

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA**

RESPOSTA DE HORMÔNIOS ESTERÓIDES AO EXERCÍCIO

Lucas Both

PORTO ALEGRE

2009

LUCAS BOTH

RESPOSTA DE HORMÔNIOS ESTERÓIDES AO EXERCÍCIO

Monografia de conclusão de curso de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, requisito parcial para obtenção do grau de licenciado em Educação Física.

Orientador: Prof. Dr Luiz Fernando Martins Kruel.

Co-orientador: Prof. Ms. Eduardo Lusa Cadore.

PORTO ALEGRE

2009

Resumo:

O exercício físico é como um importante estimulador do sistema endócrino. A magnitude da resposta hormonal ao exercício depende da magnitude do estresse induzido pela sessão de treinamento. A testosterona é considerada um importante hormônio anabólico com múltiplas funções fisiológicas no corpo humano, entre elas o estímulo à síntese protéica. O cortisol é um hormônio catabólico que promove, entre outras funções, a degradação protéica.

Este trabalho tem por objetivo revisar os resultados encontrados na literatura a respeito da resposta aguda de testosterona e cortisol a sessões de treinamento de força e aeróbio. Nos treinamentos de força e aeróbio existe uma grande relação entre fatores ligados a uma sessão de treino como o volume, intensidade e duração (aeróbio) com a resposta hormonal. Outros fatores também se tornam importantes como o tempo de intervalo, tipo de treino, massa muscular envolvida, a experiência do indivíduo, gênero e idade. A identificação de tais fatores, da sessão de treino, estimuladores da resposta hormonal, se torna importante para uma melhor periodização e prescrição de treinamento culminando em um ambiente metabólico favorável para determinado objetivo.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	6
1.1. Objetivo	7
2. Testosterona	8
2.1. Testosterona e o treinamento de força	9
2.2. Testosterona e o treinamento aeróbio	14
3. Cortisol	17
3.1. Cortisol e o treinamento de força	18
3.2. Cortisol e o treinamento aeróbio	22
4. Conclusão	25
5. Referências	26

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - resposta da testosterona ao treinamento de força-----	13
Quadro 2 - resposta da testosterona ao treinamento aeróbio-----	16
Quadro 3 - resposta do cortisol ao treinamento de força -----	21
Quadro 4 – resposta do cortisol ao treinamento aeróbio-----	24

1. Introdução

Os treinamentos de força e aeróbio produzem adaptações diferentes. O treinamento de força tipicamente resulta em aumento na força e massa muscular (Athiainen et al. 2005; Nader. 2006). Por outro lado, o treinamento aeróbio melhora o consumo Máximo de O₂ e adaptações metabólicas que induzem um aumento na capacidade de executar exercícios de mais longa duração (Hakkinen et al. 2003; Nader. 2006).

O treinamento de força é conhecido como um poderoso estimulador do sistema endócrino (Kramer e Ratamess 2005; Karkoulas et al. 2008), sendo que a sua resposta depende de variáveis como volume, intensidade, tempo de intervalo, idade, gênero e nível de treinamento (Bell et al. 2000; Cadore et al. 2008b). O treinamento aeróbio também desempenha esse papel como estimulador do sistema endócrino, e os fatores ligados a resposta hormonal são a duração, intensidade e nível de treinamento dos indivíduos (Tremblay et al. 2004; Karkoulas et al. 2008). Mudanças na resposta hormonal induzida pelo exercício, no ambiente anabólico ou catabólico, têm sido estudadas comparando as concentrações de testosterona e cortisol sérico antes e após o exercício (Tremblay et al. 2005).

A testosterona é considerada um importante hormônio anabólico com múltiplas funções fisiológicas no corpo humano (Brownlee et al. 2005), entre essas o estímulo para o aumento da massa muscular, importante para o exercício físico. Glicocorticóides, como o cortisol, têm sido usados como indicativo da existência do estado catabólico, já que um aumento demasiado

desse hormônio pode conduzir a degradação de proteína muscular, além de suprimir a produção de testosterona diretamente nos testículos resultando em um decréscimo da síntese protéica (Cumming et al. 1986; Bell et al. 1997). Baseado na grande quantidade de estudos investigando diversos fatores que influenciam na resposta hormonal aguda ao exercício, em diferentes protocolos e populações, se torna necessário a identificação de quais fatores são mais importantes na influencia a essa resposta, já que a mesma possui uma relação com as adaptações objetivadas com treino físico, sobretudo com o treinamento de força (Kramer e Ratamess 2005).

1.1. Objetivo:

Obter informações da literatura sobre a resposta aguda de testosterona e cortisol induzidas pelo treinamento de força e aeróbio em diferentes tipos de população.

2. Testosterona

A testosterona é um hormônio esteróide anabólico produzido pelas células de Leydig que se encontram no tecido intersticial dos testículos. Algumas amostras menores dessa produção podem ser secretadas também na próstata, pele e fígado, que são mediados via ligação de receptores intracelulares, os quais são chamados de receptores androgênicos (Vingren et al. 2009). O colesterol, precursor do esteróide testosterona, é responsável pela metade da produção de testosterona nos testículos (Loebel e Kramer 1998). A testosterona é considerada um importante agente anabólico com múltiplas funções fisiológicas no corpo humano (Brownlee et al. 2005). Entre essas funções está o estímulo para o aumento da massa muscular decorrente do exercício físico.

O exercício físico é acompanhado por mudanças metabólicas que são ligadas a atividade endócrina (Métivier et al. 1980). A magnitude da resposta de testosterona sérica ao exercício depende da magnitude do estresse induzido pela sessão de treinamento de força (Hakkinen e Pakarinen 1993). Nos tópicos seguintes, será discutida a relação existente entre a testosterona e os exercícios de força e aeróbio em diferentes populações.

2.1. Testosterona e o treinamento de força.

Alguns protocolos de treinamento de força são importantes estimuladores do aumento da concentração de hormônios circulantes como a testosterona (Pullinen et al. 2002; Kraemer et al. 2005; Buresh et al. 2009). A magnitude da concentração de testosterona depende diretamente do estresse causado pelo treinamento de força e suas variáveis como volume, intensidade, além do tipo de população (idade, sexo e experiência de treino) (Hakkinen e Pakarién. 1993; Cadore et al. 2008b).

Em estudo de Vingren et al. (2009) investigou-se o efeito agudo do treinamento de força em homens e mulheres, jovens e treinados, utilizando um protocolo de 6 séries de 10 repetições a 80% da carga máxima (1 RM) com intervalo de 2 minutos. Houve maior aumento da concentração de testosterona nos homens em relação às mulheres. Esses autores relataram haver uma forte tendência de aumento de testosterona 5 minutos após o término da sessão de treino nas mulheres.

Buresh et al. (2009) compararam os efeitos de dois tipos de intervalos diferentes - 1 e 2,5 minutos – em um protocolo de treinamento de força na reposta de testosterona de homens jovens destreinados. Os resultados mostraram que o protocolo com um 1 minuto de intervalo resultou em uma maior concentração de testosterona plasmática durante a primeira semana. Já Ahtiainen et al. (2005) também investigou a reposta aguda de testosterona induzida por 2 protocolos de treinamento de força, com trabalho total semelhante e utilização de repetições máximas, com diferentes períodos de intervalos - 2 e 5 minutos - em homens treinados em força. Os dois tipos de

protocolos induziram semelhantes aumentos agudos da concentração de testosterona sérica e livre.

McCaulley et al. (2008) investigaram a resposta de testosterona frente a uma sessão de treino de hipertrofia, 4 séries de 10 repetições a 75% de 1 RM com 90 segundos de intervalo, e força, 11 séries de 3 repetições a 90% de 1 RM com 5 minutos de intervalo, em homens jovens e treinados. Somente houve aumento da concentração para o protocolo de hipertrofia, ao passo que nenhuma modificação observou-se após o protocolo de força. Já Smilios et al. (2003) também analisaram a resposta hormonal aguda de 3 protocolos, força máxima, hipertrofia e resistência de força, com diferentes volumes – 2, 4 e 6 séries – em homens jovens experientes em treinamento de força. Os resultados indicaram que não houve nenhuma mudança na concentração de testosterona com os 3 tipos de protocolos utilizados comparados com a sessão controle no presente estudo. McCaulley et al. (2008) citam que a intensidade e o intervalo entre as séries influenciam resposta aguda. Segundo esses autores, volumes muito pequenos (poucas repetições por série ou série simples) resultam em estímulo insuficiente para resposta hormonal e quanto maior o intervalo, menor a magnitude da resposta.

Em outro estudo, Kraemer et al. (2006) investigaram a influência do tipo de contração (i.e. concêntrica, excêntrica) na resposta hormonal induzido pelo treinamento de força em homens jovens treinados. Os autores concluíram que para a testosterona total não houve nenhuma alteração significativa enquanto que para a testosterona livre houve aumento semelhante na concentração para a fase concêntrica e excêntrica, sugerindo que o tipo de contração muscular não influencia na magnitude da resposta.

Já Pullinen et al. (2002) investigaram a resposta hormonal frente a uma sessão de treinamento de força até a exaustão (E1) seguido de outra sessão (E2) após 2 dias de intervalo, em homens fisicamente ativos, sob a influência da dor muscular tardia. Ambos os hormônios testosterona total e livre aumentaram significativamente após as duas sessões. Os autores sugeriram que o aumento de testosterona não foi influenciado por uma sessão prévia de treino.

Em estudo de Hansen et al. (2001) envolvendo homens jovens que participaram de um protocolo de treinamento de força usando membros superiores isolados ou membro superiores combinado com inferiores relataram haver maior concentração aguda de testosterona no treinamento combinado, sugerindo que quanto maior a massa muscular envolvida, maior será a resposta hormonal. Já Hakkinen et al. (1998) demonstraram haver diferenças nas respostas das concentrações hormonais em homens jovens e idosos induzido por 3 sessões de treinamento de força envolvendo membros superiores e inferiores. As concentrações séricas de testosterona aumentaram significativamente durante as 3 sessões em homens jovens, especialmente durante o exercício combinado de membros superiores e inferiores. Em homens idosos a maior concentração sérica de testosterona foi encontrada nos exercícios de membros inferiores. Na concentração sérica de testosterona livre houve aumento também nas 3 sessões de treinamento, enquanto que nos idosos o aumento significativo foi durante o exercício combinado. Todas as concentrações agudas foram maiores nos jovens do que nos idosos.

Häkkinen e Pakarinen (1993) compararam 2 diferentes tipos de protocolos de treinamento de força em homens atletas. Um protocolo

envolveu 20 séries de 1 repetição máxima com o outro 10 séries de 10 repetições a 70% RM. A concentração sérica de testosterona aumentou somente no segundo protocolo, o que foi justificado pelos autores pela influência do metabolismo glicolítico láctico no estímulo à testosterona.

Kraemer et al. (1999) investigando as diferentes repostas agudas que o treinamento de força induz em homens jovens e idosos, observaram que ambos os grupos apresentaram elevações para a concentração aguda de testosterona total e livre, com a concentração hormonal retornando aos valores pré treino 30 minutos após o exercício. Já Häkkinen e Pakarinen (1995) examinaram em seu estudo a resposta hormonal aguda em homens e mulheres de diferentes idades, 30, 50 e 70 anos, induzido pela sessão de treino de força. A testosterona sérica permaneceu estatisticamente inalterada durante os exercícios da sessão para mulheres jovens e idosas enquanto para as mulheres de meia idade houve aumento significativo. Já para homens jovens e de meia idade houve aumento na concentração de testosterona sérica enquanto para os idosos não houve mudanças.

Kraemer et al. (1992) investigando a resposta aguda de testosterona em levantadores de peso adolescentes masculinos durante uma sessão de treino de força demonstraram haver aumento e manutenção durante 15 minutos pós exercício no grupo com mais de 2 anos de experiência. Nesse caso, os autores alertam sobre a experiência de treinamento dos atletas que pode influenciar a resposta hormonal em adolescentes do gênero.

O treinamento de força é amplamente estudado e discutido, em relação a resposta aguda de testosterona, por vários autores. Os fatores relacionados à sessão de treino que aparentam influenciar de maneira mais forte ao aumento

de testosterona são o volume, intensidade, tempo de intervalo (Häkkinen e Pakarinen 1993; Ahtiainen et al. 2005; McCaulley et al. 2008; Buresh et al. 2009), massa muscular envolvida (Hansen et al, 2000). Pode-se sugerir que intensidades variando entre 65 e 85% de 1 RM, utilização de múltiplas séries, número de repetições entre 8 e 15 RM e exercícios para grandes grupos musculares parecem gerar maior aumento na testosterona (Häkkinen et al. 1998; Hansen et al. 2000; Smilios et al. 2003; Kraemer et al. 2006). Além disso, essa resposta pode ser influenciada pelo nível de treinamento da população, embora existam controvérsias (Cadore et al. 2008b), gênero, sendo maior em homens do que mulheres (; Hakkinen e Pakarinen 1995; Vingren et al. 2009) e idade, sendo maior em jovens do que idosos (Hakkinen et al. 1998; Kraemer et al. 1999).

Quadro 1. Modificações na Testosterona após uma sessão treinamento de força.

Autores	População	Treinamento	Resultados
Vingren et al. (2009)	Homens e mulheres	6x10rep, 80%RM	Aumento de TT em homens e mulheres
MCCaulley et al.(2008)	Homens jovens treinados	4x10rep, 75%RM	Aumento de TT
Kraemer et al. (2006)	Homens jovens treinados	4x10rep, 65%RM	Aumento de TL
Kraemer et al. (1999)	Homens jovens e idosos	4x10RM	Aumento de TT e TL para ambos
Hakkinen e Pakarinen (1995)	Homens e mulheres jovens, meia idade e idosos	5x10RM	Aumento de TS em homens jovens e idosos Aumento de TS em mulheres de meia idade
Hakkinem e Pakarinen (1993)	Homens atletas	10x10rep, 70%RM	Aumento de TS

TT: testosterona total; TL: testosterona livre; TS: testosterona sérica; x: séries; rep: repetições; RM: repetições máximas.

2.2. Testosterona e o treinamento aeróbio.

O exercício aeróbio é um importante estímulo para o sistema endócrino (Karkoulis et al. 2008). A resposta hormonal a esse tipo de exercício depende de muitos fatores como a intensidade relativa a potência aeróbio, o tempo de duração, e o nível de treinamento dos indivíduos (Trembley et al. 2004; Karkoulis et al. 2008).

Em estudo pioneiro na investigação da resposta da testosterona ao exercício aeróbio, Métivier et al. (1980) relataram aumento significativo imediatamente pós exercício em homens jovens durante um protocolo de rampa em esteira rolante. Esses autores não encontraram aumento significativo no hormônio luteinizante (LH), estimulador da liberação de testosterona, o que sugeriu que outros mecanismos que não a via normal de liberação (hipotalâmico-hipofisária-gonadal) são responsáveis pelo aumento na testosterona durante o exercício. Cumming et al. (1986), investigaram o efeito da resposta aguda da testosterona em uma sessão de treino aeróbio utilizando um protocolo em cicloergômetro com intensidade progressiva em homens sedentários jovens. Os dados obtidos desse estudo mostram um aumento agudo significativo de testosterona por volta dos 20 minutos durante o exercício retornando aos valores pré exercício a cerca de 10 minutos após o pico do hormônio. O autor afirma que o rápido declínio nos níveis de testosterona é influenciado pelo aumento agudo de cortisol, afetando diretamente a produção testicular.

Já Brownlee et al. (2005) analisaram a resposta aguda de testosterona em uma sessão de treino aeróbio, com intensidade de 65% - 75% do VO_{2max} , em homens fisicamente ativos, os resultados demonstraram aumento significativo durante o período de recuperação ao exercício. Já Fahrner et al. (1998) investigou o efeito da respostas das concentrações hormonais frente a uma sessão de treinamento aeróbio de intensidade moderada com homens fisicamente ativos encontraram aumento significativo de 39.6% na concentração aguda de testosterona livre.

Em estudo de Karkoulias et al. (2008), os autores investigaram a concentração de testosterona após uma prova de maratona (longa duração), em homens de meia idade. Após 1 hora depois da corrida houve diminuição da concentração de testosterona total e livre, que pode ser relacionada ao aumento do volume plasmático, à supressão da produção de testosterona pelo cortisol, ou mesmo pela supressão do hormônio liberador de gonadotropina (GnRH) pela β -endornina. Trembley et al. (2005) investigaram o efeito da duração do exercício aeróbico - 40, 80 e 120 minutos de corrida – controlando a intensidade, 55% VO_{2max} , na resposta da testosterona em homens treinados. Os resultados apontaram para um aumento de testosterona total e livre na primeira hora na corrida de 80 e 120 minutos. Os autores ainda abordam que além dos 80 minutos de corrida há uma mudança para um estado mais catabólico, com maior aumento na concentração de cortisol, corroborando com o estudo de Karkoulias et al. (2008).

Vuorimaa et al. (2008) investigaram a resposta aguda em dois protocolos de treinamento aeróbios diferentes - contínuo e intermitente – em homens treinados em corrida de longa distância e maratona. Nesse estudo o

treinamento contínuo é caracterizado como uma corrida de 40 minutos a 80% da velocidade no consumo máximo de oxigênio (vVO_{2max}) e o intermitente também como um corrida de 2 minutos, a 100% do vVO_{2max} , com 2 minutos de intervalo e com volume total de 40 minutos. Os resultados dos protocolos apontaram um aumento semelhante da concentração de testosterona. Mas na diferenciação por grupos, o grupo de treinados em curta duração apresentou um aumento maior de testosterona do que os treinados em maratona após o protocolo de treinamento intermitente.

Durante treinamento aeróbio prolongado, os níveis de testosterona decaem, indicando que a resposta desta é dependente da intensidade e duração do exercício, bem como o nível físico da pessoa (Trembley et al. 2005; Karkoulias et al. 2008). A causa do decréscimo da testosterona ao exercício aeróbio prolongado é desconhecido. É possível que o exercício tem um efeito no hipotálamo ou uma influência aguda direta do cortisol aumentado na produção testicular de testosterona (Karkoulias et al. 2008). Por outro lado, a duração e intensidade menores tendem a aumentar a concentração de testosterona (Métivier et al. 1980; Fahrner et al. 1998; Brownlee et al. 2005).

Quadro 2. Modificações na Testosterona após uma sessão de treinamento aeróbio.

Autores	População	Treinamento	Resultados
Cumming et al.(1986)	Homens sedentários	Cicloergômetro com intensidade progressiva	Aumento de TS
Métivier et al. (1980)	Homens jovens	Esteira com intensidade progressiva	Aumento de TS
Fahrner et al. (1998)	Homens ativos	45 min de corrida, 70% do VO_{2max}	Aumento de TL
Karkoulias et al. (2008)	Homens de meia idade	maratona	Diminuição de TT e TL
Brownlee et al. (2005)	Homens ativos	60 – 90 minutos a 65% – 75% do VO_{2max} incluindo remo, ciclismo	Aumento de TL durante o período de recuperação

		e corrida	
Trembley et al. (2005)	Homens treinados	40, 80 e 120 min de corrida, 55% do VO _{2max}	Aumento de TT e TL na primeira hora dos exercícios, depois há diminuição
Vuorimaa et al. (2008)	Homens treinados	Contínuo: 40 min, 80% do vVO _{2max} Intermitente: 40 min, 100% do vVO _{2max}	Aumento semelhante de TS para ambos

TT: testosterona total; TL: testosterona livre; TS: testosterona sérica; VO_{2max}: consumo máximo de oxigênio; vVO_{2max}: velocidade no consumo máximo de oxigênio; min: minutos

3. Cortisol

O cortisol é um hormônio do córtex adrenal em resposta ao estresse do exercício (Brownlee et al. 2005). Esse hormônio estimula a lipólise nas células adipócitas, aumenta a degradação e diminui a síntese protéica nas células musculares resultando uma liberação maior de lipídeos e aminoácidos na circulação (Kraemer e Ratamess 2005) e também é mediado via região intracelular em receptores de glicocorticóides (Vingren et al. 2009).

O cortisol tem sido usado como indicativo da existência do estado catabólico, já que um aumento demasiado desse hormônio pode conduzir a degradação de proteína muscular, além de suprimir a produção de testosterona diretamente nos testículos resultando em um decréscimo da síntese protéica (Cumming et al. 1986; Bell et al. 1997). Dessa forma, a resposta aguda do cortisol pode ser reflexo do estresse metabólico enquanto que modificações crônicas podem ser envolvidas com o metabolismo protéico (Kraemer e Ratamess 2005).

3.1. Cortisol e o treinamento de força

O treinamento de força é um potente estímulo para o aumento da concentração do cortisol após exercício, sendo que a sua resposta depende de variáveis como volume, intensidade, tempo de intervalo, idade, gênero e nível de treinamento (Bell et al. 2000; Cadore et al. 2008b). Diversos estudos têm investigado os efeitos de diferentes tipos de sessões de treino de força na resposta do cortisol. Buresh et al. (2009) realizaram um estudo comparando o efeito de dois tipos de intervalos diferentes - 1 e 2,5 minutos – em um protocolo de treinamento de força na resposta do cortisol em homens jovens não treinados. Os resultados mostraram que o protocolo com um 1 minuto de intervalo resultou em uma maior concentração de cortisol durante a primeira semana. Já McCaulley et al. (2008) investigaram a resposta de cortisol frente a uma sessão de treino de hipertrofia, composta por 4 séries de 10 repetições a 75% do RM com 90 segundos de intervalo, e força, 11 séries de 3 repetições a 90% do RM com 5 minutos de intervalo, em homens jovens e treinados. Os resultados mostraram haver aumento de cortisol somente no protocolo de hipertrofia. Smilios et al. (2003) relataram resultados que corroboram com os autores citados em estudo investigando a influência de três protocolos de treinamento de força. Os protocolos utilizados foram: força máxima, hipertrofia e resistência de força - e três volumes diferentes, 2, 4 e 6 series; e, a população envolveu homens jovens treinados em força. Os resultados demonstraram que um número maior de séries induziu maior aumento agudo do cortisol nos protocolos hipertrofia e resistência muscular, com nenhuma modificação na resposta hormonal após o treino de força máxima, sugerindo

uma relação entre impacto metabólico, maior durante sessões de hipertrofia e resistência muscular, e liberação de cortisol.

Outro estudo abordando 2 sessões de treinos distintas é o de Häkkinen e Parakinen (1993), no qual analisaram a resposta aguda do cortisol em atletas masculinos adultos em uma sessão de treino envolvendo 20 séries de 1 repetição máxima, treino A, e outra sessão de treino envolvendo 10 séries de 10 repetições a 70% RM, treino B. No treino A, os resultados mostraram não haver aumento significativo do cortisol. Enquanto que no treino B, os resultados demonstraram um aumento agudo do cortisol, com valores aumentados mesmo após 2 horas após exercício. Os autores sugerem que o aumento agudo da concentração sérica do cortisol no treino B é devido ao grau de estresse metabólico induzido por essa sessão.

Hansen et al. (2001) investigando homens jovens destreinados que executaram um protocolo de treinamento de força para membros superiores isolados e membros superiores combinado com inferiores, relataram haver maior concentração aguda de cortisol no treinamento combinado. Já Häkkinen et al. (1998) abordaram em seu estudo feito também com homens jovens treinados em força, a diferença de repostas hormonais em uma sessão de treino com exercícios isométricos para membros superiores e inferiores separadamente e simultaneamente. Os autores não observaram nenhuma mudança significativa da concentração sérica de cortisol nesses protocolos. O mesmo foi observado por Pullinen et al. (2002) que investigou a resposta hormonal frente a uma sessão de treinamento resistente até a exaustão (E1) seguido de outra sessão (E2) após 2 dias de intervalo, em homens fisicamente

ativos, sob a influência da dor muscular tardia. No entanto não houve aumento da concentração do hormônio cortisol nas sessões de treinos.

Cadore et al. (2008a) investigaram homens de meia idade treinados e não-treinados em força em um protocolo de treinamento de força de alta intensidade e volume. Os resultados demonstraram que a resposta aguda do cortisol pós exercício foi diferentes para ambos, já que houve aumento somente para os indivíduos não treinados o que foi justificado pelos autores como sendo consequência de um estresse metabólico maior em repostas a sessão de treino em indivíduos não-treinados. Já em estudo de Häkkinen e Pakarinen (1995) foi analisado a resposta aguda de cortisol em indivíduos do sexo masculino e feminino com 30, 50 e 70 anos. Em todos os grupos, para homens, houve aumento na concentração de cortisol, mas somente para os homens do grupo de 50 foi significativa. É importante ressaltar que para este grupo, a concentração hormonal aguda de cortisol retornou abaixo dos valores de pré exercício após duas horas de descanso. Já para as mulheres, não houve mudanças na concentração sérica de cortisol durante a sessão de exercício. Já Kraemer et al. (1992) investigaram um protocolo de treinamento de força, feito com homens jovens, separados em dois grupos: com mais e menos de 2 anos de treinamento de força. Esses autores observaram um aumento da resposta aguda de cortisol dos 5 aos 15 minutos pós-treino em ambos os grupos investigados.

Perante os resultados supracitados da revisão de literatura observa-se que a resposta do cortisol induzida pelo exercício tem sido amplamente estudada. Os estudos que investigaram as alterações do cortisol em resposta a

manipulação dos componentes de treinamento como volume, intensidade, tempo de intervalo (McCaulley et al. 2008; Buresh et al. 2009), tipo de treino (Hakkinen e Parakinen 1993; Smilios et al. 2003; McCaulley et al. 2008), demonstraram que as maiores respostas ocorrem com intensidades moderadas, alto volume, maior massa muscular envolvida e menores tempos de intervalo. Essas características, que se enquadram nos tipos de treino para hipertrofia e resistência muscular localizada, produzem maior estresse metabólico e por conseqüência maior aumento no cortisol (Cadore et al. 2008a). Entre os fatores ligados ao tipo de população, o gênero e a idade não aparentam influenciar na magnitude da resposta (Kraemer e Ratamess 2005) enquanto o nível de treinamento parece influenciar, com indivíduos menos treinados apresentando maior resposta (Cadore et al. 2008a).

Quadro 3. Modificações no Cortisol após uma sessão de treinamento de força.

Autores	População	Treinamento	Resultados
Smilios et al. (2003)	Homens jovens treinados	4x10rep, 68%-75%RM e 6x15rep, 52%-60%RM	Aumento de Cortisol
MCCaulley et al. (2008)	Homens jovens treinados	4x10rep, 75%RM	Aumento de Cortisol
Hansen et al. (2001)	Homens jovens destreinados	8-12rep, 60%-65%RM	Aumento de Cortisol
Hakkinen e Pakarinen (1995)	Homens e mulheres jovens, meia idade e idosos	5x10RM	Aumento de Cortisol para homens Não houve mudanças para mulheres
Hakkinem e Pakarinen (1993)	Homens atletas	10x10rep, 70%RM	Aumento de Cortisol

Cadore et al. (2008a)	Homens de meia idade treinados e não treinados	4x8-12rep, 65%-75%RM	Aumento de Cortisol para não treinados Nenhuma mudança para treinados
-----------------------	--	----------------------	--

x: séries; rep: repetições; RM: repetições máximas.

3.2. Cortisol e o treinamento aeróbio

Por outro lado, durante a execução do treinamento aeróbio, as concentrações de cortisol aparentam aumentar, dependendo da intensidade e duração do exercício. Cumming et al. (1986), investigando a resposta hormonal, foi utilizado um protocolo de exercício de intensidade progressiva em homens sedentários. Os resultados sobre a concentração aguda de cortisol indicam um decréscimo inicial, mas um aumento significativo durante os 30 minutos após o início do exercício. Fahrner et al. (1998) também demonstraram em seu estudo feito com homens, fisicamente ativos, que executaram um protocolo de treinamento aeróbio (corrida) de 45 minutos um aumento significativo de 38% na concentração de cortisol. Já Karkoulias et al. (2008) investigaram a concentração de cortisol após uma prova de maratona em homens de meia idade. Houve aumento de cortisol após a maratona e mesmo após 1 semana, as concentrações desse hormônio ainda não havia retornado totalmente aos valores basais. Já Brownlee et al. (2005) realizaram um estudo com homens fisicamente ativos envolvendo uma sessão de treino aeróbio de 60 – 90 minutos a 65% – 75% VO_{2max} incluindo corrida, remo e ciclismo. Os resultados apontam para um aumento significativo da concentração hormonal

de cortisol durante o período de recuperação. Já Trembley et al. (2005) investigaram o efeito da duração do exercício aeróbico - 40, 80 e 120 minutos de corrida – controlando a intensidade, 55% VO_{2max} , em homens treinados. Houve aumento significativo de cortisol somente para a corrida de 120 minutos. Segundo os autores, em exercícios aeróbicos de baixa intensidade, quanto maior for a duração maior será o aumento na concentração de cortisol.

Vuorimaa et al. (2008) investigaram a resposta aguda em dois protocolos de treinamento aeróbicos diferentes - contínuo e intermitente – em homens treinados em corrida de longa distância. Nesse estudo o treinamento contínuo foi caracterizado como uma corrida de 40 minutos a 80% do vVO_{2max} e o intermitente também como um corrida de 2 minutos, a 100% do vVO_{2max} , com 2 minutos de intervalo e com volume total de 40 minutos. Os resultados do estudo demonstraram haver um aumento agudo de cortisol de 17% no treinamento intermitente durante os 20 primeiros minutos e nenhum aumento significativo para o treinamento contínuo. Mas ao final da execução dos protocolos, tanto intermitente como contínuo, houve aumento da concentração de cortisol de 30% e 25%, respectivamente. Além disso, 10 minutos após o exercício houve aumento da concentração de 51% para o treinamento contínuo e 39% para o treinamento intermitente.

Os resultados investigando os efeitos do exercício aeróbico no cortisol sugerem que o exercício de longa duração aparenta ser o maior estímulo, possivelmente pela função catabólica do cortisol, relacionada à mobilização de substratos para reposição (Fahrner et al. 1998; Trembley et al. 2005; Vuorimaa et al. 2008).

Quadro 4. Modificações no Cortisol após uma sessão de treinamento aeróbio.

Autores	População	Treinamento	Resultados
Cumming et al. (1986)	Homens sedentários	Cicloergômetro com intensidade progressiva	Aumento de Cor
Fahrner et al. (1998)	Homens ativos	45 min de corrida, 70% do VO_{2max}	Aumento de Cor
Karkoulas et al. (2008)	Homens de meia idade	maratona	Aumento de Cor
Brownlee et al. (2005)	Homens ativos	60 – 90 minutos a 65% – 75% do VO_{2max} incluindo remo, ciclismo e corrida	Aumento de Cor
Trembley et al. (2005)	Homens treinados	40, 80 e 120 min de corrida, 55% do VO_{2max}	Aumento significativo de Cor para 120 min
Vuorimaa et al. (2008)	Homens treinados	Contínuo: 40 min, 80% do vVO_{2max} Intermitente: 40 min, 100% do vVO_{2max}	Aumento de Cor para ambos os protocolos

Cor: cortisol; VO_{2max} : consumo máximo de oxigênio; vVO_{2max} : velocidade no consumo máximo de oxigênio; min: minutos.

4. Conclusão

Baseado nos resultados da literatura é visto que diferentes protocolos de treinamento de força e aeróbio induzem a diferentes respostas agudas de testosterona e cortisol. Variáveis como o volume, intensidade, séries, tempo de intervalo, tipo de contração, massa muscular envolvida; além de fatores relacionados com a população, como o nível de treinamento do indivíduo, gênero e idade são fatores que interferem na resposta de testosterona e cortisol no treinamento de força. Com relação ao treino de força, pode-se sugerir que intensidades variando entre 65 e 85% de 1 RM, utilização de múltiplas séries, número de repetições entre 8 e 15 RM e exercícios para grandes grupos musculares parecem gerar maior aumento na testosterona e no cortisol, possivelmente pelo maior estresse metabólico gerado por essas características de treino. Já no treinamento aeróbio, os principais fatores para se obter a resposta de testosterona e cortisol são a duração e a intensidade de exercício. Na resposta de testosterona, quando a duração é considerada longa, há uma diminuição e quando considerada curta, há aumentos. No entanto, a resposta do cortisol sempre aumenta, independente da duração do treinamento aeróbio. A importância do conhecimento sobre os fatores relacionados com a resposta hormonal esteróide ao exercício físico é importante já que essa resposta pode influenciar no balanço entre hormônios anabólicos e catabólicos, o que pode interferir nas adaptações buscadas com o treinamento físico, especialmente quando o objetivo é o aumento na massa muscular decorrente do treinamento de força.

5. Referências

1. AHTIAINEN, J. P. PAKARINEN, A. ALEN, M. KRAEMER, W. J. and HAKKINEN, K. Short vs. long rest period between the sets in hypertrophic resistance training: influence on muscle strength, size, and hormonal adaptations in trained men. **J. Strength and Cond. Res.** 19(3):572-582, 2005.
2. BELL, G.J.; SYROTUIK, D.; MARTIN, T.P.; BURNHAM, R.; QUINNEY, H.A. Effect of concurrent strength and endurance training on skeletal muscle properties and hormone concentrations in humans. **Eur. J. Appl. Physiol.** 81:418-427, 2000.
3. BELL, G.J.; SYROTUIK, D.; SOCHA, T.; MACLEAN, I.; QUINNEY, H.A. Effect of strength and endurance training on strength, testosterone, and cortisol. **J. Strength Cond. Res.** 11(1): 57-64, 1997.
4. BRONWLEE, KK, MOORE, AW, and HACKNEY, AC. Relationship between circulating cortisol and testosterone: influence of physical exercise. **J Sports Sci Med.** 4: 76–83, 2005.
5. BURESH, R.; BERG, K.; FRENCH, J. the effect of resistive exercise rest interval on hormonal response, strength, and hypertrophy with training. **J. Strength and Cond. Res.** 23(1): 62-71, 2009.
6. CADORE, E. L.; LHULLIER, F. L. R.; BRENTANO, M. A.; SILVA, E. M.; SPINELLI, R. A.; SILVA, R. F.; KRUEL, L. F. M. Hormonal responses to resistance exercise in long-term trained and untrained middle-aged men. **Journal of Strength and Conditioning Research.** impress, 2008a.
7. 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. Esp.** 2008b.
8. CUMMING, D. C.; BRUNSTING, L. A.; STRICH G. III.; RIES, A. L and REBAR, R. W. Reproductive hormone increases in response to acute exercise in men. **Med Sci Sports Exerc.** Vol. 18, nº 4, PP. 369-373, 1986.
9. FAHRNER, CL and HACKNEY, AC. Effects of endurance exercise on free testosterone concentration and binding affinity of sex hormone binding globulin (SHBG). **Int J Sports Med.** 19: 12–15, 1998.

10. HAKKINEN, K.; ALLEN, M.; KRAEMER, W. J.; GOROSTIAGA, E.; IZQUIERDO, M.; RUSKO, H.; MIKKOLA, J.; HAKKINEN, A.; VALKEINEN, H.; KAARAKAINEN, E.; ROMU, S.; EROLA, V.; AHTIAINEN, J.; PAAVOLAINEN, L. Neuromuscular adaptations during concurrent strength and endurance training versus strength training. **Eur J Appl Physiol.** 89:42–52, 2003.
11. HAKKINEN, K, PAKARINEN, A, NEWTON, RU, and KRAEMER, WJ. Acute hormonal responses to heavy resistance lower and upper extremity exercise in young versus old men. **Eur J Appl Physiol.** 77: 312–319, 1998.
12. HAKKINEN, K and PAKARINEN, A. Acute hormonal responses to heavy resistance exercise in men and women at different ages. **Int. J. Sports Med.** Vol 16, n°. 8, pp. 507-513, 1995.
13. HAKKINEN, K and PAKARINEN, A. Acute hormonal responses to two different fatiguing heavy resistance protocols in male athletes. **J. Appl. Physiol.** 74(2):882- 887, 1993.
14. HANSEN, S.; KVORNING, T.; KJAER, M. and SJOGAARD, 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.** 11(6):347-354, 2001.
15. KARKOULIAS, K. HABEPS, I. CHAROKOPOS, N. TSAMITA, M. MAZARAKIS, A. POULI, A. SPIROPOULOS, K. Hormonal responses to marathon running in non-elite athletes. **European Journal of Internal Medicine.** 19:598–601, 2008.
16. KRAEMER, W. J. RATAMESS, N. A. Hormonal responses and adaptations to resistance exercise and training. **Sports Med.** 35 (4): 339-361, 2005.
17. KRAEMER, R. R.; HOLLANDER, D. B.; REEVES, G. V.; FRANCOIS, M.; RAMADAN, Z. G.; MEEKER, B.; TRYNIECKI, J. L.; HEBERT, E. P.; CASTRACANE, V. D. Similar hormonal responses to concentric and eccentric muscle actions using relative loadings. **Eur. J. Appl. Physiol.** 96:551-557, 2006.
18. KRAEMER, W. J.; RATAMESS, N. A. Hormonal responses and adaptations to resistance exercise and training. **Sports Medicine.** Vol. 35, No. 4: pp. 339 - 361, 2005.
19. KRAEMER, W. J.; HAKKINEN, K.; NEWTON, R. U.; NINDL, B. C.; VOLEK, J. S.; MCCORMICK, M.; LINCOLN, A.; GOTSHALK, S. E.; J. FLECK, G. S. J.; CAMPBELL, W. W.; PUTUKIAN, M, and EVANS, W. J. Effects of heavy-resistance training on hormonal response patterns in younger vs. older men. **J. Appl. Physiol.** 87(3): 982–992, 1999

20. KRAEMER, W. J.; FRY, A. C.; WARREN, B. J.; STONE, M.H.; FLECK, S. J.; KEARNEY, J. T.; CONROY, B. P.; MARESH, C. M.; WESEMAN, C. A.; TRIPLETT, N. T. and GORDON, S. E. Acute hormonal responses in elite junior weightlifters. **Int J Sports Med.** 13: 103–109, 1992.
21. LOEBEL, C. C. and KRAEMER, W. J. A brief review: Testosterone and resistance exercise in men. **J. Strength and Cond. Res.** 12(1):57-63. 1998.
22. MCCAULLEY, G. O. MACBRIDE, J. M. CORMIE, P. HUDSON, M. B. NUZZO, J. L. QUINDRY, J. C. TRIPLETT, N. T. Acute hormonal and neuromuscular responses to hypertrophy, strength and power type resistance exercise. **Eur J Appl Physiol.** 105:695–704, 2009.
23. MÉTIVIER, G.; GAUTHIER, R.; DE LA CHEVROTIÈRE J, GRIMALA D. The effect on the serum levels of testosterone and luteinizing (LH) hormone in human male athletes. **J Sports Medicine and Physical Fitness.** 20(03): 235-238. 1980.
24. NADER, G. A. Concurrent strength and endurance training: from molecules to man. **Med. Sci. Sports Exerc.** Vol. 38, No. 11, pp. 1965-1970, 2006.
25. PULLINEN, T.; MERO, A.; HUTTUNEN, P. PAKARINEN, A. and KOMI, P. V. hormonal responses to a resistance exercise performed under the influence of delayed onset muscle soreness. **J. Strength Cond. Res.** 16(3):383-389, 2002.
26. SMILIOS, I. PILIANIDIS, T. KARAMOUZIS, M. and TOKMAKIDIS, S. P. Hormonal responses after various resistance exercise protocols. **Med . Sci. Sports Exerc.** Vol. 35, N^o. 4, pp. 644-654. 2003.
27. TREMBLAY, M. S. COPELAND, J. L. HELDER, W. V. Influence of exercise duration on post-exercise steroid hormone responses in trained males. **Eur. J. Appl. Physiol.** 94:505-513, 2005.
28. TREMBLAY, M. S. COPELAND, J. L. HELDER, W. V. Effect of training status and exercise mode on endogenous steroid hormones in men. **J Appl Physiol.** 96:531-539, 2004.
29. VUORIMAA, T. AHOTUPA, M. HAKKINEN, K. VASANKARI, T. different hormonal response to continuous and intermittent exercise in middle-distance and marathon runners. **Scand J Med Sci Sports.** 18:565-572, 2008.