



Revista de Educação Física

Journal of Physical Education

Home page: www.revistadeeducacaofisica.com



Artigo de Revisão

Review Article

Interação entre os hormônios testosterona, cortisol e aspectos psicobiológicos no exercício físico: uma revisão integrativa

Interaction between the hormones testosterone, cortisol and psychobiological aspects in physical exercise: an integrative review

Bruno Arcoverde Cavalcanti¹, João Paulo Pereira Rosa¹ MS, Andressa Silva¹ PhD, Dayane Ferreira Rodrigues¹MS, Mário Antônio de Moura Simim¹ MS, Aldo Coelho Silva¹ MS, Marco Túlio de Mello^{1§} PhD

Recebido em: 18 de outubro de 2016. Aceito em: 12 de dezembro de 2016.
Publicado online em: 29 de dezembro de 2016.

Resumo

Introdução: O corpo humano, como um sistema biológico dinâmico, sofre influências hormonais frente ao exercício físico.

Objetivo: Compilar estudos por meio de uma revisão integrativa sobre a interação entre os biomarcadores testosterona, cortisol, os aspectos psicobiológicos e a prática de exercício físico.

Métodos: Foram analisados estudos publicados originalmente em língua inglesa e portuguesa em um período de 10 anos (janeiro de 2005 a agosto de 2015), tendo como referência as bases de dados MEDLINE (*National Library of Medicine*) e SPORTDiscus; os termos buscados foram: Exercise OR Exercises OR "Physical Exercise" OR "Physical Exercises" AND Cortisol OR Testosterone OR Testosterone Cortisol Ratio. Foram identificados 380 estudos envolvendo os hormônios testosterona (T), cortisol (C) e exercício físico (EF). Após serem aplicados os critérios de exclusão, 27 estudos fizeram parte das análises desta revisão, sendo: seis artigos que investigaram T e EF, cinco artigos que analisaram C e EF, e 16 artigos que exploraram ambos hormônios (T e C) e EF.

Resultados e Discussão: As intervenções nos estudos selecionados para esta revisão, foram realizadas no período de uma a 15 semanas envolvendo um espectro altamente diversificado de treinamento e modalidades, sendo alguns de características contínuas e outros de forma intervalada, alguns de característica aeróbia e outros incorporando também o treinamento de força com diferentes intensidades e frequências.

Conclusão: O monitoramento destes biomarcadores podem permitir um conhecimento mais amplo e preciso das respostas psicobiológicas frente à prática regular de exercício físico em indivíduos saudáveis ou atletas de diferentes modalidades esportivas.

Palavras-chave: Testosterona, cortisol, biomarcadores, exercício físico, esforço físico.

Pontos-Chave Destaque

- Esta revisão investigou, na literatura, a interação dos biomarcadores testosterona (T), cortisol (C) e dos aspectos psicobiológicos com a prática de exercício físico (EF).
- A maioria desses estudos apontou que o EF de força muscular promove aumento nos níveis de testosterona.
- Demonstrou-se a importância do monitoramento dos biomarcadores (T e C) em atletas de diferentes modalidades esportivas.

§ Autor correspondente: Marco Túlio de Mello – e-mail: tmello@demello.net.br

Afiliações: ¹Departamento de Esportes da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional, Universidade Federal de Minas Gerais, Pampulha, Belo Horizonte, MG.

Abstract

Introduction: The human body as a dynamic biological system is influenced by hormonal responses in physical exercise.

Objective: Compiling studies through an integrative review about the interaction between biomarkers testosterone, cortisol, psychobiological aspects and physical exercise was the aim of this study.

Methods: Initially studies published in English and Portuguese during the last 10 years (January 2005 to August 2015), accessing the MEDLINE database (National Library of Medicine) and SPORTDiscus. The terms searched were: Exercise OR Exercises OR "Physical Exercise" OR "Physical Exercises" AND Cortisol OR Testosterone OR Testosterone Cortisol Ratio. We identified 380 studies involving the hormones testosterone (T), cortisol (C) and physical exercise (PE). After the exclusion criteria were applied, 27 studies were part of the analyzes of this review, being: six articles that investigated T and E, five articles that analyzed C and E, and 16 articles that explored both hormones (T and C) and PE.

Results and Discussion: The studies showed interventions performed between 1 week to 15 weeks involving a highly diverse spectrum of training and modalities, with continuous and intervals training and aerobic characteristic or incorporating resistance training with different intensities and frequencies.

Conclusion: Monitoring of these biomarkers may allow for a broader and more precise knowledge of psychobiological responses in the regular practice of physical exercise in healthy individuals or athletes from different sports.

Keywords: testosterone, cortisol, biomarkers, physical exercise, physical effort.

Keypoints

- This review analyses in the literature, interaction of testosterone (T), cortisol (C), and psychobiological biomarkers with practice of physical exercise (PE).
- In most studies the PE of muscle strength promotes increase in testosterone levels.
- Results suggest that it is important to control biomarkers (T and C) in athletes of different sports modalities.

A Interação entre os hormônios testosterona, cortisol e aspectos psicobiológicos no exercício físico: uma revisão integrativa

Introdução

O corpo humano, como um sistema biológico dinâmico, sofre influências hormonais frente ao exercício físico (EF), sendo uma situação que, normalmente, estimula respostas psicobiológicas nos indivíduos, com possíveis alterações hormonais ocorrendo de forma a ajustar as novas exigências físicas, tem recebido destaque acerca do conceito de alostase, o termo designa a condição de constante modificação do meio interno dos organismos vivos, que envolve fatores psicofisiológicos (hormônios, frequência cardíaca e os estados de fome e saciedade) (1). Nesse contexto, a estrutura, a natureza, a duração e a intensidade de um programa de treinamento irão variar entre tipos de EF(2) devido à especificidade das capacidades físicas. De acordo com Gray

et al.(2), a realização repetida de diferentes formas de exercício tem efeito diferente sobre os níveis hormonais.

A Testosterona (T) é um hormônio esteroide derivado do colesterol, com múltiplas funções fisiológicas, tais como crescimento e manutenção da matriz óssea e do músculo esquelético (3, 4). Em homens é produzido e secretado em maior quantidade pelos testículos, nas células de Leydig, e em menor escala pelo córtex adrenal e ovários em mulheres. Segundo Hall (4), este hormônio pertence à classe dos androgênios com efeitos em diferentes fases da vida masculina: período pré-natal, puberdade e idade adulta, com declínio acentuado a partir dos 50 anos de idade. Além de determinar características masculinas, a T exerce influência sobre aspectos comportamentais e sociais, incluindo

agressão, comportamento sexual e dominância social.

O hormônio T é reconhecido como um potente hormônio esteroide e exerce importantes efeitos psicobiológicos. Estudos observaram que concentrações de T em atletas antes de testes ou treinamentos têm sido correlacionadas com variáveis de desempenho físico (5, 6), além do esforço funcional durante a competição (7). Somado a esses fatores, a T parece influenciar o nível de motivação para o treinamento físico. Cook, Crewther e Kilduff(8) verificaram que o nível de T anterior ao período de treinamento, apresentou alta associação com a subsequente motivação para selecionar a carga de treinamento.

Outro hormônio que apresenta relação estreita frente à prática do EF e/ou estado de treinamento é o Cortisol (C), um glicocorticoide secretado pelo córtex da adrenal presente nas glândulas suprarrenais. Este hormônio desempenha importantes funções fisiológicas, como a regulação da glicose (9).

A produção de C em resposta ao estresse é dependente do estado psicológico do indivíduo, sendo modulada principalmente pelo eixo Hipotálamo-Hipófise-Adrenal (eixo HPA), em que ao considerarmos o EF como um evento estressor, a prática do mesmo pode causar aumento na secreção de C. Um estudo conduzido por Gomes et al. (10) verificou uma relação de aumento entre a resposta endócrina e a carga interna de treino.

Devido ao fato da T apresentar características anabólicas e o C apresentar características catabólicas, a relação entre T e C (T:C) vem sendo analisada como uma ferramenta para monitorar o estresse aplicado no treinamento do sujeito e, também, para analisar uma possível síndrome do *overtraining*. O equilíbrio entre ambos hormônios é importante para o monitoramento do estado do treinamento (11).

A razão T:C diminui com o aumento da intensidade de treinamento e duração, bem como com o período de competição. Em uma competição de golfe, uma queda na razão T:C ao longo de uma competição foi observada, bem como uma relação positiva entre a razão T:C e o desempenho na competição (12).

O presente estudo teve como objetivo analisar, por meio de uma revisão integrativa, a interação entre os hormônios T, C e aspectos psicobiológicos frente à estrutura, duração e intensidade do EF.

Métodos

Foram analisados estudos publicados originalmente na língua inglesa e portuguesa em um período de 10 anos (janeiro de 2005 a agosto de 2015), tendo como referência as bases de dados MEDLINE (*National Library of Medicine*) e SPORTDISCUS. Com o objetivo de selecionar os estudos aplicados, foram contemplados resultados de estudos em humanos, homens e mulheres com idade entre 18 e 44 anos, atletas ou fisicamente ativos. A estratégia de busca utilizou as seguintes combinações de palavras-chave: (Exercise OR Exercises OR “Physical Exercise” OR “Physical Exercises”) AND (Cortisol OR Testosterone OR Testosterone Cortisol Ratio). Os critérios de exclusão foram: estudos com metodologias ou intervenções pouco descritas, estudos com modelo animal, estudos de revisão e estudos que não envolviam um protocolo de EF em seu delineamento experimental.

Resultados e Discussão

Foram identificados 380 estudos envolvendo os hormônios T e C e EF. Destes, 353 foram retirados das análises pelos critérios de exclusão: 180 foram estudos feitos com animais; em 84 estudos, T e C foram coletados, mas não apresentavam protocolos de EF; 12 estudos tratavam-se de revisões; e 77 estudos apresentaram metodologias ou intervenções pouco descritas. Assim, apenas 27 fizeram parte das análises desta revisão, sendo: seis artigos que analisaram T e EF, cinco artigos que analisaram C e EF, e 16 artigos que analisaram ambos hormônios T e C e EF.

As intervenções realizadas nos estudos selecionados foram realizadas em períodos de uma semana a 15 semanas, envolvendo um espectro altamente diversificado de treinamento e modalidades, sendo alguns de características contínuas e outros de forma intervalada, alguns de característica aeróbia e outros incorporando também o treinamento de força com diferentes intensidades e

frequências. A Figura 1 apresenta os métodos de treinamento investigados e respectivos percentuais dos estudos considerados nesta revisão e sua relação entre os hormônios T e C.

Interação entre T e EF

Os estudos analisados envolveram 191 indivíduos com idade entre 18 e 24 anos, sendo 78% da amostra do gênero masculino. O

tamanho amostral variou de 10 a 70 participantes nos estudos selecionados, onde 83,3% dos estudos compilados apresentaram característica de respostas agudas e 16,6% de respostas crônicas na interface T e E.F. Nenhum dos estudos apresentou resultados de variáveis psicológicas (motivação, estresse percebido, percepção subjetiva de esforço etc.).

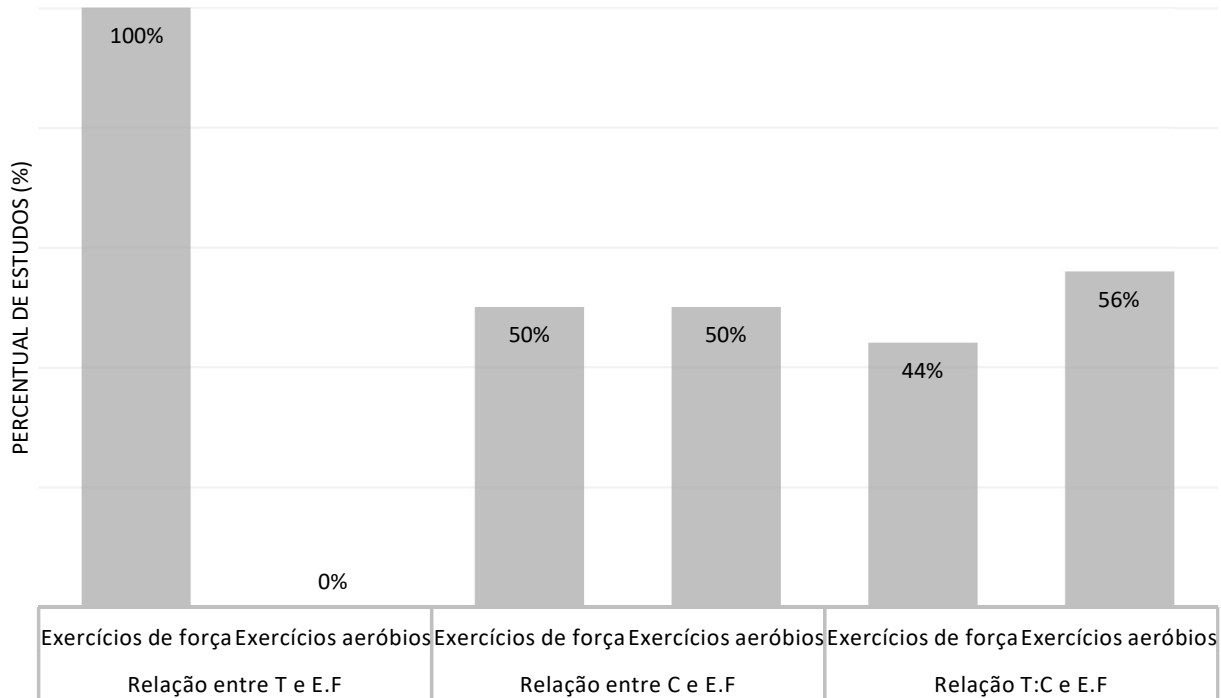


Figura 1 – Métodos de treinamentos utilizados nas intervenções dos estudos considerados nesta revisão. Legendas: T= testosterona; C= cortisol; T:C= relação testosterona: cortisol; EF = Exercício Físico.

Interação entre C e EF

Os estudos analisados envolveram 192 indivíduos com idade entre 15 e 30 anos, sendo 52% da amostra do gênero masculino. O tamanho amostral variou de 12 a 107 participantes nos estudos selecionados, onde 100% dos estudos compilados apresentaram característica de respostas agudas e EF. Um total de 25% dos estudos apresentou resultados de variáveis psicológicas (motivação, estresse percebido, percepção subjetiva de esforço etc.).

Interação entre T:C e EF

Os estudos analisados envolveram 233 indivíduos com idade entre 15 e 40 anos, sendo

78,9% da amostra do gênero masculino. O tamanho amostral variou de oito a 28 participantes nos estudos selecionados, onde 44% dos estudos compilados apresentaram característica de respostas agudas e 56% de respostas crônicas na interface entre T:C e EF. Um total de 12% dos estudos apresentou resultados de variáveis psicológicas (motivação, estresse percebido, percepção subjetiva de esforço etc.). A Tabela 1 apresenta a compilação dos estudos considerados nesta revisão e seus principais resultados na interação aguda entre EF e os hormônios C e T. A Tabela 2 apresenta os estudos considerados nesta revisão e seus principais

resultados na interação crônica entre EF e os hormônios T e C.

Os estudos compilados por esta revisão integrativa ratificam a premissa de que há uma interação entre os hormônios T e C frente a estrutura, duração, intensidade e aspectos psicobiológicos durante a prática do EF. Além disso, os hormônios T e C são biomarcadores que exibem ritmo circadiano, que geralmente

apresentam concentrações pico no início da manhã e declínio durante o dia. Portanto, as concentrações dos hormônios T e C são de grande relevância para o desempenho físico e psicológico, para adaptações de treinamento e competição.

Parece haver uma concordância nos estudos apresentados que a obtenção de resultados satisfatórios no que se refere ao desempenho

Tabela 1 – Efeitos agudos do exercício físico (EF) sobre os hormônios testosterona (T) e cortisol (C)

Estudos	Participantes (n)	Status de treino	Protocolo	Resultado
(5)	Homens (48) Mulheres (22)	Atletas de elite	3 CMJ	Relação positiva significativa entre níveis de T em repouso e desempenho no CMJ
(12)	Homens (8)	Golfistas da divisão NCAA	Comportamento do C durante competição	↑C durante competição ↑C pós-sessão ↓T:C durante competição T:C relacionada com desempenho
(13)	Homens (23)	Jogadores de elite de rúgbi	4 protocolos de treino de força: 4 x 10 – 70% 1RM, 2 minutos intervalo 3 x 5 – 85% 1RM, 3 minutos intervalo 5 x 15 – 55% 1RM, 1 minuto intervalo 3 x 5 – 40% 1RM, 3 minutos intervalo	Protocolo induziu variações individuais em C e em T
(14)	Homens (28)	Adultos saudáveis	Treino de força 2 <i>supersets</i> com agonistas/antagonistas	↑ C e ↑ T independentemente do protocolo
(6)	Homens (10)	Adultos treinados	2 grupos – <i>Good Squat</i> – GS (1RM >2 x MC) e <i>Average Squat</i> – AS (1RM < 1.9 MC) 1 RM no <i>squat</i> e 10 metros em <i>sprint</i>	T apresentou relação positiva com 1RM e <i>sprint</i> no GS
(15)	Homens (17)	Adolescentes saudáveis	Exercício anaeróbio 6 <i>sprints</i> x 8 segundos, 30 segundos/intervalo	↑T pós-sessão ↑C pós-sessão

Estudos	Participantes (n)	Status de treino	Protocolo	Resultado
(16)	Homens (20)	Jogadores amadores de rúgbi	Avaliação da força, velocidade e potência muscular	C e T apresentaram relação positiva significativa no desempenho neuromuscular
(17)	Mulheres (19)	Jovens saudáveis	Exercício anaeróbio 6 sprints x 8 segundos, 30 segundos/intervalo	- T pós-sessão - C pós-sessão
(18)	Homens (30)	Jogadores de rúgbi de elite	Treino de força Grupo A – parte superior e inferior Grupo B – parte inferior e superior	Grupo A - ↑ T Grupo B - -
(19)	Mulheres (12)	Praticantes de elite de handball	Competição C e T avaliados pré e pós	↑ pós-competição ↑ intensidades ↑ C
(20)	Mulheres (14)	Jogadoras de elite de basquete	3 protocolos de treino de força: Resistência: 4 x 12 – 60% 1RM, 1 minuto/intervalo Força/hipertrofia: 1 x 5RM, 1 X 4RM, 1 x 3RM, 1 x 2RM, 1 x 1RM, 3 minuto/intervalo + 3 x 10RM, 2 minutos/intervalo Potência: 3 x 10 – 50% 1RM, 3 minutos/intervalo	↑ C pós-sessão em todas as condições ↑ volume ↑ C
(21)	Homens (12)	Adultos treinados	Treino aeróbio 30 minutos a 40%, 60% e 80% VO _{2máx}	↑ C em 80%
(22)	Homens e mulheres (45)	Adultos saudáveis	Treino de força Dois exercícios de flexores de cotovelos 2 x 1 minuto, 90 segundos/intervalo	↑ T em homens

(Continua)

Estudos	Participantes (n)	Status de treino	Protocolo	Resultado
(23)	Homens (12)	Adultos treinados	Influência de estímulo visual (videoclipes) no desempenho do agachamento e na concentração de T e C	↑ T após videoclipes erótico, humorado, agressivo e motivacional ↓ T após videoclipe triste ↑ C após videoclipe agressivo ↑ 3RM desempenho após videoclipes erótico, agressivo e motivacional
(24)	Homens (16)	Treinados fisicamente em exercício resistido	Treino de força, 3 x 10 – 75%1RM Grupo hipertrofia, 3 x 5 exercícios de <i>strongman</i>	↑ T pós-sessão em ambos os grupos
(11)	Homens (17)	Adultos saudáveis	Teste 1: 1 RM Agachamento Teste 2: 3 <i>sprints</i> x 5 m, 1 minuto recuperação Realizados às 09:00 e 17:00	- do horário do dia ou desempenho sobre C e T
(25)	Homens e mulheres (107)	Jovens saudáveis	Resposta do C em dois grupos com aprendizagem de nova tarefa (malabarismo) em dois contextos: esforço pessoal vs envolvimento do ego	↑ C no grupo que realizou a tarefa com envolvimento de ego
(26)	Mulheres (47)	Grupo A: pouco ativas Grupo B: moderadamente ativas Grupo C: vigorosamente ativas	Respostas psicológicas e fisiológicas ao teste de Estresse Social Trier	- aptidão física em C
(27)	Homens (18)	Jogadores semiprofissionais de rúgbi	3 grupos (controle, <i>sprint</i> , força) Sessões de testes realizadas às 09:00 e as 15:00	↓ T do período da manhã para tarde para grupos controle e <i>sprint</i> ↑ Δ T da manhã para tarde no grupo controle ↑ Δ C da manhã para tarde no grupo controle

(Continua)

Estudos	Participantes (n)	Status de treino	Protocolo	Resultado
(28)	Homens (12)	Adultos saudáveis	Teste máximo até exaustão (Protocolo de Bruce/esteira) ou 90' no cicloergômetro a 55-60% do VO ₂ máx em ambiente quente (45° C)	↑ C nos dois protocolos

T= testosterona; C= cortisol; T:C= relação testosterona: cortisol; VO₂máx= consumo máximo de oxigênio; vVO₂máx= velocidade em que o VO₂máx foi alcançado; CMJ= *conter moviment jump*; RM= repetição máxima; Δ= delta; ↓=redução; ↑= aumento; - = sem alteração.

Tabela 2 – Efeito crônico do exercício físico (EF) sobre testosterona (T) e cortisol (C)

Estudos	Participantes (n)	Status de treino	Protocolo	Resultado
(29)	Mulheres (18)	Praticantes de atletismo, ciclismo, natação, basquetebol – Elite e não elite	Comportamento de C e T ao longo de 12 semanas, dividido em elite/não elite e por modalidade	↑ C e ↑T no grupo elite T e C relacionadas positivamente ao desempenho
(30)	Homens(15)	Lutadores juniores de elite	Comportamento ao longo de 15 semanas da T e C e a relação com desempenho	Relação entre T, C e T:C com a força explosiva
(7)	Homens (9)	Jogadores de elite de basquete	Comportamento de T e C ao longo de uma temporada e a relação com desempenho e respostas psicológicas	T e C relacionadas com desempenho físico e respostas psicológicas ao longo da temporada
(8)	Homens (12)	Atletas de elite de rúgbi	6 semanas com treino de força, agilidade, velocidade e resistência	T e C pré-treinamento apresentaram relação com a carga voluntária subsequente
(10)	Homens (10)	Praticantes de tênis com pelo menos 5 anos de experiência	Comportamento da T durante treinamento específico de tênis de 5 semanas	↑ C na 4ª semana de treinamento ↓ T:C na 3ª e 4ª semana de treinamento
(31)	Homens (12)	Adultos saudáveis	Resposta de C e T antes e após período de 11 dias de treino	↓ T:C, T e C em comparação ao período pré-treino

(Continua)

Estudos	Participantes (n)	Status de treino	Protocolo	Resultado
(32)	Homens (20)	Adultos saudáveis	Efeito Crônico Treino de força 3 semanas de treinamento 3 x por semana 6-7 repetições –85% 1RM	↓ T comparada com a medida basal - treinamento com pesos na secreção de circadiana de T ao longo do dia

T= testosterona; C= cortisol; T:C= relação testosterona: cortisol; **VO2máx**= consumo máximo de oxigênio; **vVO2máx**= velocidade em que o VO2máx foi alcançado; **CMJ**= *conter moviment jump*; **RM**= repetição máxima; Δ= delta; ↓=redução; ↑= aumento; - = sem alteração.

física depende, em parte, das respostas endócrinas dos participantes.

A literatura tem demonstrado que medidas de T são correlacionadas com medidas de desempenho. Em um estudo que verificou a associação entre T e o desempenho no salto vertical, Cardinale e Stone (5) encontraram uma relação significativa e positiva ($r=0,61$) entre o salto contra movimento (CMJ) e o nível de T em repouso de atletas de elite. Os autores confirmaram a hipótese de que T exerce um papel além da recuperação física, a partir da remodelação tecidual, apresentando um papel importante na função neuromuscular.

Em outro estudo similar, Crewther et al. (6) dividiram os participantes em grupos com maior ($1RM > 2.0 \times$ massa corporal) e menor desempenho ($1RM < 1.9 \times$ massa corporal). Da mesma forma, os autores verificam que o nível de T basal pode prever o desempenho no agachamento e no *sprint*. Contudo, a T foi forte preditor individual apenas no grupo com maior nível de força, apresentando-se como fraco preditor de desempenho em participantes com menos força. Outros estudos corroboram a relação positiva entre T e desempenho físico em modalidades como rúgbi (16), luta livre(30), entre outras (29).

Outras medidas fisiológicas como C e a razão T:C também apresentam relação com o desempenho físico (7, 12). Portanto, parece haver uma relação positiva entre o nível de T basal e o desempenho em diversos tipos de tarefas. Há de se considerar, entretanto, que novos estudos devem verificar os fatores e mecanismos que explicam essa relação.

De forma geral, exercícios físicos que utilizam predominantemente o sistema aeróbio

e o treinamento de força aumentam as concentrações de T em homens (33) e mulheres (34). No entanto, fatores relacionados às sessões de treinamento e perfil da população parecem influenciar as respostas hormonais agudas e crônicas. Há estudos que confirmam estes achados, como os de Crewther et al. (18) que encontraram aumento dos níveis de T durante um protocolo de força em atletas de elite, e os de Cadore et al. (14), que verificaram aumento das concentrações de T em homens saudáveis durante um protocolo de força.

Analisando os biomarcadores T e C, os estudos de Thomas et al. (15), utilizando um protocolo supramáximo de apenas oito segundos, verificaram aumento dos níveis de T e C em homens saudáveis após uma sessão de treinamento. Porém, em mulheres saudáveis, o mesmo protocolo supramáximo citado anteriormente, não promoveu aumento dos níveis de T e C.

Com relação ao perfil da amostra, Cook, Crewther e Smith (29) monitoraram indivíduos atletas de elite e não elite e compararam as respostas de C e T antes das sessões de treino, durante 12 semanas de treinamento. As medidas de C e T foram maiores nos atletas de elite durante todo período de treinamento. Os autores indicam que esta diferença é atribuída a maior capacidade de desempenho físico em maiores níveis de trabalho. Nesse sentido, fatores relacionados às modalidades, tipo, intensidade, duração do EF e perfil da população (treinado e não treinado) parecem influenciar as respostas hormonais agudas e crônicas, resultando em diferenças no padrão de resposta da T e C frente ao EF. Parece

aceitável considerar que os aspectos inerentes à prescrição do EF que possam modular a liberação de hormônios relacionados ao desempenho, no caso T e C, devem ser integrados ao planejamento e à periodização do treinamento físico.

Além de variáveis fisiológicas, pesquisas científicas acerca desta temática associam concentrações endógenas hormonais com o comportamento. Concentrações hormonais de T e C apresentam relação com possíveis vantagens psicológicas no esporte. Estudos apresentam resultados relacionando altas concentrações de T e motivação em homens (35), enquanto que o estradiol basal é positivamente correlacionado com a motivação em mulheres (36, 37).

Estudos sugerem que a ativação do eixo hipotálamo-hipófise-supra-renal, com a liberação de C, é particularmente reflexiva do componente afetivo da experiência do indivíduo (38). Assim, o aumento do C pode ser esperado em antecipação à estimulação estressante (39). Isto é observado em situações indutoras de envolvimento do ego, novidade, imprevisibilidade e falta de controle (40), levando a estados afetivos negativos. Somado a estes fatores, condições que estimulem a liberação de C e T podem interferir no desempenho físico. Por exemplo, Cook e Crewther (23) verificaram o efeito de estímulos visuais nas respostas de C e T. Os autores encontraram que estímulos visuais de curta duração foram eficazes para estimular a liberação de C e T. Além disso, os autores verificaram uma correlação entre desempenho no agachamento e os vídeos apresentados.

Entretanto, o efeito do estímulo visual através de vídeos é dependente de um contexto emocional atribuído ao filme. Os autores sugerem que as modulações hormonais decorrentes da apresentação do vídeo podem ter provocado alterações comportamentais, levando ao desempenho do sujeito. Outros estudos apresentam relações negativas entre o afeto positivo e resposta do C ao estresse (41).

Como observado nos estudos apresentados, há uma conexão entre a treinabilidade de indivíduos submetidos a diferentes tipos de EF nos níveis de C (29, 42). Nesse sentido, o conhecimento dos fatores que norteiam a

aplicabilidade de tais biomarcadores na área atlética torna-se importante para o desenvolvimento e controle do treinamento.

Pontos fortes e limitações do estudo

Os resultados deste estudo contribuem para um conhecimento mais amplo e preciso das respostas hormonais (C e T) frente a prática regular de exercícios físicos, sobretudo para esclarecer a importância do monitoramento desses biomarcadores no planejamento dos treinamentos esportivos visando ter em consideração as individualidades de cada atleta.

A principal limitação do presente estudo foi que as buscas dos artigos aconteceram somente em duas bases de dados (MEDLINE e SPORTDiscus). Outra limitação foi não ter expressado matematicamente por meio de uma metanálise os resultados encontrados.

Conclusão

Esta revisão integrativa permitiu identificar as prováveis interações entre a estrutura do programa de EF, aspectos psicobiológicos e os hormônios T e C. O registro ou monitoramento destes hormônios, por meio de níveis plasmáticos, soro ou saliva, pode permitir um conhecimento mais amplo e preciso das respostas psicobiológicas frente à prática regular de EF em indivíduos saudáveis.

Em atletas de diferentes modalidades esportivas, o monitoramento dos níveis de T e C podem indicar à comissão técnica, um conhecimento mais amplo e preciso das respostas psicobiológicas em atletas de elite. Em outras palavras, a implicação prática deste método permite a coleta simultânea de informações relevantes fora do ambiente laboratorial, facilitando o monitoramento de variáveis que determinam o desempenho físico e psicológico do atleta durante o período de treinamento.

Com esta revisão, espera-se estimular futuras discussões que possam levar a uma maior compreensão e investigação em diferentes bases de dados, acerca dos diferentes aspectos envolvidos no EF e a influência dos hormônios T e C em domínios físicos e psicológicos de seus praticantes.

Agradecimentos

Os autores são gratos à Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), ao Centro de Estudos em Psicobiologia e Exercício (CEPE), ao Centro Multidisciplinar para o Estudo da sonolência e acidentes (CEMSA), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelas bolsas de estudo.

Declaração de conflito de interesses

Não nenhum conflito de interesses no presente estudo.

Referências

- Schulkin J, McEwen BS, Gold PW. Allostasis, amygdala, and anticipatory angst. *NeuroBI Reviews*. 1994;18(3):385-96.
- Gray AB, Telford RD, Collins M, Weidemann MJ. The response of leukocyte subsets and plasma hormones to interval exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 1993;25(11):1252-8.
- Zitzmann M, Nieschlag E. Testosterone levels in healthy men and the relation to behavioural and physical characteristics: facts and constructs. *European Journal of Endocrinology*. 2001;144(3):183-97.
- Hall JE. Guyton and Hall textbook of medical physiology. 13th, editor: Elsevier Health Sciences; 2015.
- Cardinale M, Stone MH. Is testosterone influencing explosive performance? *J Strength Cond Research*. 2006;20(1):103-7.
- Crewther BT, Cook CJ, Gaviglio CM, Kilduff LP, Drawer S. Baseline strength can influence the ability of salivary free testosterone to predict squat and sprinting performance. *J Strength Cond Research*. 2012;26(1):261-8.
- Robazza C, Gallina S, D'Amico MA, Izzicupo P, Bascelli A, Di Fonso A, et al. Relationship between biological markers and psychological states in elite basketball players across a competitive season. *Psychology of Sport and Exercise*. 2012;13(4):509-17.
- Cook CJ, Crewther BT, Kilduff LP. Are free testosterone and cortisol concentrations associated with training motivation in elite male athletes? *Psychology of Sport and Exercise*. 2013;14(6):882-5.
- Munck A, Guyre PM, Holbrook NJ. Physiological functions of glucocorticoids in stress and their relation to pharmacological actions*. *Endocrine reviews*. 1984;5(1):25-44.
- Gomes RV, Moreira A, Lodo L, Nosaka K, Coutts AJ, Aoki MS. Monitoring training loads, stress, immune-endocrine responses and performance in tennis players. *Biology of Sport*. 2013;30(3):173-80.
- Hayes LD, Grace FM, Lonkilgore J, Young JD, Baker JS. Salivary hormonal response to maximal exercise at two time points during the day. *Sport Spa*. 2013;10(1):25-30.
- Doan BK, Newton R, Kraemer W, Kwon Y, Scheet T. Salivary cortisol, testosterone, and T/C ratio responses during a 36-hole golf competition. *International journal of sports medicine*. 2007;28(6):470-9.
- Beaven CM, Gill ND, Cook CJ. Salivary testosterone and cortisol responses in professional rugby players after four resistance exercise protocols. *J Strength Cond Research*. 2008;22(2):426-32.
- Cadore E, Lhullier F, Brentano M, Silva E, Ambrosini M, Spinelli R, et al. Correlations between serum and salivary hormonal concentrations in response to resistance exercise. *Journal of sports sciences*. 2008;26(10):1067-72.
- 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. *European journal of applied physiology*. 2009;107(4):455-61.
- Crewther BT, Lowe T, Weatherby RP, Gill N, Keogh J. Neuromuscular performance

- of elite rugby union players and relationships with salivary hormones. *J Strength Cond Research*. 2009;23(7):2046-53.
17. Thomas N, Leyshon A, Hughes M, Jasper M, Davies B, Graham M, et al. Concentrations of salivary testosterone, cortisol, and immunoglobulin A after supra-maximal exercise in female adolescents. *Journal of sports sciences*. 2010;28(12):1361-8.
 18. Crewther BT, Cook CJ, Lowe TE, Weatherby RP, Gill N. The effects of short-cycle sprints on power, strength, and salivary hormones in elite rugby players. *J Strength Cond Research*. 2011;25(1):32-9.
 19. Nazem G, Sharifi GR, Taghian F, Jourkesh M, Ostojic SM, Calleja-Gonzalez J, et al. The effects of successive official competitions on salivary cortisol and immunoglobulin responses in women handballers. *Serbian Journal of Sports Sciences*. 2011;5(2).
 20. Nunes JA, Crewther BT, Ugrinowitsch C, Tricoli V, Viveiros L, de Rose Jr D, et al. Salivary hormone and immune responses to three resistance exercise schemes in elite female athletes. *J Strength Cond Research*. 2011;25(8):2322-7.
 21. VanBruggen MD, Hackney AC, McMurray RG, Ondrak KS. The relationship between serum and salivary cortisol levels in response to different intensities of exercise. *International Journal of Sports Physiology Performance*. 2011;6(3):396-407.
 22. Caruso JF, Lutz BM, Davidson ME, Wilson K, Crane CS, Craig CE, et al. Salivary hormonal values from high-speed resistive exercise workouts. *Journal of Strength & Conditioning Research*. 2012;26(3):625-32.
 23. Cook CJ, Crewther BT. Changes in salivary testosterone concentrations and subsequent voluntary squat performance following the presentation of short video clips. *Hormones and behavior*. 2012;61(1):17-22.
 24. Ghigiarelli JJ, Sell KM, Raddock JM, Taveras K. Effects of strongman training on salivary testosterone levels in a sample of trained men. *J Strength Cond Research*. 2013;27(3):738-47.
 25. Hogue CM, Fry MD, Fry AC, Pressman SD. The influence of a motivational climate intervention on participants' salivary cortisol and psychological responses. *Journal of Sport Exercise Psychology*. 2013;35(1):85-97.
 26. Klaperski S, von Dawans B, Heinrichs M, Fuchs R. Does the level of physical exercise affect physiological and psychological responses to psychosocial stress in women? *Psychology of Sport and Exercise*. 2013;14(2):266-74.
 27. Cook CJ, Kilduff LP, Crewther BT, Beaven M, West DJ. Morning based strength training improves afternoon physical performance in rugby union players. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2014;17(3):317-21.
 28. Powell J, DiLeo T, Roberge R, Coca A, Kim J-H. Salivary and serum cortisol levels during recovery from intense exercise and prolonged, moderate exercise. *Biology of sport*. 2015;32(2):91.
 29. Cook CJ, Crewther BT, Smith AA. Comparison of baseline free testosterone and cortisol concentrations between elite and non-elite female athletes. *American Journal of Human Biology*. 2012;24(6):856-8.
 30. Passelergue PA, Lac G. Salivary hormonal responses and performance changes during 15 weeks of mixed aerobic and weight training in elite junior wrestlers. *Journal of Strength & Conditioning Research*. 2012;26(11):3049-58.
 31. Hough J, Corney R, Kouris A, Gleeson M. Salivary cortisol and testosterone responses to high-intensity cycling before and after an 11-day intensified training period. *Journal of sports sciences*. 2013;31(14):1614-23.
 32. Shariat A, Kargarfard M, Danaee M, Tamrin SBM. Intensive resistance exercise and circadian salivary testosterone

- concentrations among young male recreational lifters. *J Strength Cond Research*. 2015;29(1):151-8.
33. Kraemer WJ, Ratamess NA. Hormonal responses and adaptations to resistance exercise and training. *Sports Medicine*. 2005;35(4):339-61.
 34. Enea C, Boisseau N, Ottavy M, Mulliez J, Millet C, Ingrand I, et al. Effects of menstrual cycle, oral contraception, and training on exercise-induced changes in circulating DHEA-sulphate and testosterone in young women. *European journal of applied physiology*. 2009;106(3):365-73.
 35. Schultheiss OC, Wirth MM, Torges CM, Pang JS, Villacorta MA, Welsh KM. Effects of implicit power motivation on men's and women's implicit learning and testosterone changes after social victory or defeat. *Journal of personality and social psychology*. 2005;88(1):174.
 36. Stanton SJ, Edelstein RS. The physiology of women's power motive: Implicit power motivation is positively associated with estradiol levels in women. *Journal of Research in Personality*. 2009;43(6):1109-13.
 37. Stanton SJ, Schultheiss OC. Basal and dynamic relationships between implicit power motivation and estradiol in women. *Hormones and behavior*. 2007;52(5):571-80.
 38. Frankenhaeuser M. The psychophysiology of workload, stress, and health: Comparison between the sexes. *Annals of Behavioral Medicine*. 1991.
 39. Gaab J, Rohleder N, Nater U, Ehlert U. Psychological determinants of the cortisol stress response: the role of anticipatory cognitive appraisal. *Psychoneuroendocrinology*. 2005;30(6):599-610.
 40. Al'Absi M, Lovallo WR. Cortisol concentrations in serum of borderline hypertensive men exposed to a novel experimental setting. *Psychoneuroendocrinology*. 1993;18(5):355-63.
 41. Buchanan TW, al'Absi M, Lovallo WR. Cortisol fluctuates with increases and decreases in negative affect. *Psychoneuroendocrinology*. 1999;24(2):227-41.
 42. Crewther BT, Heke T, Keogh JW. The effects of training volume and competition on the salivary cortisol concentrations of Olympic weightlifters. *Journal of Strength & Conditioning Research*. 2011;25(1):10-5.