



Junta de Andalucía  
Consejería de Educación y Deporte

# Revista Andaluza de Medicina del Deporte

<https://ws072.juntadeandalucia.es/ojs>



Original



## Relación entre la carga externa y las concentraciones de cortisol durante el microciclo competitivo en jugadores internacionales de fútbol

A. Aceña Rodríguez<sup>a\*</sup>, D. Fombella<sup>b</sup>, E. Sánchez Alvarado<sup>a</sup>, D. Golubev<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Federación Costarricense de Fútbol. Costa Rica.

<sup>b</sup> Consultor Big Data Deportivo. Stratebi. España.

<sup>c</sup> Lesgaft National State University of Physical Education, Sport and Health. Saint Petersburg. USA.

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO: Recibido el 20 de mayo de 2020, aceptado el 7 de julio de 2020, online el 10 de julio de 2020

### RESUMEN

**Objetivo:** La hormona cortisol participa en situaciones de respuestas fisiológicas y se ve afectada por la demanda de carga de entrenamiento sometida al organismo, de esta manera se pretende conocer la correlación entre las concentraciones de cortisol medidas al final de microciclo competitivo con las demandas de carga externa en 20 jugadores internacionales.

**Método:** Durante la Copa Mundial de la *Fédération Internationale de Football Association* 2018 en Rusia, un equipo nacional participante optó por analizar las concentraciones de cortisol de los jugadores para poder establecer relaciones entre la carga externa acumulada en cada microciclo (distancia total, distancia entre 14-19 km/h, distancia entre 19-24 km/h, Distancia > 24 km/h, promedio metros/min y promedio máxima velocidad) medida con dispositivos *Global Positioning System* durante cuatro microciclos completos y los niveles de cortisol el día antes de partido y en el día de partido.

**Resultados:** Entre los resultados obtenidos, se observa una correlación negativa moderada entre las concentraciones de cortisol medidos el día antes de partido y el día de partido con distancia total acumulada en el microciclo ( $r = -0.44$  y  $-0.36$  respectivamente), así como correlaciones negativas moderadas entre el cortisol en el día antes de partido con la distancia acumulada cubierta entre 14-19 km/h. ( $r = -0.32$ )

**Conclusiones:** A la luz de los resultados, se observa como la carga externa de entrenamiento cubierta durante el microciclo, puede influir en las concentraciones de cortisol acumuladas al final del mismo, con especial énfasis en la distancia total acumulada.

**Palabras clave:** Cortisol; Cortisol Awakening Responses; Fatiga; Carga externa; Global Positioning System; Saliva.

## Relationship between external load and cortisol concentrations during the competitive microcycle in international soccer players

### ABSTRACT

**Objective:** The hormone cortisol participates in situations of physiological responses and is affected by the demand for training load submitted to the body, in this way it is intended to know the correlation between the cortisol concentrations measured at the end of the competitive microcycle with the load demands external in 20 international players.

**Method:** During the 2018 *Fédération Internationale de Football Association* in Russia, a participating national team chose to analyze the cortisol concentrations of the players in order to establish relationships between the accumulated external load in each microcycle (total distance, distance between 14-19 km / h, distance between 19-24 km / h, Distance > 24 km / h, average meters / min and average maximum speed) measured with Global Positioning System devices, during four complete microcycles, and cortisol levels in the day before match and on game day.

**Results:** Among the results obtained, a moderate negative correlation is observed between the cortisol concentrations measured in the day before match and match day with total accumulated distance in the microcycle ( $r = -0.44$  and  $-0.36$  respectively), as well as moderate negative correlations between cortisol in day before match with the cumulative distance covered between 14-19 km / h. ( $r = -0.32$ )

**Conclusions:** In light of the results, it can be seen how the external training load covered during the microcycle may influence the accumulated cortisol concentrations at the end of it, with special emphasis on the total accumulated distance.

**Key words:** Cortisol; Cortisol Awakening Responses; Fatigue; External load; Global Positioning System; Saliva.

\* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: [aaceoa@edu.jccm.es](mailto:aaceoa@edu.jccm.es) (A. Aceña Rodríguez).

<https://doi.org/10.33155/j.ramd.2020.07.002>

© 2021 Consejería de Educación y Deporte de la Junta de Andalucía. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND

(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

## Relação entre carga externa e concentrações de cortisol durante o microciclo competitivo em jogadores de futebol internacionais

### RESUMO

**Objetivo:** O hormônio cortisol participa de situações de respostas fisiológicas e é afetado pela demanda de carga de treinamento submetida ao organismo, com o objetivo de conhecer a correlação entre as concentrações de cortisol medidas no final do microciclo competitivo com as demandas de carga externo em 20 players internacionais.

**Método:** durante a Copa do Mundo da *Fédération Internationale de Football Association* de 2018 na Rússia, uma equipe nacional participante optou por analisar as concentrações de cortisol dos jogadores para estabelecer relações entre a carga externa acumulada em cada microciclo (distância total, distância entre 14-19 km / h, distância entre 19-24 km / h, Distância > 24 km / h, medidores médios / min e velocidade máxima média) medidos com dispositivos do *Global Positioning System* durante quatro microciclos completos e níveis de cortisol no dia antes da partida e no dia do jogo.

**Resultados:** Entre os resultados obtidos, observa-se uma correlação negativa moderada entre as concentrações de cortisol medidas no dia antes da partida e no dia do jogo com a distância acumulada total no microciclo ( $r = -0.44$  e  $-0.36$  respectivamente), bem como correlações negativas moderadas entre cortisol em no dia antes da partida com a distância cumulativa percorrida entre 14 e 19 km / h. ( $r = -0.32$ )

**Conclusões:** À luz dos resultados, pode-se observar como a carga externa de treinamento coberta durante o microciclo pode influenciar as concentrações acumuladas de cortisol ao final do mesmo, com ênfase especial na distância total acumulada.

**Palavras-chave:** Cortisol; Respostas ao Despertar do Cortisol; Fadiga; Carga externa; Global Positioning System; Saliva.

### Introducción

En la actualidad, el control de todo lo que acontece para encarar la competición con las mayores garantías, es habitual, si hablamos de fútbol de élite. Entre estos parámetros, el control de la ansiedad por medio de marcadores de autopercepción u hormonales es necesario<sup>1</sup>. Se ha hipotetizado que niveles adecuados de arousal optimizan el rendimiento mientras que altos o bajos niveles lo empeoran<sup>4</sup>. El cortisol es un glucocorticoide que se ha relacionado específicamente con las respuestas anticipatorias de situaciones amenazantes y desafiantes<sup>2</sup>.

La importancia de monitorizar el cortisol precompetición radica en el carácter anticipatorio del mismo. En un estudio con 17 judocas en competición oficial se comprobó como las concentraciones de cortisol en día de competición eran mayores que en día de entrenamiento normal<sup>3</sup>. Una de las conclusiones a las que se llega con este estudio es la capacidad adaptativa a nivel psicobiológico a la competición, teniendo un componente neurocognitivo muy marcado<sup>3</sup>.

Este efecto neurocognitivo se puede comprobar en la gran variabilidad de las concentraciones de cortisol en función del nivel del oponente en la competición<sup>4</sup>. También, en este mismo estudio, se comprobó que además del nivel percibido del oponente, la importancia de la competición (liga regular vs fases finales) marca e incrementa los niveles de cortisol.

Otros estudios han mostrado que estas diferencias pueden ser significativas incluso en el mismo tipo de competición, teniendo en cuenta si se trata del primer partido<sup>5</sup>.

En lo que se refiere al control de la fatiga y el estrés inducido por el ejercicio, se ha comprobado como las concentraciones de cortisol pueden ser marcadores sensibles para controlar la carga inducida por el ejercicio<sup>6</sup>.

En la actualidad, existe una abundante literatura que examina la validez y la fiabilidad de los dispositivos Global Positioning System (GPS) para la medida del movimiento en deportes de equipo como el rugby, el hockey, y el fútbol. Hasta la fecha, diferentes parámetros han sido utilizados para cuantificar la carga externa en fútbol<sup>7</sup>. Es importante señalar que la fiabilidad de los GPS se reduce con una mayor intensidad de movimiento (20 km/h)<sup>8</sup>. Es probable que esta incertidumbre se deba a los rápidos cambios en la velocidad que son evidentes en los movimientos realizados a velocidades más altas<sup>9</sup>.

Hasta la fecha, existe poca literatura que haya estudiado las relaciones entre las concentraciones de cortisol en jugadores internacionales de fútbol y la carga externa acumulada medida con dispositivos GPS.

Nuestra hipótesis es que las modificaciones en la carga de entrenamiento acumuladas pueden provocar modificaciones en las concentraciones de cortisol al final de los microciclos, producto de ese estrés y fatiga inducida por el ejercicio.

### Método

#### Participantes del estudio

20 jugadores de fútbol de élite pertenecientes a una selección nacional en la Copa Mundial de la *Fédération Internationale de Football Association* (FIFA) 2018 (Edad: 28 +-2.1 años; Talla: 1.82 +-3.5 cm; IMC: 22.1 +- 1.98kg/cm<sup>2</sup>; % grasa: 14.3 +- 1.1; Peso: 75.4 +- 2.9 kg), con una media de 7.2 años en categoría profesional y una media de 4.1 partidos jugados en fase finales de la FIFA formaron la muestra de este estudio (Tabla 1). El propósito del estudio se explicó detalladamente a todos los jugadores para participar en la investigación. Se les informó que todos los datos recopilados en este estudio se mantendrían confidenciales y que solo el personal médico y *staff* técnico tendría acceso a estos datos de forma confidencial.

Durante una breve entrevista de historia clínica por parte de los servicios médicos, los sujetos participantes informaron que no estaban tomando medicamentos que presumiblemente podrían afectar los niveles hormonales, no tenían antecedentes de trastornos endocrinos y no experimentaron alteraciones en el ciclo de sueño día / noche antes o durante este estudio, siguiendo las recomendaciones de otros estudios<sup>10</sup>. Estas indicaciones fueron confirmadas por el personal médico de este equipo a través de exámenes médicos regulares (muestras de sangre y de orina, exámenes dietéticos).

**Tabla 1.** Datos de la muestra de estudio.

Variable	Valor
Edad (años)	28 +- 2.1
Altura (m)	1.82 +-3.5
Peso (kg)	75.4 +- 2.9
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	22.1 +- 1.98
% Grasa	14.3 +- 1.1
Años Profesional	7.2
Número Partidos Internacionales en Fases Final FIFA	4.1

IMC: Índice de Masa Corporal; % Grasa: Porcentaje de masa grasa corporal; Años Profesional: Años de experiencia en categoría profesional de fútbol.

#### Procedimientos

Para la muestra de la saliva, se siguieron tomando como referencia los criterios establecidos del Manual de Guía de

Colección de Saliva de Salimetrics<sup>11</sup>. Los análisis de concentración de Cortisol en saliva (nmol·L<sup>-1</sup>) se realizaron en los primeros 30 minutos tras despertarse, a las 8.00 am y antes del desayuno y sin haberse lavado los dientes<sup>2</sup>, teniendo en cuenta que la variación de cortisol por el lavado de dientes está cerca del 22% (datos propios no publicados). Se ha descrito que los niveles de cortisol siguen un patrón circadiano y pulsátil, y esto se debe probablemente a las variaciones diurnas, ya que según estudios<sup>10</sup> el cortisol típicamente alcanza su punto máximo durante la mañana y se reduce a lo largo del día<sup>2</sup>.

Los jugadores mantuvieron en la boca los colectores orales (Kit Cortisol Analysis, SOMA Bioscience, UK ®) durante un lapso de cinco minutos en el que típicamente producen volúmenes de 5 ml, óptimos para el posterior análisis<sup>11</sup>.

La saliva recolectada se introdujo en el líquido Buffer, durante un periodo de cinco minutos con movimientos para la mezcla del fluido, siguiendo las recomendaciones de la marca (Kit Cortisol Analysis, SOMA Bioscience, UK ®) y permaneció durante diez minutos en el Buffer. A continuación, se aplicó una gota del líquido mezclado con saliva en la tira reactiva de cortisol (LFD- Cortisol) por duplicado, realizando test y retest a los 30 minutos<sup>2</sup>, siendo analizadas las tiras reactivas LFD-C con el dispositivo Cube Reader™ por Fotoespectrometría (SOMA Bioscience, OK ®) (Figura 1-A).

Durante todas y cada una de las sesiones de entrenamiento desarrolladas en los cuatro microciclos analizados, se utilizaron Dispositivos GPS (Wimu Pro, Realtrack System, Almería, España) con frecuencia de muestreo a 18 Hz y sensor inercial con Acelerómetro, giroscopio (1000Hz) y magnetómetro. El tratamiento de los datos se llevó a cabo con el Software SPro y SVivo. Siguiendo las recomendaciones<sup>12</sup>, la colocación de los dispositivos fue la siguiente: Colocación del dispositivo en zona interescapular, en un peto específico para limitar movimientos del dispositivo GPS y encendido y colocado en el exterior y 15 antes del inicio del calentamiento (Figura 1-B).

La mayoría de los estudios<sup>13</sup> que analizan el movimiento de los jugadores de fútbol diferencian las distancias en diferentes categorías de velocidad de carrera: a) parado / caminando, b) corriendo, c) carrera de baja intensidad (LIR), d) carrera de alta intensidad (HIR) y e) sprint. Sin embargo, hay cierta inconsistencia en la determinación de los límites de velocidad para cada zona de velocidad<sup>13</sup>. Las variables analizadas para su posterior estudio y tratamiento estadístico fueron: Distancia total acumulada, Distancia acumulada (14-19 km/h), Distancia acumulada (19-24 km/h), distancia acumulada (>24 km/h), promedio metros / minuto (m/min) y promedio de la máxima velocidad (km/h).

**Análisis Estadístico**

Los datos se analizaron primero para determinar la exactitud en la toma de datos, los valores omitidos y los valores atípicos<sup>8</sup>. Para el cálculo de correlaciones se utilizó el Coeficiente de Correlación de Pearson (r), estableciendo los niveles de correlación siguientes: 1 (Correlación negativa grande y perfecta), -0.9 a -0.99 (Correlación negativa muy alta), -0.7 a -0.89 (Correlación negativa alta), -0.4 a -0.69 (Correlación negativa baja), -0.2 a -0.39 (Correlación negativa baja), -0.01 a -0.19 (Correlación negativa muy baja), 0 (Correlación nula), con la misma interpretación para las correlaciones positivas.

Para el cálculo estadístico se realizó la matriz de correlación entre las diferentes variables del estudio, utilizando el Software Microsoft Power Bi (R) (Microsoft, EEUU).

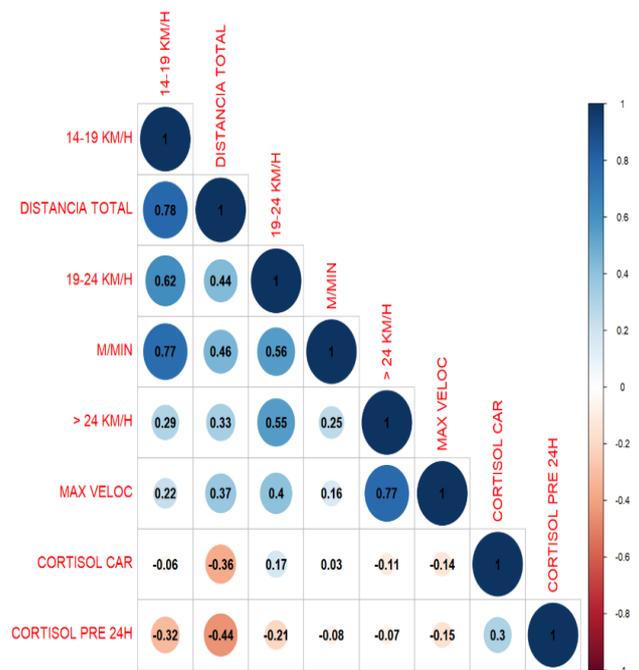
**Resultados**

El análisis de los resultados (Figura 2) nos muestra una correlación negativa moderada entre las concentraciones de cortisol medidas el día antes del partido (MD-1) y el día del partido (MD) con la distancia total acumulada en el microciclo (r=

-0.44 y -0.36 respectivamente), así como correlaciones negativas moderadas entre el cortisol en el MD-1 con la distancia acumulada cubierta entre 14-19 km/h. (r= -0.32).



**Figura 1.** (A) Kit Cortisol Análisis (OFC Oral collector + Buffer Liquid, LFD- Cortisol y Cube Reader™ (Imágenes cedidas por SOMA Bioscience, UK ®) y (B) Sistema de medición GPS (Wimu Pro, Realtrack System, Almería, España).



**Figura 2.** Matriz de Correlación entre las variables de Estudio.

## Discusión

A raíz de los resultados obtenidos, se observa una correlación negativa moderada entre las concentraciones de cortisol medidos en el MD-1 y MD con distancia total acumulada en el microciclo ( $r = -0.44$  y  $-0.36$  respectivamente), así como correlaciones negativas moderadas entre el cortisol en el MD-1 con la distancia acumulada cubierta entre 14-19 km/h. ( $r = -0.32$ ). De esta forma, se observa como la carga externa de entrenamiento cubierta durante el microciclo, puede influir en las concentraciones de cortisol acumuladas al final del mismo, con especial énfasis en la distancia total acumulada.

Por otra parte, en relación al uso en la presente investigación de los dispositivos GPS para la monitorización de la carga de entrenamiento, la utilidad, validez y fiabilidad del uso de dispositivos GPS a 5 Hz en las mediciones de variables cinemáticas en partido se ha postulado como una herramienta eficaz en comparación con los análisis basados en observaciones en video<sup>13</sup>.

En lo que se refiere a deportes de equipo, más cercano a la muestra de nuestro estudio, se ha observado en otros estudios una significativa correlación negativa moderada en la autoconfianza y la respuesta de cortisol una semana antes de la competición y una relación significativa, fuerte y positiva entre la ansiedad somática y la respuesta de cortisol<sup>14</sup>.

Relacionado con la influencia de la carga de entrenamiento en los niveles de cortisol, se ha comprobado que la carga en las fases de mayor sobrecarga de entrenamiento provoca mayores incrementos en las concentraciones en cortisol que en las fases de "tapering" o descenso de carga<sup>15</sup>. En esta misma línea tenemos estudios con jugadores de baloncesto, con grandes cambios en la carga interna (testosterona, cortisol e inmunoglobulinas) en función de la periodización del entrenamiento, siendo mayores los incrementos en los microciclos de sobrecarga<sup>16</sup>.

Podemos comprobar, a la luz de los resultados, que la monitorización del cortisol en saliva puede ser un método apropiado para monitorizar el manejo del estrés<sup>17</sup>. No obstante, debemos ser cautos, al utilizar las conclusiones de la monitorización con cortisol, ya que no se asume como una estrategia fiable para determinar situaciones de fatiga no funcional y sobreentrenamiento<sup>6</sup> aunque nos puede ofrecer un dato importante del estado de preparación, recuperación y activación psicológica<sup>17</sup>, así como poder controlar los efectos de periodos de mayor volumen de entrenamiento, tal y como se establece en este estudio, con la mayor correlación encontrada con la Distancia Total Cubierta acumulada por microciclo, además afectando a los niveles de cortisol MD.

Por último, no debemos olvidar la gran complejidad de los deportes de equipo<sup>18</sup>, en los que los resultados, en particular, son de hecho multifactoriales y podrían estar influenciados por numerosos factores (y sus interacciones) como la oposición, el tiempo de juego, las decisiones tácticas, los jugadores, sustituciones y lesiones.

En cuanto a las limitaciones del presente estudio debemos tener en cuenta el contexto de la competición deportiva muy concreta y específica (una fase final de un mundial de fútbol de naciones), lo que por un lado puede no extrapolarse a competiciones regulares y de periodo competitivo más largo.

En la actualidad y en el deporte de elite, existe una necesidad en el control de la carga externa de entrenamiento en periodos de competición muy concretos y congestionados, y sus efectos en carga interna, por lo que la utilidad del presente estudio radica en poder utilizar los marcadores de cortisol como otra herramienta más para controlar la fatiga generada por el propio proceso de entrenamiento.

A la luz de los resultados, se observa como la carga externa de entrenamiento cubierta durante el microciclo, puede influir en las concentraciones de cortisol acumuladas al final del mismo, con especial énfasis en la distancia total acumulada.

**Autoría.** Todos los autores han contribuido intelectualmente en el desarrollo del trabajo, asumen la responsabilidad de los contenidos y, asimismo, están de acuerdo con la versión definitiva del artículo. **Financiación.** Los autores declaran no haber recibido financiación. **Agradecimientos.** Agradecer a la Federación Costarricense de Fútbol y a todo el organigrama presente en la Copa Mundial de la FIFA 2018. **Conflicto de intereses.** Los autores declaran no tener conflicto de intereses. **Origen y revisión.** No se ha realizado por encargo, la revisión ha sido externa y por pares. **Responsabilidades éticas.** Protección de personas y animales: Los autores declaran que los procedimientos seguidos están conforme a las normas éticas de la Asociación Médica Mundial y la Declaración de Helsinki. Confidencialidad: Los autores declaran que han seguido los protocolos establecidos por sus respectivos centros para acceder a los datos de las historias clínicas para poder realizar este tipo de publicación con el objeto de realizar una investigación/divulgación para la comunidad. Privacidad: Los autores declaran que no aparecen datos de los pacientes en este artículo.

## Bibliografía

1. [Alexander D. Psychophysiological effects of precompetition anxiety on basketball performance. California State University. Ann Arbor: Fullerton. 2009. Páginas 18-23.](#)
2. [Fothergill M, Wolfson S, Neave N. Testosterone and cortisol responses in male soccer players: The effect of home and away venues. \*Physiol Behav.\* 2017;177:215-20.](#)
3. [Salvador A, Suay F, Gonzalez-Bono E, Serrano MA. Anticipatory cortisol, testosterone and psychological responses to judo competition in young men. \*Psychoneuroendocrinology.\* 2003;28\(3\):364-75.](#)
4. [Arruda AFS, Aoki MS, Paludo AC, Moreira A. Salivary steroid response and competitive anxiety in elite basketball players: Effect of opponent level. \*Physiol Behav.\* 2017;177:291-6.](#)
5. [Moreira A, Freitas CG, Nakamura FY, Drago G, Drago M, Aoki MS. Effect of match importance on salivary cortisol and immunoglobulin A responses in elite young volleyball players. \*J Strength Cond Res.\* 2013;27\(1\):202-7.](#)
6. [Minetto MA, Lanfranco F, Tibaudi A, Baldi M, Termine A, Ghigo E. Changes in awakening cortisol response and midnight salivary cortisol are sensitive markers of strenuous training-induced fatigue. \*J Endocrinol Invest.\* 2008;31\(1\):16-24.](#)
7. [Halson SL. Monitoring training load to understand fatigue in athletes. \*Sports Med.\* 2014;44:S139-147.](#)
8. [Gray AJ, Jenkins D, Andrews MH, Taaffe DR, Glover ML. Validity and reliability of GPS for measuring distance travelled in field-based team sports. \*J Sports Sci.\* 2010;28\(12\):1319-25.](#)
9. [Jennings D, Cormack S, Coutts AJ, Boyd LJ, Aughey RJ. Variability of GPS units for measuring distance in team sport movements. \*Int J Sports Physiology Performance.\* 2010;5\(4\):565-9.](#)
10. [Alix-Sy D, Le Scanff C, Filaire E. Psychophysiological responses in the pre-competition period in elite soccer players. \*J Sports Sci Med.\* 2008;7\(4\):446-54.](#)
11. [Salimetrics LLC. SalivaBio LLC. Saliva collection and handling advice. 2011; Available oat \[www.salimetrics.com\]\(http://www.salimetrics.com\). Accessed. 1. 272](#)
12. [Akenhead R, Hayes PR, Thompson KG, French D. Diminutions of acceleration and deceleration output during professional football match play. \*J Sci Med Sport.\* 2013;16\(6\):556-61.](#)
13. [de Hoyo Lora M, Aceña A. Tecnologías aplicadas al fútbol: sistemas de posicionamiento global \(GPS\). In: \*Nuevas tecnologías aplicadas a la actividad física y el deporte. Navarra, España: Thomson Reuters Aranzadi.\* 2017; pp. 69-86.](#)
14. [Radzi JA, Yusuf SM, Amir NH, Mansor SH. Relationship of Pre-competition Anxiety and Cortisol Response in Individual and Team Sport Athletes. In: \*Proceedings of the Second International Conference on the Future of ASEAN \(ICoFA\).\* Perlis, Malasia. 15 y 16 de](#)
15. [Freitas CG, Aoki MS, Franciscon CA, Arruda AF, Carling C, Moreira A. Psychophysiological responses to overloading and tapering phases in elite young soccer players. \*Pediat Exerc Sci.\* 2014;26\(2\):195-202.](#)

16. [Nunes JA, Moreira A, Crewther BT, Nosaka K, Viveiros L, Aoki MS. Monitoring training load, recovery-stress state, immune-endocrine responses, and physical performance in elite female basketball players during a periodized training program. J Strength Cond](#)
17. [Crewther BT, Potts N, Kilduff LP, Drawer S, Cook CJ. Can salivary testosterone and cortisol reactivity to a mid-week stress test discriminate a match outcome during international rugby union competition? J Sci Med Sport. 2018;21\(3\):312-6.](#)
18. [Arruda AFS, Aoki MS, Freitas CG, Drago G, Oliveira R, Crewther BT, et al. Influence of competition playing venue on the hormonal responses, state anxiety and perception of effort in elite basketball athletes. Physiol Behav. 2014;130:1-5.](#)