

VARIACIÓN DE LA RATIO TESTOSTERONA-CORTISOL EN JUGADORES DE ÉLITE DE BALONCESTO

VARIATION OF THE TESTOSTERONE-CORTISOL RATIO IN ELITE BASKETBALL PLAYERS

Xavi Schelling

i del Alcázar¹

Julio Calleja-González²

Nicolás Terrados Cepeda³

¹Bàsquet Manresa (ACB) España

²Laboratorio de Análisis de Rendimiento Deportivo.

Departamento de educación física y deportiva.

Facultad de Ciencias de la Actividad física y el deporte.

Universidad del País Vasco.

³Fundación Deportiva Municipal de Avilés.

Unidad Regional de Medicina del deporte del Principado de Asturias.

Departamento de biología funcional. Universidad de Oviedo

R E S U M E N

Actualmente, en el baloncesto profesional, la alta exigencia de la competición y del entrenamiento requiere de un seguimiento. Controlar dicho impacto facilitará el conocimiento de los procesos de recuperación de los deportistas y permitirá un mejor diseño de la dinámica de cargas de forma individualizada.

Objetivo: Describir el comportamiento de los niveles séricos de Testosterona total (T), Cortisol total (C) y Ratio T/C a lo largo de la temporada.

Metodología: Se analizaron 8 muestras de sangre durante una temporada en un equipo profesional de baloncesto (n=8) de la 1ª División Española (ACB). Realizándose cada 4-6 semanas, a las 8:00 AM, tras 24 o 36 horas de recuperación post-partido.

Resultados: La T desciende significativamente al finalizar la temporada, tanto en valores de concentración, 8ª vs. 2ª (-4.4 nMol/l, p=0.010), 8ª vs. 3ª (-4.9 nMol/l, p=0.004) y 8ª vs. 6ª (-6.8 nMol/l, p=0.013); como en los valores de % de variación 8ª vs. 2ª (-0.221%, p=0.034), 8ª vs. 3ª (-0.239, p=0.010). El C y la ratio T/C no presentan variaciones significativas a lo largo de la temporada.

Conclusiones: Tanto los valores de concentración como los de % de variación son útiles para describir los parámetros estudiados. La T puede ser un posible indicador del estado del jugador e incluso podrían justificar, junto con otros indicadores, intervenciones necesarias para optimizar las cargas de entrenamiento de forma individual. Futuras investigaciones deberán comparar estas variaciones con parámetros objetivos de carga de entrenamiento y/u otros moduladores hormonales.

Palabras clave: Baloncesto. Élite. Fisiología. Fatiga. Ratio testosterona-cortisol.

S U M M A R Y

Nowadays, in elite basketball, the high demands of competition and training require a detailed follow-up of the effects on the player's performance and health. Controlling these effects could improve the knowledge about the players' recovery process and allow a better design of their individual workloads.

Aim: To describe the behavior of the total testosterone serum levels (T), cortisol (C) and T/C ratio.

Methodology: 8 blood samples were collected during the whole season of an elite basketball team (n=8) of the First Spanish Division (ACB). The samples were taken every 4-6 weeks, at 8:00 AM, after 24-36 hours of post-game recovery.

Results: T decreases significantly at the end of the season in concentration values, 8th vs. 2nd (-4.4 nMol/l, p=0.010), 8th vs. 3rd (-4.9 nMol/l, p=0.004) and 8th vs. 6th (-6.8 nMol/l, p=0.013), as well as in percentage (%) of variation, 8th vs. 2nd (-0.221%, p=0.034), 8th vs. 3rd (-0.239, p=0.010). C and T/C ratio do not show significant variations along the season.

Conclusions: Concentration values as well as percentages of variation are useful indicators to describe the studied parameters. T could be used as a recovery state indicator and could even induce, in conjunction with other indicators, necessary actions to optimize individual workloads. Future investigations should compare these variations to objective workload parameters and/or other hormonal modulators.

Key words: Basketball. Elite. Physiology. Fatigue. Testosterone-cortisol ratio.

CORRESPONDENCIA:

Xavi Schelling i del Alcázar
Bàsquet Manresa S.A.D. Pabellón Nou Congost.
Carretera de Manresa-St.Joan, s/n. 08241 Manresa
E-mail: ender80@hotmail.com

Aceptado: 28.10.2009 / Original nº 562

INTRODUCCIÓN

A lo largo de una temporada deportiva, el objetivo a nivel condicional debe estar orientado a optimizar las cargas de entrenamiento a las necesidades individuales del deportista y de la planificación¹, no tan sólo considerando las cargas programadas y ejecutadas por el entrenador, sino controlando el impacto que generan en el deportista². Cada individuo responde de forma diferente a un mismo modelo de entrenamiento³, de ahí la importancia de seguir el principio de individualización. La carga que conlleva dicho proceso, genera un estrés sobre el organismo que provoca una alteración temporal de la homeostasis del mismo^{1,4,5}, siendo la base de la adaptación y teniendo como finalidad el mantener y reestablecer el equilibrio mediante reacciones específicas². La adecuada relación entre carga y recuperación es determinante para conseguir una óptima adaptación (sobrecompensación) y así evitar estados de fatiga^{1,6-8}. Uno de los sistemas responsable de reestablecer este desequilibrio es el simpático-adrenal y está regido desde los centros basales del cerebro (hipotálamo-hipofisis)².

Los mecanismos relacionados con la fatiga están aún en proceso de estudio⁹, pero son varios los autores que han investigado posibles marcadores desde diferentes perspectivas: físicas¹⁰, fisiológicas^{6,11-14}, biomecánicas¹⁵ y psicológicas^{16,17}. Los estudios fisiológicos-endocrinos se basan en el papel fundamental de las hormonas en los procesos anabólicos (predominantes en las fases de recuperación) y en los procesos catabólicos (necesarios para mantener la disponibilidad energética)⁹. La respuesta hormonal en reacciones anabólicas se caracteriza por un incremento en: Testosterona, Hormona de crecimiento, Somatomedinas e Insulina; en reacciones catabólicas, por un incremento en: Catecolaminas, Cortisol, Glucagón y Endorfinas^{2,18}. Esta respuesta es resultado de la influencia combinada de varios factores-moduladores: Duración e intensidad del ejercicio, adaptación al ejercicio, necesidades homeostáticas, tensión emocional, temperatura ambiente, disponibilidad de oxígeno, influencias de la retroalimentación, disponibilidad de hidratos de carbono y fatiga². Esta característica

multifactorial deberá tenerse en cuenta a la hora de sacar conclusiones respecto a los resultados que se obtengan en este tipo de estudios.

La testosterona (T) es una hormona esteroidea que tiene efecto anabolizante sobre los tejidos. Su síntesis la controla el eje hipotálamo-hipofisario-testicular y, al igual que el cortisol, se incrementa linealmente en respuesta al ejercicio a una intensidad-umbral determinada¹⁹. No obstante, cuando el ejercicio se alarga hasta el agotamiento, se han observado descensos de hasta un 40%²⁰.

El Cortisol (C), también de origen esteroideo, es segregado por el córtex de las glándulas suprarrenales, bajo el estímulo de la hormona adeno-corticotropina (ACTH). Tiene efecto catabólico en todas las células, incluidas las musculares²¹, y participa en el mantenimiento de los niveles de glucosa en sangre durante el ejercicio. Este catabolismo conlleva la ruptura de proteínas para la obtención de aminoácidos que, mediante la neoglucogénesis en el hígado, pasan a ser sustratos para la obtención de energía¹⁹.

La ratio T/C representa el grado de equilibrio entre los procesos anabólicos y catabólicos y ha sido propuesto por diferentes autores como un indicador de la carga de entrenamiento^{9,11,13,22}. La disminución de este cociente indicaría un predominio de los procesos catabólicos, pudiendo conllevar reducción del rendimiento; un aumento indicaría un predominio de los procesos anabólicos (sobrecompensación)^{9,11,22,23}. Normalmente, el descenso de este cociente se atribuye a un incremento del C²⁴ pero también se han observado descensos de hasta un 35% de T junto a incrementos del 30% de C, en corredores de fondo sobreentrenados²⁵. El motivo del decremento del T/C podría deberse a aumentos de intensidad y/o volumen²⁶. Cabe reseñar que el T/C es un parámetro que aún necesita más estudios y que no deja de presentar cierto nivel de controversia^{27,28}. Incluso algunos autores consideran que la ratio T/C no indica el balance metabólico²¹.

En deportes de conjunto este tipo de estudios son escasos y muy recientes²⁹ (Tabla 1): rugby^{4, 30-33},

Autor	año	Duración del estudio	Deporte	N	Sexo	N (Características)	Origen de la muestra	Resultados en el Ratio T/C
Moore	2007	Intervención (15 semanas)	AF	9	Masc.	NCAA (Division I-A)	Sangre	C y T/C ratio permanecen invariables durante la investigación. Aunque si SE se observó una significativo empeoramiento con el entrenamiento simultáneo de fuerza y alto-volumen de ejercicios de acondicionamiento.
Hoffman	2005	11 semanas temporada	AF	21	Masc.	NCAA (Division III)	Sangre	Relación tiempo de juego y T/C. Descenso significativo de T/C después de la pretemporada.
De vita	2007	Jul 2002 - Abr 2006	FUT	82	Masc.	Premier League	Sangre	T/C es muy variable en jugadores del mismo nivel de entrenamiento. La carga de externa influye en los cambios de T/C. T/C puede ser un gran indicador de tanto de la carga externa como la interna.
Banfi	2006	2001 a 2003 (2 temporadas)	FUT	32	Masc.	Italian First Division	Sangre	No hay diferencias significativas entre las 2 temporadas en los valores de T/C no es útil pero sí su variación.
Handziski	2006	Media temporada	FUT	30	Masc.	Elite soccer players (macedinia National level)	Sangre	Descensos de T/C superiores al 30% al finalizar la temporada. Los cambios hormonales observados podrían indicar overreaching y overtraining al finalizar la misma.
Gorostiaga	2004	Intervención (11 semanas)	FUT	19	Masc.	Young soccer players	Sangre	La relación negativa entre T/C y CMJ sugiere que descensos superiores al 45% no deben interpretarse siempre como SE o disfunción hormonal.
Filaire	2001	Temporada completa	FUT	17	Masc.	Elite soccer players (french National level)	Saliva	Descensos significativos superiores al 30% en T/C no siempre conllevan un descenso en el rendimiento del equipo o reflejan estado de sobreentrenamiento.
Coutts	2007	Intervención (6 semanas)	RUG	18	Masc.	Semi-professional rugby players	Sangre	T y T/C presentaron cambios significativos después del entrenamiento. T/C se relaciona con mejoras en la potencia y la resistencia post-taper.
Gleeson	2007	3 semanas	RUG	10	Masc.	Elite rugby players (England National team)	Saliva	C/T presenta buena relación con la percepción fatiga y estrés (REST-Q). Este marcador es útil para valorar el estrés provocado por el entrenamiento y la competición.
Maso	2004	Estudio Transversal	RUG	25	Masc.	Young rugby players	Saliva	Se observa una relación entre el cuestionario psico-comportamental con las concentraciones de T pero no son las de C. T es un buen indicador de fatiga.
Elloumi	2003	6 días	RUG	20	Masc.	Elite rugby players (Internationals)	Saliva	Depués del partido C incrementa y T disminuye. Durante el periodo de recuperación el C permaneció bajo y la T alta, conllevando un nivel muy alto de T/C.
Marcello	2006	16 semanas	SOF	20	Fem.	Baylor University (Division I) y población general	Sangre	Alta y anormal variabilidad en C con valores altos en algunos sujetos. No se confía en la validez o resultados de C y T/C.
Pillary	2006	Estudio Transversal	BQT, SOF, WRS, SWI	94	Masc. Fem.	Simon Fraser University	Saliva	Hombres y mujeres de deportes indexados con valores mayores de agresividad presentan niveles mayores de T.
Radoje	2005	Temporada completa	BQT	15	Masc.	Elite basketball players (Slovenia)	Sangre	T / C presenta relación con la carga de o entrenamiento / competición.
González-Bono	2002	12 semanas	BQT	20	Masc.	Elite basketball players (Spain)	Saliva	Reducción C con incremento de volumen entrenamiento FT/C ratio, FreeT Prolactin, LH no presentan diferencias con volúmenes de entrenamiento.
Schöder	2001	Intervención (35) años	BQT	13	Masc.	Elite basketball players (Sapin)	Sangre	Durante la suplementación con antioxidantes el equilibrio anabolico / catabolico incrementa un 29.8% sin significación estadística.
Hoffman	1999	4 semanas de pretemporada	BQT	10	Masc.	Elite basketball payers (Israel national team)	Sangre	28 días de training-camp no conllevan alteraciones significativas en los marcadores de estrés ni en los hormonales ni bioquímicos

TABLA 1. Principales publicaciones donde se estudia la ratio T/C en deportes colectivos

fútbol³⁴⁻³⁸, balonmano³⁹ o baloncesto^{7,17,40,41}. Si añadimos la dificultad de realizar éste control de forma longitudinal, a lo largo de una temporada completa en un equipo profesional de baloncesto, existen muy pocas investigaciones, debiéndonos remitir a los estudios de Hoffman (1999) -que estudió el efecto de 4 semanas de pretemporada en el equipo nacional israelí- y el de Radoje (2005) -que hizo un seguimiento de toda la temporada de un equipo profesional esloveno-.

Por tanto, el objetivo de nuestro estudio es describir el comportamiento de la ratio T/C, la Testosterona y el Cortisol a lo largo de una temporada deportiva, así como aportar nuevos valores de la variación de dichos parámetros en jugadores profesionales de baloncesto.

MATERIAL Y MÉTODO

Tipo de estudio

Estudio observacional descriptivo, longitudinal de incidencia, de grupo único (n=8), multivariable, intra-sujeto.

Muestra

Se estudió un equipo masculino de baloncesto profesional, de categoría senior (27.8 ± 4.9

años; 97 ± 9.5 kg; 24.7 ± 1 IMC), que disputa la liga ACB (Tabla 2). Los jugadores que sufrieron jet-lag al regresar del periodo vacacional fueron excluidos del estudio por alteración de los valores en la 1ª analítica sanguínea, quedando una muestra final de n=8. Los sujetos fueron informados previamente de los procedimientos experimentales que se llevarían a cabo. Estos procedimientos siguieron la declaración de Helsinki y la Ley Orgánica 15/1999 del 13 de diciembre de Protección de datos de Carácter Personal (LOPD).

Instrumentos y medidas

Datos antropométricos

La altura se midió con un tallímetro modelo SECA®, con una precisión de 2 mm y con un rango de medición de 130-210 cm. El peso se obtuvo mediante una báscula modelo SECA®, con una precisión de 0.2 kg y con un rango de medición de 2-130 kg. El Índice de masa corporal (IMC) se calculó a partir del peso (kg) dividido por la altura (mts) al cuadrado⁴².

Análisis de sangre

Las muestras de sangre para la determinación de Ttotal y Ctotal fueron obtenidas de la vena antecubital en tubos de ensayo secos, sin anticoagulantes, para inmediato análisis hematológico. A

n=10 — n=8	Edad (años)	Peso (kg)	Altura (cm)	IMC (PC/altura ²)	min./PJ	Val/PJ
Base-1	28	81	188	22.9	0024:23	9.9
Base-2	32	88	189	24.6	0015:23	3.4
Escolta-1	25	92	190	25.5	0027:46	14.3
Escolta-2	39	90	193	24.2	0009:55	3.4
Escolta-3	24	92	197	23.7	0011:21	3.0
Alero	29	96	196	25.0	0012:04	2.9
Ala Pivot-1 (*)	26	100	202	24.5	0013:02	2.9
Ala Pivot-2 (*)	25	105	203	25.5	0023:06	11.6
Pivot-1	28	110	206	25.9	0018:36	5.8
Pivot-2	29	110	208	25.4	0025:51	15.5
AVG	28.5	96.4	197.2	24.7	0018:09	7.3
SD	4.40	9.69	7.25	0.93		5.06

TABLA 2.
Descriptores de la muestra. min./PJ (media de minutos por partido jugador); Val/PJ (Valoración ACB media por partido jugador); AVG: promedio; SD: desviación estándar.
(*): Sujetos excluidos del estudio por Jet-lag

pesar de existir posibilidades de incremento del C debido a la técnica de extracción, se desestimó el realizarlo mediante catéter y extracción posterior por ser una técnica excesivamente invasiva que podría alterar la dinámica del equipo. La concentración de ambas hormonas fue determinada mediante quimioluminiscencia⁴³ en un laboratorio especializado (Laboratorios Nogueras, Manresa).

Determinación de la ratio T/C

La ratio T/C se determinó a partir de las concentraciones molares totales, no sus fracciones libres, puesto que “la actividad de las glándulas se manifiesta a nivel total de la hormona (...) y -éste- se eleva en correlación con el aumento de la fracción libre. Deduciendo que la cantidad total de hormona contiene suficiente información sobre la disponibilidad de hormonas para los tejidos”². La T_{total} se midió en nMol/l y el C_{total} en μ Mol/l.

Valores normales de las variables estudiadas

Testosterona (nMol/l): 9.9 – 33.3 nMol/l

Cortisol -_{Extracción por la mañana} (μ Mol/l): 0.166 – 0.773 μ Mol/l

Protocolo general

El estudio se llevó a cabo durante la temporada 2007-2008. Durante el mismo, los jugadores siguieron la planificación del equipo. Se hizo una recogida el primer día de entrenamiento, al regreso del periodo transitorio, siendo estos valores considerados como basales. Durante la temporada se recogieron muestras periódicamente cada 4-6 semanas, siempre después de haber descansado entre 24 y 36 horas después del último partido, en situación de descanso total (Figura 1). Se obtuvieron un total de 8 muestras.

Durante la temporada destacan los siguientes momentos o fases: Valores basales (1^a analítica), Pretemporada (2^a analítica), Inicio de temporada (3^a analítica), Transición de navidad (5^a analítica), Descanso por Copa del Rey (6^a analítica) y Final de temporada (8^a analítica).

En la Tabla 3 se describen los microciclos que precedieron a cada analítica (Regenerativo, Competitivo/Afinamiento, Mantenimiento y Carga) y se indica en cuáles se disputaron 2 partidos.

FIGURA 1.
Momentos de recogida de muestras de sangre (analíticas)

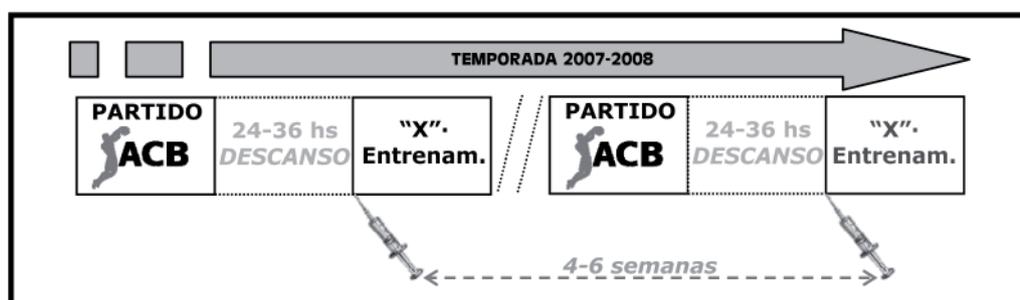


TABLA 3.
Momentos de la temporada en cada analítica. (2p): Microciclos con 2 partidos. Microciclos: Carga -Volumen y frecuencia de entrenamiento alto-, Competitivo/Afinamiento - Volumen y frecuencia de entrenamiento bajo-, Mantenimiento - Volumen y frecuencia de entrenamiento intermedio-Regenerativo-Descanso

Nº analítica	Nº microciclo	Jornada ACB	Mes	Tipo de microciclo anterior
1	0	-	Agosto	
2	5	-	Septiembre	Carga
3	10	5	Octubre	Competitivo / Afinamiento (2p)
4	15	10	Noviembre	Competitivo / Afinamiento
5	20	16	Enero	Competitivo / Afinamiento (2p)
6	26	21	Febrero	Regenerativo
7	31	26	Marzo	Mantenimiento
8	36	32	Abril	Competitivo / Afinamiento

Protocolo específico de recogida de muestras

Los sujetos acudieron a los laboratorios entre las 8:00 y las 9:00 de la mañana, en ayunas. Los horarios se mantuvieron invariables a lo largo de la temporada para evitar alteraciones hormonales por el ritmo nictameral^{2,5}.

Análisis estadístico

Los valores se expresan en media, diferencia entre medias y desviación estándar. Se estudia el porcentaje de variación de cada variable 34 (varT, varC y varT/C), representando la 1ª analítica el 0%, y el valor absoluto de concentración. Se realizó un MANOVA de medidas repetidas para comprobar si existen variaciones significativas entre analíticas. La significación se establece en $p < 0.05$ y muy significativa en $p < 0.01$. El tratamiento de los datos se hizo con los softwares SPSS v15.0 y Excel 2007 (Microsoft Office).

RESULTADOS

Se analizan un total de 64 muestras de sangre periférica venosa (Tablas 4 y 5).

Valores medios de concentración de Testosterona, Cortisol y Ratio T/C

A lo largo de las 8 analíticas, los valores de T y C están dentro de los valores normales de referencia proporcionados por el laboratorio.

La concentración de T presenta un valor medio de 21.6 ± 2 nMol/l con un valor mínimo de 11.4 nMol/l y uno máximo de 29.5 nMol/l. Presentando variaciones significativas entre las analíticas: 8ª vs. 2ª (-4.4 nMol/l, $p=0.010$), 8ª vs. 3ª (-4.9 nMol/l, $p=0.004$) y 8ª vs. 6ª (-6.8 nMol/l, $p=0.013$) (Figura 2).

El valor medio de concentración de C es 0.440 ± 0.0 μ Mol/l con un valor mínimo de 0.156 μ Mol/l

	Descripción variables			% Variación		
	T (nMol/l)	C (μ Mol/l)	T/C	varT (%)	varC (%)	varTC (%)
n	8	8	8	8	8	8
min	11.4	0.156	21.8	-33.7	-52.0	-74.4
max	29.5	0.617	118.2	82.6	234.6	140.3
avg	21.6	0.440	52.0	5.4	29.7	-2.9
SD	2.0	0.037	8.2	10.4	16.2	14.9

TABLA 4. Descriptores de las variables hormonales estudiadas. n: muestra, min: valor mínimo; máx: valor máximo; avg: valor promedio; SD: Desviación estándar

	Analíticas							
	1ª (Baseline) Agosto	2ª (Pretemporada) Setiembre	3ª (Inicio temporada) Octubre	4ª Noviembre	5ª Enero	6ª (Copa del Rey) Febrero	7ª Marzo	8ª Abril
T (nMol/l)	21.0 \pm 4.8	22.4 \pm 4.2	22.9 \pm 4.0	21.5 \pm 4.5	24.9 \pm 2.9	24.9 \pm 2.9	20.6 \pm 2.8	18.0 \pm 3.7 ^{8ª-2ª(**),8ª-3ª(**),8ª-3ª(**),8ª-6ª(*)}
Var T (%)	0	9.9 \pm 0.2	11.7 \pm 0.2	3.9 \pm 0.2	4.8 \pm 0.2	23.8 \pm 0.3	1.1 \pm 0.2	-12.2 \pm 0.2
C (μ Mol/l)	0.399 \pm 0.155	0.451 \pm 0.081	0.439 \pm 0.095	0.393 \pm 0.131	0.438 \pm 0.130	0.441 \pm 0.086	0.441 \pm 0.088	0.516 \pm 0.056
Var C (%)	0	33.3 \pm 0.7	33.1 \pm 0.9	18.7 \pm 0.9	30.1 \pm 0.8	35.6 \pm 0.9	29.2 \pm 0.7	57.4 \pm 0.9
Ratio T/C	58.0 \pm 17.7	50.8 \pm 11.3	54.8 \pm 17.1	61.7 \pm 26.8	54.8 \pm 26.6	58.4 \pm 12.1	48.6 \pm 13.6	35.4 \pm 8.5
Var T/C (%)	0	-6.6 \pm 0.3	1.4 \pm 0.4	15.6 \pm 0.6	3.3 \pm 0.6	8.1 \pm 0.4	-10.9 \pm 0.3	-33.7 \pm 0.2

TABLA 5. Media, desviación estándar y significación

FIGURA 2.

Testosterona. Valores de concentración, % de variación y cambios significativos. Las líneas grises verticales representan de izquierda a derecha: Inicio de temporada y Copa del Rey. (*): $p < 0.05$; (**): $p < 0.01$. R^2 : Correlación de la línea de tendencia

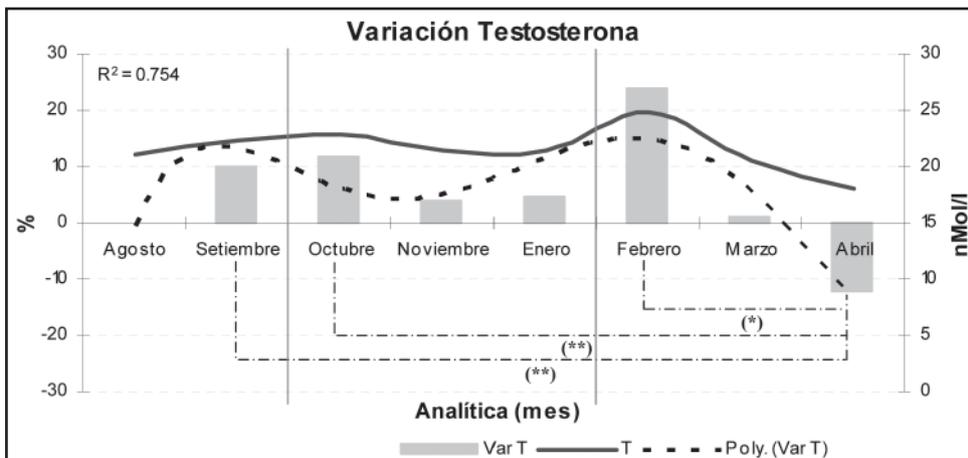


FIGURA 3.

Cortisol. Valores de concentración, % de variación y cambios significativos. Las líneas grises verticales representan de izquierda a derecha: Inicio de temporada y Copa del Rey. (*): $p < 0.05$; (**): $p < 0.01$. R^2 : Correlación de la línea de tendencia

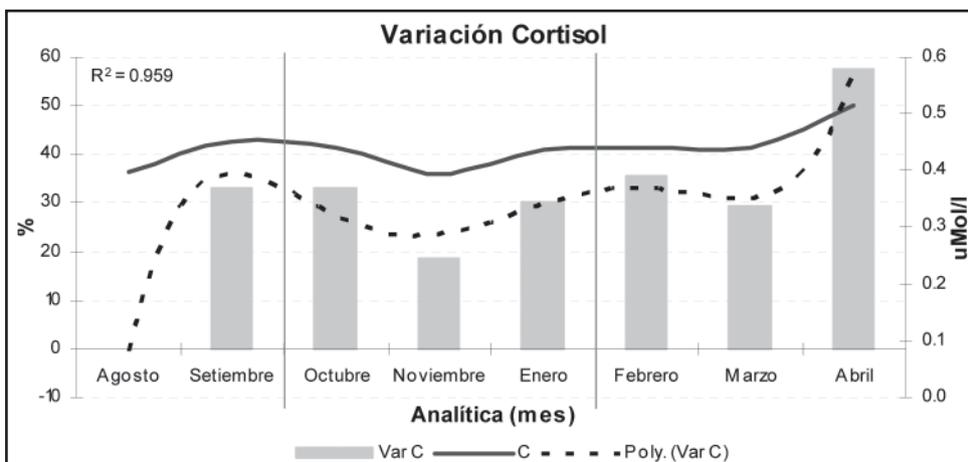
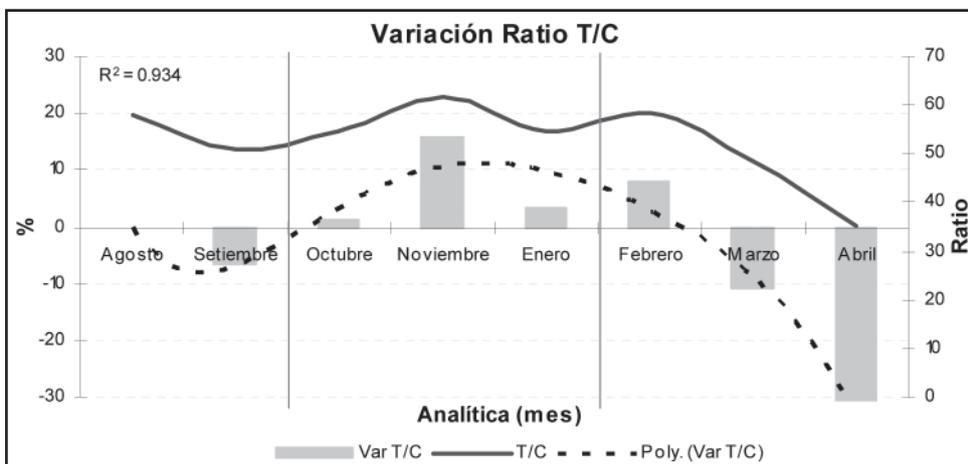


FIGURA 4.

Ratio T/C. Valores, % de variación y cambios significativos. Las líneas grises verticales representan de izquierda a derecha: Inicio de temporada y Copa del Rey. (*): $p < 0.05$; (**): $p < 0.01$. R^2 : Correlación de la línea de tendencia



y uno máximo de $0.617 \mu\text{Mol/l}$. El Cortisol no presenta variaciones significativas a lo largo de la temporada (Figura 3).

Por último, obtenemos una ratio T/C media de 52.8 ± 8.2 , con un valor mínimo de 21.8 y uno máximo de 118.2. La ratio T/C no presenta variaciones significativas a lo largo de la temporada (Figura 4).

Valores medios de % de variación de Testosterona, Cortisol y Ratio T/C

La variación de T presenta un valor medio de $5.4 \pm 10.4\%$, uno mínimo de -33.7% y uno máximo de 82.6% . Existen diferencias significativas entre las analíticas: 8^{a} vs. 2^{a} (-0.221% , $p=0.034$), 8^{a} vs. 3^{a} (-0.239 , $p=0.010$) (Figura 2).

El valor medio de variación de C presenta un valor medio de $29.7 \pm 6.2\%$, uno mínimo de -52.1% y uno máximo de 234.6% . La variación de C no presenta variaciones significativas a lo largo de la temporada (Figura 3).

Por último, obtenemos un valor medio de la ratio T/C de $-2.9 \pm 14.9\%$, un valor mínimo de -74.4% y uno máximo de 140.3% . La variación de C no presenta variaciones significativas a lo largo de la temporada (Figura 4).

DISCUSIÓN

Este estudio representa una de las pocas investigaciones que aporta un seguimiento de este tipo de variables a lo largo de una temporada deportiva, utilizando como muestra sujetos de elite que disputan la liga ACB.

Los valores obtenidos de T y C a lo largo de las 8 analíticas se encuentran dentro de los parámetros normales de referencia. De las hormonas analizadas, la T (concentración y variación) presenta cambios significativos a lo largo de la temporada, haciéndonos reflexionar sobre las posibles relaciones entre estos resultados y los objetivos del equipo planificados.

La testosterona incrementa linealmente en respuesta al ejercicio a una intensidad-umbral determinada¹⁸. Niveles bajos de esta hormona podrían reflejar la adaptación al estrés crónico provocado por la acumulación de la fatiga a lo largo de la temporada^{7,44}. La testosterona ha sido propuesta por algunos autores como un indicador válido de fatiga dada su relación con procesos anabólicos³². En nuestro estudio, dicho aumento se constata al iniciar la temporada, pero no significativamente. Coincidiendo con estudios anteriores, encontramos los valores más bajos al finalizar la temporada, tanto en los valores de concentración: 8^{a} vs. 2^{a} (-4.4 nMol/l , $p=0.010$), 8^{a} vs. 3^{a} (-4.9 nMol/l , $p=0.004$) y 8^{a} vs. 6^{a} (-6.8 nMol/l , $p=0.013$); como en los valores de % de variación 8^{a} vs. 2^{a} (-0.221% , $p=0.034$), 8^{a} vs. 3^{a} (-0.239 , $p=0.010$). Estos resultados podrían reflejar una la acumulación de fatiga a lo largo de la temporada³⁸ y, junto con otros indicadores (de rendimiento, emocionales, fisiológicos, etc.)², podría ser útil para valorar el estado del jugador³². Hoffman (1999), por el contrario, observa poca variación de esta hormona después de 28 días de una concentración nacional, un mes después de la temporada de competición, concluyendo que este resultado podría deberse a la acumulación de fatiga provocada por la temporada o a una recuperación incompleta de los efectos de la misma.

El cortisol tiende a aumentar su respuesta al incremento de volumen y al estrés^{2,18}. Los resultados obtenidos coinciden con estos autores, aumentando y manteniéndose altos a lo largo de la temporada. Aunque no encontramos cambios significativos, destacamos la tendencia media. Estos resultados contradicen los publicados por Seco (2003) —donde el cortisol descendía durante la temporada— y los de Hoffman (1999) —donde aumentaba después de una reducción del volumen de entrenamiento—. Los resultados de ambos autores podrían deberse a un sobreenentrenamiento de los sujetos, teniendo en cuenta la respuesta bifásica del cortisol al volumen de entrenamiento, provocando un incremento en relación a dicho volumen en una fase temprana y, una vez excedido el umbral de fatiga, un decremento provocado por posibles alteraciones

del eje hipotálamo-hipofiso-adrenal⁹. En el caso de Seco, la muestra es un equipo que disputaba doble competición (3 partidos a la semana); en el estudio de Hoffman, la concentración de la selección nacional se realiza un mes después de la temporada de competición, pudiendo ser influida por un estado de recuperación incompleta por parte de los jugadores (conclusión a la que llega el propio autor).

La ratio T/C ha sido propuesta por diversos autores como indicador potencial de la carga de entrenamiento¹¹, pudiendo ser una herramienta útil para intervenir en su planificación, antes de que se produzcan alteraciones fisiológicas patológicas en los deportistas^{9,13}. Los resultados obtenidos no confirman estas afirmaciones, puesto que no presentan cambios significativos a lo largo del estudio, pero destacamos el decremento de la ratio T/C al finalizar la temporada. Este descenso coincidiría con los valores presentados por Handziski (2006) y Radoje (2005), pudiendo reflejar la fatiga acumulada a lo largo de toda de la temporada. No obstante, aunque obtenemos valores individuales superiores al 30%, no podemos afirmar que reflejen necesariamente un estado de sobreentrenamiento^{36,37,45}. Para confirmar dicha afirmación, deberíamos disponer de más indicadores^{7,30,36}. Las variaciones del T/C obtenidas en este estudio coinciden con los resultados de Hoffman (1999), donde no se obtienen dife-

rencias significativas entre los valores iniciales y finales en una concentración nacional.

En resumen, el efecto de una temporada de baloncesto queda reflejado de forma significativa en la testosterona. El C aumenta al iniciar los entrenamientos y permanece elevado toda la temporada, pero no presenta cambios significativos. Al finalizar la temporada se observan los valores más bajos de T y T/C y los más elevados de C, pudiendo reflejar la acumulación de fatiga a lo largo de la temporada. La T podría ser un indicador del estado del jugador e incluso podría justificar, junto con otros indicadores, intervenciones necesarias para optimizar las cargas de entrenamiento de forma individual. Futuras investigaciones deberán comparar estas variaciones con parámetros objetivos de carga de entrenamiento y/u otros moduladores hormonales.

AGRADECIMIENTOS

Los autores del artículo agradecen su colaboración al jefe de los servicios médicos del club, Dr. Ramón Serra, así como a la Mútua Intercomarcal y los Laboratorios Nogueras por la disponibilidad y presteza en la recogida de muestras. Agradecer también las facilidades prestadas por técnicos y jugadores, así como al Sr. Xavi Portales por la colaboración en la confección del texto.

B I B L I O G R A F Í A

- Budgett R.** Fatigue and underperformance in athletes: the overtraining síndrome. *Brit J Sport Med* 1998;32:107-110.
- Viru A, Viru M.** Análisis y control del entrenamiento deportivo. Barcelona: Paidotribo, 2003.
- Bompa T.** Periodización: Teoría y metodología del entrenamiento. Madrid: Hispano-Europea, 2003.
- Eloumi 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.
- Kraemer WJ, Ratamess NA.** Hormonal responses and adaptations to resistance exercise and training. *Sports Med* 2005;35(4):339-61.

6. Gleeson M. Biochemical and immunological markers of overtraining. *J Sport Sci Med* 2002;1(31-41).
7. Hoffman JR, Epstein S, Yarom Y, Zigel L, Einbinder M. Hormonal and biochemical changes in elite basketball players during a 4-week training camp. *J Strength Cond Res* 1999;13(3):280-5.
8. Lehmann M, Lormes W, Optiz-Gress A, Steinacker J, Netzer N, Foster C, Gastmann U. Training and overtraining: an overview and experimental results in endurance sports. *J Sport Med Phys Fit* 1997;37:7-17.
9. Urhausen A, Gabriel H, Kindermann W. Blood hormones as markers of training stress and overtraining. *Sports Med* 1995;20(4):251-76.
10. Hoffman J. Use of performance testing for monitoring overtraining in elite youth basketball players. *National Strength & Conditioning Association* 2000;22(6):54-62.
11. Adlercreutz H, Harkonen M, Kuoppasalmi K, Naveri H, Huhtamieni H, Tikkanen H, Remes K, Dessypris A, Karvonen J. Effect training on plasma anabolic and catabolic steroid hormones and their responses during physical exercise. *Int J Sports Med* 1986;7:27-8.
12. Seco J, Villa JG, Córdova A. El daño muscular provocado por el ejercicio y la competición en jugadores profesionales de baloncesto ACB. *Arch Med Dep* 2003;98:516-7.
13. Vervoorn C, Quist A, Vermulst L, Erich, de Vries W, Thijssen J. The behaviour of the plasma free testosterone/cortisol ratio during a season of elite rowing training. *Int J Sports Med* 1991;12:257-63.
14. Blanco J, De Brito JC. Respuestas fisiológicas durante el juego de baloncesto en pre-adolescentes y adolescentes. *Arch Med Dep* 2003;XX(96):305-309.
15. Latorre PA, Soto VM. Efectos de la fatiga en los parámetros cinemáticos de corredores de fondo a velocidades competitivas. *Biomecánica* 2002;10(2):111-21.
16. Morgan WP, Brown DR, Raglin JS, O'Connor PJ, Ellickson KA. Psychological monitoring of overtraining and staleness. *Brit J Sport Med* 1987;21(3):107-14.
17. Seco J, Vaquera A, García J. El estrés psicofísico en jugadores profesionales de baloncesto. in II congreso Ibérico de baloncesto de Cáceres. 2003. Facultad de ciencias de la actividad Física y el deporte de Cáceres. Universidad de Extremadura.
18. Brownlee KK, Moore AW, Hackney AC. Relationship between circulating cortisol and testosterone: influence of physical exercise. *J Sport Sci Med* 2005;4(76-83).
19. Brownlee K, Viru M, Viru A, Behr M, Hackney A. Exercise and the relationship between circulating cortisol and testosterone concentrations in men. *Physical Education and Sport* 2006;50:30-33.
20. Keizer H, Janssen GM, Menheere P, Kranenburg G. Changes in basal plasma testosterone, cortisol, and dehydroepiandrosterone sulfate in previously untrained males and females preparing for a marathon. *Int J Sports Med*. 1989;10(Suppl 3):S139-45.
21. Crowley M, Matt K. Hormonal regulation of skeletal muscle hypertrophy in rats: the testosterone to cortisol ratio. *Eur J Appl Physiol* 1996;73:66-72.
22. Banfi G, Marinelli M, Roi GS, Agape V. Usefulness of free testosterone/cortisol ratio during a season of elite speed skating athletes. *Int J Sports Med* 1993;14:373-79.
23. Hoffman JR, Falk B, Radom-Isaac S, Weinstein Y, Magazanik A, Wang Y, Yarom Y. The effect of environmental temperature on testosterone and cortisol responses to high intensity, intermittent exercise in humans. *Eur J of Appl Physiol & Occup Physiol* 1996;75(1):83-87.
24. Passelergue P, Robert A, Lac G. Salivary cortisol and testosterone variations during an official and a simulated weight-lifting competition. *Int J Sports Med* 1995;16(5):298-303.
25. Roberts AC, McClure. RD, Weiner RI, Brooks GA. Overtraining affects male reproductive status. *Fertil Steril* 1993;60:686-92.
26. Fry AC, Kraemer WJ. Resistance exercise overtraining and overreaching. Neuroendocrine responses. *Sports Med* 1997;23(2):106-29.
27. Eichner ER. Overtraining: Consequences and prevention. *J Sport Sci* 1995;13(1 supp 1):41 - 48.
28. Urhausen A, Kindermann W. Diagnosis of Overtraining: What Tools Do We Have? *Sports Med* 2002;32(2):95-102.
29. Pyne D, Mujika I, Reilly T. Peaking for optimal performance: Research limitations and future directions. *J Sport Sci* 2009;27(3):195-202.

30. Coutts A, Reaburn P, Piva T, Rowsell G. Monitoring for overreaching in rugby league players. *Eur J Appl Physiol* 2007;99(3):313-24.
31. Gleeson M, Allgrove J, Reddin D. Salivary cortisol, testosterone and immunoglobulin a changes during 3 consecutive weeks of training and international competition in elite rugby players. in 12TH Annual Congress of the ECSS. 2007. Jyväskylä, Finland.
32. Maso F, Lac G, Filaire E, Michaux O, Robert A. Salivary testosterone and cortisol in rugby players: correlation with psychological overtraining items. *Brit J Sport Med* 2004;38(3):260-3.
33. Maso F, Lac G, Michaux O, Robert A. The French Society of Sport Medicine compartmental questionnaire. Correlations with cortisol and testosterone levels throughout the sporting season in a high level rugby team. *Sci Sport*. 2003;18:299-301.
34. Banfi G, Dolci A. Free testosterone/cortisol ratio in soccer: usefulness of a categorization of values. *J Sports Med Phys Fitness* 2006;46(4):611-6.
35. De Vita F, Dorizzi R, Corradini G, Caruso B. Training and hormonal variability in a premier league soccer team. in 12th Annual Congress of the ECSS. 2007. Jyväskylä, Finland.
36. Filaire E, Bernain X, Sagnol M, G. L. Preliminary results on mood state, salivary testosterone:cortisol ratio and team performance in a professional soccer team. *Eur J Appl Physiol* 2001;86(2):179-184.
37. Gorostiaga EM, Izquierdo M, Ruesta M, Iribarren J, González-Badillo JJ, Ibáñez J. Strength training effects on physical performance and serum hormones in young soccer players. *Eur J Appl Physiol* 2004;91(5):698-707.
38. Handziski Z, Maleska V, Petrovska S, Nikolik S, Mickoska E, Dalia M, Kostova E. The changes of ACTH, cortisol, testosterone and testosterone/cortisol ratio in professional soccer players during a competition half-season. *Bratisl Lek Listy*. 2006;107(6-7):259-63.
39. Filaire E, Lac G. Dehydroepiandrosterone (DHEA) rather than testosterone shows saliva androgen response to exercise in elite handball players. *Physiol Biochem* 2000;21:17-20.
40. Radoje R, Josko O. Whole season variation of free testosterone/ cortisol ratio in elite basketball players. in 10TH Annual Congress of the ECSS. 2005. Belgrade.
41. González-Bono E, Salvador A, Serrano MA, Moya-Albiol L, Martínez-Sanchis S. Effects of Training Volume on Hormones and Mood in Basketball Players. *Int J Stress Management* 2002;9(4):263-73.
42. Daniels SR, Houry PR, Morrison JA. The Utility of Body Mass Index as a Measure of Body Fatness in Children and Adolescents: Differences by Race and Gender. *Pediatrics* 1997;99(6):804-7.
43. Kricka L. Chemiluminescent and bioluminescent techniques. *Clin Chem* 1991;37(9):1472-81.
44. Houmard JA, Costill DL, Mitchell JB, Park SH, Fink WJ, Burns JM. Testosterone, cortisol, and creatine kinase levels in male distance runners during reduced training. *Int J Sports Med* 1990;11:41-5.
45. Hoogeveen A, Zonderland M. Relationships between testosterone, cortisol and performance in professional cyclists. *Int J Sports Med* 1996;17:423-8.

Recordamos que, con la finalidad de agilizar el contacto con los miembros de FEMEDE y poder remitirles informaciones puntuales de modo inmediato, es interesante se nos facilite un buzón electrónico.

Nombre:

Buzón:

Cumplimentar con mayúsculas. Remitir a: Fax: 948-171431