

Article

Efecto de un Juego Reducido de Fútbol 3 v 3 en Distintos Indicadores de Rendimiento, Inflamatorios, de Daño Muscular y Hormonales en Jugadores Semiprofesionales

Evangelos Bekris¹, Dimitrios I. Bourda², Eleftherios Mylonis¹, Ioannis Ispirlidis³, Emmanouil D. Zacharakis¹ y Athanasios Katis⁴

¹School Physical Education and Sport Science, National and Kapodistrian University of Athens, Ethnikis Antistasis 41, 17237 Dafni, Greece

²Section of Sport Medicine & Biology of Exercise, School of Physical Education and Sports Science, National and Kapodistrian University of Athens, 41 Ethnikis Antistasis, 17237 Athens, Greece

³School of Physical Education and Sport Science, Democritus University of Thrace, Panepistimioupoli, 69100 Komotini, Greece

⁴School of Physical Education and Sport Sciences of Serres, Aristotle University of Thessaloniki, Monastiriou 114, 53100 Florina, Greece

RESUMEN

El propósito de este estudio fue examinar el efecto de un juego de fútbol en espacios reducidos (SSG) sobre indicadores del rendimiento, de la inflamación, del daño muscular e indicadores hormonales. Veintidós jugadores de fútbol masculinos participaron y fueron asignados a grupos experimentales (EXP = 12) o de control (CON = 10). La fatiga subjetiva (RPE) y el lactato (La^-) se midieron durante los SSG; salto vertical en sentadilla (SJ), sprint de 20 m, creatina quinasa (CK), interleucina-6 (IL-6), cortisol (C) y testosterona (T) se midieron antes (PRE), después (POST), 24 hs, 48 hs y 72 hs después de los SSG en el grupo EXP. La frecuencia cardíaca durante los SSG alcanzó $92 \pm 3\%$ de su $\text{FC}_{\text{máx}}$, mientras que el La^- y la RPE alcanzaron $13.02 \pm 1.60 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ y 15 ± 1 después de los SSG, respectivamente. La IL-6, diferente entre las mediciones ($F(1.04, 11.50) = 504.82, p < 0.001$), alcanzó su punto máximo ($3.52 \pm 0.43 \text{ pg} \cdot \text{mL}^{-1}$ [IC 95%; 3.28-3.77]) después de los SSG y volvió al valor inicial 24 horas después. La CK, diferente entre las medidas ($F(1.76, 19.32) = 93.96, p < 0.001$), alcanzó su punto máximo ($536.58 \pm 124.73 \text{ U} \cdot \text{L}^{-1}$ [IC 95%; 466.01-607.15]) 24 hs después de los SSG y permaneció significativamente más alta que la condición PRE en POST y hasta 72 hs después. La relación T/C, significativamente diferente entre las mediciones ($F(1.73, 19.05) = 12.12, p < 0.001$), estuvo en su nivel más bajo (0.44 ± 0.16 [IC 95%; 0.35-0.54]) inmediatamente después de los SSG ($p < 0.05$) y volvió a la línea de base después de 24 hs. Parece que 48 hs (como máximo) después de un SSG es un tiempo adecuado para que los jugadores se recuperen, y se debe evitar una alta carga de entrenamiento antes de las 24 hs después de un SSG.

INTRODUCCIÓN

Los juegos de fútbol en espacios reducidos (SSG), en los que participan menos jugadores en canchas de tamaño reducido en comparación con los juegos oficiales (dos equipos de 11 jugadores cada uno compiten en una cancha de ~100 × 60 m), son versiones modificadas del juego original, constituyen una práctica de entrenamiento muy común y popular [1,2] y dan lugar a los entrenadores la opción de utilizar formas alternativas de entrenamiento y acondicionamiento físico. Modificar el número de jugadores y el espacio de juego en los SSG establece el tiempo de participación deseado de cada jugador, y se puede mejorar una amplia gama de habilidades técnicas, tácticas y físicas de los jugadores [1,3].

En los SSG, cuanto mayores son las dimensiones del campo, mayor es la distancia recorrida por los jugadores [4,5]. En campos más pequeños (por ej., 3 vs 3 en comparación con 6-10 vs 6-10), las acciones de aceleración y desaceleración de los jugadores parecen aumentar en número [3,5,6]. Además, cuando el número de jugadores en los SSG disminuye (por ej., 1 a 3 vs 1 a 3, en comparación con 4 a 6 vs 4 a 6), suele haber un aumento de la frecuencia cardíaca (FC) [7,8]. De hecho, durante los SSG con más jugadores, la FC osciló entre el 80% y el 86% de la FC máxima (FC_{máx}), y estos formatos de SSG se consideran adecuados para el ejercicio aeróbico de alta intensidad [9]. Por el contrario, durante los SSG con menos jugadores, la FC oscila entre el 85% y el 95% de la FC_{máx} y estos formatos de SSG se consideran adecuados para el entrenamiento anaeróbico [9]. En esencia, el formato de SSG 3 vs 3 nos permite, por un lado, tener un entrenamiento de alta intensidad (alrededor del 90-95% de la FC_{máx} y 8.4-9.1 mmol/L de concentración de lactato (La⁻)) [10,11] y, por otro lado, aplicar distintas tácticas básicas del fútbol.

Sin embargo, las actividades físicas de alta intensidad pueden aumentar las posibilidades de daño muscular y causar respuestas inflamatorias [12]. Por lo tanto, la evaluación de los cambios fisiológicos inducidos durante el entrenamiento y el juego reducido es de gran importancia y, en el fútbol moderno, se suelen monitorear varios índices hormonales, bioquímicos y hematológicos para evaluar el rendimiento de los jugadores y posibles patologías [13].

Los cambios en la creatina quinasa (CK) están asociados con parámetros como el exceso de sobreentrenamiento, la duración y la intensidad del entrenamiento [14]. La creatina quinasa también se considera una enzima confiable para evaluar el daño muscular [15]. Después de un ejercicio intenso [16,17] y cuando se observa un aumento de la carga excéntrica, por ejemplo, acciones de desaceleración que comúnmente tienen lugar durante un formato de SSG 3 vs. 3, se informa un aumento de la interleucina-6 (IL-6) [5]. Por lo tanto, la concentración plasmática de IL-6 se usa ampliamente como modulador de la respuesta inflamatoria [18]. El cortisol (C) y la testosterona (T) también se han sugerido como indicadores confiables del estrés y la fatiga del entrenamiento [14]. La proporción de testosterona respecto al cortisol (T/C), en particular, indica el equilibrio entre los procesos anabólicos y catabólicos [19,20] y puede brindar información importante sobre el rendimiento y los procesos de recuperación.

Aunque varios estudios anteriores han examinado los efectos de un partido de fútbol sobre los indicadores antes mencionados [20,21], el examen de los efectos de varios formatos de SSG en estos indicadores no ha recibido la atención adecuada. La evaluación de estos indicadores en diferentes formatos de SSG es de gran importancia para los practicantes de fútbol para aplicar estrategias para mejorar el rendimiento físico y la recuperación después del entrenamiento, lo que puede prevenir el exceso y el sobreentrenamiento durante el microciclo de entrenamiento semanal. Por lo tanto, el propósito del presente estudio fue examinar los efectos de un formato de entrenamiento de SSG 3 vs. 3 sobre los cambios en el tiempo en indicadores del rendimiento de sprint y de salto, de inflamación, de daño muscular e indicadores hormonales en tres días consecutivos después de un SSG y, en consecuencia, para evaluar el tiempo que tardan los jugadores en recuperarse. La principal hipótesis evaluada fue que el protocolo de entrenamiento de SSG tendría un efecto sobre los indicadores CK, IL-6, C, T y T/C de los jugadores de fútbol.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sujetos

El Comité de Ética de la Universidad dio su visto bueno institucional al estudio. El diseño del estudio se muestra en la Figura 1. Todos los participantes potenciales completaron cuestionarios médicos, de actividad física y de hábito de fumar y dormir antes del estudio [22,23,24,25]. Los participantes fueron seleccionados en base a los siguientes criterios de inclusión: hombres, muy activos físicamente (>1000 MET-min/semana), no fumadores, con buen sueño (≥7 hs·día⁻¹), futbolistas, mayores de 18 años, sin antecedentes de enfermedades neurológicas o anomalías musculoesqueléticas, sin medicación o nutrición suplementaria durante los seis meses anteriores y sin participación en otras actividades deportivas

durante el estudio. Veintidós jugadores semiprofesionales masculinos de fútbol participaron en el estudio actual y fueron asignados aleatoriamente a grupos experimentales (EXP: $n_1 = 12$) o de control (CON: $n_2 = 10$) (contrabalanceados por la posición de los jugadores) utilizando un diseño de cuadrados latinos. Las características antropométricas de los jugadores se presentan en la Tabla 1. Los jugadores competían en la 3ª división de la Liga Nacional de Fútbol de Grecia. Su programa de entrenamiento estándar durante el período competitivo incluía cinco sesiones de entrenamiento por semana (90 min por sesión de entrenamiento), además de un partido oficial. Todos los jugadores eran muy conscientes de los objetivos, procedimientos y riesgos involucrados en el estudio, y se obtuvo un formulario de consentimiento informado por escrito de ellos antes de participar, basado en la Declaración de Helsinki [26]. Eran libres de retirarse del estudio con motivo o sin motivo.

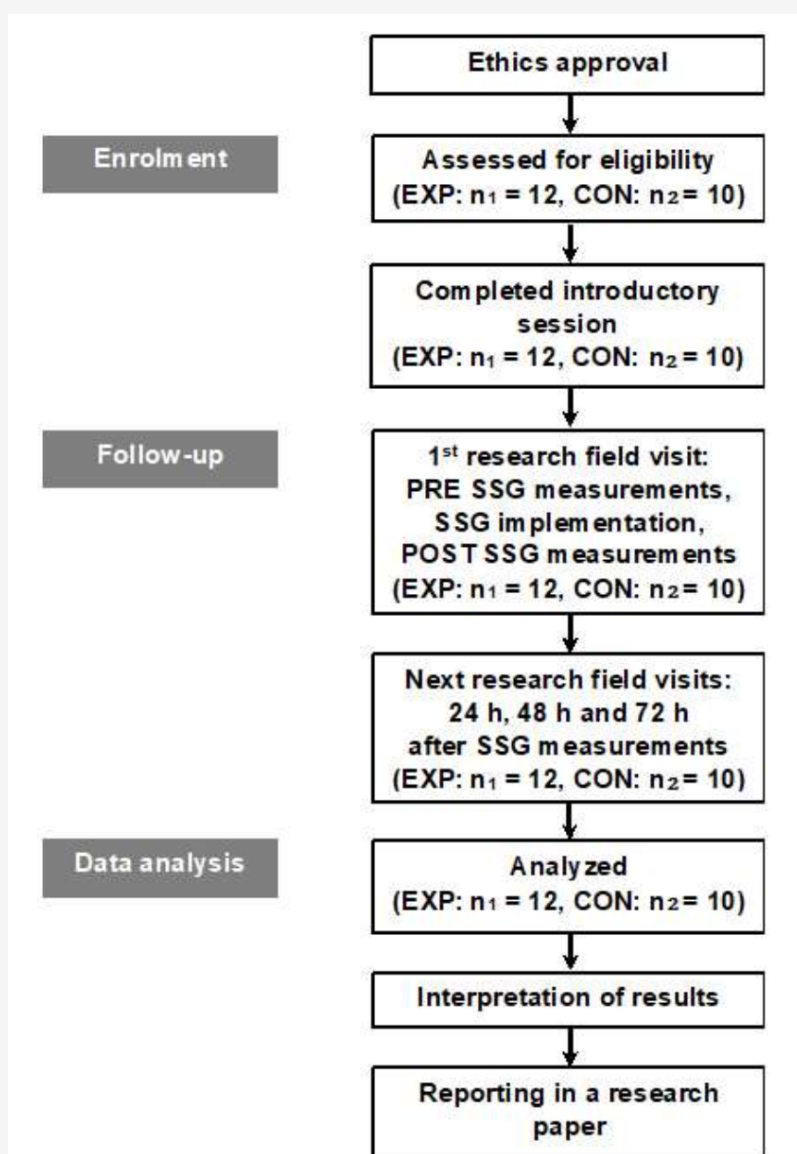


Figura 1. Diagrama de flujo del diseño experimental. Abreviaturas: CON, grupo de control que no realizó ningún tipo de actividad física extenuante; EXP, grupo experimental que implementó un formato de entrenamiento de juego reducido; SSG, juego de fútbol 3 vs 3 en espacios reducidos que incluía 8 series (3 min de duración y 3 min de descanso entre series); POST, después del formato de entrenamiento de juego reducido; PRE, formato de entrenamiento previo al juego reducido.

Tabla 1. Valores de las características antropométricas de los participantes ($M \pm SD$ [IC95%]).

	EXP	CON
Age (year)	22.42 \pm 3.96 [20.17–24.66]	22.20 \pm 4.02 [19.71–24.70]
TP (year)	6.08 \pm 3.42 [4.15–8.02]	6.00 \pm 3.60 [3.77–8.22]
H (cm)	182.41 \pm 5.52 [179.28–185.53]	180.15 \pm 6.54 [176.10–184.20]
BM (kg)	† 82.68 \pm 7.54 [78.41–86.95]	80.23 \pm 7.18 [75.78–84.68]
BM (kg)	‡ 82.53 \pm 7.55 [78.26–86.80]	-
BF (%)	† 15.31 \pm 5.01 [12.48–18.15]	13.04 \pm 3.53 [10.85–15.23]
ADC (m) #	2400.00 \pm 574.87 [2074.74–2725.26]	2464.00 \pm 612.52 [2084.36–2843.64]
S (km·h ⁻¹) #	17.29 \pm 0.96 [16.75–17.84]	17.40 \pm 1.02 [16.77–18.03]
HRmax (b·min ⁻¹) #	196 \pm 6 [193–199]	195 \pm 5 [192–199]
HR (b·min ⁻¹)	† 68 \pm 2 [67–70]	69 \pm 2 [68–70]

† prior to small-sided game (3 vs. 3). ‡ after small-sided game (3 vs. 3). # at Yo-Yo Intermittent Recovery Test Level 1 (YYIRTL1). Abbreviations: ADC, accumulated distance covered at YYIRTL1; BF = body fat; BM = body mass; CON, control group ($n_2 = 10$) who did not engage in any type of strenuous physical activity; EXP, Experimental group ($n_1 = 12$) who implemented a small-sided game training format; H, height; HR, heart rate at rest; HRmax, heart rate maximum; M, mean value; S, maximum speed at YYIRTL1; SD, standard deviation; TP, soccer training period; 95%CI, 95% confidence interval.

SESIÓN INTRODUCTORIA

Características Antropométricas

Se utilizó una báscula digital (báscula Seca 880, Seca Ltd., Hamburgo, Alemania) para medir la masa corporal desnuda de los participantes y un anastómetro (estadiómetro portátil Seca 213, Seca Ltd., Hamburgo, Alemania) para medir su altura. El porcentaje de grasa corporal se calculó utilizando fórmulas específicas de sexo, edad y raza caucásica [27] después de medir el grosor de siete pliegues cutáneos (pecho, axila, tríceps, subescapular, abdomen, suprailíaco y muslo) (Harpenden Skinfold Caliper; Baty International, West Sussex, Reino Unido).

Test de Frecuencia Cardíaca Máxima y Test de Recuperación Intermitente Yo-Yo Nivel 1

La FC_{máx} de cada jugador (Polar Sport tester, Polar Electro Oy, Kempele, Finlandia) se determinó utilizando el *Yo-Yo Intermittent Recovery Test Level 1* (YYIRTL1) [28,29,30] y se utilizó como valor de referencia para la cuantificación de los valores de FC observado durante los SSG. El YYIRTL1 consistió en carreras de ida y vuelta de 20 m realizadas a velocidades continuamente crecientes hasta el agotamiento [28,29,30]; estos datos de rendimiento se presentan en la Tabla 1.

Procedimiento experimental

Cinco días después de la sesión introductoria (ninguno de los grupos realizaba ninguna actividad física extenuante mientras tanto), se midieron varios indicadores antes (PRE), inmediatamente después (POST), 24 hs, 48 hs y 72 hs después del entrenamiento en formato SSG (situación de juego de tres por cada lado) en el grupo EXP. Los mismos datos se adquirieron del grupo CON, que no realizó ningún tipo de SSG. El grupo EXP constaba de 4 subgrupos ($\times 3$ jugadores, equilibrados aleatoriamente para la posición de los jugadores). Cada par (aleatorio) de subgrupos fue asignado para jugar un sólo SSG con una diferencia de un día entre ellos (dos en total). Independientemente de la tarea del grupo, se les dijo a todos los jugadores que lo dieran todo y que no se ofrecería ningún comentario hasta la finalización del estudio. El grupo EXP no sabía que el grupo CON no jugaría un SSG, y el grupo CON no sabía que el grupo EXP jugaría un SSG. Tanto los jugadores como los investigadores de evaluación no tenían idea de cuáles eran los verdaderos objetivos del estudio (diseño doble ciego).

La importancia de mantener hábitos de sueño regulares, una dieta balanceada prescrita (por los investigadores) (es decir, 50 a 60% de ingesta de energía de carbohidratos, 25 a 30% de grasas y 15% de proteínas) durante una semana antes y tres días después de los SSG, y las actividades físicas previas a todas las próximas mediciones se enfatizaron a los sujetos con considerable detalle. Los participantes arribaron al campo de investigación (a nivel del mar) a las 7:00 am luego de 10 hs de ayuno; inmediatamente después de la muestra de sangre inicial (es decir, 1.5 hs antes de los SSG), los jugadores ingirieron una comida ligera estandarizada para controlar los micronutrientes, la ingesta de selenio y de vitaminas. Todos los participantes gozaron de buena salud en general durante el estudio. Todos los instrumentos y dispositivos se calibraron

de acuerdo con los requisitos del fabricante antes de cada prueba.

Formato de entrenamiento de los SSG

El formato de entrenamiento de SSG se llevó a cabo (9:00 a. m.) una semana después de que terminara la temporada competitiva regular (principios de mayo). Los jugadores no tuvieron cargas de entrenamiento severas esa semana (sólo practicaron tácticas regulares de juego y cohesión del equipo) y no tomaron suplementos con un impacto ergogénico o sinérgico [31,32,33]. Un día antes del protocolo principal, los participantes no participaron en ninguna sesión de entrenamiento.

El tamaño del terreno de juego era de 20 m × 25 m [10]. El formato de entrenamiento de SSG tenía una duración total de 45 min (8 series × 3 min con 3 min de recuperación activa entre series) para simular la mitad de un partido de fútbol real y se llevó a cabo sin porteros y con toques libres. Mantener la posición del balón era el objetivo del juego. Se permitió el estímulo del entrenador utilizando instrucciones estandarizadas y la ingesta de agua *ad libitum* [10]. La temperatura del aire osciló entre 23°C y 26°C y la humedad entre 55% y 65%.

Mediciones de frecuencia cardíaca, fatiga subjetiva y lactato

Durante los SSG, la FC se registró cada 5 seg mediante radiotelemedría de corto alcance (Polar Sport tester, Polar Electro Oy, Kempele, Finlandia). La tasa subjetiva de esfuerzo percibido (RPE) se registró en reposo antes de los SSG (PRE), al final de la 2ª, 5ª y 8ª serie (POST) de los SSG y a las 24 hs, 48 hs y 72 hs después del SSG, utilizando la escala de Borg lineal 6-20 [34]. Se utilizó un analizador de sangre portátil (Lactate Plus- Nova Biomedica, Waltham, MA, EE. UU.) para la medición de la concentración de La- en sangre. La medición de La- se realizó mediante tira táctil con gota de sangre capilar (5-25 µL) del dedo índice izquierdo. La concentración de La- en sangre se midió 1 min antes de los SSG (PRE), 1 min después del final de la 2ª, la 5ª serie y 8-10 min después del final de la 8ª serie (POST) de los SSG. La concentración de lactato, la FC y la RPE se utilizaron como indicadores de intensidad de cada juego SSG. La RPE y todas las mediciones posteriores realizadas 24 hs, 48 hs y 72 hs después de los SSG se midieron a las 10:00 a. m. (después del ayuno nocturno) para evitar cualquier efecto cronobiológico.

Prueba de salto

Cuarenta y cinco minutos antes del SSG (PRE) y después de una entrada en calor estandarizada de 5 min [60-70% de intensidad en un cicloergómetro de piernas (894E, Monark, Varberg, Suecia) excepto después del SSG], los participantes realizaron tres saltos máximos en sentadilla (SJ) con balanceo de brazos, con una recuperación de 30 seg entre cada intento [35]. Todos los SJ se realizaron en una plataforma de fuerza uniaxial personalizada (OptoJump System, Microgate, Bolzano, Italia). La plataforma utiliza un dispositivo extensométrico (Modelo LC4204-K600; A&D Co. Ltd., Tokio, Japón) capaz de medir la fuerza de reacción vertical del suelo y contiene fotocélulas a una distancia de 2 mm del suelo, que se comunican constantemente. El dispositivo detecta cualquier interrupción en la comunicación entre las barras y calcula su duración. Así, fue posible evaluar el salto vertical. El mejor SJ basado en la altura máxima se utilizó para un análisis posterior. La prueba de SJ se repitió 15 min después del SSG (POST) y 24 hs, 48 hs y 72 hs después de los juegos SSG.

Prueba de carrera

Cinco minutos después de cada prueba de SJ, los participantes realizaron tres sprints máximos de 20 m con una recuperación de 30 seg entre cada sprint. Los tiempos de sprint se registraron utilizando células fotoeléctricas infrarrojas conectadas a un sistema de cronometraje (Saint Wien Digital Timer Press H5K, Lu-Chou City, Taipei Hsien, Taiwán) con una resolución de tiempo de 0.01 seg y un error de medición de ±0.01 seg. El mejor ensayo se utilizó para un análisis adicional.

Mediciones hematológicas

Se recogieron diez ml de sangre por punción venosa de la vena del antebrazo, se almacenaron en tubos con separador de gel y se transportaron al laboratorio el mismo día para ser examinados a temperatura constante (23-25 °C). Una muestra de sangre se centrifugó durante 5 min a 3200 rpm para el análisis de CK y el suero recuperado se examinó con el kit Biochemistry 3000 BT Plus® con Beckman Coulter® (Biotecnica Instruments S.p.H. Roma, Italia; Beckman Coulter International S.A., Nyon, Suiza). La medición de IL-6 se realizó en un lector ELISA estándar (Spark 10M; Tecan, Mannedorf, Suiza) mediante un kit ELISA (R & D Systems Inc., Minneapolis, MN, EE. UU.) de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Para el análisis de T y C, se utilizó el procedimiento de quimioluminiscencia siguiendo las especificaciones del Bio System Kit (Elecsys 2010, Roche Diagnostics (Hellas) S.A. Maroussi, Grecia) como se menciona en otro lugar [36,37]. Las muestras de sangre se recogieron 1.5 hs antes de los juegos de SSG (PRE), inmediatamente después de dichos SSG (POST) y 24 hs, 48 hs y 72 hs después de los SSG, y se analizaron por duplicado.

Análisis estadístico

Todos los resultados se presentan como media (M) \pm desviación estándar (SD) [intervalo de confianza (IC) del 95%]. Se utilizaron las pruebas de Levene y Shapiro-Wilk para determinar la homogeneidad y normalidad de los datos adquiridos. Para las comparaciones en variables antropométricas y dependientes en condición de reposo (PRE) entre grupos, se aplicaron t-tests independientes. Se usó un análisis mixto de varianza (ANOVA) de 2 por 4 (Grupos \times Tiempo) con medidas repetidas en el factor de tiempo para analizar los cambios entre grupos a través de múltiples mediciones de tiempo para La⁻, un 2 por 5 (Grupos \times Tiempo) para el sprint de 20-m, SJ, IL-6, CK, C, T y T/C, un 2 por 7 (Grupos \times Tiempo) para RPE y un 2 por 9 (Grupos \times Tiempo) para la FC. Cuando se violaba el supuesto de esfericidad, los grados de libertad (df) para los efectos principales, las interacciones y los términos de error se ajustaron de acuerdo con la ϵ Greenhouse-Geisser. Las interacciones significativas se siguieron con análisis *post hoc* de efectos simples y comparaciones analíticas por pares con corrección de Bonferroni para determinar diferencias significativas [38] entre las mediciones de tiempo para el grupo experimental. Los tamaños del efecto se calcularon usando *eta* cuadrada parcial (η^2). El análisis estadístico se realizó en SPSS versión 21.0 (SPSS, Inc., Chicago, IL, EE. UU.), y la significancia estadística se fijó en $p < 0.05$. El tamaño de la muestra experimental de 12 (≥ 11) se estableció en cálculos de potencia estadística (80%) para detectar significación estadística (GraphPad StatMate Versión 2.0, GraphPad Software Inc., La Jolla, CA, EE. UU.) para las variables IL-6, CK, y protenía C basadas en nuestro tamaño del efecto piloto de ~ 0.75 [observado después de la implementación de un formato de entrenamiento SSG (3 vs. 3) entre grupos experimentales ($n_1 = 6$) y de control ($n_2 = 3$) usando el mismo diseño experimental y revelando cambios significativos).

Resultados

En todas las variables dependientes, nuestro análisis estadístico mostró que (i) no hubo diferencias significativas en las condiciones PRE entre los grupos CON y EXP ($p > 0.05$) y (ii) las mediciones de tiempo para el grupo CON no alcanzaron significación estadística ($p > 0.05$), como era de esperar. Por esas razones, las conclusiones estadísticas para interacciones significativas se basan en efectos simples (valores F con df corregido) y comparaciones por pares de Bonferroni a través de mediciones de tiempo para el grupo EXP en todas las variables medidas [38,39].

La FC durante el formato de entrenamiento de SSG 3 vs. 3 fue de 168 ± 7 lat \cdot min⁻¹ [IC 95%; 166-169] correspondiente al $87 \pm 4\%$ de la FC_{máx} alcanzada en el YYIRTL1 ($84 \pm 3\%$, $85 \pm 3\%$, $86 \pm 3\%$, $87 \pm 3\%$, $87 \pm 3\%$, $89 \pm 3\%$, $89 \pm 3\%$, $92 \pm 3\%$ después del final del 1° a la 8° serie, respectivamente). Hubo una diferencia significativa ($F(1.00, 11.04) = 5647.93$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 1.00$) para las mediciones de FC_{máx} logradas en el SSG del grupo EXP y las comparaciones por pares de Bonferroni indicaron que los valores de FC_{máx} fueron gradualmente más altos desde el reposo hasta el final de la 8ª serie del entrenamiento de SSG (Figura 2). La concentración de La⁻ en sangre alcanzó 11.13 ± 2.23 mmol \cdot L⁻¹ [IC 95%; 9.87-12.39] después del final de la segunda serie, 10.79 ± 2.24 mmol \cdot L⁻¹ [IC 95%; 9.87-12.39] después del final de la 5ª serie y 13.02 ± 1.60 mmol \cdot L⁻¹ [95% IC; 12.12-13.93] después del final de la octava serie del formato de entrenamiento de SSG. El análisis de efectos simples para el La⁻ sanguíneo indicó una diferencia significativa entre las mediciones ($F(1.81, 19.97) = 44.06$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.80$), y las comparaciones por pares mostraron que el La⁻ fue significativamente mayor que los valores de reposo (PRE) después el segunda y quinta serie de los SSG, mientras que alcanzó su punto máximo después del final de dicho SSG (Figura 3). Se encontraron cambios estadísticamente significativos ($F(3.43, 37.76) = 292.98$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.96$) entre las estimaciones de RPE del grupo EXP. Las comparaciones por pares mostraron que la RPE aumentó significativamente (progresivamente), alcanzó su punto máximo inmediatamente después de los SSG ($p < 0.05$) y volvió a la línea de base 72 hs después de los SSG (Figura 4). Los resultados del análisis de efectos simples en SJ y las mediciones de sprint de 20 m para el grupo EXP no mostraron diferencias estadísticamente significativas ($F(1.68, 18.45) = 1.40$, $p \geq 0.05$, $\eta^2 = 0.11$ y $F(2.02, 22.20) = 2.65$, $p \geq 0.05$, $\eta^2 = 0.19$ respectivamente, Figura 5).

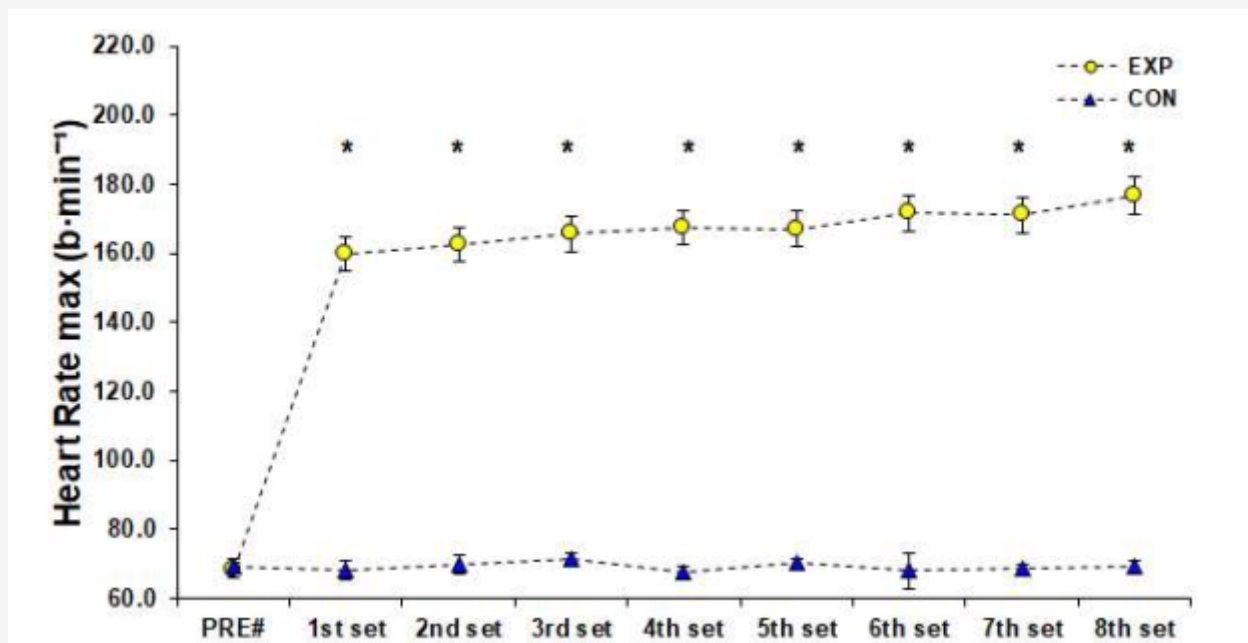


Figura 2. Valores máximos de frecuencia cardíaca antes (PRE) y durante (1ª a 8ª serie) de un partido reducido (3 vs 3), ($M \pm SD$). * Diferencia significativa respecto a las medidas de PRE en el grupo experimental ($p < 0.05$). # Referencias a valores de reposo. Abreviaturas: CON, grupo de control que no realizó ningún tipo de actividad física extenuante; EXP, grupo experimental; M, valor medio; SD, desviación estándar.

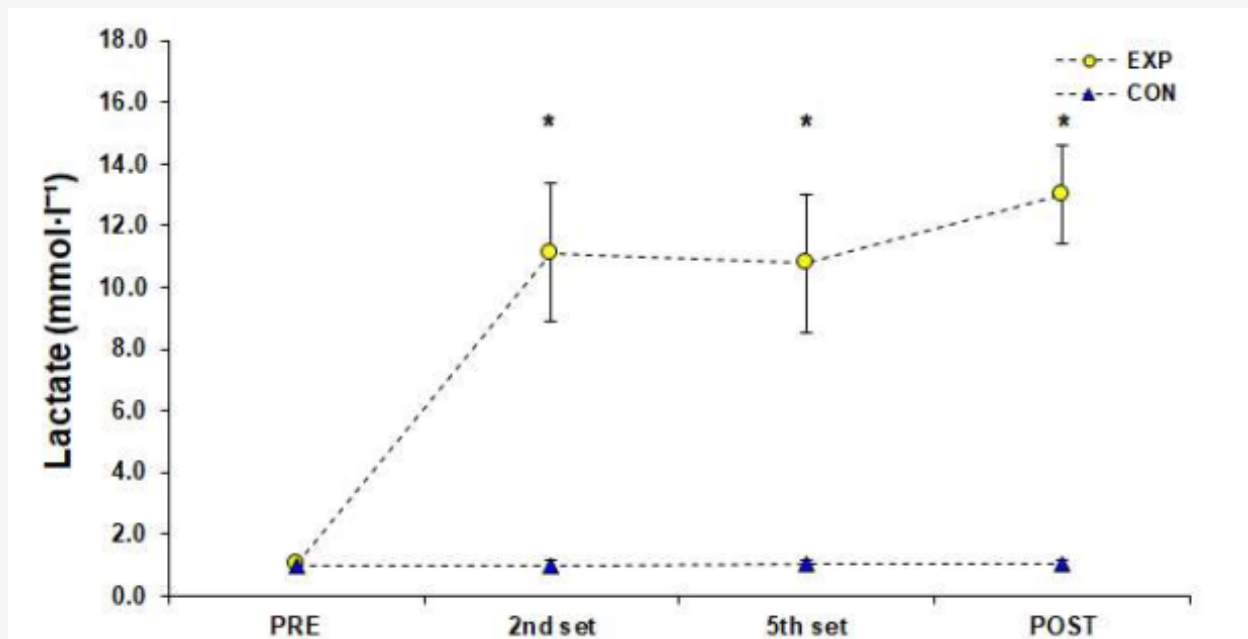


Figura 3. Valores de concentración de lactato antes (PRE), durante (2ª y 5ª serie) y después (POST) de un partido reducido (3 vs 3), ($M \pm SD$). * Diferencia significativa respecto a las medidas de PRE en el grupo experimental ($p < 0.05$). Abreviaturas: CON, grupo de control que no realizó ningún tipo de actividad física extenuante; EXP, grupo experimental; M, valor medio; SD, desviación estándar.

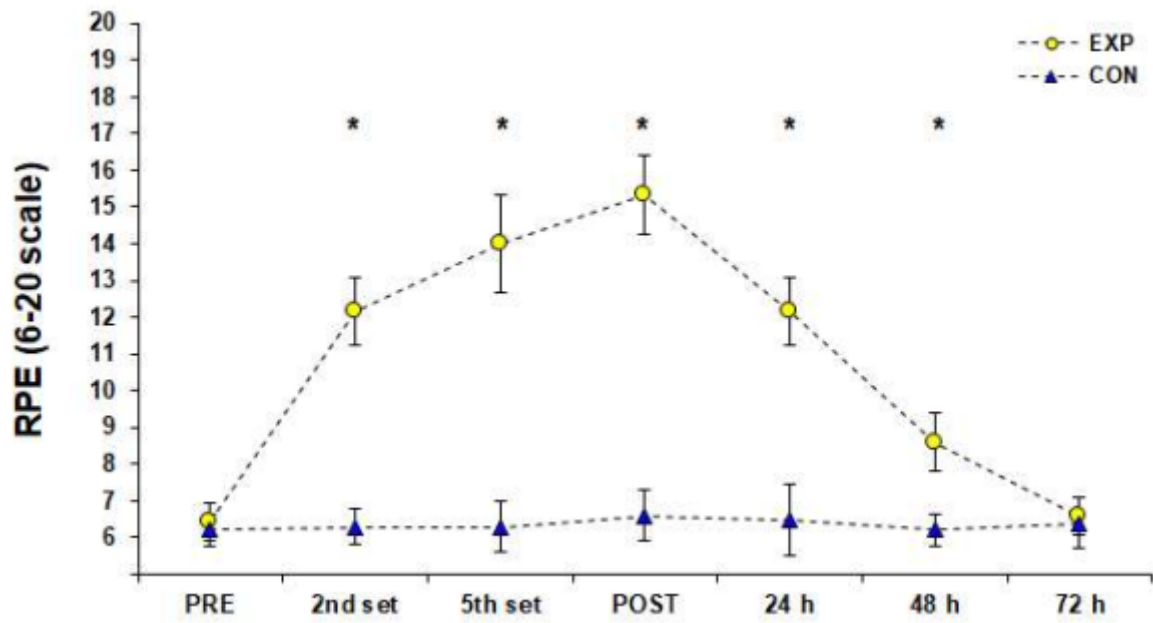


Figura 4. Valores de esfuerzo percibido de la tasa subjetiva antes (PRE), durante (2ª y 5ª serie), después (POST) y durante tres días consecutivos después de un partido reducido (3 vs 3), ($M \pm SD$). * Diferencia significativa respecto a las medidas de PRE en el grupo experimental ($p < 0.05$). Abreviaturas: CON, grupo de control que no realizó ningún tipo de actividad física extenuante; EXP, grupo experimental; M, valor medio; RPE, índice de esfuerzo percibido; SD, desviación estándar.

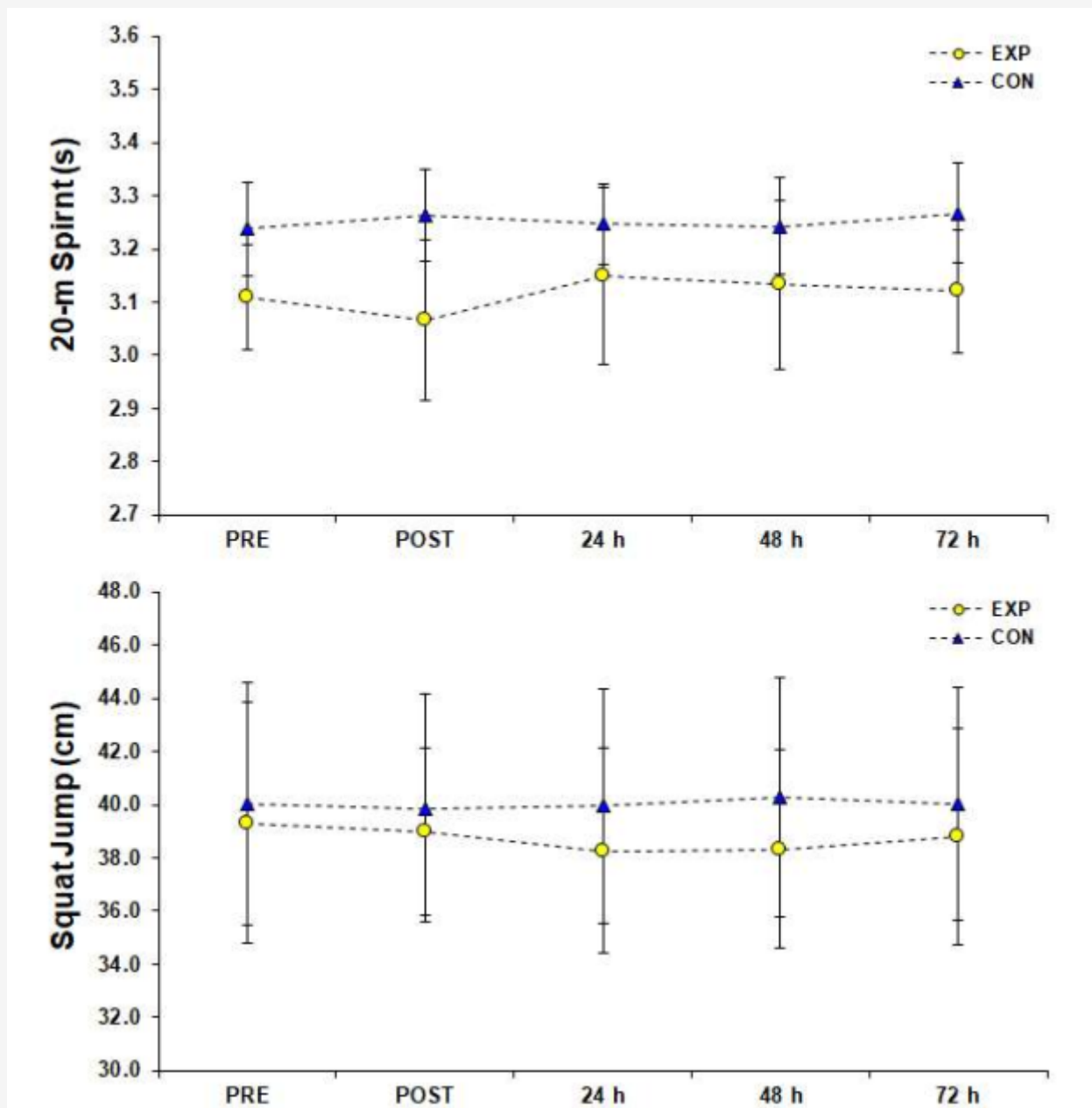


Figura 5. Valores de las evaluaciones de rendimiento (superior: sprint de 20 m, inferior: salto en sentadilla) antes (PRE), después (POST) y durante tres días consecutivos después de un partido reducido (3 vs 3), ($M \pm SD$). Abreviaturas: CON, grupo de control que no realizó ningún tipo de actividad física extenuante; EXP, grupo experimental; M, valor medio; SD, desviación estándar.

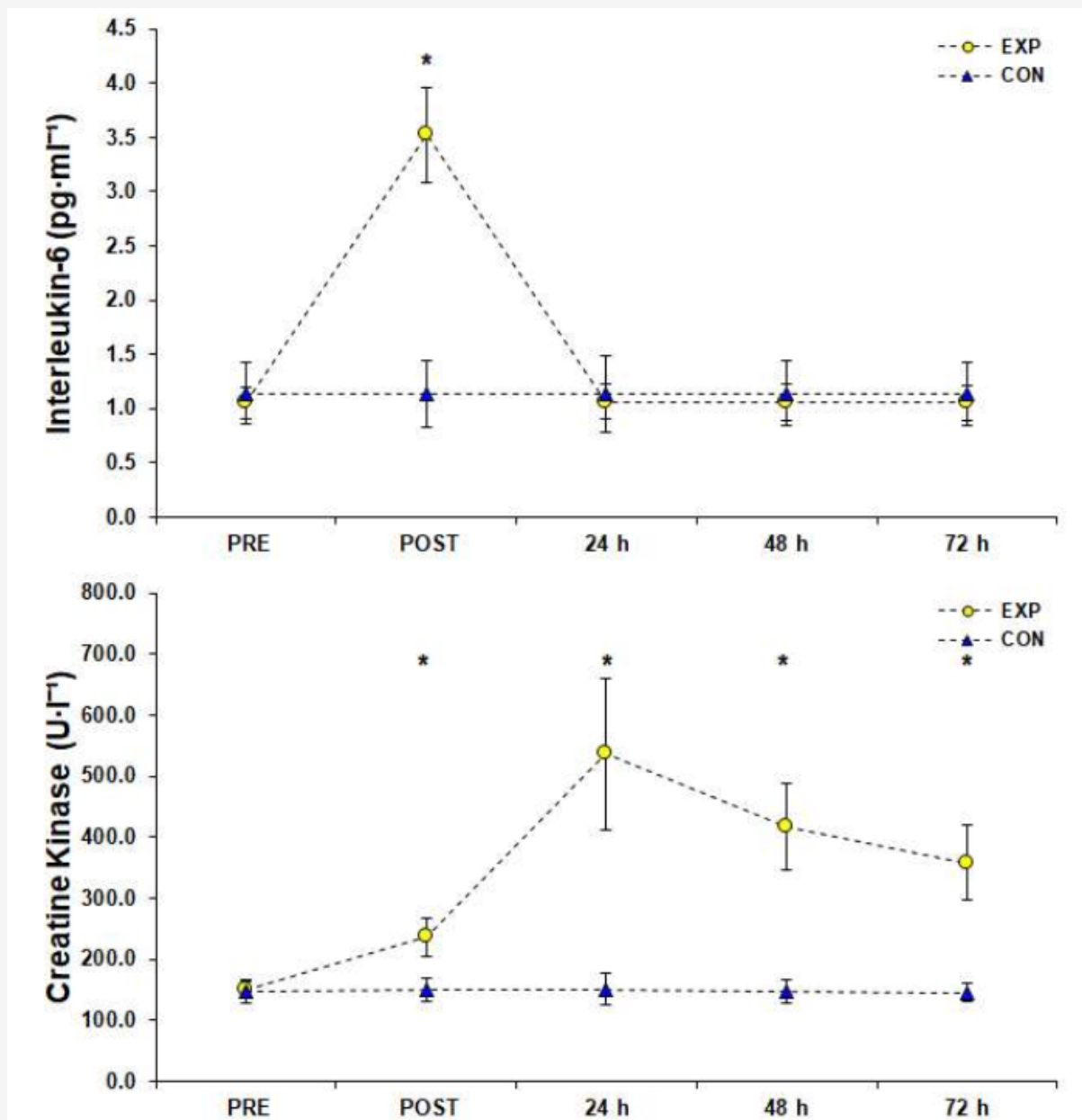


Figura 6. Respuestas inflamatorias y medidas de daño muscular (superior: interleucina-6, inferior: creatina quinasa) antes (PRE), después (POST) y durante tres días consecutivos después de un partido reducido (3 vs 3), ($M \pm SD$). * Diferencia significativa respecto a las medidas de PRE en el grupo experimental ($p < 0.05$). Abreviaturas: CON, grupo de control que no realizó ningún tipo de actividad física extenuante; EXP, grupo experimental; M, valor medio; SD, desviación estándar.

El análisis de efectos simples sobre las respuestas de la IL-6 mostró una diferencia significativa entre las mediciones ($F(1.04, 11.50) = 504.82, p < 0.001, \eta^2 = 0.98$) y el análisis *post hoc* de Bonferroni mostró que la IL-6 alcanzó su punto máximo ($3.52 \pm 0.43 \text{ pg} \cdot \text{mL}^{-1}$ [IC 95%; 3.28-3.77]) inmediatamente después del juego reducido SSG y volvió a la línea de base 24 hs después ($p < 0.05$, Figura 6). El análisis estadístico de las respuestas de la CK mostró una diferencia significativa entre las mediciones ($F(1.76, 19.32) = 93.96, p < 0.001, \eta^2 = 0.90$) y el análisis *post hoc* reveló que la CK alcanzó su punto máximo ($536.58 \pm 124.73 \text{ U} \cdot \text{L}^{-1}$ [IC del 95%; 466.01-607.15]) 24 hs después del SSG y permaneció significativamente más alta que la condición PRE en POST, 48 hs y (aunque en valores normales) 72 hs después de un SSG ($p < 0.05$, Figura 6).

El análisis de efectos simples en las respuestas de C mostró una diferencia significativa entre las mediciones ($F(1.00, 11.00) = 122.21, p < 0.001, \eta^2 = 0.92$), mientras que el análisis *post hoc* mostró que C alcanzó su punto máximo ($14.62 \pm 4.58 \text{ } \mu\text{g} \cdot \text{dL}^{-1}$ [IC del 95%; 12.03-17.21]) inmediatamente después del SSG ($p < 0.05$) y permaneció significativamente más alta que la condición PRE durante 24 hs después del SSG ($p < 0.05$) antes de regresar

gradualmente a la línea base, 48-72 hs después del SSG (Figura 7). El análisis estadístico de las respuestas de T mostró una diferencia significativa entre las mediciones ($F(1.69, 18.62) = 47.39, p < 0.001, \eta^2 = 0.81$). El análisis *post hoc* reveló que la T alcanzó su punto máximo ($6.00 \pm 1.55 \text{ ng} \cdot \text{mL}^{-1}$ [IC del 95%; 5.13-6.88]) inmediatamente después del SSG ($p < 0.05$) y volvió al valor inicial 24 hs más tarde (Figura 7). Se encontró significancia estadística ($F(1.73, 19.05) = 12.12, p < 0.001, \eta^2 = 0.52$) para la relación T/C del grupo EXP entre las mediciones y el análisis *post hoc* mostró que el valor más bajo de la relación T/C (0.44 ± 0.16 [IC 95 %; 0.35-0.54]) se observó inmediatamente después del SSG ($p < 0.05$) y volvió al valor inicial a la mañana siguiente (Figura 7).

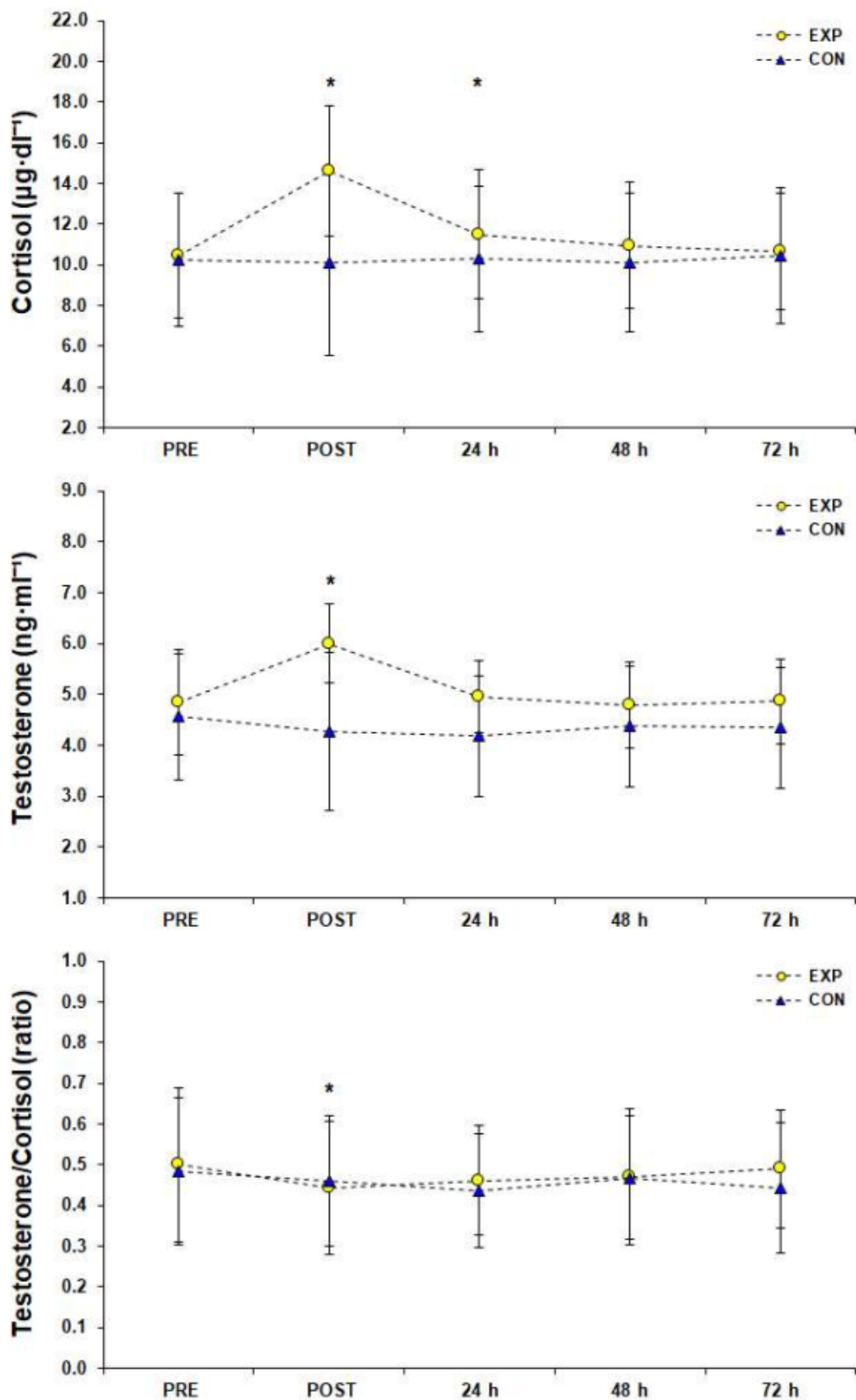


Figura 7. Respuestas hormonales (arriba: cortisol, medio: testosterona, abajo: proporción de testosterona a cortisol) antes (PRE), después (POST) y durante tres días consecutivos después de un juego reducido (3 vs 3), ($M \pm SD$). * Diferencia significativa respecto a las medidas de PRE en el grupo experimental ($p < 0.05$). Abreviaturas: CON, grupo de control que no realizó ningún tipo de actividad física extenuante; EXP, grupo experimental; M, valor medio; SD, desviación estándar.

Discusión

Aunque varios estudios previos han examinado los efectos de un partido de fútbol en el rendimiento y el esfuerzo fisiológico de los atletas [20,21], los efectos de los formatos de SSG en estas métricas no han recibido la atención que merecen. El propósito del presente estudio fue investigar los efectos de un formato de entrenamiento de SSG de 3 vs 3 sobre los cambios en el curso del tiempo de varios indicadores de rendimiento, inflamatorios, de daño muscular y hormonales en tres días consecutivos después de un SSG en jugadores semiprofesionales masculinos. Los principales hallazgos indican que después de implementar el formato de entrenamiento de SSG, los índices de rendimiento como el SJ y el sprint de 20 m no se vieron afectados en comparación con los valores de reposo, la respuesta inflamatoria alcanzó su punto máximo inmediatamente después del SSG y volvió a los valores de reposo en 24 hs, la concentración de CK alcanzó su punto máximo 24 hs después del SSG y permaneció significativamente elevado durante al menos 72 hs después del SSG, y la relación T/C se recuperó en 24 hs.

Durante el SSG, los participantes alcanzaron una FC correspondiente a >90% de su FCmáx, RPE ~15-16 (95% CI) y su nivel de La^- en sangre alcanzó ~12.12-13.93 mmol/L (95% CI) después del SSG (POST). Todas estas observaciones indican que el esfuerzo fisiológico de los atletas durante el SSG alcanzó los valores observados del entrenamiento anaeróbico [9], lo que significa que nuestros resultados reflejan los ajustes de los participantes después del entrenamiento regular de alta intensidad [10,11]. Sin embargo, el rendimiento de potencia y sprint de los participantes permaneció similar a los valores de reposo después de un SSG y en los siguientes tres días, mientras que la RPE volvió a los valores de reposo en el tercer día.

El ejercicio probablemente cambia el nivel de citocinas antiinflamatorias y proinflamatorias como la IL-6 [40]. Por el contrario, el aumento de la IL-6 está relacionado con la intensidad del ejercicio, la duración y la activación de la masa muscular [41], por lo que la IL-6 se utiliza como indicador de la inflamación posterior al ejercicio. Se informó que la concentración de IL-6 alcanzó su punto máximo inmediatamente después de un partido de fútbol y volvió a los niveles iniciales 24 hs después del partido [42], mientras que en otro estudio, que utilizó un protocolo de ejercicio de 90 minutos con velocidades repetitivas, un aumento en la IL-6 ocurrió inmediatamente después y 1 hs después del ejercicio [43]. De acuerdo con estos hallazgos, el presente estudio encontró que los niveles de IL-6 siguieron el mismo curso de tiempo, lo que indica que no hubo respuesta inflamatoria 24 hs después del formato de entrenamiento de SSG.

La creatina quinasa se ha utilizado ampliamente como indicador del daño muscular y de la carga muscular durante el ejercicio [12,44]. Según lo informado por estudios relevantes previos, las concentraciones de CK oscilan entre 250 y 400 U·L⁻¹ después de un partido de fútbol [21,42], valores similares a los observados en el presente estudio. Las contracciones musculares excéntricas ejecutadas durante las desaceleraciones, los cambios de dirección de la carrera [45] y varias actividades con la pelota comúnmente realizadas en los SSG se asocian con una mayor concentración de CK y un daño muscular potencialmente mayor [46,47]. La concentración máxima de CK se ha observado 24-48 hs después del juego, volviendo a los valores de reposo entre 48 y 120 hs después del juego [48], lo cual está de acuerdo con nuestras observaciones.

La concentración de cortisol aumenta después de un partido de fútbol [42] y normalmente vuelve a los niveles normales en 24 hs [49]. Se ha informado que probablemente se observen niveles elevados de C como consecuencia de los aspectos psicológicos del juego oficial de fútbol [50]. Haneishi y cols. también encontraron mayores aumentos en las concentraciones de C después de un partido de fútbol competitivo en comparación con una sesión de entrenamiento [49]. En el estudio actual, los valores de C alcanzaron su punto máximo después del SSG y regresaron gradualmente a los valores normales 48 hs después del entrenamiento del SSG. Por lo tanto, parece que la alteración de la concentración de C en el presente estudio fue similar a la comúnmente observada después de un partido de fútbol.

Los presentes resultados mostraron que aunque los valores de T alcanzaron su punto máximo después del SSG, la T vuelve a los valores de reposo en 24 hs. Se ha informado que cuando las catecolaminas, como la adrenalina y la noradrenalina, no aumentan significativamente, especialmente durante los partidos amistosos o cuando no se observa estrés mental, por ejemplo, durante los SSG en comparación con los partidos oficiales de fútbol, no existe una tendencia a la producción excesiva de testosterona durante y después del ejercicio [51]. Por lo tanto, el formato de entrenamiento de SSG aplicado en este estudio parece tener características comunes con un ejercicio de resistencia aeróbica prolongado en lo que respecta a la producción de T [52], más que con un ejercicio de alta demanda muscular, que incluye una gran cantidad de sprints, cambios de dirección, aceleraciones y desaceleraciones, asociados con mecanismos de ejercicio de fuerza [50].

La relación T/C se usa comúnmente como un indicador de la carga de entrenamiento y se asocia con la fatiga, el agotamiento y la disminución del rendimiento de los jugadores [20]. En el presente estudio, se observó que (excepto inmediatamente después del formato de entrenamiento de SSG) la relación T/C no se vio afectada significativamente en un rango de tres días (Figura 7). Si este es el caso, entonces el formato de entrenamiento actual de SSG sólo ha tenido un efecto agudo a largo plazo sobre el estrés físico y probablemente no agotó demasiado a los participantes. Entonces,

teniendo en cuenta todos nuestros resultados (es decir, reducción gradual de RPE y de CK, sin deterioro de los aspectos de rendimiento y sin aumento de la respuesta inflamatoria o reducción del equilibrio entre los procesos anabólicos y catabólicos 24-48 hs después del entrenamiento de SSG), los participantes parecen estar físicamente listos para nuevas cargas de entrenamiento y acciones el segundo día después de un SSG; esta información podría ser útil para diseñar sesiones de entrenamiento apropiadas.

Fortalezas y limitaciones

Hasta donde sabemos, los estudios que han investigado el impacto de un SSG de fútbol 3 vs 3 en el SJ, rendimiento de sprint de 20 m y en la respuesta de IL-6, CK, T, C y T/C en 3 días consecutivos después de un SSG son muy raros, especialmente en lo que respecta a los jugadores de fútbol semiprofesionales masculinos. Sin embargo, el patrón de actividad (por ej., número de sprints, aceleraciones y desaceleraciones) y las distancias recorridas por cada jugador en relación con las posiciones de los atletas no están documentados, lo que realmente es una limitación del presente estudio. Además, los resultados del presente estudio deben interpretarse con cautela ya que no existe una comparación directa con las respuestas después de un partido de fútbol de 11 contra 11 a gran escala. Asimismo, las conclusiones generalizadas de este estudio se circunscriben a los jugadores adultos de fútbol semiprofesional masculino, con características similares a las presentadas en la Tabla 1, y se refieren a las características del formato de entrenamiento actual de los SSG. En consecuencia, los hallazgos de este estudio deberán ser validados por estudios futuros para diferentes formatos de entrenamiento de SSG, diferentes categorías de fútbol y jugadoras femeninas; además, se deben investigar más variables hematológicas y métricas de rendimiento, y se debe tener en cuenta la posible interacción de la posición de los atletas, la distancia recorrida a través de los SSG y el nivel de condición física.

Conclusiones

Las observaciones derivadas del presente estudio en jugadores semiprofesionales masculinos revelaron que el formato de entrenamiento 3 vs 3 en los juegos reducidos (SSG) no redujo el rendimiento en SJ y el rendimiento de sprint de 20 m, mientras que 24 hs después del entrenamiento de SSG, la respuesta inflamatoria inducida disminuyó significativamente, la RPE y la concentración de CK se redujo gradualmente en comparación con los valores máximos, y la relación T/C volvió a los valores de reposo. Además, los valores de CK, C y T a partir del segundo día después del SSG se encuentran dentro del rango normal para adultos sanos [15,53,54]. Con base en esta evidencia, un período de 48 hs (como máximo) después de un SSG parece ser un tiempo adecuado para que los jugadores se recuperen y debe tenerse en cuenta al diseñar programas de entrenamiento de SSG en el fútbol. Además, se debe evitar una carga de entrenamiento elevada antes de las 24 hs posteriores a un SSG; por lo tanto, para reducir el riesgo de sobreentrenamiento o lesiones, los profesionales del equipo deben adaptar la carga de trabajo de entrenamiento semanal (intensidad y volumen) según sea necesario, asegurando una recuperación adecuada posterior a un SSG y minimizando el riesgo de interrupción del entrenamiento [55]. Los estudios futuros, que también examinarían las características técnicas y tácticas de los jugadores en diferentes formatos de SSG, incluido el rendimiento físico y la producción de hormonas, deberían proporcionar información importante a los entrenadores y podrían resultar como herramientas útiles en el diseño de programas de entrenamiento de fútbol.

Financiamiento

Esta investigación no recibió financiación externa.

Declaración de la Junta de Revisión Institucional

El estudio se realizó de acuerdo con la Declaración de Helsinki y fue aprobado por la Junta de Revisión Institucional (o Comité de Ética) de Educación Física Escolar y Ciencias del Deporte, Universidad Nacional y Kapodistriana de Atenas (1358/03-03-2022).

Declaración de consentimiento informado

Se obtuvo el consentimiento informado de todos los sujetos involucrados en el estudio.

Declaración de disponibilidad de datos

El autor correspondiente considerará solicitudes razonables por escrito para compartir datos.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer a todos los participantes por su compromiso con el estudio.

Conflictos de interés

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

REFERENCIAS

1. Para ver las referencias bibliográficas remitirse al artículo original. (Effect of 3 vs. 3 Soccer Small-Sided Game on Various Performance, Inflammatory, Muscle Damage and Hormonal Indicators in Semi-Professional Players). <https://doi.org/10.3390/sports10070102>.

Cita Original

Bekris E, Bourdas DI, Mylonis E, Ispirlidis I, Zacharakis ED, Katis A. Effect of 3 vs. 3 Soccer Small-Sided Game on Various Performance, Inflammatory, Muscle Damage and Hormonal Indicators in Semi-Professional Players. *Sports*. 2022; 10(7):102. <https://doi.org/10.3390/sports10070102>