

Respostas hormonais ao exercício físico: uma revisão das alterações na testosterona e cortisol*Hormonal responses to physical exercise: a review of changes in testosterone and cortisol*Bruce Ollyver Paulo de Oliveira^{1,2,3,5}; Luiz Henrique Ferreira de Aguiar^{1,2,3,5};
Juscelino Francisco Vilela Junio^{1,2,4,5}; Antônio José de Lima Neto^{1,2,3,4,5}¹ Grupo de Estudos em Exercício de Força (GEEF-ASCES)² Grupo de Orientação, Estudos e Pesquisa em Saúde (GOPES-ASCES)³ Curso de Bacharelado em Educação Física⁴ Curso de Bacharelado em Fisioterapia⁵ Faculdade Associação Caruaruense de Ensino Superior (Faculdade ASCES)

Resumo: O objetivo é revisar os resultados obtidos na literatura sobre a influência do exercício físico nas concentrações de testosterona e cortisol com características voltadas a treinabilidade de indivíduos submetidos a vários protocolos, determinando quais os fatores estão ligados a sessão de treino são relacionados com a resposta hormonal aguda e crônica do sistema endócrino. Em um estudo de revisão que abordou publicações em um período de dez anos (2000 a 2010), por intermédio de buscas sistemáticas utilizando os bancos de dados eletrônicos: PubMed e Biblioteca Virtual em Saúde (BVS). Os hormônios têm papel fundamental na regulação de diversas funções orgânicas. Os exercícios físicos exigem modificações complexas na fisiologia orgânica, causando alterações hormonais, especificamente na Testosterona e no Cortisol para o acompanhamento do desempenho físico em diversas modalidades esportivas. Os estudos analisados demonstraram que as respostas hormonais ao exercício físico podem ser usadas como marcadores biológicos na identificação de condições de sobre-treinamento, na adaptação muscular com ênfase na otimização do treinamento através da estimulação do período de repouso para favorecer o bom rendimento de atletas em períodos de pré-competição. Em indivíduos não atletas ou condições especiais relacionadas ao exercício, a razão testosterona/cortisol, pode melhorar o entendimento das funções endócrinas e, dessa forma, podendo se melhor utilizada na periodização do treinamento. Contudo ainda existe pouca informação sobre o comportamento dos hormônios em questão, principalmente mulheres. Recomenda-se que mais estudos controlados e longitudinais sejam realizados em diversas condições, contribuindo para o entendimento dos métodos mais anabólicos e com menor atividade estressora ao corpo.

Palavras-chave: Exercício Físico; Testosterona; Cortisol.

Abstract: The objective of this study is to review the results obtained in the literature about the influence of exercise on concentrations of testosterone and cortisol with features aimed at the trainability of individuals subjected to various protocols, determining which factors are linked to the training session are related to acute and chronic hormonal response of the endocrine system. This review article publications dealt with in a period of ten years (2000-2010), through systematic searches using electronic databases: PubMed and the Virtual Health Library (BVS). Hormones play a fundamental role in regulating many body functions. The exercises require complex changes in the physiology of the body, causing hormonal changes, especially in the testosterone and cortisol to monitor the physical performance in many sports. The studies analyzed demonstrated that hormonal responses to exercise can be used as biological markers in identifying conditions of overtraining in the muscular adaptation optimization with an emphasis on training through the estimation of the rest period to promote the good performance of athletes during periods of pre-competition. In non-athletes and other special exercises testosterone / cortisol ratio may improve the understanding of endocrine functions and thus be better used for exercise prescription. However there is still little information about the behavior of the hormones in question, especially women. It is recommended that controlled trials are conducted under various conditions to help understand the methods anabolic charge less stressful to the body.

Keywords: Physical Exercise; Testosterone; Cortisol

Apoio: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES)



Introdução

A testosterona (T) e cortisol (C) são hormônios que tem suas concentrações alteradas conforme a intensidade e a duração dos exercícios físicos^{1,2}. O trabalho de força muscular provocam aumentos nos níveis de testosterona imediatamente após o início do exercício ocorrendo diminuição após algumas horas³. Em exercícios de longa duração a testosterona entra em declínio e o cortisol passa a elevar seus níveis, levando horas para retornar ao estado basal⁴.

A T é um esteroide anabolizante que participa em diversos processos do metabolismo, influenciando a síntese de proteínas no aumento da massa muscular⁵. O C participa na degradação das proteínas em seus componentes estruturais, os aminoácidos, principalmente nas células musculares, na utilização de gorduras como substrato (lipólise), agindo contrariamente a testosterona por possuir um efeito catabólico. No exercício o C se comporta como agente hormonal estressor e seus níveis costumam-se elevar de acordo com a intensidade do esforço⁶.

Como a função da T no tecido é o anabolismo, o C com atividade contrária exerce o efeito de degradação nos tecidos, a relação T/C (testosterona/cortisol) entre seus níveis plasmáticos no repouso, pode ser usado para determinar o balanço do metabolismo anabólico e catabólico⁷. Durante o exercício, um único estímulo causado após uma série, é suficiente para causar alterações transitórias neste balanço⁴. Contudo, a utilização dessa relação também é usado no pós-esforço, para avaliação do tempo de recuperação dos atletas e otimização do treino³.

Deste modo, devido à importância das respostas hormonais e dos ajustes crônicos do sistema endócrino aos diversos tipos de exercícios físicos, a determinação de quais aspectos do treino influenciam na razão T/C, pode-se configurar como uma importante ferramenta para a otimização do treinamento, permitindo um ambiente anabólico ótimo, além de identificar estágios comprometedores do desempenho físico em diversas situações de esforço. Dessa forma, o objetivo deste estudo é revisar os resultados obtidos na literatura a sobre a influência do exercício físico nas concentrações de T e C com características voltadas a treinabilidade de indivíduos submetidos a vários

protocolos, determinando quais os fatores estão ligados a sessão de treino são relacionados com a resposta hormonal aguda e crônica do sistema endócrino, bem como o uso da razão T/C.

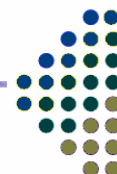
Métodos

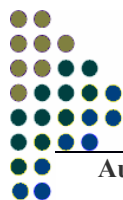
Em um estudo de revisão bibliográfica foram coletadas publicações em um período de dez anos (2000 a 2010), por intermédio de buscas sistemáticas utilizando os bancos de dados eletrônicos: PubMed e Biblioteca Virtual em Saúde (BVS). A busca foi realizada em língua inglesa e portuguesa, com o uso de termos e palavras chave em combinações: *Physical Exercise /Testosterone; /Cortisol* e *Exercício Físico /Testosterona/Cortisol* todos extraídos do MeSH (*Medical Subject Headings*) e DeCS (Descritores em Ciências da Saúde), ambos combinados sistematicamente por buscadores "OR" (*Physical Exercise OR Testosterone OR Cortisol*) e "AND" (*Physical Exercise AND Testosterone OR Cortisol*), sendo análogo a busca em língua portuguesa. Foram escolhidos apenas os estudos com intervenções exclusivamente pelo exercício físico, mostrando respostas hormonais durante ou pós-exercício em um totalizou 44 estudos, analisados em março de 2012. Foram excluídos aqueles com presença de substâncias ergogênicas passíveis de influenciar na razão T/C e que não estavam disponíveis na íntegra.

Resultados e Discussão

Hormônios têm papel fundamental na regulação do controle do ambiente interno. Os exercícios físicos exigem modificações complexas na fisiologia do corpo, causando alterações hormonais, principalmente na T e no C⁽¹⁾, e permitem o acompanhamento do desempenho físico em diversas modalidades esportivas. Muitos estudos foram realizados em diferentes países, com o intuito de esclarecer os tipos de respostas hormonais em vários protocolos de exercícios, mas tais informações ainda são escassas devido à dimensão de funções orgânicas reguladas pelos hormônios (tabela 1).

Tabela - 1: Resumo dos 44 estudos por autoria, ano, gênero, idade, protocolo de exercício e resposta hormonal da testosterona/cortisol.





Autor/ano	Aptidão Física	Gênero/Idade	Exercício/período	Resposta Hormonal
Luigi Di L et al/2006	Atletas	Masculino	-	Testosterona ^Δ Cortisol [#]
Benso A et al/2007	Atletas	Masculino	Aeróbico/7sem.	Testosterona ^Δ
Maynar M et al/2010	Atletas	Masculino	Força/20 sem.	Sem alterações
Kraemer WJ et al/2004	Atletas	Masculino	Aeróbico+Força/ 11 sem.	Testosterona ^Δ Cortisol [#]
Elloumi M et al/2003	Atletas	Masculino	Aeróbico/6 dias	Testosterona [#] Cortisol ^Δ
Crewther BT et al/2009	Atletas	Masculino	Força/4 sem	Sem alterações
Vuorimaa T et al/2008	Atletas	Masculino	Aeróbico/1 sessão	Testosterona [#] Cortisol ^Δ
Jürimäe J et al/2001	Atletas	Masculino	Ergometria/6 minutos	Sem alterações
Shkurnikov UM et al/2008	Atletas	Masculino	Aeróbico/4 sem	Testosterona [#]
Ahtiainen JP et al/2003	Atletas	Masculino	Força/1 sessão	Testosterona [#] Cortisol [#]
Pitkanen H et al/2002	Atletas	Masculino	Aeróbico+força/5 sem	Testosterona [#] Cortisol [#]
Fernandez-Garcia B et al/2002	Atletas	Masculino	Aeróbico/3 sem	Testosterona ^Δ Cortisol ^Δ
Filaire E et al/2002	Atletas	Masculino	Aeróbico/4 dias	Testosterona ^Δ
Jürimäe J et al/2001	Atletas	Masculino	Aeróbico/2 horas	Sem alterações
Raastad T et al/2000	Atletas	Masculino	Força/1 sessão	Testosterona [#] Cortisol [#]
Vaananen I et al/2004	Treinados	Masculino	Aeróbico/2 dias	Testosterona ^Δ Cortisol [#]
Kraemer WJ et al/2002	Treinados	Masculino	Destreinamento/6 sem	Sem alterações
Uchida MC et al/2006	Treinados	Masculino	Força/8 sem	Testosterona [#] Cortisol [#]
Slivka DR et al/2010	Treinados	Masculino	Aeróbico/21 dias	Sem alterações
Fry AC et al/2010	Treinados	Masculino	Força/1 sessão	Sem alterações
Viru M et al/2010	Treinados	Masculino	Aeróbico/2 sessões	Cortisol [#]
Ahtiainen JP et al/2004	Atletas x Treinados	Masculino	Força/1 sessão	Testosterona [#] Cortisol [#]
Grandys M et al/2009	Treinados	Masculino	Aeróbico/5 sem	Testosterona [#]
Crewther BT et al/2010	Treinados	Masculino	Wingate/30 seg	Testosterona [#] Cortisol [#]
Wang RY et al/2001	Treinados	Masculino	Escalada/8 sem	Testosterona ^Δ Cortisol ^Δ
Hiruntrakul A et al/2010	Não Treinados	Masculino	Aeróbico/12 sem	Sem alterações
Cadore EL et al/2009**	Não Treinados	Masculino	Aeróbico+Força/1 sessão	Testosterona [#]





Smilios I et al/2003	Não Treinados	Masculino	Força/1 sessão	Cortisol #
Nindl BC et al/2001	Não Treinados	Masculino	Força/2 sessões	Cortisol #
Cadore E et al/2008*	Não Treinados	Masculino	Força/1 sessão	Sem alterações
Kvorning T et al/2006	Não Treinados	Masculino	Vibração de Corpo Inteiro+Força/9 sem	Sem alterações
Wilkinson SB et al/2006	Não Treinados	Masculino	Força/8 sem	Sem alterações
Di Loreto C et al/2004	Não Treinados	Masculino	Vibração de Corpo Inteiro/1 sessão	Sem alterações
Budde H et al/2010***	Não Treinados	Masculino	Aeróbico/ 12 min	Testosterona # Cortisol #
Thomas NE et al/2009***	Não Treinados	Masculino	Aeróbico/1 sessão	Testosterona # Cortisol #
Pullinen T et al/2002***	Não Treinados	Masculino	Força/1 sessão	Cortisol #
Pullinen T et al/2002	Não Treinados	Feminino	Força/1 sessão	Sem alterações
Uchida, MC et al/2004	Treinados	Feminino	Força/8 sem	Testosterona # Cortisol Δ
Hakkinen K et al/2001	Não Treinados	Feminino	Força/21 sem	Sem alterações
Charmas M et al/2009	Não Treinados	Feminino	Aeróbico/60 min	Sem alterações
Kemmler W et al/2003	Não treinados	Feminino	Aeróbico+Força/65 min	Testosterona # Cortisol Δ
Thomas NE et al/2010	Não Treinados	Feminino	Aeróbico/1 sessão	Sem alterações
Kostka T et al/2003	Treinados x Não Treinados	Masculino/ Feminino	Força/1 sessões	Cortisol Δ

*Validação, correlacionando hormônios salivares com séricos; # Aumento significativo; Δ Diminuição Significativa; ** Jovens vs Idosos; ***Adolescentes.

Por meio das concentrações salivares da T e do C, mediante ao exercício de alta intensidade e curta duração no teste de *Wingate*⁸, por meio de coletas sanguíneas antes e após o esforço foi validado o uso da saliva para determinar os níveis disponíveis no plasma por meio de correlações, representando uma forma não invasiva de coleta e na utilização de T e C como marcadores de desempenho no exercício.

O uso como marcadores hormonais e fisiológicos parece estar bem difundindo, pois conforme observado por Kreamer⁷, 25 jogadores de futebol, divididos em titulares e reservas, em idade universitária tiveram seus níveis de T e C, sendo avaliados na pré temporada e cinco vezes durante, totalizando seis medidas. Observou-se que os atletas entram na pré temporada com baixos níveis de T e C elevados em ambos os grupos, sugerindo sinais de sobre-treino devido à preparação inadequada para entrar em forma antes da temporada. Dessa forma, o rendimento dos jogadores chega a níveis inferiores devido à predominância de atividade catabólica.

Contudo, ciclistas em competição demonstraram que a T teve seus níveis reduzidos em relação ao basal durante toda a prova e, valores de C elevados, reduzidos a nível pré-competitivo somente entre a primeira e segunda semana de recuperação⁹. No entanto, em quatro dias de treinamento, a recuperação de ciclistas parece ser atingida em apenas três dias, pois o estado hormonal, inclusive da T permaneceu alterado por um dia¹⁰. Tal divergência pode ser explicada por agentes estressores, relacionados tanto pela intensidade como pela característica competitiva, que aumentaria os níveis séricos de cortisol desencadeado pela ativação do sistema simpato-adrenal para melhorar o desempenho físico¹¹.

Uma questão importante é o período de recuperação pode ser maior, dependendo do estado catabólico desenvolvido após uma competição em indivíduos atletas, conforme observado por Elloumi et al.⁶, foi necessário um intervalo de mínimo de uma semana entre competições em jogadores de Rugby, quando se baseou na relação T/C, os atletas





apresentaram redução do C e aumento nos níveis de T, ambos significativos, declarados até o quinto dia do descanso, sugerindo, assim, que as respostas da relação hormonal T/C devem ser consideradas como ferramenta de análise da situação física pós competição. Contudo, após dois dias de competição de esqui *cross-country* de 100 km¹², foram observadas respostas hormonais da T e C durante o esforço e no repouso, observando que a T mostrou-se reduzida durante a prova o C quase três vezes maior após o segundo dia de prova, demonstrando que o treinamento deve ser acompanhado de medidas hormonais para determinação da recuperação adequada.

Em relação ao método de treinamento, considerando o aspecto aeróbio e minimização do catabolismo, um estudo realizado por Vuorimaa et al.¹³, determinou que entre dois tipos de treinamento contínuo (80% do VO₂Máx) pela manhã e Intervalado (100% do VO₂ Máx) no horário da tarde. Portanto, o método máximo com intervalos foi mais propensas a adaptações músculos esqueléticas, baseadas na alta relação T/C. A T na sua forma livre (corrente sanguínea) pode ser usada com intuito de avaliar o grau de adaptação muscular ao esforço imposto por diferentes intensidades de treinamentos¹⁴.

Uma maior e significativa relação em T/C foi também observada em velocistas e saltadores após intervenção de dois diferentes métodos de treino aeróbio envolvendo intensidades diferentes, constatando-se que menores intervalos e intensidade maior, quando adequadamente suplementado por proteínas, há um bom estado anabólico¹⁵. Respostas semelhantes na razão T/C foram encontradas por Cadore et al.¹⁶, ao avaliar dois protocolos exercício em meio líquido, um com característica aeróbia e outro no desenvolvimento da força. Os indivíduos não atletas, conseguiram maior níveis de testosterona salivar em moderada/alta intensidade, caracterizado pelo esforço anaeróbio, dessa forma, pode ser possível enfatizar o anabolismo em exercícios alternativos para diversos grupos de sujeitos. Contudo, Grandys et al.¹⁷, observaram que níveis seguros considerando uma zona não catabólica para o treinamento, jovens do sexo masculino destreinados, através do treinamento aeróbico moderado em cicloergômetro com intensidade determinada por protocolo incremental de esforço. Assim manteve-se a razão T/C maior com ganhos cardiorrespiratórios.

Investigando atletas adolescentes quanto à razão T/C e desenvolvimento puberal após uma sessão de treinamento intenso, Luigi et al.¹⁸, constataram que após uma sessão de 90 minutos de exercícios, as medidas de T e C salivares foram positivamente correlacionadas com o estágio maturacional, sugerindo cuidados no treinamento de jovens atletas quanto a reatividade ao estresse na puberdade. Assim,

relacionando o estresse físico pelo C na imunidade, Thomas et al.¹⁹, não constataram alterações na função imunológica da mucosa dos jovens submetidos séries de exercícios de alta intensidade e curta duração. Sendo assim, adolescentes em idade escolar parecem não ser influenciados pelo estresse cognitivo segundo, Budde et al.²⁰, eles avaliaram jovens por meio da razão T/C em exercícios e aulas constatando que somente o exercício físico foi capaz de ativar o hipotálamo-hipófise-adrenal e o eixo hipotálamo-hipófise-gonadal a T e o C. Isto representa uma ferramenta informativa mediante o treinamento de jovens atletas que ainda estão em idade escolar.

Para melhor entender o funcionamento do sistema endócrino em condições de altitudes extremas, Benso et al.²¹, avaliaram alpinistas de elite depois de escalar o Monte Everest, eles identificaram reduções significativas na T sem alterações no C bem como o comportamento do outros hormônios, dessa forma sugeriram uma alternativa para entender melhor o funcionamento endócrino em condições de hipóxia. Achados semelhante foram descritos por Wang et al.²², com uma intervenção de oito semanas baseada em simulação de escalada a uma montanha. Contudo, o comportamento de T foi semelhante ao observado por Benso et al.²¹ e as demais descobertas sugerem que um treinamento de oito semanas pode ser benéfico na manutenção da função endócrina em alpinistas.

Na perspectiva de exercícios anaeróbicos, atletas foram submetidos a dois protocolos de força em apenas uma sessão envolvendo repetições máximas e forçadas. Em todos os protocolos as concentrações de T foram elevadas de forma aguda, contudo, C foi maior nas repetições forçadas, estes resultados indicam que exercício forçado aumenta as respostas hormonais, porém o estresse físico pode ser limitar desempenho²³. A utilização dos protocolos de exercícios forçados e repetições máximas foram investigadas por Ahtiainen et al.²³, em atletas e indivíduos não atletas. Observou-se que as respostas hormonais foram maiores em nos exercícios forçados, porém níveis de T foram significativamente superiores em atletas. Dessa forma, o treinamento de repetições forçadas pode ser útil como alternativa ao treino formal em atletas. Como se espera, exercício se força aumentaram os níveis de T e C em relação ao moderado, sendo que alta intensidade, C esteve associado com o aumento de outros hormônios em resposta aguda ao treino²⁴.

Distintas respostas hormonais foram encontradas por Smilios et al.²⁵, em protocolos de força, hipertrofia e resistência muscular, observou-se que a T não se alterou nos protocolos já o C, apresentou-se elevado em hipertrofia e resistência. Respostas hormonais entre T e C podem ser indicadores para trabalho de adaptação muscular para otimização do treino. O comportamento da T e C foi





avaliado após sessão de exercícios de força com utilização de controle as coletas foram realizadas no final do treino e duraram à noite até a manhã seguinte. Os achados revelaram que os níveis de C foram significativamente maiores e T menores em relação ao controle, esse estudo mostrou que mesmo durante o sono o C permanece maior e T menor²⁶.

Sobretudo, efeitos em longo prazo na T e C, influenciados pelos exercícios de força, foram evidenciados por Uchida et al.²⁷, avaliando dois protocolos de treino denominados de múltiplas séries e *try-set*, sugerindo que o *try-set* impôs maior estresse ao corpo pela maior concentração de C logo após o os treinos e ao final de oito semanas assim, recomenda-se que o protocolo de múltiplas séries propicia um ambiente mais anabólico devido ao aumento da razão T/C. Analisando as respostas hormonais em adultos e adolescentes submetidos a exercícios de força em uma única sessão, observou-se que em resposta aguda o C é maior em adolescentes causando maior estresse em relação a adultos²⁸.

Estudos envolvendo hormônios em resposta ao exercício físico ainda são escassos, principalmente quando busca-se analisar interações da T e C. Na tentativa de identificar respostas catabólicas e anabólicas através da identificação da disponibilidade de T e C, Uchida et al.²⁹, avaliaram respostas crônicas em mulheres jovens com um ano de experiência em musculação, eles observaram com a intervenção do treino de múltiplas séries mesmo com a elevação de C ao final do treino, após oito semanas um quadro anabólico foi favorecido. Em mulheres na pós-menopausa, submetidas a uma sessão de treinamento voltada à osteoporose foi observado reduções significativas no C durante o treino e permanecendo em declínio após a T livre foi aumentada imediatamente após retornando a níveis basais após duas horas³⁰. Esses resultados são favoráveis a minimização dos efeitos deletérios causados pelo declínio funcional enfrentado pelas mulheres.

O treinamento muscular de moderada intensidade pode ser considerado uma alternativa anabólica em idosos de ambos os sexos. Segundo Kostka et al.³¹, os homens e mulheres idosos submetidos ao protocolo de exercícios tiveram os níveis de C reduzidos imediatamente após o treino perdurando até a última media 15 minutos após com aumentos na T. Contudo, os hormônios foram medidos em resposta aguda.

Conclusão

Os estudos analisados demonstraram que a testosterona e cortisol possuem respostas específicas quando há variação de protocolo de exercícios, o uso destes fornece entendimento do sistema endócrino em diversas situações, podendo ser utilizado como

marcadores biológicos do sobre-treinamento, do desempenho físico em temporadas competitivas e como método de prescrição de treinamento. Contudo, os estudos ainda são escassos principalmente em relação às mulheres. Recomenda-se que mais estudos controlados sejam realizados em diversas condições para ajudar a entender os métodos mais anabólicos com menor carga estressora ao corpo.

Referências

1. De Souza M, Arce J, Pescatello L, Scherzer H, Luciano A. Gonadal hormones and semen quality in male runners. *Int J Sports Med.* 1994;15(07):383-91.
2. Fahrner C, Hackney A. Effects of endurance exercise on free testosterone concentration and the binding affinity of sex hormone binding globulin (SHBG). *Int J Sports Med.* 1998;19(01):12-5.
3. Foss ML, Keteyian SJ, Fox EL. Fox's physiological basis for exercise and sport: WCB/McGraw-Hill Boston; 1998.
4. Fry A, Kraemer W, Ramsey L. Pituitary-adrenal-gonadal responses to high-intensity resistance exercise overtraining. *J Appl Physiol.* 1998;85(6):2352-9.
5. Tyndall GL, Kobe RW, Houmard JA. Cortisol, testosterone, and insulin action during intense swimming training in humans. *Eur J Appl Physiol.* 1996;73(1-2):61-5.
6. Elloumi M, Maso F, Michaux O, Robert A, Lac G. Behaviour of saliva cortisol [C], testosterone [T] and the T/C ratio during a rugby match and during the post-competition recovery days. *Eur J Appl Physiol.* 2003;90(1-2):23-8.
7. Kraemer WJ, French DN, Paxton NJ, Häkkinen K, Volek JS, Sebastianelli WJ, et al. Changes in exercise performance and hormonal concentrations over a big ten soccer season in starters and nonstarters. *The Journal of Strength & Conditioning Research.* 2004;18(1):121-8.
8. Crewther B, Lowe T, Ingram J, Weatherby RP. Validating the salivary testosterone and cortisol concentration measures in response to short high-intensity exercise. *The Journal of sports medicine and physical fitness.* 2010;50(1):85-92.



9. Fernandez-Garcia B, Lucia A, Hoyos J, Chicharro J, Rodriguez-Alonso M, Bandres F, et al. The response of sexual and stress hormones of male pro-cyclists during continuous intense competition. *Int J Sports Med.* 2002;23(08):555-60.
10. Filaire E, Legrand B, Bret K, Sagnol M, Cottet-Emard J, Pequignot J. Psychobiologic responses to 4 days of increased training and recovery in cyclists. *Int J Sports Med.* 2002;23(08):588-94.
11. Viru M, Hackney AC, Karelson K, Janson T, Kuus M, Viru A. Competition effects on physiological responses to exercise: performance, cardiorespiratory and hormonal factors. *Acta Physiol Hung.* 2010;97(1):22-30.
12. Väänänen I, Vasankari T, Mäntysaari M, Vihko V. Hormonal responses to 100 km cross-country skiing during 2 days. *The Journal of sports medicine and physical fitness.* 2004;44(3):309-14.
13. Vuorimaa T, Ahotupa M, Häkkinen K, Vasankari T. Different hormonal response to continuous and intermittent exercise in middle distance and marathon runners. *Scand J Med Sci Sports.* 2008;18(5):565-72.
14. Shkurnikov M, Donnikov A, Akimov E, Sakharov D, Tonevitsky A. Free testosterone as marker of adaptation to medium-intensive exercise. *Bulletin of experimental biology and medicine.* 2008;146(3):354-7.
15. Pitkänen H, Mero A, Oja SS, Komi PV, Rusko H, Nummela A, et al. Effects of training on the exercise-induced changes in serum amino acids and hormones. *The Journal of Strength & Conditioning Research.* 2002;16(3):390-8.
16. Cadore EL, Lhullier FL, Alberton CL, Almeida APV, Sapata KB, Korzenowski AL, et al. Salivary hormonal responses to different water-based exercise protocols in young and elderly men. *The Journal of Strength & Conditioning Research.* 2009;23(9):2695-701.
17. Grandys M, Majerczak J, Duda K, Zapart-Bukowska J, Kulpa J, Zoladz J. Endurance training of moderate intensity increases testosterone concentration in young, healthy men. *Int J Sports Med.* 2009;30(07):489-95.
18. Di Luigi L, Baldari C, Gallotta M, Perroni F, Romanelli F, Lenzi A, et al. Salivary steroids at rest and after a training load in young male athletes: relationship with chronological age and pubertal development. *Int J Sports Med.* 2006;27(9):709-17.
19. Thomas NE, Leyshon A, Hughes MG, Davies B, Graham M, Baker JS. The effect of anaerobic exercise on salivary cortisol, testosterone and immunoglobulin (A) in boys aged 15–16 years. *Eur J Appl Physiol.* 2009;107(4):455-61.
20. Budde H, Pietrassyk-Kendziorra S, Bohm S, Voelcker-Rehage C. Hormonal responses to physical and cognitive stress in a school setting. *Neurosci Lett.* 2010;474(3):131-4.
21. Benso A, Broglio F, Aimaretti G, Lucatello B, Lanfranco F, Ghigo E, et al. Endocrine and metabolic responses to extreme altitude and physical exercise in climbers. *Eur J Endocrinol.* 2007;157(6):733-40.
22. Wang R-Y, Tsai S-C, Chen J-J, Wang PS. The simulation effects of mountain climbing training on selected endocrine responses. *Chin J Physiol.* 2001;44(1):13-8.
23. Ahtiainen JP, Pakarinen A, Kraemer WJ, Häkkinen K. Acute hormonal responses to heavy resistance exercise in strength athletes versus nonathletes. *J Appl Physiol.* 2004;29(5):527-43.
24. Raastad T, Bjørø T, Hallen J. Hormonal responses to high-and moderate-intensity strength exercise. *Eur J Appl Physiol.* 2000;82(1-2):121-8.
25. Smilios I, Pilianidis T, Karamouzis M, Tokmakidis SP. Hormonal responses after various resistance exercise protocols. *Med Sci Sports Exerc.* 2003;35(4):644-54.
26. Nindl BC, Kraemer WJ, Deaver DR, Peters JL, Marx JO, Heckman JT, et al. LH secretion and testosterone concentrations are blunted after resistance exercise in men. *J Appl Physiol.* 2001;91(3):1251-8.
27. Uchida MC, Aoki MS, Navarro F, Tessutti VD, Bacurau RFP. Efeito de diferentes protocolos de treinamento de força sobre parâmetros morfofuncionais, hormonais e imunológicos. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte.* 2006;12(1):21-6.
28. Pullinen T, Mero A, Huttunen P, Pakarinen A, Komi PV. Resistance exercise-induced hormonal responses in men, women, and pubescent boys. *Med Sci Sports Exerc.* 2002;34(5):806-13.



29. Uchida MC, Bacurau RFP, Navarro F, Pontes Jr FL, Tessuti VD, Moreau RL, et al. Alteração da relação testosterona: cortisol induzida pelo treinamento de força em mulheres. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. 2004;10(3):165-8.
30. Kemmler W, Wildt L, Engelke K, Pintag R, Pavel M, Bracher B, et al. Acute hormonal responses of a high impact physical exercise session in early postmenopausal women. *Eur J Appl Physiol*. 2003;90(1-2):199-209.
31. Kostka T, Patricot MC, Mathian B, Lacour J-R, Bonnefoy M. Anabolic and catabolic hormonal responses to experimental two-set low-volume resistance exercise in sedentary and active elderly people. *Aging clinical and experimental research*. 2003;15(2):123-30.

