10 RM e com pausas curtas (1 minuto).

Na literatura são encontrados diversos estudos que avaliaram a resposta desse hormônio e do seu precursor (ACTH) a diferentes aspectos relacionados ao treinamento de força:

- Componentes da carga de treinamento (volume e intensidade).
- Pausa.
- Relação contração concêntrica X excêntrica.
- Suplementação alimentar.
- Uso de esteróides anabólicos-androgênicos.
- Nível (status) de treinamento.
-Treinamento concorrente.

E outros fatores, como: idade, gênero e ritmo circadiano de liberação do hormônio.

Alguns estudos, citados por Fleck e Kraemer (2002), estabelecem que não importa, somente, a concentração desse hormônio, mas também sensibilidade dos receptores para glicocorticóides após o treinamento. Diversos estudos (Kraemer *et al.*, 1999; Kraemer e Ratamess, 2005) relataram poder ter ocorrido uma downregulation (não ocorre interação entre hormônio e receptor) desses receptores após o protocolo de treinamento, favorecendo a ação anabólica, e, assim, a hipertrofia muscular.

Sendo assim, o objetivo dessa revisão foi identificar na literatura os fatores, relacionados ao treinamento e/ou ao indivíduo, que favorecem o processo anabólico muscular (Hipertrofia muscular) por meio do treinamento de força, através dos ajustes agudos e crônicos da concentração do Cortisol.

2. RESULTADOS ENCONTRADOS NA LITERATURA

Na literatura, são reportados diferentes resultados relacionados aos níveis de cortisol durante e após o treinamento de força:

- Diminuição, aumento ou nenhuma mudança dos níveis no repouso – resposta crônica.

- Diminuição, aumento ou nenhuma mudança dos níveis após uma sessão de treino – resposta aguda.

2.1 NO REPOUSO (RESPOSTA CRÔNICA)

2.1.1 Diminuição

Staron *et al.* (2004) observaram esse resultado nos homens da sua amostra, após 6 semanas de treinamento; assim como Marx *et al.* (2001), após 12 e 24 semanas de treinamento periodizado com alto volume, em mulheres; Kraemer *et al.* (1998), após 8 semanas de treinamento, tanto em homens quanto em mulheres; e Alén *et al.* (1988), após 24 semanas de treinamento em homens, e ainda observaram que a relação testosterona/cortisol aumentou devido à essa diminuição, já que a testosterona livre não alterou.

McCall *et al.* (1999) obtiveram valores 17% menores, em relação aos níveis iniciais, após 12 semanas (33 sessões). Izquierdo *et al.* (2006) observaram uma diminuição do nível no repouso no grupo que não treinou até a falha, da mesma forma que, Uchida *et al.* (2006), no grupo que realizou o protocolo de múltiplas séries, após as oito semanas de treinamento. Uchida *et al.* (2004) relataram obter um quadro hormonal favorável ao anabolismo, devido a uma redução dos níveis basais de cortisol, após oito semanas de treinamento.

Araújo (2008) cita diversos estudos que apresentaram como resultado a diminuição dos níveis basais após, no mínimo, oito semanas de treinamento de força em homens jovens (Kraemer *et al.*, 1995), de meia idade e destreinados (Kraemer *et al.*, 1999), e idosos (Izquierdo *et al.*, 2003; Kraemer *et al.*, 1999); e cita um estudo (Loebel e Kraemer, 1988) que

relata uma diminuição na concentração de repouso, após 24 horas da sessão de treino, com a suplementação com ácido ascórbico (1000 mg) antes dessa.

2.1.2 Aumento

Araújo (2008) cita um estudo (Kraemer *et al.*, 1995) que os autores observaram um aumento dos níveis basais de cortisol após doze semanas de treinamento concorrente. Essa resposta é corroborada por Fry e Hoffman (2009), mas para treinamento de força de alta intensidade.

2.1.3 Nenhuma mudança

Izquierdo *et al.* (2006) não observaram mudanças no nível no repouso, no grupo que treinou até a falha; assim como Ahtiainen *et al.* (2005), entre os seus diferentes protocolos de treinamento, em homens treinados; Figueroa *et al.* (2003), em mulheres na pós-menopausa submetidas a doze semanas de treinamento de força associado ou não (grupo controle) à terapia de reposição hormonal; Hansen *et al.* (2001) após as 9 semanas de aplicação do seu protocolo de treinamento; Marx *et al.* (2001), após 12 e 24 semanas de treinamento em circuito de baixo volume em mulheres; e Häkkinen e Pakarinen (1994), após 12 semanas de treinamento, em homens e mulheres de meia idade e de idade avançada.

Araújo (2008) cita diversos estudos em que os níveis basais não se alteraram após o treinamento de força em homens jovens destreinados em força (Haber *et al.*, 2004; Kraemer *et al.*, 2002; McCall *et al.*, 1999; Hickson *et al.*, 1994), homens idosos (Ryan *et al.*, 1994) e mulheres idosas (Häkkinen *et al.*, 2002; Häkkinen *et al.*, 2001).

2.2 APÓS UMA SESSÃO DE TREINO (RESPOSTA AGUDA)

2.2.1 Diminuição

Flynn *et al.* (1999) observaram que a concentração do cortisol diminuiu significativamente imediatamente após o exercício e duas horas após, comparado com os valores pré-exercício, durante todo período de treinamento, nos dois grupos (controle e que realizou treinamento). Os autores justificam que podem ter obtido essa resposta devido ao tempo de pausa (dois minutos). Essa justificativa é também utilizada em outros estudos (Kraemer *et al.*, 1996; Nieman *et al.*, 1995).

Bell *et al.* (1997) observaram que o valor da concentração do cortisol diminuiu após a 16ª semana entre os homens do grupo que treinou somente força, e ao final da oitava semana, entre as mulheres desse grupo. Em seu estudo, Hakkinen et al (1988) mensuraram a resposta aguda do cortisol em duas sessões de treino no mesmo dia (um no período da manhã e outro, no da tarde), e observaram uma diminuição imediatamente após o treino da manhã e, somente, uma hora depois do treino da tarde.

Goto *et al.* (2009) citam um estudo (Hollander *et al.*, 2003) no qual os autores obtiveram uma redução do nível de cortisol após contrações concêntricas e excêntricas, com maiores reduções após as excêntricas. Araújo (2008) cita na sua revisão um estudo (Kraemer *et al.*, 1998) que observou uma diminuição após o treinamento, com a utilização de uma suplementação à base de carboidratos e proteínas, duas horas antes e imediatamente após a sessão de treino. Spiering et al (2008) citam um estudo (Tappening *et al.*, 2001) no qual os autores observaram uma diminuição do valor de cortisol em relação ao repouso com a ingestão de uma solução com 6% de carboidrato, antes do treino.

2.2.2 Aumento

Goto *et al.* (2009) observaram maior resposta aguda de cortisol para o grupo 5:1 (5 segundos de contração concêntrica e 1 segundo de contração excêntrica); também observaram aumentos nos de 1:5 e 3:3. Spiering *et al.* (2008) observaram no seu trabalho que no protocolo com alto nível de hormônios circulantes ocorreu uma maior resposta aguda, comparado com o

de baixo nível. Uchida *et al.* (2006) observaram aumento, em relação aos níveis basais, nos dois grupos somente no início das oitos semanas de treinamento; ao final, se manteve aumentado somente no grupo que realizava o protocolo de tri-set. Nieman *et al.* (2004) observaram aumentos de 65% e 81 % nos grupos com suplementação de carboidrato e placebo, respectivamente, 1 hora após o exercício, não encontrando diferenças significativas entre os grupos; e Smilios *et al.* (2003), com o aumento do número de séries (de 4 para 6).

Nindl *et al.* (2001) e Marx *et al.* (2001) observaram uma maior resposta aguda após aplicarem seus respectivos protocolos em mulheres; Hansen *et al.* (2001), somente após a primeira sessão de treinamento no grupo que treinou um membro superior e os dois inferiores; e Kraemer *et al.* (1998), com 1 e 5 minutos após a sessão, nos homens, após a sexta e oitava semana de treinamento.

Bell *et al.* (1997) observaram uma maior quantidade de cortisol livre na urina durante todo o período no grupo de treinamento concorrente e entre os homens e as mulheres do grupo de força essa resposta ocorreu em períodos diferentes: após 8 semanas, nos homens, e ao final da décima sexta semana, nas mulheres.

Hickson *et al.* (1994) observaram esse resultado, somente nos homens, durante as dezesseis semanas de um protocolo de treinamento constante. Häkkinen e Pakarinen (1993 a citado por Cadore *et al.*, 2008) observaram esse resultado em um protocolo de 10 séries de 10 repetições com 70% de 1 RM e com 3 minutos de pausa; Kraemer *et al.* (1993), com intensidades submáximas (60 a 75% de 1 RM) e pausas curtas (1 minuto); e Häkkinen *et al.* (1988), somente imediatamente após o treino da tarde.

Goto *et al.* (2009) cita um estudo (Gillies *et al.*, 2006) no qual os autores obtiveram maiores aumentos na concentração urinária de cortisol, 24 horas após o exercício com maiores durações concêntricas (6:2). Araújo (2008) cita um estudo (Ostrowski *et al.*, 1997) que obteve uma maior resposta aguda, com um protocolo que apresenta um grande número (12) de séries para um mesmo grupo muscular. Spiering *et al.* (2008) citam um estudo (Kraemer *et al.*, 1998) no qual os autores afirmam que o treinamento de força aumenta os níveis circulantes de cortisol após o treino.

Kraemer e Ratamess (2005) afirmam que as maiores respostas agudas para o cortisol, acontecem com protocolos envolvendo grandes volumes, intensidade de moderada a alta, curtos períodos de pausa e recrutando grandes grupos musculares. Esses autores citam diversos estudos (Kramer *et al.*, 1999 a, Häkkinen *et al.*, 1988; Kraemer *et al.*, 1999 b; Kraemer *et al.*, 1992; Guezennec *et al.*, 1986; Kraemer *et al.*, 1993) que corroboram com a afirmativa acima e apresentaram respostas iguais entre homens e mulheres (Kraemer *et al.*,

1993), com exceção de um estudo (Häkkinen e Pakarinen, 1995) que as respostas entre os gêneros foram diferentes para o mesmo protocolo. Ratamess et al (2005, citado por Kraemer e Ratamess, 2005), demonstraram que seis séries de agachamento com intensidade aproximada de 10 RM e dois minutos de pausa aumentaram significativamente a resposta aguda. Kraemer *et al.* (1996, citado por Kraemer e Ratamess, 2005) demonstraram que a realização de oito séries de 10 RM de leg press com um minuto de pausa, causou uma maior resposta aguda significativa, comparado ao mesmo protocolo, mas com pausa de três minutos. Volek *et al.* (1997) citam diversos estudos que corroboram com esse fato (Chandler *et al.*, 1994; Kraemer *et al.*, 1991; Wiess *et al.*, 1983).

2.2.3 Nenhuma mudança

Goto *et al.* (2009) não observaram mudanças no grupo que realizou 1:1 (1 segundo de contração concêntrica e 1 segundo de excêntrica), e justificaram esse fato afirmando que pode ser devido a um baixo recrutamento de fibras musculares. Esses mesmos autores citam um estudo (Gillies *et al.*, 2006) no qual os pesquisadores não observaram mudança na concentração urinária de cortisol, 24 horas após o exercício com maiores durações excêntricas (2:6).

Uchida *et al.* (2006) não observaram mudanças agudas, após as oitos semanas de treinamento no grupo que realizou o protocolo de múltiplas séries. Ratamess et al (2005, citado por Kraemer e Ratamess, 2005) não observaram mudança do nível de cortisol com uma série de agachamento com intensidade aproximada de 10 RM, e Häkkinen e Pakarinen (1993 a citado por Cadore *et al.*, 2008) obtiveram esse resultado em um protocolo de 20 séries de 1 RM e com 3 minutos de pausa.

3. ASPECTOS RELACIONADOS COM O TREINAMENTO QUE INTERFERIRAM NO RESULTADO

3.1 COMPONENTES DA CARGA DE TREINAMENTO

3.1.1 Volume

De acordo com Kraemer e Ratames (2004, citados por Chagas e Lima, 2008), o volume é a "somatória do número de séries e de repetições".

Araújo (2008) cita um estudo (Ostrowski *et al.*, 1997) que obteve uma maior resposta aguda, com um protocolo que apresenta um grande número (12) de séries para um mesmo grupo muscular. Ratamess et al (2005, citado por Kraemer e Ratamess, 2005), demonstraram que seis séries de agachamento com intensidade aproximada de 10 RM e dois minutos de pausa aumentaram significativamente a resposta aguda, enquanto que com uma série não obtiveram resposta. Smilios *et al.* (2003) afirmam que quanto maior o número de séries e de repetições, maior é a resposta aguda. Marx *et al.* (2001) compararam dois protocolos e, não observaram nenhuma mudança nos níveis basais de cortisol após 24 semanas de treinamento no grupo que realizou o circuito com baixo volume e obtiveram um decréscimo nesse valor, no que realizou o periodizado com alto volume. McCall *et al.* (1999) observaram uma diminuição da concentração sérica no repouso, em homens, com um protocolo de alto volume. O mesmo resultado foi observado por Marx *et al.* (2001), em mulheres, com um protocolo de múltiplas séries (2 a 4) e muitas repetições (15). Häkkinen e Pakarinen (1993 a citado por Cadore *et al.*, 2008) observaram uma maior resposta aguda em um protocolo de 10 séries de 10 repetições com 70% de 1 RM com 3 minutos de pausa. Smilios *et al.* (2003) observaram uma maior liberação de cortisol com o aumento do número de séries (de 4 para 6).

No entanto, Kraemer e Ratamess (2005) citam um estudo (Willians *et al.*, 2002) no qual o número de séries não influiu na resposta.

3.1.2 Intensidade

De acordo com Rhea (2003, citado por Chagas e Lima, 2008), a intensidade é definida como “o nível de exigência da tarefa, caracterizado em percentuais do desempenho máximo (1RM ou nRM).

Häkkinen e Pakarinen (1993 a citado por Cadore *et al.*, 2008) não observaram alguma resposta aguda em um protocolo de 20 séries de 1 RM com 3 minutos de pausa. Kraemer *et al.* (1993) observaram uma maior resposta aguda com intensidades submáximas (60 a 75% de 1 RM).

3.2 PAUSA (recuperação entre as séries)

De acordo com Chagas e Lima (2008), a pausa “se refere ao intervalo de recuperação entre repetições, séries e exercícios e pode influenciar nos componentes da carga de treinamento”.

Kraemer *et al.* (1996, citado por Kraemer e Ratamess, 2005) demonstraram que a realização de oito séries de 10 RM de leg press com um minuto de pausa causou uma maior resposta aguda significativa, comparado ao mesmo protocolo, mas com pausa de três minutos e Kraemer *et al.* (1993) observaram uma maior resposta aguda com pausas curtas (1 minuto).

Kraemer *et al.* (1993; 1987 citados por Kraemer e Ratamess) afirmam que a pausa interfere na resposta aguda; no entanto, Ahtiainen *et al.* (2005) não obtiveram resultados significativos nos níveis basais de cortisol entre dois protocolos de treinamento, que somente diferenciavam quanto a pausa, 2 e 5 minutos, e Bottaro *et al.* (2009) não observaram diferenças significativas entre as respostas aguda e crônica do cortisol após o treinamento entre os protocolos que somente se diferenciavam quanto a pausa entre séries, 30, 60 e 90 segundos, em mulheres treinadas.

3.3 RELAÇÃO CONTRAÇÃO CONCÊNTRICA X CONTRAÇÃO EXCÊNTRICA

Goto *et al.* (2009) compararam protocolos que se diferenciavam quanto a duração da contração concêntrica e da excêntrica para cada repetição e observaram maior resposta aguda de cortisol para o grupo 5:1 (5 segundos de contração concêntrica e 1 segundo de contração excêntrica). Também observaram aumentos nos de 1:5 e 3:3. Não observaram mudanças no grupo que realizou 1:1. Esses mesmos autores citam um estudo (Gillies *et al.*, 2006) no qual os autores compararam protocolos que diferenciavam quanto a duração da contração concêntrica e da excêntrica, e obtiveram maiores aumentos na concentração urinária de cortisol, 24 horas após o exercício, com maiores durações concêntricas (6:2) e nenhuma mudança com maiores durações excêntricas (2:6); e citam um outro estudo (Hollander *et al.*, 2003) no qual os autores obtiveram redução do nível de cortisol após contrações concêntricas e excêntricas, com maiores declínios após as excêntricas.

3.4 SUPLEMENTAÇÃO ALIMENTAR

Araújo (2008) cita na sua revisão um estudo (Kraemer *et al.*, 1998) que observou uma diminuição do nível de cortisol após a sessão de treino com a utilização de uma suplementação à base de carboidratos e proteínas, duas horas antes e imediatamente após a sessão de treinamento. Spiering et al (2008) citam um estudo (Tappening *et al.*, 2001) no qual os autores observaram uma diminuição dos valores de cortisol em relação ao repouso com a ingestão de uma solução com 6% de carboidrato antes do treino, e que o grupo da suplementação obteve maiores ganhos relacionados com a hipertrofia, após 12 semanas de treinamento. Haff *et al.* (2003, citados por Kraemer e Ratamess, 2005) sugerem que essa menor resposta aguda deve-se a uma menor necessidade de gliconeogênese devido a suplementação com carboidrato, sendo assim há uma menor necessidade de liberação de cortisol. No entanto, há um estudo (Willians et al, 2002 citados por Kraemer e Ratamess, 2005) em que não foi observado uma diminuição da resposta aguda com a suplementação com carboidrato.

Nieman *et al.* (2004) observaram aumentos de 65% e 81 % nos grupos com suplementação de carboidrato e placebo, respectivamente, 1 hora após o exercício, não encontrando diferenças significativas entre os grupos.

Araújo (2008) cita um estudo (Loebel e Kraemer, 1988) que relata uma diminuição na concentração de repouso, após 24 horas da sessão de treino, com a suplementação com ácido ascórbico (1000 mg) antes da sessão.

Volek *et al.* (1997) não encontraram correlação entre as variáveis nutricionais e o cortisol no pré-exercício ou com o aumento absoluto desse hormônio após o exercício. Os autores justificaram esse fato afirmando que outros fatores podem ser responsáveis pela resposta do cortisol ao estresse do exercício e, que no estudo deles, o tempo de coleta de sangue ou o período de pausa (dois minutos) podem ter interferido na resposta.

3.5 USO DE ESTERÓIDES ANABÓLICOS-ANDROGÊNICOS

Kraemer e Ratamess (2005) citam um estudo (Boone *et al.*, 1990) em que os autores afirmam que a resposta do cortisol ao treinamento de força pode ser atenuada pelo uso de esteróides anabólicos-androgênicos.

3.6 NÍVEL (STATUS) DE TREINAMENTO – Treinados X Não-treinados

Cadore *et al.* (2008) citam dois artigos (Cadore *et al.*, 2005; Kraemer *et al.*, 1999), na sua revisão, em que a resposta aguda do cortisol foi menor nos indivíduos treinados e hipotetizaram que essa resposta deve-se a um ajuste do eixo hipotálamo-hipófise-adrenal com o treinamento. Kraemer e Ratamess (2005) citam um artigo (Kraemer *et al.*, 1992) em que a resposta do cortisol não dependeu do status do treinamento, em levantadores de peso adolescentes; no entanto, esses mesmos autores citaram outro estudo (Ahtiainen *et al.*, 2003) em que a resposta foi maior nos atletas que realizavam treinamento de força comparado com os que realizavam treinamento de endurance, ao serem submetidos ao mesmo protocolo de força.

3.7 TREINAMENTO CONCORRENTE

Bell *et al.* (1997) observaram diferenças significativas na concentração de cortisol livre na urina entre o grupo que treinou força e o de treinamento concorrente. No grupo de força, entre os homens, o valor aumentou após oito semanas e diminuiu após a 16ª semana; entre as mulheres, ocorreu o inverso. No grupo de treinamento concorrente, aumentou durante todo o treinamento.

Araújo (2008) cita um estudo (Kraemer *et al.*, 1995) em que os autores observaram um aumento dos níveis basais de cortisol após doze semanas de treinamento concorrente.

4. OUTROS FATORES QUE INTERFERIRAM NO RESULTADO

4.1 SÍNTESE E LIBERAÇÃO DE ACTH (Hormônio Adrenocorticotrópico)

Kraemer *et al.* (1999) observaram uma maior resposta aguda do cortisol, possivelmente, por causa do aumento da liberação de ACTH. Outros estudos (Kramer *et al.*, 1999, Häkkinen *et al.*, 1988; Kraemer *et al.*, 1999; Kraemer *et al.*, 1992; Guezennec *et al.*, 1986; Kraemer *et al.*, 1993), citados por Kraemer e Ratamess (2005), obtiveram a mesma resposta, sendo iguais entre homens e mulheres submetidos ao mesmo protocolo (Kraemer *et al.*, 1993), com exceção de um estudo (Häkkinen e Pakarinen, 1995) em que foi diferente entre os gêneros.

No entanto, Cadore *et al* (2008) citam dois artigos (Cadore *et al.*, 2005; Kraemer *et al.*, 1999) que afirmam que após um período de treinamento, pode não ocorrer essa resposta aguda, apesar de ter um aumento da liberação de ACTH, devido a uma possível downregulation dos receptores desse hormônio no Córtex da Adrenal. Essa resposta é corroborada por Hickson *et al.* (1993 citado por Kraemer *et al.*, 1999). Essas mesmas respostas já tinham sido observadas em adultos jovens (Staron *et al.*, 1994 citado por Kraemer *et al.*, 1999).

4.2 RELACIONADOS AO RECEPTOR PARA GLICOCORTICÓIDE

4.2.1 Downregulation

A diminuição do nível basal de cortisol observada em diversos estudos citados nessa revisão bilbiográfica é justificada por Kraemer e Ratamess (2005), a uma downregulation do receptor de cortisol causado pelo próprio treinamento de força.

4.2.2 Upregulation

Willoughby *et al.* (2003 citado por Kraemer e Ratamess, 2005) afirmam que a contração excêntrica causa uma upregulation no receptor de cortisol, mas esse efeito é limitado por mecanismos protetores para evitar o catabolismo protéico.

4.2.3 Competição do Cortisol com outras substâncias

Kraemer e Ratamess (2005) citam dois estudos (Hickson *et al.*, 1990; Mayer e Rosen, 1975) que afirmam que os esteróides anabólicos-androgênicos são anti-catabólicos, porque competem pelo mesmo receptor que o cortisol.

4.3 GÊNERO – Homens X Mulheres

Kraemer *et al.* (1998) não observaram diferença significativa entre homens e mulheres quanto a resposta crônica do cortisol após o treinamento; no entanto, somente nos homens do estudo deles, foi observado um aumento do nível com 1 e 5 minutos após o exercício, na sexta e na oitava semana.

Bell *et al.* (1997) observaram diferenças significativas na quantidade de cortisol livre na urina entre homens e mulheres submetidos ao mesmo protocolo. Após 8 semanas, nos homens, ela estava aumentada e assim se manteve no grupo de treinamento concorrente. No grupo de treinamento de força, essa quantidade diminuiu até atingir os níveis iniciais. Nas mulheres do grupo de treinamento de força, a quantidade diminuiu após 8 semanas, mas aumentou ao final da 16ª semana. Nas mulheres do treinamento concorrente, a quantidade aumentou durante todo protocolo.

Staron *et al.* (1994) obtiveram uma diminuição do nível no repouso somente nos homens, e Hickson *et al.* (1994) obtiveram um aumento na resposta aguda do cortisol, somente nos homens.

Kraemer e Ratamess (2005) citam um estudo (Kraemer *et al.*, 1993) cujas respostas ao cortisol entre homens e mulheres foram iguais, e um outro estudo (Häkkinen e Pakarinen, 1995) no qual as respostas entre os gêneros foram diferentes para o mesmo protocolo.

4.4 IDADE – Adultos jovens X Idosos

Cadore *et al.* (2008) afirmam que a resposta de liberação de cortisol é dependente da idade: é maior em indivíduos idosos, comparando com adultos jovens que foram submetidos ao mesmo protocolo de treino.

4.5 RITMO CIRCADIANO DE LIBERAÇÃO DO HORMÔNIO

Os resultados do estudo de Häkkinen *et al.* (1988) indicam que existem diferenças durante o dia quanto à resposta aguda de cortisol após o treinamento. Eles observaram que ocorreu um aumento do nível de cortisol somente após o treino da tarde, mas esse valor diminuiu após uma hora do término do treino e que após o treino da manhã ocorreu uma diminuição do nível de cortisol.

Araújo (2008) cita um estudo (Jacks *et al.*, 2002) que apresentou resultados significativos a favor da interferência circadiana na resposta do cortisol: foi observado menores níveis da concentração após o treinamento as 17h00, comparado com outros dois horários (7h00 e 24h00).

Spiering et al (2008) afirmam que a variação circadiana do nível de cortisol pode explicar a redução dos níveis desse hormônio após 180 minutos da sessão no grupo com alto nível de hormônios circulantes, e após 60, 120 e 180 minutos no grupo com baixo nível.

5. DISCUSSÃO

Na parte **Resultados encontrados na Literatura** (capítulo 2), foram reportados diversos estudos que testaram protocolos de treinamento de força, cuja meta era modular os níveis crônicos e/ou agudos do Cortisol. Alguns fatores relacionados ao treinamento e recorrentes em alguns desses estudos, cujos resultados parecem favorecer o nosso objetivo – diminuição dos níveis desse hormônio -, foram:

- Alto volume (Uchida *et al.*, 2006; Marx *et al.*, 2001; McCall *et al.*, 1999);

- Tempo de pausa maior que 2 minutos (Flynn *et al.*, 1999; Kraemer *et al.*, 1996; Nieman *et al.*, 1995);

- Preferência por exercícios que utilizem contrações excêntricas (Goto *et al.*, 2009; Hollander *et al.*, 2003);

- Suplementação com carboidratos antes da sessão de treino (Tappening *et al.*, 2001; Kraemer *et al.*, 1998).

No entanto, gostaria de ressaltar, que nem todos esses estudos correlacionaram os efeitos dos seus resultados com alterações na morfologia do tecido muscular, principalmente se ocorreu hipertrofia desse, que é uma parte do nosso objetivo.

A redução dos níveis basais de cortisol após um período de treinamento, o que é uma resposta muito favorável ao anabolismo, é justificada por diversos autores (Luger *et al.*, 1987; Inder *et al.*, 1995; Loucks *et al.*, 1985; Snegovskaya, 1993 citados por Uchida *et al.*, 2004), a um ajuste no eixo Hipotálamo-Hipófise-Adrenal induzido pelo exercício. Então alguns fatores, como a suplementação alimentar e o uso de esteróides anabólicos-androgênicos, favorecem o resultado, mas não são necessários, já que o próprio exercício é capaz de induzir a resposta desejável.

Os fatores recorrentes em alguns estudos, cujos resultados não favoreciam o nosso objetivo, pois havia a manutenção dos valores desse hormônio em níveis mais altos, foram:

- Tempo de pausa menor do que 1 minuto (Smilios *et al.*, 2003; Kraemer *et al.*, 1996; Kraemer *et al.*, 1993);

- Treinamento concorrente (Bell *et al.*, 1997; Kraemer *et al.*, 1995);

- Intensidades submáximas (±70% de 1 RM) (Smilios *et al.*, 2003; Kraemer *et al.*, 1993; Häkkinen e Pakarinen, 1993).

Essas evidências apresentadas devem ser analisadas criteriosamente, pois uma leitura mais superficial pode indicar que combinando o primeiro grupo de fatores e evitando o segundo grupo será possível obter um quadro anabólico favorável, pois ocorreria uma redução

dos níveis do cortisol. Vale lembrar, que esses resultados foram obtidos com protocolos diferentes e estavam associados a outros fatores, que podem ter interferido na liberação do cortisol ao exercício, como é evidenciado por Volek *et al.* (1997). Na introdução, já afirmamos, corroborados por outros autores (Willardson e Burkett, 2006 citado por Da Silva, 2008; Kraemer e Ratamess, 2005), que os resultados são dependentes da combinação e modulação dos fatores relacionados com o treinamento, associados com as características do indivíduo, e o estudo de Willoughby (2004) demonstrou que apesar do seu protocolo de treinamento de força aumentar os níveis agudos de cortisol, do conteúdo dos receptores de glicocorticóides e da Miostatina (hormônio que inibe a síntese protéica, e cujos receptores são "upregulated" pelos glicocorticóides), esses fatores não interferiram na hipertrofia e no ganho de força obtidos através do protocolo utilizado por esse autor.

Um fato interessante é que os mesmos protocolos que têm maior resposta catabólica (maior liberação de cortisol), também têm maior resposta do Hormônio do Crescimento (Somatotrófico), que é fundamental no processo de hipertrofia (Kraemer, 1994). E, em vários estudos (Staron *et al.*, 2004; Marx *et al.*, 2001; Kraemer *et al.*, 1998) são relatados aumento dos níveis de Testosterona, no repouso, após o treinamento, e esse hormônio reduz os efeitos catabólicos do cortisol, bloqueando a tradução do gene que promove a síntese desse hormônio (Kraemer, 1994).

Apesar dos seus níveis necessitarem estar reduzidos de forma aguda e/ou crônica, por suas ações catabólicas, o Cortisol é importante no período de recuperação após o treino (fase aguda), para regular a reposição de substrato energético muscular (Smilios *et al.*, 2003) por meio da gliconeogênese hepática, e alguns autores (Fry e Hoffman, 2009, McCardle *et al.*, 2003; Kraemer, 1994) afirmam que ele tem papel importante no processo de remodelamento tecidual, pois o músculo necessita da lesão e do processo inflamatório para remodelar e hipertrofiar. Então, essa resposta que é bem evidente no nosso trabalho (19 estudos apresentaram esse resultado), pode corroborar com o nosso objetivo, apesar de ser o oposto do que era esperado (redução da resposta aguda).

Por fim, em alguns estudos (Kraemer *et al.*, 1998; Bell *et al.*, 1997; Hickson *et al.*, 1994) foi reportado que no início do treinamento, ocorreu um aumento dos níveis do cortisol após a sessão de treino, mas no final do período proposto, foi evidenciada uma diminuição dos níveis no repouso, em relação aos iniciais. Então, o aumento da resposta aguda pode estar associado com uma diminuição da resposta crônica, favorecendo o anabolismo muscular.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A modulação do Cortisol é apenas um fator no processo de criar um quadro anabólico favorável para a Hipertrofia Muscular. Esse processo é dependente da relação desse e de outros fatores, como os níveis dos hormônios anabólicos (Testosterona, GH, Insulina, etc.). Como as características genotípicas do indivíduo interferem no resultado, esse processo é mais complexo e menos “matemático” do que suponhamos. Então, os resultados apresentados nesse estudo devem ser compreendidos como “possibilidades” e não como “certezas”.

É recomendada uma leitura bem criteriosa desse trabalho, para evitar conclusões precipitadas, e mais estudos devem ser realizados sobre o tema, a fim de melhor elucidar as possibilidades e favorecer a montagem dos treinamentos, que visam à obtenção da Hipertrofia muscular, como resultado principal.

REFERÊNCIAS

AHTIAINEN, J.P.; PAKARINEN, A.; ALEN, M.; KRAEMER, W.J.; HÄKKINEN, K. Short Vs. Long Rest Period Between the Sets in Hypertrophic Resistance Training: Influence on Muscle Strength,Size, and Hormonal Adaptations in Trained Men. **Journal of Strength & Conditioning Research.** v. 19, n. 3, p. 572-582, ago. 2005.

AHTIAINEN, J.P.; PAKARINEN, A.; ALEN, M. *et al.* Muscle hypertrophy, hormonal adaptations and strength development during strength training in strength-trained and untrained men. **Eur J Appl Physiol**. v. 89, p. 555-63, 2003.

ALEN, M.; PAKARINEN, A.; HÄKKINEN, K.; KOMI, P.V. Responses of Serum Androgenic-Anabolic and Catabolic Hormones to Prolonged Strength Training. **Int J Sports Med.** v. 9, n. 3, p. 229-233, 1988.

ARAÚJO, M.A. A influência do treinamento de força e do treinamento aeróbio sobre as concentrações hormonais de testosterona e cortisol. **Revista de Desporto e Saúde.** v. 4, n. 2, p. 67-75, 2008.

BAAR, K.; ESSER, K. Phosphorylation of p70(S6k) correlates with increased skeletal muscle mass following resistance exercise. **Am J Physiol.** v. 276 (l Pt 1), p. 120-7, 1999.

BELL, G. SYROTUIK, D.; SOCHA, T.; MACLEAN, I.; QUINNEY, H. A. Effect of Strength Training and Concurrent Strength and Endurance Training on Strength, Testosterone, and Cortisol. **Journal of Strength & Conditioning Research.** v. 11, n. 1, p. 57-64, feb. 1997.

BODINE, S.C.; STITT, T.N.; GONZALEZ, M. *et al.* Akt/mTOR pathway is a crucial regulator of skeletal muscle hypertrophy and can prevent muscle atrophy in vivo. **Nat Cell Biol.** v.3, n. 11, p. 1014-9, 2001.

BOONE, J.B.; LAMBERT, C.P.; FLYNN, M.G. *et al.* Resistance exercise effects on plasma cortisol, testosterone and creatine kinase activity in anabolic-androgenic steroid users. **Int J Sports Med.** v. 11, p. 293-7, 1990.

BOTTARO, M.; MARTINS, B.; GENTIL, P.; WAGNER D. Effects of rest duration between sets of resistance training on acute hormonal responses in trained women. **Journal of Science and Medicine in Sport.** v.12, n. 1, p. 73-8, jan. 2009

BROWNLEE, K.K.; MOORE, A.W.; HACKNEY, A.C. Relationship between circulating cortisol and testosterone: influence of physical exercise. **J Sports Sci Med**. v. 4, p. 76-83, 2005.

CADORE, E.L.; BRENTANO, M.A.; LHULLIER, F.L.R.; KRUEL, L.F.M. Fatores relacionados com as respostas da Testosterona e do Cortisol ao treinamento de força. **Rev Bras Med Esporte**. v. 14, n. 1, p.74-78, jan/fev. 2008.

CADORE, E.L.; BRENTANO, M.A.; LHULLIER, F.L.R.; SILVA, E.M.; SPINELLI, R.; KRUEL, L.F.M. *et al.* Hormonal concentrations at rest and induced by a superset strength training session in long-term strength-trained and untrained middle-aged men. **Abstract book of Annual Congress of European College of Sports Science**. v. 10, p. 104-5, 2005.

CHAGAS, M.H.; LIMA, F.V. **Musculação:** Variáveis Estruturais. 1ª Ed. Belo Horizonte: Casa da Educação Física, 2008. 72 p.

CHANDLER, R. M.; BYRNE, H. K.; PATTERSON, J. G.; IVY, J. L. Dietary supplements affect the anabolic hormones after weighttraining exercise. **J. Appl. Physiol.** v. 76, p. 839–845, 1994.

DA SILVA, J.G.F.B. **A influência de um programa de treinamento de força muscular, nas fases neurogênicas e miogênicas, sobre os níveis de IGF-1 em idosas sedentárias.** 2008. 328 f. Tese (Doutorado) – Facultade de Ciencias do Deporte e a Educación Física, Universidade da Corunã, A Coruña, 2008.

ELIAS, L.L.K.; FERNANDES-ROSA, F.L.; ANTUNES-RODRIGUES, J.; CASTRO, M. Fisiologia da Glândula Adrenal. IN: AIRES, M.M. **Fisiologia.** 3ª Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. Capítulo 66, p. 1015-1031.

FIGUEROA, A.; GOING, S.B.; MILLIKEN, L.A.; BLEW, R.M.; SHARP, S.; TEIXEIRA, P.J.; LOHMAN, T.G. Effects of exercise training and hormone replacement therapy on lean and fat mass in postmenopause women. **Journal of Gerontology: Medical Sciences**. v. 58A, n. 3, p. 266–270, 2003.

FLECK, S. J.; KRAEMER, W. J. Adaptações ao treinamento de força. IN: FLECK, S. J.; KRAEMER, W. J. **Fundamentos do treinamento de força muscular.** São Paulo: Artmed, 2002. Capítulo 7, p. 124-153.

FLYNN, M.G.; FAHLMAN, M.; BRAUN, W.A.; LAMBERT, C.P.; BUILLON, L.E.; BROLINSON, P.G.; AMRSTRONG, C.W. Effects of resistance training on selected indexes of immune function in elderly women**. J Appl Physiol.** v. 86, p. 1905-1913, 1999.

FRY, A.C.; HOFFMAN, J.R. Respostas e adaptações do sistema endócrino ao treinamento. IN: CHANDLER, T.J.; BROWN, L.E. **Treinamento de força para o desempenho humano.** Porto Alegre: Artmed, 2009. Capítulo 6, p. 119-146.

FUGITA, S.; ABE, T.; DRUMMOND, M.J.; CADENAS, J.G.; DREYER, H.C.; SATO, Y.; VOLPI, E.; RASMUSSEN, B.B. Blood flow restrictionduring low-intensity resistance exercices increases S6K1 phosporylation and muscle protein synthesis. **J Appl Physiol**. v. 103, p. 903-910, 2007.

GAYTON, A.C. **Fisiologia Humana**. 6ª Ed. Rio de Janeiro: Ed. Guanabara Koogan, 1998. 976 p.

GILLIES, E.M.; PUTMAN, C.T.; BELL, G.J. The effect of varying the time of concentric and eccentric muscle actions during resistance training on skeletal muscle adaptations in women. **Eur J Appl Physiol.** v. 97, p. 443–453, 2006.

GOTO, K.; ISHII, N.; KIZUKA, T.; KRAEMER, R.R.; HONDA, Y.; TAKAMATSU, K. Hormonal and metabolic responses to slow movement resistance exercise with different durations of concentric and eccentric actions. **Eur J Appl Physiol.** may 2009.

GUEZENNEC, Y.; LEGER, L.; LHOSTE, F. *et al.* Hormone and metabolite response to weight-lifting training sessions. **Int J Sports Med.** v. 7, p. 100-5, 1986.

HABER, M.P.; FRAY, A.C.; RUBIN, R.M.; SMITH, J.C.; WEISS, W.L. Skeletal Muscle and Hormonal Adaptations to Circuit Weight Training in Untrained Men. **J. Med. Sci.** v. 14, p. 176-185, 2004.

HAFF, G.G.; LEHMKUHL, M.J.; McCOY, L.B. *et al.* Carbohydrate supplementation and resistance training. **J Strength Cond Res**. v. 17, p. 187-96, 2003.

HÄKKINEN, K.; KRAEMER, W.J.; PAKARINEN, A.; McBRIDE, T.T.; McBRIDE, J.M.; HÄKKINEN, A.; ALEN, M.; McGUIGAN, M.R.; BRONKS, R.; NEWTON, R.U. Effects of resistence/power training on maximal strength, muscle morphology, and hormonal response patterns in 60-75-year-old men and women. **Can. J. Appl. Physiol.** v. 27, n. 3, p. 213-231, 2002.

HÄKKINEN, K.; PAKARINEN, A.; KRAEMER, W.J.; HÄKKINEN, A.; VALKEINEN, H.; ALEN, M. Selective muscle hypertrophy, changes in EMG and force, and serum hormones during strength training in older women. **Can. J. Appl. Physiol.** v. 91, p. 569-580, 2001.

HÄKKINEN, K.; PAKARINEN, A. Acute hormonal responses to heavy resistance exercise in men and women at different ages. **Int J Sports Med.** v. 16, p. 507-13, 1995.

HÄKKINEN, K, PAKARINEN, A. Serum hormones and strength development during strength training in middle-aged and elderly males and females **Acta Physiologica Scandinavica.** v. 150, i. 2, p. 211–219, feb. 1994

HÄKKINEN, K.; PAKARINEN, A. Acute hormonal responses to two different fatiguing heavy-resistance protocols in male athletes. **J Appl Physiol**. v. 74, p. 882-7, 1993a.

HÄKKINEN, K.; PAKARINEN, A.; ALÉN, M.; KAUHANEN, H.; KOMI, P.V. Neuromuscular and hormonal responses in elite athletes to two successive strength training sessions in one day. **European journal of applied physiology and occupational physiology**. v. 57, n. 2, p. 133-139, 1988.

HANSEN, S.; KVORNING, T.; KJÆR, M.; SJØGAARD, G. The effect of short-term strength training on human skeletal muscle: the importance of physiologically elevated hormone levels. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports.** v. 11, i. 6, p. 347–354, dec. 2001.

HICKSON, R.C.; HIDAKA, K.; FOSTER, C.; FALDUTO, M.T.; CHATTERTON JR., R.T. Successive time courses of strength development and steroid hormone responses to heavy-resistance training. **Journal of Applied Physiology.** v. 76, n. 2, P. 663-670, fev. 1994.

HICKSON, R. C.; MARONE, J. R. Exercise and inhibition of glucocorticoid-induced muscle atrophy. In: **Exercise and Sport Sciences Reviews.** Baltimore, MD: Williams & Wilkins, 1993. Vol. 21, p. 135–167.

HICKSON, R.C.; CZERWINSKI, S.M.; FALDUTO, M.T. *et al.* Glucocorticoid antagonism by exercise and androgenic-anabolic steroids. **Med Sci Sports Exerc.** v. 22, p. 331-40, 1990.

HOLLANDER, D.B.; DURAND, R.J.; TRYNICKI, J.L.; LAROCK, D., CASTRACANE, V.D.; HEBERT, E.P.; KRAEMER, R.R. RPE, pain, and physiological adjustment to concentric and eccentric contractions. **Med Sci Sports Exerc**. v. 35, p. 1017–1025, 2003.

IZQUIERDO, M.; IBANEZ, J.; GONZÁLEZ-BADILLO, J.J.; HÄKKINEN, K.; RATAMESS, N.A.; KRAEMER, W.J.; FRENCH, D.N.; ESLAVA, J. ALTADILL, A.; ASIAIN, X.; GOROSTIAGA, E.M. Differential effects of strength training leading to failure versus not to failure on hormonal responses, strength, and muscle power gains. **J Appl Physiol.** v.100, p. 1647–1656, 2006.

IZQUIERDO, M.; HÄKKINEN, K.; IBÁÑEZ, J.; ANTÓN, A.; GARRUÉS, M.; RUESTA, M.; GOROSTIAGA, E.M. Effects of strength training on sub maximal and maximal endurance performance capacity in middle-aged and older men. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v. 17, n. 1, p. 129-139, 2003.

JACKS, D.E.; SOWASH, J.; ANNING, J.; McGLOUGHLIN, T.; ANDRES, F. Effect of exercise at three exercise intensities on salivary cortisol. **J. Strength Cond. Res.** v. 16, n. 2, p. 286-289, 2002.

KADI, F.; BONNRUD, P.; ERIKSSON, A.; THORNELL, L.E. The expression of androgen receptors in human neck and limb muscles: effects of training and self-administration of androgenic steroids. **Histochem Cell Biol.** v.113, p. 25-9, 2000.

KRAEMER, W.J.; RATAMESS, N.A. Hormonal responses and adaptations to resistance exercise and training **Sports Med**. v. 35, n. 4, p. 339-361, 2005.

KRAEMER, W.J.; RATAMESS, N.A. Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. **Medicine and Science in Sports and Exercise.** v. 36, n. 4, p. 678-688, 2004.

KRAEMER, W.J.; KOZIRIS, L.P.; RATAMESS, N.A.; HÄKKINEN, K.; McBRIDE, N.T.T.; FRY, A.C.; GORDON, S.E.; VOLEK, J.S.; FRENCH, D.N.; MARTYN, R.; RUBIN, M.R.; ANA, L.; GOMEZ, A.L.; SHARMAN, M.J.; LYNCH, J.M.; IZQUIERDO, M.; NEWTON, R.U.; FLECK, S.J. Detraining produce Minimal Changes in Physical Performance and Hormonal Variables in Recreationally Strength Trained Men. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v. 16, n. 3, p.373-382, 2002.

KRAEMER, W.J.; FLECK, S.J.; MARESH, C.M. *et al.* Acute hormonal responses to a single bout of heavy resistance exercise in trained power lifters and untrained men. **Can J Appl Physiol.** v. 24, p. 524-37, 1999.

KRAEMER, W.J.; HÄKKINEN, K.; NEWTON, R.U.; NINDL, B.C.; VOLEK, J.S.; McCORMICK, M.; GOTSHALK, L.A.; GORDON, S.E.; FLECK, S.J., CAMPBELL, W.W.; PUTUKIAN, M.; EVANS, W.J. Effects of heavy resistance training on hormonal patterns in younger vs. Older men. **J Appl Physiol.** v. 87, p. 982-992, 1999.

KRAEMER, W.J.; STARON, R.S.; HAGERMAN, F.C.; HIKIDA, R.S.; FRY, A.C.; GORDON, S.E.; NINDL, B.C.; GOTHSHALK, L.A.; VOLEK, J.S.; MARX, J.O. *et al.* The effects of short-term resistance training on endocrine function in men and women. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**. v. 78, n. 1, p. 69-76, 1998.

KRAEMER, W.J.; VOLEK, J.S.; BUSH, J.A.; PUTUKIAN, M.; SEBASTIANELLI, W.J. Hormonal responses to consecutive days of heavy-resistance exercise with or without nutritional supplementation. **J Appl Physiol.** v. 85, n. 4, p. 1544-55, 1998.

KRAEMER, W. J.; CLEMSON, A.; TRIPLETT, N.T.; BUSH, J. A.; NEWTON, R. U.; LYNCH, J. M. The effects of plasma cortisol elevation on total and differential leukocyte counts in response to heavy-resistance exercise. **Eur. J. Appl. Physiol.** v. 73, p. 93–97, 1996.

KRAEMER, W.J.; PATTON, J.F.; GORDON, S.E.; HARMAN, E.A.; DESCHENES, M.R.; REYNOLDS, K.; NEWTON, R.U.; TRIPLETT, N.T.; DZIADOS, J.E. Compatibility of High Intensity end Endurence Training on Hormonal and Skeletal Muscle Adaptations. **Journal Appl. Physiol**. v. 78, n. 3, p. 976-989, 1995.

KRAEMER, W. J. Neuroendocrine responses to resistance exercise. IN: BAECHLE, T. R **Essentials of Strength Training and Conditioning.** Human Kinetics, 1994. Capítulo 6, p. 86-107.

KRAEMER, W.J.; DZIADOS, J.E.; MARCHITELLI, L.J. *et al.* Effects of different heavy-resistance exercise protocols on plasma beta-endorphin concentrations. **J Appl Physiol.** v. 74, p. 450-9, 1993.

KRAEMER, W.J.; FLECK, S.J.; DZIADOS, J.E. *et al.* Changes in hormonal concentrations after different heavy-resistance exercise protocols in women. **J Appl Physiol.** v. 75, p. 594-604, 1993.

KRAEMER, W.J.; FRY, A.C.; WARREN, B.J. *et al.* Acute hormonal responses in elite junior weightlifters. **Int J Sports Med.** v. 13, p. 103-9, 1992.

KRAEMER, W. J.; GORDON, S. E.; FLECK, S. J.; MARCHITELLI, L. J.; MELLO, R.; DZIADOS, J. E.; FRIEDL, K.; HARMAN, E. Endogenous anabolic hormonal and growth factor responses to heavy resistance exercise in males and females. **Int. J. Sports Med.** v. 12, p. 228–235, 1991.

KRAEMER, W.J.; NOBLE, B.J.; CLARK, M.J. *et al.* Physiologic responses to heavy-resistance exercise with very short rest periods. **Int J Sports Med.** v. 8, p. 247-52, 1987.

LOEBEL, C.C.; KRAEMER, W.J. A brief review: Testosterone and resistance exercise in men. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v. 12, n. 1, p. 57-63, 1998.

LU, S.; LAU, C.; TUNG, Y.; HUANG, S.; CHEN, Y.; SHIH, H. *et al.* Lactate and the effects of exercise on testosterone secretion: evidence for the involvement of cAMP-mediated mechanism. **Med Sci Sports Exerc.** v. 29, p. 1048-54, 1997.

MARX, J.O.; RATAMESS, N.A.; NINDL, B.C.; GOTSHALK, L.A.; VOLEK, J.S.; DOHI, K.; BUSH, J.A.; GÓMEZ, A.L.; MAZZETTI, S.A.; FLECK, S.J.; HÄKKINEN, K.; NEWTON, R.U.; KRAEMER, W.J. Low-volume circuit versus high-volume periodized resistance training in women. **Medicine & Science in Sports & Exercise**. v. 33, n. 4, p. 635-643, abr. 2001.

MAYER, M.; ROSEN, F. Interaction of anabolic steroids with glucocorticoid receptor site in rat muscle cytosol. **Am J Physiol**. v. 229, p. 1381-6, 1975.

McCALL, G.E.; BYRNES, W.C.; FLECK, S.J.; DICKINSON, A.; KRAEMER, W.J. Acute and Chronic Hormonal Responses to Resistance Training Designed to Promote Muscle Hypertrophy **Canadian Journal of Applied Physiology**. v. 24, n. 1, p. 96-107, 1999.

MCARDLE, W. D.; KATCH, F. I.; KATCH, V. L. Sistema Endócrino: organização e respostas agudas e crônicas ao Exercício. IN: MCARDLE, W. D.; KATCH, F. I.; KATCH, V. L. **Fisiologia do Exercício:** Energia, Nutrição e desempenho Humano. 5ª Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003. Capítulo 20, p. 419-464.

NIEMAN, D. C.; AHLE, J. C.; HENSON, D. A.; WARREN, B. J.; SUTTLES, J.; DAVIS, J. M.; BUCKLEY, K. S.; SIMANDLE, S.; BUTTERWORTH, D. E.; FAGOAGA, O. R.; NEHLSEN-CANNARELLA, S. L. Indomethacin does not alter natural killer cell response to 2.5 h of running. **J. Appl. Physiol.** v. 79, p. 748–755, 1995.

NIEMAN, D.C.; DAVIS, J.M.; BROWN, V.A.; HENSON, D.A.; DUMKE, C.L.; UTTER, A.C.; VINCI, D.M.; DOWNS, M.F.; SMITH, J.C.; CARSON, J.; BROWN, A.; McANULTY, S.R.; McANULTY, L.S. Influence of carbohydrate ingestion on immune changes after 2h of intensive resistance training. **J Appl Physiol**. v. 96, p. 1292-1298, 2004.

OSTROWSKI, K.J.; WILSON, G.J.; WEATHERBY, R.; MURPHY, P.W.; LYTLLE, A.D. The Effect of Weight Training Volume on Hormonal Output and Muscular Size and Function. **Journal Strength Cond. Res.** v. 11, n. 3, p. 148-154, 1997.

POWERS, S. K.; HOWLEY, E. T. Respostas hormonais ao Exercício. IN: POWERS, S. K.; HOWLEY, E. T. **Fisiologia do Exercício:** Teoria e aplicação ao condicionamento e ao desempenho. 5ª Ed. Barueri: Ed. Manole, 2004. Capítulo 5, p.71-103.

RATAMESS, N.A.; KRAEMER, W.J.; VOLEK, J.S. *et al.* Effects of heavy resistance exercise volume on post-exercise androgen receptor content in resistance-trained men. **J Steroid Biochem Molec Biol**. v. 93, p. 35-42, 2005.

RHEA, M.R. A meta-analysis to determine the dose response for strength development. **Medicine and Science in Sports and Exercise.** v. 35, n. 3, p. 456-464, 2003.

RYAN, A.S.; TREUTH, M.S.; RUBIN, M.A.; MILLER, J.P.; NICKLAS, B.J.; LANDIS, D.M.; PRATLEY, R.E.; LIBANATI, C.R.; GUNDBERG, C.M.; HURLEY, B.F. Effects of strength training on bone mineral density: hormonal and bone turnover relationships. **J. Appl. Physiol.** v. 77, n. 4, p. 1678-1684, 1994.

SHAH, O.J.; INIGUEZ-LLUHI, J.A.; ROMANELLI, A.; KIMBALL, S.R.; JEFFERSON, L.S. The activated glucocorticoid receptor modulates presumptive autoregulation of ribosomal protein S6 protein kinase, p7 0 S6K. **J Bot Chem.** v. 277, n. 4, p. 2525-33, 2002.

SHAH, O.J.; KIMBALL, S.R.; JEFFERSON, L.S. Acute attenuation of translation initiation and protein synthesis by glucocorticoids in skeletal muscle. **Am J Physiol: Endocrinol Metab.** v. 278, n. l, p. 76-82, 2000 a.

SHAH, O.J.; KIMBALL, S.R.; JEFFERSON, L.S. Among translational effectors, p70S6k is uniquely sensitive to inhibition by glucocorticoids. **Biochem J.** v. 347, Pt 2, p. 389-97, 2000 b.

SHAH, O.J.; KIMBALL, S.R.; JEFFERSON, L.S. Glucocorticoids abate p70(S6k) and eIF4E function in L6 skeletal myoblasts. **Am J Plijsioh.E ndocrinol Metab**. v. 279, n. l, p. 74-82, 2000 c.

SMILIOS, I.; PILIANIDIS, T.; KARAMOUZIS, M.; TOKMAKIDIS, S.P. Hormonal Responses after Various Resistance Exercise Protocols. **Med. Sci. Sports Exerc.** v. 35, n. 4, p. 644-654, 2003.

SPIERING, B.A.; KRAEMER, W.J.; ANDERSON, J.M.; ARMSTRONG, L.E.; NINDL, B.C.; VOLEK, J.S.; JUDELSON, D.A.; JOSEPH, M.; VINGREN, J.L.; HATFIELD, D.L.; FRAGALA, M.S.; HO, J.; MARESH, C.M. Effects of elevated circulating hormones on resistance exercice-induced Akt-signaling. **Med Sci Sports Exercise.** v.40 n.6 p. 1039-48, jan. 2008.

STARON, R. S.; KARAPONDO, D. L.; KRAEMER, W. J.; FRY, A. C.; GORDON, S. E.; FALKEL, J. E.; HAGERMAN, F. C.; HIKIDA, R. S. Skeletal muscle adaptations during early phase of heavy-resistance training in men and women **Journal of Applied Physiology** vol. 76, n. 3, p. 1247-1255, mar. 1994.

TARPENNING, K.M.; WISWELL, R.A.; HAWKINS, S.A.; MARCELL, T.J. Influence of weight training exercise and modification of hormonal response on skeletal muscle growth. **J Sci Med Sport.** v. 4, n. 4, p. 431-46, 2001.

UCHIDA, M.C.; AOKI, M.S.; NAVARRO, F.; TESSUTTI, V.D.; BACURAU, R.F.P. Efeito de diferentes protocolos de treinamento de força sobre parâmetros morfofuncionais, hormonais e imunológicos. **Rev Bras Med Esporte**. v. 12, n. 1, p. 21-26, jan/fev. 2006.

UCHIDA, M.C.; BACURAU, R.F.P.; NAVARRO, F.; PONTES JR., F.L.; TESSUTTI, V.D.; MOREAU, R.L.; ROSA, L.F.B.P.C.; AOKI, M.S. Alteração da relação testosterona:cortisol induzida pelo treinamento de força em mulheres. **Rev Bras Med Esporte**. v. 10, n. 3, p.165-168, mai/jun. 2004.

VOLEK, J.S.; KRAEMER, W.J.; BUSH, J.A.; INCLEDON, T.; BOETES, M. Testosterone and cortisol in relationship to dietary nutrients and resistance exercise. **J Appl Physiol.** v. 82, p. 49-54, 1997.

WEISS, L.W.; CURETON, K. J.; THOMPSON F. N. Comparison of serum testosterone and androstenedione responses to weight lifting in men and women. **Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.** v. 50, p. 413–419, 1983.

WILLARDSON, J.M.; BURKETT, L.N. A comparison of 3 different rest intervals on the exercise volume completed during a workout. **J Strength Cond Res.** v.19, n.1, p.23-26, 2005.

WILLIAMS, A.G.; ISMAIL, A.N.; SHARMA, A. *et al.* Effects of resistance exercise volume and nutritional supplementation on anabolic and catabolic hormones. **Eur J Appl Physiol.** v. 86, p. 315-21, 2002.

WILLOUGHBY, D.S. Effects of heavy resistance training on Myostatin mRNA and Protein Expression. **Med. Sci. Sports Exerc.** v. 36, n. 4, p. 574–582, 2004.

WILLOUGHBY, D.S. TAYLOR, M.; TAYLOR, L. Glucocorticoid receptor and ubiquitin expression after repeated eccentric exercise. **Med Sci Sports Exerc**. v. 35, p. 2023-31, 2003.

WONG, T.S.; BOOTH, F.W.; Skeletal muscle enlargement with weightlifting exercise by rats. **J Appl Physiol.** v. 65, n. 2, p. 950-4, 1988.