

Corvillo, M.; Timón, R.; Maynar, M.; Brazo-Sayavera, J. y Maynar, J.I. (2013). Excreción urinaria de hormonas esteroideas tras un partido de balonmano femenino / Urinary excretion of steroid hormones after a female handball match. Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte vol. 13 (52) pp. 737-747. [Http://cdeporte.rediris.es/revista/revista52/artexcreccion412.htm](http://cdeporte.rediris.es/revista/revista52/artexcreccion412.htm)

ORIGINAL

EXCRECIÓN URINARIA DE HORMONAS ESTEROIDEAS TRAS UN PARTIDO DE BALONMANO FEMENINO

URINARY EXCRETION OF STEROID HORMONES AFTER A FEMALE HANDBALL MATCH

Corvillo, M.¹; Timón, R.²; Maynar, M.¹; Brazo-Sayavera, J.² y Maynar, J.I.³

Grupo de Investigación FIQASAC. Universidad de Extremadura. Spain.

1 Departamento de Fisiología. manucorvillo9@hotmail.com; mmaynar@unex.es

2 Departamento de Expresión Musical, Plástica y Corporal. rtimon@unex.es; jbsayavera@unex.es

3 Departamento de Química Analítica. jimaynar@unex.es

Código UNESCO / UNESCO Code: 2411.06. Fisiología del ejercicio / Exercise Physiology.

Clasificación del Consejo de Europa / Council of Europe Classification: 6. Fisiología del ejercicio / Exercise Physiology

Recibido 25 de julio de 2011 **Received** July 25, 2011

Aceptado 18 de enero de 2013 **Accepted** January 18, 2013

RESUMEN

La realización de ejercicio físico de alta intensidad es un importante agente estresante y va a provocar importantes variaciones del metabolismo hormonal. El siguiente estudio trató de evaluar el estrés agudo que un partido de competición de balonmano tuvo sobre la excreción urinaria de hormonas esteroideas de jóvenes jugadoras de balonmano. Para ello, se determinó el perfil urinario de la fracción libre y glucuroconjugada de las hormonas esteroideas en un grupo de 19 jugadoras (18,47 ± 2,26 años de edad), de diferentes equipos de la Liga Regional Juvenil-Senior de Extremadura, antes de un partido y después del mismo. Para la determinación y cuantificación de los esteroides se utilizó la técnica de cromatografía de gases acoplada a un espectrómetro de masas (GC/MS). En los resultados obtenidos tras el partido se observó un incremento significativo de las concentraciones de cortisona, tetrahidrocortisol y de los glucocorticoides totales. Por otro lado, al analizar el cociente entre el total de hormonas anabólicas y el total de hormonas catabólicas, también se detectó un descenso importante de dicho cociente. Por tanto, se puede concluir que el esfuerzo físico agudo y el estrés psicológico y emocional que supuso un partido de balonmano de competición, quedó

reflejado objetivamente a través de una alteración inmediata del perfil esteroideo urinario, disminuyendo el estatus anabólico y aumentando el estatus catabólico.

PALABRAS CLAVE: Andrógenos, Glucocorticoides, Estrés, Mujer, Balonmano

ABSTRACT

Performing high-intensity physical exercise constitutes an important stressor which produces important alterations in hormonal metabolism. The aim of this study was to assess the acute effect of a competitive handball match on the urinary excretion of steroid hormones in young female players. To that end, the urinary profiles of the free and glucuroconjugated steroid hormone fractions in a group of 19 players (18.47 ± 2.26 years old), belonging to several teams in the Regional Junior-Senior Extremaduran League, were determined both before and after the same match. In order to determine and quantify the steroids, a gas chromatography-mass spectrometry technique (GC/MS) was used. On the one hand, the results obtained after the match showed a significant increase in cortisone, tetrahydrocortisol and total glucocorticoids concentrations. On the other hand, when the ratio of the total amount of anabolic hormones to the total amount of catabolic hormones was analysed, an important decrease was also observed. We can therefore conclude that both acute physical exertion and psychological and emotional stress induced by the competitive handball match, were objectively reflected in an immediate alteration of the urinary steroid profile, a decrease in their anabolic state and an increase in their catabolic state.

KEY WORDS: Androgens, Glucocorticoids, Stress, Women, Handball

INTRODUCCIÓN

El ejercicio físico constituye una forma de estrés científicamente demostrado en multitud de estudios, estrés que no sólo abarca el plano fisiológico y bioquímico, sino también el psicológico (Guezennec y cols, 1995; Furuya y cols, 1998). En este sentido, la actividad física produce una modificación en la regulación y activación del eje hipotálamo-pituitario-testicular en los hombres (Goldstein y Kopin, 2007; Timon y cols, 2007) y del eje hipotálamo-pituitario-ovárico en las mujeres (Warren y Shantha, 2000; Van Eenoo y cols, 2001), con una producción hormonal alterada (Zhou y cols, 2000; Bosco y cols, 2000; Hakkinen y cols, 2000). Esta producción hormonal alterada es especialmente relevante en el grupo de las hormonas esteroideas, ya que el estrés provocado por el ejercicio físico puede alterar la síntesis pituitaria de las gonadotropinas (FSH y LH) y de la adrenocorticotropa (ACTH), produciendo un desequilibrio en la regulación hormonal (Warren y Shantha 2000; Traustadottir y cols, 2004).

Por un lado, los niveles de glucocorticoides aumentan de forma aguda en respuesta a cualquier forma de estrés que amenaza la homeostasis

corporal. Es aceptado que la secreción de glucocorticoides es una respuesta endocrina clásica ante situaciones de estrés (Sapolsky y cols., 2000), y muchos autores consideran al tetrahydrocortisol y tetrahydrocortisona, principales metabolitos urinarios del cortisol y de la cortisona respectivamente, como los señalizadores del catabolismo celular, de la tasa de deterioro producido por el estrés y de la activación del eje pituitario- adrenal (Nishikaze y Furuya, 1998; Kano y cols, 2001; Timon y cols, 2007). Por otro lado, los andrógenos (testosterona, DHEA y androstenodiona) tienen una función claramente anabólica, y se considera a estas hormonas como señalizadores de la reparación y recuperación del deterioro producido por situaciones de estrés (Nishikaze, 1993; Nishikaze y Furuya, 2000; Kano y cols, 2001). Del mismo modo, el estrés físico agudo se ha visto asociado con descensos en los niveles urinarios de androsterona y eticolanolona, principales metabolitos de la testosterona (Timon y cols, 2008).

El balonmano es un deporte predominantemente aeróbico que requiere de la realización de gestos explosivos que implican al metabolismo anaeróbico. Al mismo tiempo, la práctica de este deporte precisa de una enorme plasticidad de movimientos y grandes dosis de factores condicionales, como la fuerza explosiva, la velocidad de reacción y de desplazamiento. Todos estos requerimientos físicos, junto a otros factores específicos de las competiciones deportivas, como pueden ser las actitudes de los espectadores, la actuación de los árbitros, la imagen delante de los amigos y familiares, pueden generar una gran tensión nerviosa, física, psicológica y emocional para los jugadores, influyendo decisivamente en los parámetros fisiológicos y bioquímicos.

Así pues, el objetivo que nos proponemos en este estudio es el de valorar el efecto agudo de un partido de balonmano sobre el perfil urinario de hormonas esteroideas en jóvenes jugadoras de este deporte.

MATERIAL Y MÉTODOS

Sujetos

Las participantes fueron 19 jugadoras ($18,47 \pm 2,26$ años de edad; $1,64 \pm 0,01$ metros de altura; $58,96 \pm 2,75$ kilos de peso) pertenecientes a tres de los cuatro equipos que jugaron las semifinales de la "Copa de Extremadura" de balonmano femenino en categoría juvenil-senior. Con la suficiente anterioridad recogimos información sobre el ciclo menstrual, toma de medicamentos y estado de salud de las jugadoras, descartándose aquellas jugadoras que no cumplieron con los criterios establecidos. Estos requisitos fueron: tener periodos menstruales regulares, haber jugado más de 30 minutos de partido, no padecer ninguna enfermedad y no haber tomado medicamentos hormonales (anticonceptivos orales, vaginales, dérmicos, etc.) en los 6 meses previos a esta competición. Doce participantes se encontraban en la fase folicular del ciclo menstrual y siete de ellas se encontraban en la fase luteal. Esta información fue recogida a partir de una entrevista personal realizada por miembros del grupo investigador en base a una encuesta directa y sencilla diseñada a tal efecto por personal médico. Todas las participantes fueron informadas del procedimiento a seguir y participaron voluntariamente en el

estudio tras firmar un consentimiento informado (los padres o tutores legales lo hicieron en el caso de ser menores de edad). Para la recogida y tratamiento de las muestras se asignó un código a cada participante para mantener en el anonimato la identidad de los sujetos. Una vez realizado el estudio, las muestras fueron destruidas para evitar cualquier uso posterior.

Análisis de las muestras de orina

Se tomaron muestras de orina a todas las participantes; antes del partido de forma previa al calentamiento (muestra inicial) y a los cinco minutos después de finalizar el partido (muestra final). Los partidos de balonmano se jugaron en el periodo comprendido entre las 17:00 y las 20:00 de la tarde. Las muestras de orina fueron llevadas al laboratorio, en donde fueron congeladas a -20°C , para evitar su deterioro, hasta su tratamiento y análisis. La interpretación analítica de los datos en muestras de orina requiere que la densidad de la muestra esté dentro del rango de 1.005-1.025 g/ml y el pH esté entre 4,7 y 7,8. Todas las muestras analizadas se encontraban dentro de estos márgenes. Al mismo tiempo, se determinó el nivel de creatinina de todas las muestras para dar los valores de concentración de esteroides en relación a este parámetro urinario fundamental, utilizando la técnica de Haeckel (1981). Este parámetro sirve para determinar el grado de concentración que tiene la orina, eliminando las posibles variaciones debidas a la dilución de la muestra (Maskarinec y cols, 2005)

Los análisis se realizaron por cromatografía de gases-espectrometría de masas según los métodos de Galán y cols (2001) para los andrógenos y de Rivero-Marabé y cols (2001) para los glucocorticoides. Los equipos empleados para los análisis cromatográficos fueron un HP 5890 SERIES II con detector MSD 5972 (sistema de gases/masas), para el análisis de los andrógenos en modo SIM, y un Varian 3800 acoplado a un espectrómetro de masas-masas (ion trap) modelo Saturn 2000 (sistema gases/masas/masas), para la detección de los corticosteroides. Las condiciones cromatográficas y de detección para el análisis de los andrógenos fueron las siguientes: El gas portador utilizado fue He N-50 con Flujo: 1 ml/min, split 40, a temperaturas de 280°C en el detector y de 280°C en el inyector. Se empleó una columna HP-1 (Crosslinked Methyl Silicone Gum) de 25 m x 0.2 mm I.D. x $0.33\ \mu\text{m}$. El programa de temperaturas en el horno fue el siguiente: Inicial: 120°C durante 2 min; 1ª Rampa: $20^{\circ}\text{C}/\text{min}$ hasta 200°C , 0 min; 2ª Rampa: $5^{\circ}\text{C}/\text{min}$ hasta 240°C durante 5 min; 3ª Rampa: $30^{\circ}\text{C}/\text{min}$ hasta 300°C durante 5min. En la detección la corriente de emisión fue 70 y el intervalo de masas entre 100 y 700. Las condiciones cromatográficas y de detección para el análisis de los glucocorticoides fueron las siguientes: El gas portador utilizado fue He N-50 con Flujo: 1 ml/min, split 40, a temperaturas de 280°C en el detector y de 280°C en el inyector. Se empleó una columna Tacer de Fase TRB-1 de 15m x 0.20 mm I.D. x $0.10\ \mu\text{m}$. El programa de temperaturas en el horno fue el siguiente: Inicial: 120°C , 2 min; 1ª Rampa: $20^{\circ}\text{C}/\text{min}$ hasta 240°C durante 7 min; 2ª Rampa: $20^{\circ}\text{C}/\text{min}$ hasta 300°C durante 5 min. En la detección, la temperatura en el Trap fue de 200°C , en el Manifold de 50°C y en el Tranferline de 280°C . El intervalo de masas en la detección estuvo entre 150 y 650.

Las hormonas estudiadas fueron los siguientes andrógenos: testosterona, androstenodiona, dehidroepiandrosterona, androsterona y eticolanolona (principales metabolitos de la testosterona), y los glucocorticoides: cortisol, cortisona, tetrahidrocortisol y tetrahidrocortisona (principales metabolitos del cortisol y cortisona, respectivamente). También se estudió el cociente Testosterona/Cortisol y el cociente entre la suma total de andrógenos/suma total de corticosteroides. En la tabla 1 se muestran los tiempos de retención y los iones característicos de cada una de las hormonas estudiadas:

Tabla 1. Hormonas con sus tiempos de retención y sus iones característicos.

Hormona	Tiempo de retención (min)	Iones
Testosterona	21,949	432,417
Androstenodiona	21,743	415,430
DHEA	21,090	417,432,327
Androsterona	20,398	419,434,329,239
Etiocolanolona	20,543	434,419,329
Cortisol	29,897	632,637
Cortisona	28,401	630,616
Tetrahidrocortisol	27,092	637
Tetrahidrocortisona	26,419	635,530,442

El análisis cuantitativo de las muestras se llevó a cabo mediante curvas de calibrado de cada una de las hormonas mediante el método de patrón interno. Los patrones desde los que partimos estaban a una concentración de 20 mg/L. De estos patrones se cogió la cantidad necesaria para que en los 2 mL de orina sintética hubiera una concentración deseada de esteroides de 10, 20, 40, 100, 200, 400 ng/mL. El procedimiento consistió en añadir una cantidad conocida de patrón interno a la muestra problema y calcular la relación entre áreas del analito y el patrón interno. El valor de dicha relación se llevó a cada una de las curvas de calibrado (Tabla 2).

Tabla 2. Rectas de calibrado de las hormonas esteroideas estudiadas con sus correspondiente coeficiente de regresión.

Hormona	Ecuación	R²
Testosterona	$y=1,2127x-0,0001$	0.99
Androstenodiona	$y=0,8864x-0,0024$	0.99
DHEA	$y=0,8875x-0,0078$	0.99
Androsterona	$y= 0,0312x+0,0014$	0.99
Etiocolanolona	$y=1,9642x+0,0248$	0.99
Cortisol	$y=0,2648x-0,0647$	0.99
Cortisona	$y=0,1894x-0,0364$	0.99
Tetrahidrocortisol	$y=0,1716x-0,0245$	0.99
Tetrahidrocortisona	$y=0,0090x-0,0012$	0.99

Con el fin de realizar la validación del método se establecieron los límites de detección y cuantificación que aparecen en la tabla 3, de acuerdo a los

siguientes cálculos. El límite de detección se definió de acuerdo al criterio “3s”, es decir, que el límite de detección (LD) fue la concentración de analito que proporcionó una señal neta igual a tres veces la desviación estándar del blanco (S_b).

$$LD = \frac{y_c - y_b}{b} = \frac{3s_b}{b}$$

Donde: S_b= Desviación estándar del blanco, b= pendiente de la recta de calibrado. Y_c= valor crítico de la señal bruta. Y_b=media de las señales del blanco

Por otro lado, el límite de cuantificación (LC) fue obtenido mediante la siguiente fórmula:

$$LC = \frac{10s_b}{b}$$

Tabla 3. Límite de detección y de cuantificación para cada una de las hormonas estudiadas,

<i>Hormona</i>	<i>LD (ng/mL)</i>	<i>LC (ng/mL)</i>
<i>Testosterona</i>	0,40	1,33
<i>Androstenodiona</i>	0,54	1,81
<i>DHEA</i>	0,54	1,81
<i>Androsterona</i>	15,46	51,54
<i>Etiocolanolona</i>	0,25	0,82
<i>Cortisol</i>	1,82	6,07
<i>Cortisona</i>	2,55	8,49
<i>Tetrahidrocortisol</i>	2,81	9,37
<i>Tetrahidrocortisona</i>	53,60	178,68

Análisis estadístico

Para el tratamiento estadístico de las variables utilizamos el programa SPSS 17.0 para Windows. Analizamos la normalidad de la distribución de las variables mediante el test de Shapiro-Wilk y la homogeneidad de la varianza mediante el test de Levene. Una vez comprobados estos requisitos aplicamos el modelo lineal general de medidas repetidas para comprobar los cambios entre antes y después del partido de balonmano. Una significación del 95% fue requerida en todos los casos. Los resultados vienen expresados como media ± desviación estándar.

RESULTADOS

En la tabla 4 aparecen representadas las concentraciones urinarias de hormonas androgénicas. No se observó ningún cambio significativo entre antes y después del partido.

Tabla 4. Concentraciones de andrógenos urinarios (ng de esteroide/mg de creatinina). Los valores vienen expresados en media \pm desviación estándar.

Hormona	Inicial	Final	Significación
Testosterona	24,11 \pm 8,57	25,50 \pm 7,85	NS
Androstendiona	1,66 \pm 0,52	1,48 \pm 0,70	NS
DHEA	24,99 \pm 8,24	19,93 \pm 11,63	NS
Androsterona	1.006,88 \pm 681,04	994,41 \pm 777,41	NS
Etiocolanolona	975,41 \pm 295,78	933,23 \pm 574,02	NS
Total Andrógenos	2.085,31 \pm 875,14	1.982,33 \pm 1.038,13	NS

NS Diferencias estadísticamente no significativas.

* Estadísticamente "significativo" ($p < 0,05$).

En la tabla 5 se muestran los valores de los glucocorticoides. En ella destacan los aumentos muy significativos ($p < 0,01$) en las concentraciones urinarias de cortisona, de tetrahydrocortisol y de glucocorticoides totales. Los cambios en las concentraciones de cortisol y tetrahydrocortisona no alcanzaron significación.

Tabla 5. Concentraciones de glucocorticoides urinarios (ng de esteroide/mg de creatinina). Los valores vienen expresados en media \pm desviación estándar.

Hormona	Inicial	Final	Significación
Cortisol	62,59 \pm 33,55	100,01 \pm 48,15	NS
Cortisona	51,27 \pm 33,69	119,37 \pm 60,98	**
Tetrahydrocortisol	953,58 \pm 600,38	1.841,93 \pm 915,11	**
Tetrahydrocortisona	813,03 \pm 1.025,9	1.457,41 \pm 1.176,28	NS
Total Glucocorticoides	1.922,65 \pm 737,88	3.394,91 \pm 1.366,78	**

NS Diferencias estadísticamente no significativas.

** Estadísticamente "muy significativo" ($p < 0,01$).

En la tabla 6 se muestran las variaciones sufridas tras el partido en los cocientes anabólicos/catabólicos. Se comprueba un descenso significativo ($p < 0,05$) en el cociente Total andrógenos/ Total glucocorticoides.

Tabla 6. Variaciones en las relaciones hormonas anabólicas/hormonas catabólicas (ng de esteroide/mg de creatinina). Los valores vienen expresados en media \pm desviación estándar.

Hormona	Inicial	Final	Significación
Testosterona/Cortisol	0,44 \pm 0,32	0,33 \pm 0,25	NS
Total Andrógenos/ Total Glucocorticoides	1,07 \pm 0,83	0,58 \pm 0,42	*

NS Diferencias estadísticamente no significativas.

** Estadísticamente "muy significativo" ($p < 0,05$).

DISCUSIÓN

En relación con los andrógenos, no se han encontrado cambios significativos en sus concentraciones urinarias entre antes y después del partido. En este sentido, no son muchas las investigaciones que estudian la respuesta androgénica de las mujeres ante el ejercicio físico. Bricout y cols (2003) concluyen que la práctica habitual de ejercicio físico puede jugar un importante papel en el metabolismo androgénico de las mujeres, sin embargo, no existe consenso con respecto a los cambios androgénicos producidos por un esfuerzo agudo. Por un lado, incrementos de testosterona y DHEA plasmático han sido observados en mujeres tras la realización de ejercicios intensos (Cumming y Rebar, 1985; Keizer y cols, 1987). Por otro lado, hay estudios que no encuentran cambios significativos en los niveles androgénicos de las mujeres tras la finalización de un partido de balonmano (Filaire y Lac, 2000). Por ello, algunas investigaciones apuntan que la respuesta androgénica de las mujeres a un esfuerzo va a depender del tipo de ejercicio y de la intensidad del mismo (Tsai y cols, 2001), de tal forma que ejercicios predominantemente aeróbicos, tales como el balonmano, no van a inducir a cambios significativos (Zhou y cols, 2000; Filaire y Lac, 2000). Es importante decir que las variaciones producidas en las concentraciones urinarias de andrógenos en las mujeres como consecuencia del ejercicio físico son independientes de la fase del ciclo menstrual en la que se encuentren, puesto que se ha comprobado que estos niveles urinarios no presentan cambios significativos a lo largo de todo el ciclo menstrual (Burger, 2002; Bricout y cols, 2003).

Centrándonos ahora en los glucocorticoides, se comprueba un incremento general de todos ellos, especialmente de la cortisona, del tetrahidrocortisol y de la suma total de todos ellos. El cortisol y la cortisona, son hormonas esteroideas utilizadas para valorar situaciones de estrés (Loucks y Horvath, 1984; Daly y cols., 2005), como también lo son sus metabolitos (Tetrahidrocortisol y Tetrahidrocortisona) (Nishikaze y Furuya, 1998; Timon y cols., 2008). Por tanto, este aumento de los glucocorticoides evidencia un aumento del metabolismo catabólico. En este sentido, es ampliamente aceptado que la secreción de glucocorticoides es una respuesta endocrina clásica ante situaciones de fatiga y competición (Sapolsky y cols, 2000; Daly y cols, 2005), y son muchos los estudios con mujeres que informan de incrementos en cortisol y cortisona tras la realización de ejercicios intensos, tales como maratón (Hale y cols, 1983), ciclismo (Bouget y cols, 2006) e incluso balonmano (Filaire y cols, 1996).

Finalmente, para valorar el estado de fatiga en el que se encuentran las deportistas hemos utilizado dos cocientes diferentes. Las relaciones entre andrógenos y glucocorticoides son índices que pueden sugerir el estado anabólico/catabólico en el que se encuentra un sujeto (Fischer y cols, 1992). El índice Testosterona/Cortisol (T/C) es uno de los cocientes más utilizados para valorar el estado de fatiga. Sin embargo, no podemos olvidar que el índice T/C es utilizado sobre todo en hombres (Madelenat y cols, 1997; Shammin y cols, 2001), ya que los niveles de testosterona plasmática en mujeres son menores que en aquellos, y además, una gran parte de los andrógenos femeninos son

producidos en la glándula suprarrenal (DHEA o androstendiona), por lo que este índice podría resultar algo sesgado cuando se utilice con mujeres. Este hecho se pone de manifiesto al comprobar que el cociente Total Andrógenos/Total Glucocorticoides ha sido sensible a la fatiga producida por el partido de balonmano y en este caso, sí se ha producido un descenso significativo.

CONCLUSIONES

Por todo ello, podemos concluir que el esfuerzo físico agudo y, posiblemente, psicológico y emocional, que supuso el partido, se reflejó objetivamente a través de una alteración inmediata del perfil esteroideo, produciéndose una elevación de los niveles de glucocorticoides y un descenso en el cociente Total Andrógenos/Total Glucocorticoides. Estas variaciones en el perfil esteroideo urinario como consecuencia de la competición deberían ser tenidas en consideración por los organismos antidopajes nacionales y por aquellas federaciones deportivas que están realizando controles del perfil esteroideo urinario de los deportistas, con el fin de evitar posibles errores en los análisis antidopaje.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bosco C, Lacovelli M, Tsarpela O, Cardinale M, Bonifazi M, Tihanyi J, Viru M, De Lorenzo A, & Viru A. (2000). Hormonal responses to whole-body vibration in men. *Eur J Appl Physiol* 81 (6):449-454.
- Bouget M, Rouveix M, Michaux O, Pequignot JM, Filaire E (2006). Relationships among training stress, mood and dehydroepiandrosterone sulphate/cortisol ratio in female cyclists. *J Sports Sci.* 24(12):1297-1302
- Bricout VA, Wright F, Lagoguey M. (2003). Urinary profile of androgen metabolites in a population of sportswomen during the menstrual cycle. *Int J Sports Med* 24:197-202.
- Burger HG. (2002). Androgen production in women. *Fertil Steril* 77(4):3-5.
- Cumming D & Rebar RW (1985). Hormonal changes with acute exercise and with training in women. *Semin Reprod Endocrinol.* 3: 55-64
- Daly W, Seegers CA, Rubin DA, Dobridge JD, Hackney AC. (2005). Relationship between stress hormones and testosterone with prolonged endurance exercise. *Eur J Appl Physiol.* 93(4):375-380.
- Filaire E & Lac G (2000). Dehydroepiandrosterone (DHEA) rather than testosterone shows saliva androgen responses to exercise in elite female handball players. *Int J Sports Med.* 21(1): 17-20
- Filaire E, Duché P, Lac G, Robert A (1996). Saliva cortisol, physical exercise and training: influences of swimming and handball on cortisol concentrations in women. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 74(3):274-278.
- Fischer HG, Hartmann U, Becker R, Kommans B, Mader A, Hollmann W. (1992). The excretion of 17-ketosteroids and 17-hydroxycorticosteroids in night urine of elite rowers during altitude training. *Int J Sports Med* 13(1):15-20

- Furuya E, Maezawa M, Nishikaze O. (1998). 17-KS sulfate as a biomarker in psychosocial stress. *Rinsho Byori* 46(6):529-537.
- Galán AM, Mariño JI, García de Tiedra MP, Marabé JJ, Caballero Loscos MJ, & Mariño MM. (2001). Determination of nandrolone and metabolites in urine samples from sedentary persons and sportmen. *J Chromatogr B Biomed Sci* 761(2):229-236.
- Goldstein DS & Kopin IJ. (2007). Evolution of concepts of stress. *Stress* 10(2):109-120.
- Guezennec CY, Lafarge JP, Bricout VA, Merino D, & Serrurier B. (1995). Effect of competition stress on tests used to assess testosterone administration in athletes. *Int J Sports Med* 16(6):368-372.
- Häkkinen K, Pakarinen A, Kraemer WJ, Newton RU, Alen M. (2000). Basal concentrations and acute responses of serum hormones and strength development during heavy resistance training in middle-aged and elderly men and women. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 55(2):B95-105.
- Haeckel R. (1981). Assay of creatinine in serum with use of fuller's earth to remove interferents. *Clin Chem* 27: 179-183.
- Hale RW, Kosasa T, Krieger J, Pepper S. (1983). A marathon: the immediate effect on female runners' luteinizing hormone, follicle-stimulating hormone, prolactin, testosterone, and cortisol levels. *Am J Obstet Gynecol* 146(5):550-556.
- Kano K, Yamada Y, Arisaka O. (2001). Urinary 17-hydroxycorticosteroids and 17-ketosteroid sulfates in normal children and in children with atopic dermatitis or renal disease. *Rinsho Byori* 49(8):807-812.
- Keizer HA, Kuipers H, de Haan J, Janssen GME, Beckers E, Habets L (1987) Multiple hormonal responses to physical exercise in eumenorrheic trained and untrained women. *Int J Sports Med*. 8: 139-150.
- Loucks AB, & Horvath SM. (1984). Exercise-induced stress responses of amenorrheic and eumenorrheic runners. *J Clin Endocrinol Metab* 59(6):1109-1120.
- Madelenat P, Chuoung T, Driguez P, Belaisch J. (1997). The exercising woman: too much or not enough androgens?. *Science & Sports* 12(1):46-50.
- Maskarinec G, Morimoto Y, Novotny R, Nordt FJ, Stanczyk FZ, Franke AA. (2005). Urinary sex steroid excretion levels during a soy intervention among young girls: a pilot study. *Nutr Cancer* 52(1):22-28.
- Nishikaze O. (1993). Distortion of adaptation--wear & tear and repair & recovery--17-KS-sulfates and stress in humans. *J UOEH* 15(3):183-208.
- Nishikaze O & Furuya E. (1998). Stress and anticortisols--17-ketosteroid sulfate conjugate as a biomarker in tissue repair and recovery. *J UOEH* 20(4): 273-295.
- Nishikaze O & Furuya E. (2000). Coping with stress in the elderly. *Nippon Ronen Igakkai Zasshi* 37(1):68-73.
- Rivero-Marabé JJ, Maynar-Mariño JI., García de Tiedra MP, Galán-Martín AM, Caballero-Loscos MJ, Maynar-Mariño M. (2001). Determination of natural corticosteroids in urine samples from sportmen. *J Chromatogr B Biomed Sci Appl* 761(1): 77-84.

- Sapolsky RM, Romero LM, Munck AU. (2000). How do glucocorticoids influence stress responses? Integrating permissive, suppressive, stimulatory and preparative actions. *Endocr Rev.* 21(1):55-89.
- Shamim W, Yousufuddin M, Bakhai A, Coats AJ, Honour JW. (2001). Gender differences in the urinary rates of cortisol and androgen metabolites. *Ann Clin Biochem.* 38(4):412.
- Traustadottir T, Bosch, Cantu T, Matt K. (2004). Hypothalamic-pituitary-adrenal axis response and recovery from high-intensity exercise in women: effects of aging and fitness. *J Clin Endocrinol Metab* 89 (7):3248-3254.
- Timon R, Maynar M, Munoz D, Olcina GJ, Caballero MJ, Maynar, JI. (2007). Variations in urine excretion of steroid hormones after an acute session and after a 4-week programme of strength training. *Eur J Appl Physiol* 99:65-71.
- Timon R, Olcina G, Muñoz D, Maynar JI, Caballero MJ, Maynar M. (2008): Determination of urine steroid profile in untrained men to evaluate recovery after a strength training session. *J Strength Cond Res.* 22(4):1087-1093.
- Tsai L, Johansson C, Pousette A, Tegelman R, Carlström K, Hemmingsson P. (1991). Cortisol and androgen concentrations in female and male elite endurance athletes in relation to physical activity. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 63: 308-311.
- Van Eenoo P, Delbeke FT, De Jong FH, De Backer P. (2001). Endogenous origin of norandrosterone in female urine: indirect evidence for the production of 19-norsteroids as by products in the conversion from androgen to estrogen. *J of Steroid Biochemistry and Molecular Biology* 78(4):351-357.
- Warren MP & Shantha S. (2000). The female athlete. *Best Practice & Research Clinical Endocrinology & Metabolism* 14(1):37-53.
- Zhou ZH, Liu JH, Jin YL, He P, Zhao PL, Wang X. (2000). Effects of different loading exercises on endogenous sex hormones and their metabolites. *Hunan Yi Ke Da Xue Xue Bao* 25(1):23-26.

Número de citas totales / Total references: 34 (100%)

Número de citas propias de la revista / Journal's own references: 0