

Monitorización de biomarcadores sanguíneos en jugadores profesionales de fútbol durante la fase preparatoria y competitiva

Monitoring biochemical markers in professional soccer players during the season and preseason preparation phase

**Javier Vilamitjana¹, Julio César Vaccari², Mariano Toedtli³, Diego Navone²,
Jose Maria Rodríguez-Buteler⁴, Pablo Emilio Verde⁵ y Julio Calleja-González⁶**

- 1.Cenard (Centro Nacional de Alto Rendimiento Deportivo). Argentina
- 2.Club Atlético Paz. Argentina
- 3.Club Atlético Aeronáutico y Mutual Sarmiento de Leones. Argentina
- 4.Club Deportivo Godoy Cruz Antonio Tomba. Argentina
- 5.Universidad de Dusseldorf. Alemania
- 6.Universidad del País Vasco - UPV/EHU. España

Resumen

El principal objeto de este estudio fue analizar los cambios plasmáticos de biomarcadores obtenidos en jugadores profesionales de fútbol de Argentina ($n = 22$) durante la fase preparatoria (E1 y E2) y posteriormente en las seis semanas de la fase competitiva (E3). La muestra fue dividida en dos grupos de 11 jugadores: titulares (aquellos que intervinieron en las primeras siete fechas oficiales) y suplentes (aquellos que jugaron como suplentes). Se analizaron los niveles de creatinquinasa (CK), lactato de hidrogenasa (LDH), testosterona libre (TL) y cortisol (C) en plasma como biomarcadores. El índice testosterona-cortisol (T/C) fue calculado y tenido en cuenta como otro indicador del balance metabólico. Al realizar la comparación entre los dos grupos de análisis, no se han observado diferencias estadísticamente significativas entre E1-E2. La diferencia más relevante se presenta durante el período competitivo: en los suplentes la CK no aumenta, la TL y el índice T/C se incrementaron ($E3 > E2$; $p < 0,05$), mientras que la LDH disminuyó ($E3 < E2$; $p < 0,05$). En conclusión, no se han obtenido diferencias significativas entre grupos para E1-E2. Se describe un punto de inflexión para los dos grupos durante el período competitivo: el hecho de que el grupo suplentes prácticamente no interviniera en el transcurso de los partidos ha determinado que los biomarcadores que se relacionan con el daño celular en el músculo no se vieran afectados, mientras que el incremento de la TL y el T/C estarían revelando un balance positivo entre los procesos anabólicos-catabólicos durante el transcurso del período analizado.

Palabras claves: fútbol profesional; biomarcadores; daño celular; procesos anabólicos y catabólicos; pretemporada; temporada.

Abstract

The aim of this study is to analyze changes of stress-related biochemical markers in Argentine professional soccer players ($n = 22$) at 3 timepoints during the soccer season: beginning of preseason (E1), beginning of season (E2), and after 6 weeks of competitive season (E3). The sample of players was divided in two groups of 11: starters players during the first seven matches of the season, and substitute players. Concentrations of creatine kinase (CK), lactic-acid dehydrogenase (LDH), testosterone (TL) and cortisol (C) were assayed in serum samples, and testosterone-cortisol ratio (T/C) was also calculated. We observed no significant differences between both groups during preseason (E1-E2), but a higher in-season level of TL and T/C ($E3 > E2$; $p < 0.05$) was observed in non-starter players. Besides, a decrement of LDH values were determined in this group during the season ($E3 < E2$; $p < 0.05$). In conclusion, this study shows that soccer players face no significant difference between both groups during preseason, but significant difference in biomarkers of physiologic strain and hormonal stress-related parameters during the season suggest a positive balance in non-starters players.

Key words: professional players; biomarkers; physiologic and hormonal stress; preseason; season.

Correspondencia/correspondence: Javier Vilamitjana
Cenard (Centro Nacional de Alto Rendimiento Deportivo). Argentina
Email: vilamitjana@yahoo.com

Introducción

La prescripción de las cargas de entrenamiento ha tenido un valor relevante en los deportes de alto rendimiento, existiendo una variedad de estudios que describen el comportamiento de biomarcadores a lo largo de la temporada (Martinez, Seco, Tur, Abecia, Orella, Biescas, 2010; Oliver, Lloyd y Whitney, 2015; Thorpe, Strudwick, Buchheit, Atkinson, Drust y Gregson, 2016; Vaquera, Mielgo-Ayuso, Calleja-González y Leicht, 2016), así como también en el campo del fútbol profesional (Fillingeri, Proia, Bianco, Schiera, Saladino, Pomara, Petrucci, Traina, Palma, 2011; Michailidis, 2014; Romagnoli, Sanchis-Gomar, Alis, Risso-Ballester, Bosio, Graziani, Rampinini, 2015; Proia, Bianco, Schiera, Saladino, Pomara, Petrucci, Traina, Palma, 2012; Silva, Ascensao, Marques, Seabra, Rebelo, Magalhaes, 2013).

El debate sobre el tipo de parámetros fisiológicos que guardan relación con la fatiga aún persiste, donde prolifera una considerable heterogeneidad sobre la respuesta a la intervención de la carga y la coacción con sus diferentes componentes: la magnitud y el carácter de la fatiga que se desarrollan como resultado del trabajo efectuado son factores básicos que influyen sobre los mecanismos y procesos de recuperación (Nédélec, McCall, Carling, Legall, Berthoin, Dupont, 2012; Zhelyazkoz, 2001).

Entre los diferentes marcadores descritos en el fútbol de competición, los niveles de testosterona y cortisol en sangre han sido propuestos como indicadores del balance entre los procesos anabólicos y catabólicos (Mujika, Chatard, Padilla, Guezennec, y Geysant, 1996; Halson y Jeukendrup, 2004; Schelling, Calleja-Gonzalez, Torres-Ronda y Terrados, 2015). El índice testosterona/cortisol (T/C) es un indicador de los efectos positivos y negativos debido a la acción que las hormonas tienen sobre el crecimiento, la síntesis proteica y el metabolismo muscular (Mackinnon, Hooper, Jones, Gordon y Bachmann, 1997). Niveles altos de testosterona se asocian con niveles altos de rendimiento y con procesos de recuperación óptimos, mientras que el sentido contrapuesto, asociado con un incremento del cortisol guarda relación con el sobre entrenamiento y la pérdida del rendimiento (Coutts, Reaburn, Piva, Murphy, 2007; Mujika y col., 1996; Vervoorn, Quist, Vermulst, Erich, De Bries y Thijssen, 1991). Por lo tanto, el índice disminuye en relación a la intensidad y la duración del entrenamiento, indicando el impacto de carga fisiológica real en ese instante (Duclos, 2008; Mohr, Krusturp y Bangsbo, 2005; Urhausen, Gabriel, Kindermann, 1995).

Por otra parte, están los marcadores bioquímicos indicadores del daño muscular: el tejido muscular puede ser dañado como consecuencia de factores mecánicos y metabólicos (Brancaccio, Lippi, Nicola Maffulli, 2010; Bijsterbosch, Duursma A, Smit, Bos, Bouma, Gruber, 1985). De hecho, la rbdomiolisis por esfuerzo puede resultar de un daño directo e indirecto de la membrana muscular, produciendo un transvase de ciertos componentes de la membrana hacia el líquido extracelular (Brancaccio y col. 2010; Bijsterbosch y col., 1985). En el fútbol de elite, la gran mayoría de los jugadores extenuan su potencial físico durante los encuentros, evidenciándose cuadros de fatiga muscular aguda, entendida como el fallo para mantener la producción de fuerza requerida o esperada (Mohr y col., 2005). El límite sobre el nivel de intensidad por el cual el musculo puede soportar es el punto de equilibrio: cuando la carga excede un cierto límite, la creatina quinasa (CK) y otras enzimas proteicas como la lactato de hidrogenasa (LDH), se liberan hacia el fluido intersticial y son absorbidas a través del sistema linfático, retornando de esta manera al flujo sanguíneo (Bijsterbosch y col., 1985). La LDH es inducida por el ejercicio, y el grado de su incremento dependerá de la intensidad y la duración del esfuerzo (Priest, Oei, Moorehead, 1982; Munjal, McFadden, Matix, Coffman, Cattaneo, 1983; Stokke, 1982). Se ha observado un importante incremento de LDH entre el

tercer y quinto día posterior a una sesión de entrenamiento comprendida por contracciones excéntricas (Brancaccio, Maffulli, Buonauro, Limongelli, 2008; Friden, Sfakianos, Hargens, 1989), mientras que para la enzima CK los niveles más altos se registraron entre el segundo y el séptimo día post esfuerzo (Brancaccio y col., 2008; Serrao, Foerster, Spada, Morales, Monteiro-Pedro, Tannús, Salvini, 2003).

Una mejor comprensión acerca de los efectos del entrenamiento sobre los biomarcadores, puede proveer información relevante para el uso de diferentes estrategias utilizadas en la búsqueda del rendimiento (Argus, Gill, Keogh, Hopkins, Beaven, 2009; Duclos, 2008). Algunos autores han llevado a cabo una comparación de todos los biomarcadores mencionados anteriormente con jugadores profesionales de fútbol en diversos períodos de la temporada (Alis, Sanchis-Gomar, Ferioli, La Torre, Bosio, Xu, Lombardi, Romagnoli, Rampinini, 2015; Coelho, Pimenta, Paixao, Morandi, Kappes Becker, Coelho, L., Silami-Garcia, 2015; Silva, Rebelo, Marques, Pereira, Seabra, Ascensão, Magalhães, 2014), pero aún persiste un cierto nivel de controversia sobre el comportamiento de dichos biomarcadores: por ejemplo, dos de ellos concluyeron que los incrementos de CK evidenciaron una carga manifestada por la acumulación de partidos (Silva y col., 2014; Alis y col., 2015), mientras que para Coelho y col. (2015) no se determinaron cambios importantes de CK durante la fase competitiva. Y con respecto al índice T/C, los autores han observado un incremento de los valores plasmáticos, pero en distintas proporciones y en diferentes momentos durante el periodo competitivo.

En este contexto, y teniendo en cuenta que para nuestro conocimiento no se ha publicado ningún estudio que analizara el comportamiento de dichas variables en el fútbol de ligas argentinas, el principal propósito de este estudio fue analizar sobre los cambios de dosaje en plasma de biomarcadores obtenidos en jugadores profesionales del fútbol durante la fase preparatoria y competitiva, hipotetizando que el grupo de jugadores titulares presenta mayor concentración de creatinquinasa, de cortisol, y menores valores de testosterona.

Método de estudio

Muestra

Se llevó a cabo un estudio observacional descriptivo, longitudinal de incidencia, con 22 jugadores profesionales de fútbol (edad: $23,4 \pm 2,4$ años; masa corporal: $78,4 \pm 8,2$ kg; talla: $179,6 \pm 6,5$ cm; porcentaje graso: $6,9 \pm 0,9$ %) correspondientes a un club de primera división de la Argentina. Dos jugadores del equipo provenían de países extranjeros (Paraguay y Ecuador). Los porteros fueron excluidos del estudio debido a que la distancia y las intensidades evaluadas durante entrenamientos y/o partidos difieren de aquellas correspondientes a jugadores de campo.

Previo al comienzo de la temporada, los jugadores fueron evaluados con el protocolo médico de FIFA, no presentando ninguno de ellos alguna dolencia, patología o lesión, como también ninguna prescripción médica. Durante el entrenamiento los futbolistas realizaban contenidos específicos de velocidad y fuerza, además de las tareas de fútbol. Los jugadores que hubieran padecido algún tipo de lesión traumática, músculo-tendinosa, o de carácter neural en los 3 meses previos a la realización de los test fueron excluidos del estudio, como también, aquellos jugadores que estuvieran bajo tratamiento con medicamentos. Todos los participantes fueron informados de los objetivos de la investigación, participaron voluntariamente en el estudio, sin interferir en el entrenamiento programado. El protocolo de estudio fue aprobado por el

Consejo Institucional de Revisión local y desarrollado acorde con la Declaración de Helsinki (actualización en Fortaleza, 2013).

Se dividió a la muestra de jugadores en dos grupos de 11:

- 1- Jugadores Titulares: aquellos jugadores que comenzaron jugando los partidos y que acumularon la mayor cantidad de minutos en siete fechas oficiales (minutos totales: $531,6 \pm 118,1$ minutos).
- 2- Jugadores Suplentes: aquellos jugadores que comenzaron el partido desde el banco de suplentes y que acumularon la menor cantidad de minutos en siete partidos oficiales (minutos totales: $31,5 \pm 42,8$ minutos). Cabe aclarar que algunos de ellos no sumaron minutos de juego durante el período de estudio.

En la tabla 1, se pueden observar el resumen de las evaluaciones antropométricas y de rendimiento realizadas al comienzo de la pretemporada para los dos grupos de estudio.

Tabla 1. Evaluación antropométrica y de rendimiento realizados a los dos grupos de estudio al comienzo de la pretemporada. Tamaño muestral de cada grupo, media y desviación estándar.

	Grupo Titulares (n:11)	Grupo Suplentes (n:11)
Edad (años)	23,7 \pm 2,1	23,1 \pm 2,6
Masa Corporal (kg)	77,7 \pm 8,9	79,1 \pm 7,8
Talla (cm)	180,1 \pm 7,3	179,2 \pm 6,0
Adiposidad (%)	6,9 \pm 0,9	7,0 \pm 0,1
Intensidad Yo-Yo (RI 1)	18,4 \pm 1,2	18,0 \pm 1,8

Procedimiento de Extracción

Niveles de TL (U/l), C (ug/l), CK (U/l) y LDH (U/l) en plasma fueron analizados como indicadores del balance entre los procesos anabólico y catabólico en diferentes períodos de la temporada (dos veces durante el período preparatorio y una vez durante el período competitivo). El índice T/C fue calculado y tenido en cuenta como otro indicador del balance metabólico. La extracción fue realizada a las 36 horas de la última sesión de entrenamiento del segundo microciclo (período preparatorio) y entre las 36-48 horas post partido durante el período competitivo. El procedimiento fue llevado a cabo en las instalaciones del club, durante horas de la mañana (7:00 a 8:00 AM) y en condiciones de ayuno.

Las muestras de sangre fueron obtenidas desde la vena ante cubital y recolectadas en tubos secos con anticoagulante EDTA para su posterior análisis. Niveles de testosterona y cortisol en plasma fueron analizados por el método electroquimioluminiscencia (ECLIA; Cobas E411, reactivos para analizador Cobas), el cual presenta alta sensibilidad analítica y permite amplios rangos de medición. La actividad de la CK y la LDH en plasma fue evaluada por el método de espectrofotometría en autoanalizador (Wiener CB350i, reactivos provistos por Wiener Lab).

Programa de Entrenamiento

Los jugadores fueron evaluados en tres momentos durante la temporada (figura 1):

- Al comienzo de la segunda semana del período preparatorio (semana 2) (E1),
- A término del período preparatorio (semana 4), luego de haber jugado la primera fecha del campeonato (E2),
- A término de la sexta semana de competencia (o semana 10) (E3).

El volumen fue determinado a partir de la sumatoria de minutos netos de entrenamiento con pelota. La intensidad fue valorada por el sistema de monitoreo diario Zephyr Bioharness v4.1.1 (tecnología de acelerometría y GPS, validada previamente por Brooks y col., 2013; Kim y col., 2012). El parámetro elegido fue el de “Intensidad del Entrenamiento” (“*Training Intensity*”), el cual es el promedio entre los valores de intensidad fisiológica o carga interna (“*Physiological Intensity*”) e intensidad mecánica o carga externa (“*Mechanical Intensity*”).

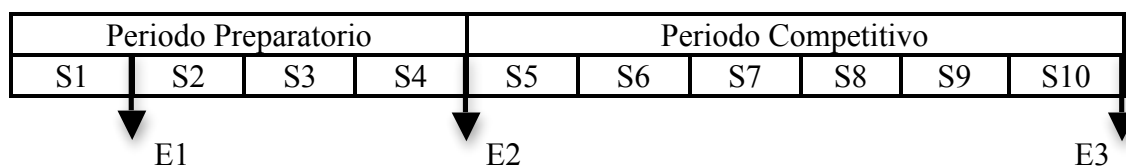


Figura 1. Instancias de evaluación durante el periodo preparatorio y competitivo.

Durante el período preparatorio: Entre las mediciones E1 y E2 los jugadores acumularon 870 ± 7 minutos netos de entrenamiento con pelota, divididos en 16 sesiones (55 minutos por sesión). La distancia recorrida en este período fue de 88 kilómetros (5,5 kilómetros por sesión). Además, se llevaron a cabo dos sesiones semanales de fuerza con entrenamiento funcional y ejercicios de tipo preventivos específicos (75 minutos cada una). Los niveles de intensidad de entrenamiento con pelota para las dos primeras semanas fueron de 3,0 a 3,1, y para la tercer y cuarta semana de 3,5 y 3,9 respectivamente. Todas las sesiones finalizaron con un ejercicio de carrera regenerativa de 8 a 10 minutos de duración, y un estímulo de flexibilidad activa y pasiva de 10 minutos.

Durante el período competitivo: La tercera evaluación (E3) se realizó luego de seis semanas de competencia. En cada microciclo competitivo se llevaron a cabo: 5 sesiones con pelota, de 55 minutos netos (promedio) en cada sesión, dos sesiones semanales de fuerza y el partido. Para estas seis semanas de competencia, se registró un rango de intensidad de entrenamiento con pelota de 3,6 a 4,3. Con referencia a la distancia recorrida por jugador, se acumularon durante este periodo entre 22 y 25 kilómetros por microciclo (4,5 a 5 kilómetros por sesión), sin considerar el promedio registrado por partido ($10,5 \pm 0,4$ kilómetros).

Análisis Estadístico

Los datos se resumen utilizando la media y el desvío estándar. La normalidad fue analizada mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Todas las variables presentaron una distribución normal por lo cual se optó por pruebas de carácter paramétrico. Se realizó un Test t apareados por jugador, por grupo (titular/suplente), comparando las tres evaluaciones entre sí para cada jugador. Luego se procedió a realizar un test de Levene y posteriormente un test de ANOVA para determinar diferencias significativas entre grupos. El nivel de significación fue establecido para $p < 0,05$. El software estadístico utilizado fue “R” (versión 3.3.1), catalogado como estándar internacional de software en estadística.

Resultados

Los cambios en los parámetros bioquímicos durante el período de estudio son presentados en la tabla 2. Los gráficos de boxplot para cada variable de estudio están detallados en la figura 2.

Tabla 2. Valores plasmáticos de creatinquinasa (CK), lactato de hidrogenasa (LDH), testosterona libre (TL), cortisol (C), e Índice testosterona/cortisol (T/C) determinados en cada evaluación para el grupo “titulares” y “suplentes”.

TITULARES	E1	E2	E3
CK (U/l)	1288,09 ± 775,35	331,45 ± 118,36 *	629,91 ± 447,84 *#
LDH (U/l)	424,27 ± 103,82	509,55 ± 283,03	396,09 ± 51,69
TL (U/l)	95,84 ± 20,84	119,18 ± 13,3 *	120,54 ± 30,06 *
Cortisol (ug/l)	12,97 ± 2,96	12,74 ± 2,83	12,49 ± 2,59
Índice T/C	7,78 ± 2,43	9,78 ± 2,39 *	9,82 ± 2,43 *

SUPLENTES	E1	E2	E3
CK (U/l)	1106,27 ± 619,14	324,73 ± 207,32 *	387,91 ± 176,37 *
LDH (U/l)	437,73 ± 89,75	459,91 ± 98,85	342,45 ± 94,32 *#
TL (U/l)	86,8 ± 18,51	111,98 ± 28,02 *	140,76 ± 19,29 *#
Cortisol (ug/l)	13,18 ± 2,2	13,49 ± 2,7	13,98 ± 2,26
Índice T/C	6,87 ± 2,39	8,45 ± 1,97 *	10,31 ± 2,17 *#

* p< 0,05 vs E1, # p< 0,05 vs E2

Para el grupo “titulares”, se observan cambios significativos de CK en cada una de las evaluaciones, aún para la E3 en comparación a la E1: disminuye al final del período preparatorio (74,3 % menos) ($p < 0,02$) y se incrementa luego de las 6 semanas de competición (90 % más) ($p=0,05$). En cambio, la TL y por consiguiente el índice T/C, aumentaron significativamente en E2 (24,4 y 25,7 % respectivamente) ($p=0,006$ y $p=0,02$), aunque se estabiliza durante el período competitivo (E3). Para la LDH y el C no se observaron cambios estadísticamente relevantes.

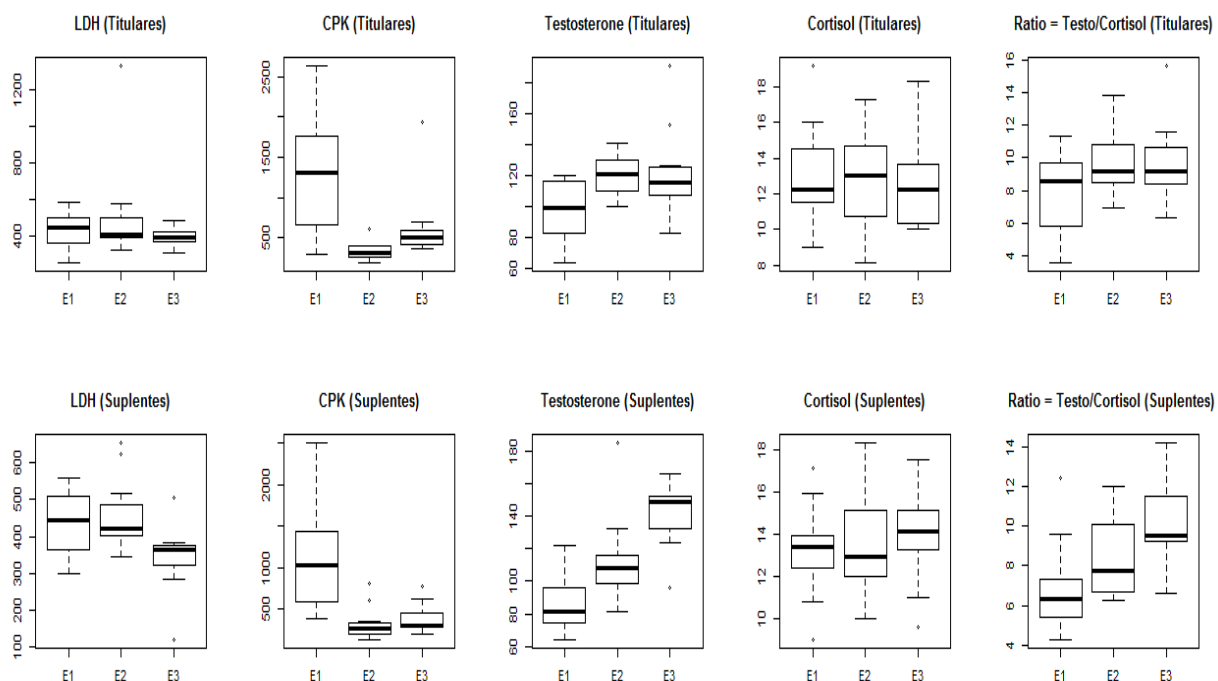


Figura 2. Gráficos boxplot para todas variables de estudio en el grupo “titulares” y “suplentes”.

Con respecto al grupo “suplentes”, la CK presento un descenso significativo (70,6 % menos; $p=0,001$), pero luego se estabilizó durante el período competitivo. En el caso de la LDH, se mantuvo durante el periodo preparatorio, pero descendió de forma significativa en la fase competitiva (25,5 % menos; $p=0,04$). Comparado con E1, la TL y el índice T/C se incrementaron progresivamente y significativamente a lo largo de todo el período (TL, E1 Vs E2: 29 %; $p=0,001$ y E2 Vs E3: 62,2 %; $p=0,004$) (índice T/C E1 Vs E2: 22,9 % $p=0,01$ y E2 vs E3: 50,1 % $p < 0,04$). El C no sufrió cambios significativos en todo el seguimiento evaluativo.

Al realizar la comparación entre ambos grupos de análisis, no se han observado diferencias estadísticamente significativas durante E1-E2. La diferencia más relevante se observa en el período competitivo (E2-E3): en el grupo “suplentes” la CK no aumenta, la TL y el índice T/C continúan con su incremento (TL, $p=0,004$; T/C, $p < 0,04$), mientras que la LDH disminuye con respecto a su medición anterior ($p < 0,04$) (ver figura 3, 4 y 5).

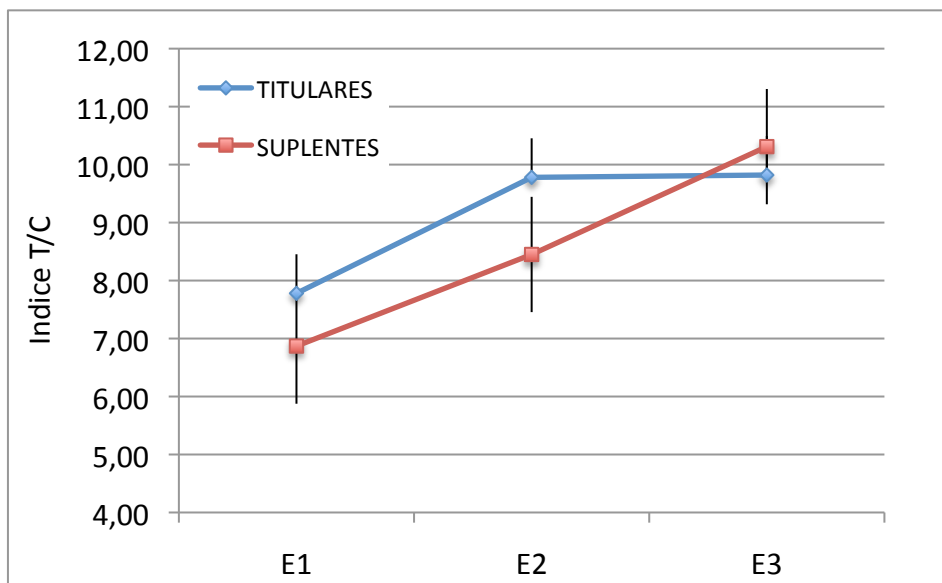


Figura 3. Valores del índice testosterona/cortisol (T/C) en las tres instancias de evaluación (E1, E2 y E3) para los dos grupos de estudio: “*titulares*” y “*suplentes*”.

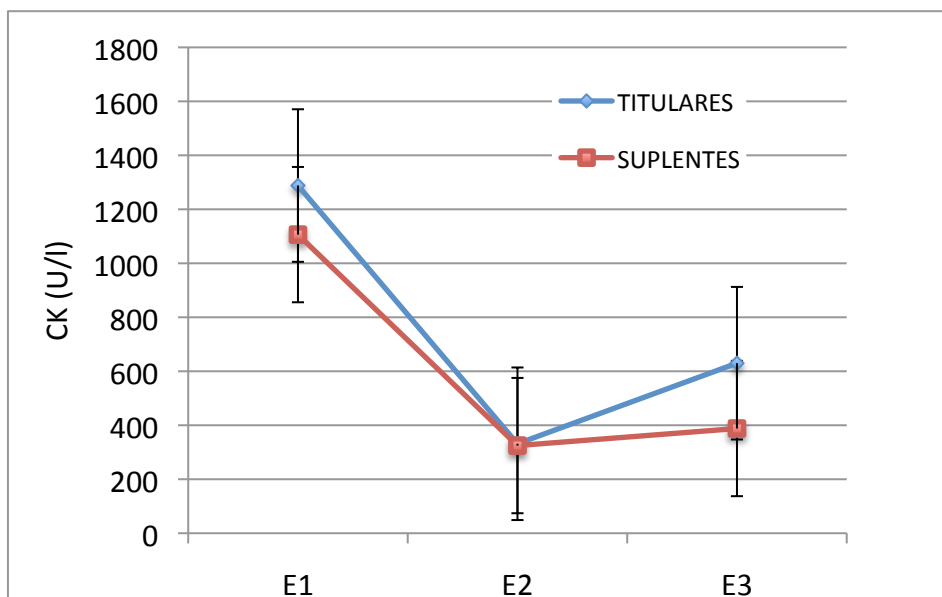


Figura 4. Niveles plasmáticos de la enzima creatinquinasa (CK) en las tres instancias de evaluación (E1, E2 y E3) para los dos grupos de estudio: “*titulares*” y “*suplentes*”.

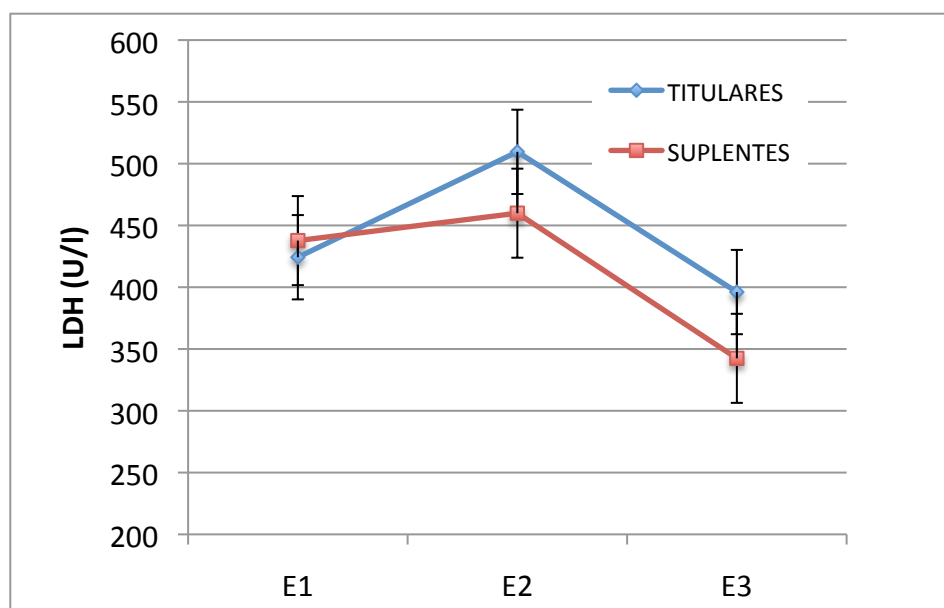


Figura 5. Niveles plasmáticos de la enzima lactato de hidrogenasa (LDH) en las tres instancias de evaluación (E1, E2 y E3) para los dos grupos de estudio: “titulares” y “suplentes”.

Discusión

Para nuestro conocimiento este es el primer estudio que analiza el comportamiento de dichas variables en jugadores argentinos de fútbol profesional. El análisis de los datos obtenidos para el grupo “titulares” durante el período preparatorio revela un descenso significativo de CK con un efecto inverso de la TL y una normalización del C, lo que resulta una disminución del índice T/C. Este comportamiento podría estar relacionado a una adecuada adaptación a la dosificación de la carga planificada durante la pretemporada (Handziski, Maleska, Petrovska, Nikolik, Mickoska, Dalip, Kostova, 2006). Otros estudios han obtenido un sentido contrapuesto a los resultados reflejados en el presente trabajo. Probablemente los niveles de carga empleados durante el período preparatorio difieren ampliamente cuando los métodos de entrenamiento provienen de diferentes escuelas futbolísticas (fútbol argentino vs fútbol brasilero) (Barbosa Coelho y col., 2015; Coelho, Morandi, Melo, Andrade, Coelho da Paixão, Silami-Garcia, 2014).

Tras seis semanas de competición (E2-E3), los niveles de TL en conjunción con los de C para el grupo “titulares” permanecieron estables, de modo que el índice de T/C no describió cambios significativos. Sin embargo, en otros estudios científicos, las variaciones producidas durante un ciclo competitivo han sido observadas con futbolistas profesionales (Alis y col., 2015; Silva y col., 2014) y con jugadores estudiantes universitarios (Kraemer, French, Paxton, Hakkinen, Volek, Sebastianelli, Putukian, Newton, Rubin, Gómez, Vescovi, Ratamess, Fleck, Lynch, Knuttgen, 2004). En investigaciones realizadas en la Liga Brasileña, los autores concluyeron que un descenso en el índice T/C hacia el final de la fase competitiva podría estar relacionado a los altos volúmenes de entrenamientos empleados por los equipos durante la temporada de juego (Lazarim, Antunes-Neto, da Silva, Nunes, Bassini-Cameron, Cameron, Alves, Brenzikofer, de Macedo, 2009; Coelho y col., 2015).

Por otro lado, los niveles plasmáticos de CK se vieron alterados durante E3 (incremento del 90 %). La carga manifestada por la acumulación de partidos es un efecto que se ha comprobado por diversos autores como Silva y col. (2014) y Alis y col. (2015). Para Barbosa Coelho y col. (2015), al igual que Lazarim y col. (2009) no determinaron cambios importantes de CK, aunque estos niveles fueron evaluados luego de 11 y 5 meses de competición, respectivamente.

Con relación a los niveles plasmáticos de LDH, no se evidenciaron diferencias estadísticamente significativas durante las tres mediciones. Alis y col. (2015) revelaron niveles más altos de LDH en sinergia con la CK en comparación con los determinados durante la pretemporada. Los autores afirman que este fenómeno se debió al daño muscular inducido por el acumulo de partidos. En otro estudio con jugadores croatas (Andelkovic, Baralic, Dordevic, Stevuljevic, Radivojevic, Dikic, Radojevic, Stojkovic, 2014), no se observaron cambios significativos a las 6 semanas de competición, pero si hallaron una reducción relevante a las 9 semanas, efecto que pueda deberse a una planificación uniforme durante la primera parte del ciclo competitivo.

Con respecto al grupo de estudio “suplentes”, los resultados obtenidos entre E1-E2 son similares a su contraparte, mientras que las diferencias más importantes se observan en el período competitivo (E2-E3): la CK permanece estable y la TL junto al índice T/C continuaron su incremento, mientras que la LDH disminuyó. Es evidente que la no intervención durante las 6 semanas de competición refleja un menor daño muscular con niveles más bajos de carga fisiológica. Por otra parte, la TL se incrementa linealmente y dicho fenómeno sería en respuesta inducida al ejercicio sobre una intensidad-umbral determinada (Brownlee, Moore, Hackney, 2005). En el estudio de Kraemer y col., (2004), los cuales compararon niveles hormonales en jugadores titulares y suplentes de la Liga Universitaria NCAA, el grupo “suplentes” incrementó significativamente la TL a las siete semanas del período competitivo, aunque el índice T/C se mantuvo estable para ambos grupos. Los autores concluyeron que los jugadores titulares tenían niveles más bajos de testosterona circulante, debido probablemente al estrés físico provocado por una mayor cantidad de tiempo acumulado de juego durante la temporada.

Limitaciones de Estudio

La principal debilidad de este estudio radica en el limitado número de jugadores incluidos, aunque todos ellos eran jugadores de elite. En el estudio participaron un total de 11 deportistas en cada grupo, y para obtener una imagen más clara de la situación general, y que la prueba de comparación entre grupos sea más efectiva, se sugiere un estudio más extenso que incluya más jugadores en cada grupo de estudio.

Futuras Líneas de Investigación

La disponibilidad de una aparatología portátil para la medición de los biomarcadores en cuestión permitiría obtener una medición más práctica, y en tiempo real, de los niveles de stress muscular de jugador durante la temporada. Al mismo tiempo, sería importante definir los intervalos de medición, dado que dichos parámetros fisiológicos coaccionan de forma directa con los componentes de la carga y la frecuencia competitiva.

Conclusiones

Teniendo en cuenta que el único componente diferencial entre los dos grupos fueron los minutos jugados en la primera fecha, no se han obtenido diferencias significativas entre el comienzo y el final de la pretemporada. Es notorio el punto de inflexión para los dos grupos durante el período competitivo: el hecho de que el grupo “suplente” prácticamente no interviniera en el correr de los partidos ha determinado que los biomarcadores que detectan un daño celular en el musculo no se vieran afectados, como el caso de la CK, o directamente que descieran (como sucediera con la LDH), mientras que el incremento de la TL y el índice T/C estarían revelando un balance positivo entre los procesos anabólicos y catabólicos durante el transcurso del período en cuestión.

Estos datos podrían ser de interés para los preparadores físicos de este deporte, dado que una correcta dosificación de las cargas durante la transición del periodo preparatorio al competitivo, influirá en una adecuada adaptación del jugador hacia las exigencias impuestas por la competencia y la frecuencia de las mismas durante este período. Por otro lado, existe otra cuestión a tener en cuenta por los entrenadores: el caso del jugador suplente que entrena a la par de los jugadores titulares pero que no juega con tanta frecuencia. En referencia a los datos obtenidos en el presente estudio, los jugadores suplentes estarían mejor adaptados desde el punto de vista hormonal y enzimático, pero se ha observado que el riesgo de lesión podría aumentar cuando los jugadores deben competir tras un período de ausencia del escenario de juego (Ekstrand, Tropp, 1990). De modo que la intervención de un programa especial, donde se estimulen cualidades físicas como la fuerza específica (Owen, Dunlop, Rouissi, Chtara, Paul, Zouhal, Wong del P, 2015), así como también la implementación de juegos amistosos, sería fundamental para la prevención de lesiones en aquellos jugadores que no permanecen dentro de la plantilla titular.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer a todos los jugadores del club que participaron en el presente estudio, como también a los profesionales que intervinieron durante la realización del mismo.

Referencias

- Alis, R.; Sanchis-Gomar, F.; Ferioli, D.; La Torre, A.; Bosio, A, Xu, J.; Lombardi, G.; Romagnoli, M., & Rampinini, E. (2015). Association between physical fitness and mean platelet volume in professional soccer players. *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine*, 53(10), 249-52. <https://doi.org/10.1515/cclm-2014-1275>
- Andelkovic, M.; Baralic, I.; Dordevic, B.; Stevuljevic, J.; Radivojevic, N.; Dikic, N.; Radojevic, S., & Stojkovic, M. (2014). Hematological and biochemical parameters in elite soccer players during a competitive half season. *Journal of Medical Biochemistry*, (33), 1-7. <https://doi.org/10.2478/jomb-2014-0057>
- Argus, C.; Gill, N.; Keogh, J.; Hopkins, W., & Beaven, C. (2009). Changes in strength, power, and steroid hormones during a professional rugby union competition. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(13), 1583-1592. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181a392d9>

- Bijsterbosch, M.; Duursma, A.; Smit, M.; Bos, O.; Bouma, J., & Gruber M. (1985). Several dehydrogenases and kinases compete for endocytosis from plasma by rat tissues. *Biochemical Journal*, (229), 409-17. <https://doi.org/10.1042/bj2290409>
- Brancaccio P.; Lippi, G., & Nicola Maffulli, N. (2010). Biochemical markers of muscular damage. *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine*, 48(6), 757-67. <https://doi.org/10.1515/CCLM.2010.179>
- Brancaccio, P.; Maffulli, N.; Buonauro, R., & Limongelli, F. (2008). Serum Enzyme Monitoring in Sports Medicine. *Clinics in Sports Medicine*, 27(19), 1-18. <https://doi.org/10.1016/j.csm.2007.09.005>
- Brooks, K.; Carter, J., & Dawes, J. (2013). A Comparison of VO₂ Measurement Obtained by a Physiological Monitoring Device and the Cosmed Quark CPET. *Journal of Novel Physiotherapies*, 1(3). <https://doi.org/10.4172/2165-7025.1000126>
- Brownlee, K.; Moore, A., & Hackney, A. (2005). Relationship between circulating cortisol and testosterone: influence of physical exercise. *Journal of Sport Science and Medicine*, 4(1), 76-83.
- Coelho, D.; Morandi, R.; Melo M.; Andrade, R.; Paixao, R., & Silami-Garcia, E. (2014). Analysis of the trends of creatine kinase levels during the preseason of a professional soccer team. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, 16(2), 129-35.
- Coelho, D.; Pimenta, E.; Paixao, R.; Morandi, R.; Kappes Becker, L.; Ferreira Jr, J.; Coelho, L., & Silami-Garcia E. (2015). Analysis of chronic physiological demand of an annual soccer season. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, 17(4), 400-408.
- Coutts, A.; Reaburn, P.; Piva, T., & Murphy, A. (2007). Changes in selected biochemical, muscular strength, power, and endurance measures during deliberate overreaching and tapering in rugby league players. *International Journal of Sports Medicine*, 28(2), 116-124. <https://doi.org/10.1055/s-2006-924145>
- Duclos M. (2008). A critical assessment of hormonal methods used in monitoring training status in athletes. *International Sport Medicine Journal*, 9(2), 56-66.
- Ekstrand J. & Tropp H. (1990) The incidence of ankle sprains in soccer. *Foot Ankle*, 11(1), 41-4. <https://doi.org/10.1177/107110079001100108>
- Fillingeri, D.; Proia, P.; Bianco, A.; Schiera, G.; Saladino, P.; Pomara, F.; Petrucci, M.; Traina, M., & Palma, A. (2011). Monitoring biomarkers during preseason preparation period in professional soccer players. *Italian Journal of Anatomy and Embryology*, 116(1) (Suppl), 73.
- Friden, J.; Sfakianos, P., & Hargens A. (1989). Blood indices of muscle injury associated with eccentric muscle contractions. *Journal of Orthopaedic Research*, 7(1), 142-5. <https://doi.org/10.1002/jor.1100070120>
- Halson, S., & Jeukendrup, A. (2004). Does Overtraining Exist? *Sports Medicine*, 34(14): 967-981.
- Handziski, Z.; Maleska, V.; Petrovska, S.; Nikolik, S.; Mickoska, E.; Dalip, M., & Kostova E. (2006). The changes of ACTH, cortisol, testosterone and testosterone/cortisol ratio in professional soccer players during a competition half-season. *Bratislava Medical Journal*, 107(6-7), 259-63.

- Kim, J.; Roberge, R.; Powell, J.; Shafer, A., & Jon Williams, W. (2013). Measurement accuracy of heart rate and respiratory rate during graded exercise and sustained exercise in the heat using the Zephyr BioHarness. *International Journal of Sports Medicine*, 34(6), 497-501.
- Kraemer, W.; French, D.; Paxton, N.; Hakkinen, K.; Volek, J.; Sebastianelli, W.; Putukian M.; Newton, R.; Rubin, M.; Gómez, A.; Vescovi, J.; Ratamess, N.; Fleck, S.; Lynch, J., & Knuttgen H. (2004). Changes in exercise performance and hormonal concentrations over a big ten soccer season in starters and nonstarters. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(1), 121-128. <https://doi.org/10.1519/00124278-200402000-00018>
- Lazarim, F.; Antunes-Neto, J.; da Silva, F.; Nunes, L.; Bassini-Cameron, A.; Cameron, L.; Alves, A; Brenzikofer, R., & de Macedo, D. (2009). The upper values of plasma creatine kinase of professional soccer players during the Brazilian National Championship. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12(1), 85-90. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2007.10.004>
- Mackinnon, L.; Hooper, S.; Jones, S.; Gordon, R. & Bachmann A. (1997). Hormonal, immunological, and hematological responses to intensified training in elite swimmers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29(12), 1637-45. <https://doi.org/10.1097/00005768-199712000-00014>
- Martinez, A.; Seco, J.; Tur, J.; Abecia, L.; Orella, E., & Biescas, A. (2010). Testosterone and cortisol changes in professional basketball players through a season competition. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(4), 1102-1108. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181ce2423>
- Michailidis Y. (2014). Stress Hormonal analysis in elite soccer players during a season. *J Sport Health Science*, 3(4), 279-283. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2014.03.016>
- Mohr, M.; Krstrup, P., & Bangsbo, J. (2005). Fatigue in soccer: A brief review. *Journal of Sports Sciences*, 23(6), 593-599. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2014.03.016>
- Mujika, I.; Chatard, J.; Padilla, S.; Guezennec, C., & Geysant, A. (1996). Hormonal responses to training and it's tapering off in competitive swimmers: Relationships with performance. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 74 (4), 361-366. <https://doi.org/10.1007/BF02226933>
- Munjal, D.; McFadden, J.; Matix, P.; Coffman, K., & Cattaneo S. (1983). Changes in serum myoglobin, total creatine kinase, lactate dehydrogenase and creatine kinase MB levels in runners. *Clinical Biochemistry*, 16(3), 195-9. [https://doi.org/10.1016/S0009-9120\(83\)90279-5](https://doi.org/10.1016/S0009-9120(83)90279-5)
- Nédélec, M.; McCall, A.; Carling, C.; Legall, F.; Berthoin, S., & Dupont, G. (2012). Recovery in soccer: part I - post-match fatigue and time course of recovery. *Sports Medicine*, 42(12), 997-1015.
- Oliver, J.; Lloyd, R., & Whitney A. (2015). Monitoring of in-season neuromuscular and perceptual fatigue in youth rugby players. *European Journal of Sport Science*, 15(6), 514-22. <https://doi.org/10.1080/17461391.2015.1063700>
- Owen, A.; Dunlop, G.; Rouissi, M.; Chtara, M.; Paul, D.; Zouhal, H., & Wong del P. (2015). The relationship between lower-limb strength and match-related muscle damage in elite level professional European soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 33(20), 2100-5. <https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1064155>

- Priest, J.; Oei, T., & Moorehead W. (1982). Exercise-induced changes in common laboratory tests. *American Journal of Clinical Pathology*, 77(3), 285-9. <https://doi.org/10.1093/ajcp/77.3.285>
- Proia, P.; Bianco, A.; Schiera, G.; Saladino, P.; Pomara, F.; Petrucci, M.; Traina, M., & Palma A. (2012). The effects of a 3-week training on basal biomarkers in professional soccer players during the preseason preparation period. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 52(1), 102-6.
- Romagnoli, M.; Sanchis-Gomar, F.; Alis, R.; Risso-Ballester, J.; Bosio, A.; Graziani, R., & Rampinini, E. (2015). Changes in muscle damage, inflammation, and fatigue-related parameters in young elite soccer players after a match. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 56(10), 1198-1205.
- Schelling, X.; Calleja-Gonzalez, J.; Torres-Ronda, L., & Terrados N. (2015). Using Testosterone and Cortisol as Biomarker for Training Individualization in Elite Basketball. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(2), 368-378. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000642>
- Serrao, F.; Foerster, B.; Spada, S.; Morales, M.; Monteiro-Pedro, V.; Tannús, A., & Savinni, T. (2003). Functional changes of human quadriceps muscle injured by eccentric exercise. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 36(6), 781-6. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000642>
- Silva, J.; Rebelo, A.; Marques, F.; Pereira, L.; Seabra, A.; Ascensão, A., & Magalhães, J. (2014). Biochemical impact of soccer: an analysis of hormonal, muscle damage, and redox markers during the season. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism*, 39(4), 432-8. <https://doi.org/10.1139/apnm-2013-0180>
- Silva, J.; Ascensao, A.; Marques, F.; Seabra, A.; Rebelo, A., & Magalhaes, J. (2013). Neuromuscular function, hormonal and redox status and muscle damage of professional soccer players after a high-level competitive match. *European Journal of Applied Physiology*, 113(9), 2193-2201. <https://doi.org/10.1007/s00421-013-2633-8>
- Stokke O. (1982). Clinical chemical changes in physical activity. *Scandinavian Journal of Social Medicine Supplementum*, (29), 93-101.
- Thorpe, R.; Strudwick, A.; Buchheit, M.; Atkinson, G.; Drust, B., & Gregson, W. (2016). The tracking of morning fatigue status across in-season training weeks in elite soccer players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(7) 947-952. <http://dx.doi.org/10.1123/ijsp.2015-0490>
- Urhausen, A.; Gabriel, H., & Kindermann W. (1995). Blood hormones as markers of training stress and overtraining. *Sports Medicine*, 20(4), 251-76. <https://doi.org/10.2165/00007256-199520040-00004>
- Vaquera, A.; Mielgo-Ayuso, J.; Calleja-González, J., & Leicht A. (2016). Sex differences in cardiovascular demands of refereeing during international basketball competition. *The Physician and Sportsmedicine*, 44(2), 164-9. <https://doi.org/10.1080/00913847.2016.1158622>
- Zhelyazkoz, T. (2001). Carga, fatiga y recuperación. En Zhelyazkoz T. (Ed.), *Bases del entrenamiento deportivo* (pp. 75-106). Barcelona: Editorial Paidotribo.