

Analysis of physical performance during a congested-fixtured tournament in semiprofessional basketball players

Análisis del rendimiento físico durante un torneo corto en jugadores de baloncesto semiprofesionales

José María Izquierdo Velasco¹, Elvira Delgado Márquez², Zoraida Verde Rello³, Juan Carlos Redondo Castán⁴

¹ Valoración del Rendimiento Deportivo, Actividad Física y Salud, y Lesiones Deportivas (REDAFLED); Universidad de Valladolid, España

² Departamento de Economía y Estadística, Universidad de León, España

³ Departamento de Bioquímica, Biología Molecular y Fisiología; Universidad de Valladolid, Soria, España

⁴ Departamento de Educación Física y Deportiva, Universidad de León, España

* Correspondence: José María Izquierdo Velasco; josemaria.izquierdo@uva.es

ABSTRACT

The aim of our study was to determine the predictors of physical performance evaluated by the mean of acceleration capacity (10-m and 20-m sprint) and jumping ability (CMJ) during three consecutive days' semiprofessional basketball tournament. For this, 24 male players (24,3±3,4 years) were monitored during the tournament to assess the percentage of maximal actions (PMA) and T and C concentrations. Test were conducted 24 h before the first game started, after the end of each of the 3 games and 24 h after the last game. The results showed that the decrease in the physical variables through the tournament can be predicted by the mean of a panel data model including the level of exertion evaluated both by perceived exertion load and C, CMJ models were the most significant (Within-R² = 0,60 and Within-R² = 0,54 respectively). Therefore, it is recommended the use of cortisol monitoring on testing the demands of exercise in these competitive contexts. In addition, results allow us to enlarge knowledge of the internal and external demands in basketball matches.

KEYWORDS

Acceleration; Jumping ability; Accelerometry; Biomarkers; Perceived exertion

RESUMEN

El objetivo fue determinar los predictores del rendimiento físico evaluando la capacidad de aceleración (sprint de 10 m y 20 m) y la habilidad de salto (CMJ) durante tres días consecutivos en un torneo de baloncesto semiprofesional. Para ello, 24 jugadores ($24,3 \pm 3,4$ años) fueron monitoreados para cuantificar el porcentaje de acciones máximas (PMA) y las concentraciones de testosterona (T) y cortisol (C). Las pruebas se efectuaron 24 h antes del primer partido, después de cada uno de los 3 partidos y 24 h después de finalizar el torneo. Los resultados mostraron que la esperada disminución en el rendimiento de las variables físicas a lo largo del torneo se puede predecir mediante modelos de datos que incluyen tanto por la carga de esfuerzo percibida como C, siendo para ambos el CMJ el más significativo (*Dentro- R^2* = 0,60 y *Entre- R^2* = 0,54 respectivamente). Por tanto, se recomienda la monitorización del cortisol en la evaluación de las demandas del ejercicio para este tipo de torneos. Además, los resultados nos permiten ampliar el conocimiento de las demandas internas y externas en los partidos de baloncesto.

PALABRAS CLAVE

Capacidad de aceleración; Habilidad de salto; Acelerómetro; Biomacadores; Esfuerzo percibido

1. INTRODUCCIÓN

El baloncesto es un deporte de equipo que requiere de habilidades técnicas, tácticas y competencias en factores físicos y habilidades motoras (velocidad, fuerza y resistencia) con contribuciones de energía tanto aeróbica como anaeróbica (Schelling & Torres-Ronda, 2016). Estas demandas y situaciones llevan a incrementar la fatiga en los jugadores, y esta dinámica competitiva ha aumentado la necesidad de comprensión de la carga física interna y externa de los jugadores, por lo que se deben de emplear medidas objetivas durante el entrenamiento para el diseño de tareas según las fases del juego (Mancha-Triguero et al., 2018) y, por supuesto, dentro de la competición (Fox et al., 2020).

Para cuantificar la carga externa en deportes de equipo como el baloncesto es importante determinar el número y la intensidad de acciones basándonos en las aceleraciones y las desaceleraciones (Gómez-Carmona et al., 2019). Para ello, los acelerómetros permiten recoger datos con una mínima molestia a los jugadores, se han relacionado con un control más preciso de la carga y, más recientemente, han supuesto un salto cualitativo en la capacidad de cuantificar y monitorizar la carga externa de deportistas (Caparrós et al., 2018). Las principales cargas externas

evaluadas con tecnología de acelerómetros son el número de sprints, carrera a alta velocidad, aceleraciones y desaceleraciones (Soligard et al., 2016). Durante un partido de baloncesto moderno, los jugadores distribuyen los desplazamientos a baja, media y alta intensidad (37,4%, 52,8% y 9,8% respectivamente) (Vázquez-Guerrero et al., 2019), realizan de 27 a 33 aceleraciones (Vázquez-Guerrero et al., 2018), corren 453 m a alta intensidad y recorren en torno a 49 m a máxima velocidad y, además, realizan más de un salto por minuto (Fernández-Leo et al., 2020).

Con respecto a la carga interna, la recolección de saliva es un método fácil y no invasivo para medir hormonas (testosterona y cortisol), indicadores de procesos anabólicos y catabólicos, que se propone como un método práctico y fiable en baloncesto (Arruda et al., 2019). Respecto a su comportamiento con la práctica de actividad física, se identificó un aumento significativo de cortisol después de 59 minutos de ejercicio de alta intensidad en comparación con el descanso y el ejercicio de baja intensidad (Jacks et al., 1999). En este sentido, la concentración de cortisol es un vínculo importante entre el estado de ansiedad y el rendimiento físico posterior en jugadores de baloncesto de élite (Arruda et al., 2014). Además, de acuerdo con Wood & Stanton (2012), la asociación positiva entre la testosterona y el nivel de motivación sugiere que los individuos con un alto nivel de testosterona pueden ser los individuos más motivados para participar en competencias atléticas. Además, también se ha demostrado que existen correlaciones positivas entre el esfuerzo percibido y los cambios de cortisol, así como las concentraciones absolutas de cortisol salival después de un entrenamiento intenso y un partido de competición (He et al., 2010).

Es evidente que se produzca un descenso generalizado del rendimiento físico debido a la fatiga provocada por las demandas de carga del partido. Cortis y cols., (2011) demostraron un rendimiento significativamente reducido en el sprint de 10 m con y sin el balón, e Izquierdo & Redondo (2020) mostraron efectos negativos en 10 m, 20 m y en el salto con contramovimiento en comparación con el calentamiento, en el descanso y después del partido. Liveris et al. (2021) encontraron que los cambios negativos en las valoraciones subjetivas de esfuerzo y en la capacidad de salto (antes y después del partido) fueron significativos mostrando un gran efecto y correlación entre ambas variables.

Los torneos cortos de partidos congestionados en baloncesto semiprofesional duran entre tres y cuatro días y generalmente se llevan a cabo un partido por día. Para optimizar los cambios fisiológicos durante este modelo de competición, es crucial comprender el día a día en las acciones de campo que realiza el jugador. Se ha investigado que durante un partido oficial de baloncesto se evidencian caídas significativas después del primer cuarto, con una disminución en el número y la intensidad de las acciones a lo largo del partido (Pino-Ortega et al., 2019). Aunque investigaciones

anteriores han tenido en cuenta los patrones de movimiento y las demandas fisiológicas del partido de competición en baloncesto (Arruda et al., 2019; Delextrat et al., 2015), existen muy pocos estudios disponibles sobre las demandas fisiológicas externas en jugadores semiprofesionales durante este tipo de torneos (Fox et al., 2020).

A pesar de que el baloncesto es uno de los deportes más jugados y reconocidos en el mundo (Sarlis & Tjortjis, 2020), actualmente hay una falta de investigación sobre las relaciones entre las demandas del partido, los biomarcadores y la fatiga durante un torneo con partidos congestionados. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue determinar qué tipo de predictores se pueden utilizar para pronosticar la disminución del rendimiento en un jugador de baloncesto semiprofesional durante un torneo corto con partidos congestionados.

2. MÉTODOS

2.1. Diseño

En esta investigación, empleando una estrategia asociativa (estudio predictivo y explicativo) (Ato et al., 2013), usamos un diseño de medidas repetidas para evaluar los efectos de un torneo de baloncesto de partidos congestionados sobre varios factores de rendimiento físico y biomarcadores en jugadores semiprofesionales. Para ello, la investigación se realizó durante el final de la temporada (abril) en una fase de ascenso a una liga superior. Este estudio se realizó de acuerdo con las pautas que se encuentran en la Declaración de Helsinki, que establece principios éticos para las investigaciones con seres humanos. Los participantes dieron su consentimiento informado antes de que comenzara el estudio y todos los procedimientos recibieron la aprobación del comité de ética local.

2.2. Participantes

Los sujetos fueron 24 jugadores de baloncesto masculinos con una edad media de $24,3 \pm 3,4$ años y una experiencia media de $12,5 \pm 3,1$ años jugando en equipos federados. Todos ellos disputaron este torneo, en cancha y ciudad neutral, y pertenecían a dos equipos diferentes de una misma área geográfica (Castilla y León, España). Ambos equipos ganaron sus dos primeros partidos y se enfrentaron en el último partido. A lo largo de la temporada, estos equipos compitieron a nivel nacional en la misma liga y participaron en entrenamientos semanales de forma regular. Todos los sujetos gozaban de buena salud general y no tomaban medicamentos ni suplementos nutricionales que pudieran influir en su rendimiento en el torneo y en los resultados de las pruebas.

2.3. Instrumentos y variables

En la tabla 1 aparecen las variables que se han tenido en cuenta para la medición de los factores de rendimiento físico, de carga externa y de carga interna.

Tabla 1. Tipo y descripción de las variables analizadas

Variables	Tipo	Descripción
10 m sprint (s)	RF	Medición de la capacidad de aceleración en carrera lineal de 10 m.
20 m sprint (s)	RF	Medición de la capacidad de aceleración en carrera lineal de 20 m.
CMJ (cm)	RF	Medición de la capacidad de salto vertical con contramovimiento.
PMA	CE	Porcentaje de aceleraciones y desaceleraciones máximas ($> 3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$).
GL	CE	Carga de partido percibida por el jugador.
Cortisol ($\text{nmol}\cdot\text{L}^{-1}$)	CI	Concentración de cortisol.
Testosterona ($\text{pmol}\cdot\text{L}^{-1}$)	CI	Concentración de testosterona.

**Nota: RF, rendimiento físico; CE, carga externa; CI, carga interna; CMJ, salto con contramovimiento; PMA, porcentaje de acciones máximas; GL, carga de partido percibida*

Respecto a las variables de rendimiento físico, para evaluar la capacidad de aceleración se instalaron puertas de cronometraje mediante fotocélulas (DSD Laser System, León, España) a 0, 10 y 20 m en una pista contigua con una superficie idéntica a la del partido. Los jugadores comenzaron el sprint 1 m detrás de la primera puerta de cronometraje (Izquierdo et al., 2020) con instrucciones de que no deben moverse antes de partir. Los jugadores podían comenzar por su cuenta, para hacer un sprint de 20 m, lo más rápido posible. Realizaron esta prueba tres veces y se registró la mejor. El rendimiento de salto se evaluó utilizando una plataforma láser (SportJUMP System PRO, DSD Inc., España) colocada en una pequeña área adyacente a la esquina de la cancha. Los jugadores realizaron tres intentos de salto con contramovimiento (CMJ), siendo el mejor el que sirvió para la evaluación, con 45-60 segundos de descanso entre ellos (Warr et al., 2020), sin balanceo de brazos y manteniendo las manos en la cintura, seguido de un salto vertical de esfuerzo máximo y aterrizaje en el piso.

Para la carga externa se utilizó un acelerómetro para evaluar los esfuerzos realizados por los jugadores durante los tres partidos del torneo. Los movimientos se registraron utilizando los dispositivos Polar Team Pro, que funcionan con un sensor de movimiento MEMS de 200 Hz (© Polar Electro, Sports instruments, Kempele, Finlandia). La unidad se colocó en un pequeño chaleco, en la parte superior de la espalda de los jugadores, y los sensores registraron las aceleraciones y desaceleraciones máximas ($> 3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$). El número de acciones máximas se recopiló para cada

jugador a lo largo del torneo y se registró como porcentaje de acciones máximas (PMA) para ser tratada como una variable de control. Por su parte, la carga de partido percibida (GL) se cuantificó utilizando el método de calificación de esfuerzo percibido basado en una escala de 0 a 10 (Foster, 2001) treinta minutos después de finalizar el partido. Luego, se calculó GL multiplicando el valor de esfuerzo percibido por los segundos jugados por partido para cada jugador, tratándose como una variable relacionada con el esfuerzo.

Con el fin de evaluar las variables de carga interna con las concentraciones de T y C, las muestras se analizaron después de descongelarlas y centrifugarlas (10,000 g durante 10 min a 4 ° C) utilizando ensayos de inmunoabsorción ligados a enzimas (ELISA, kit de Salimetrics™). El coeficiente de variación intraensayo promedio para los ensayos T y C fue de 3,3 % y 3,8 % respectivamente. El límite mínimo de detección para el ensayo T fue 21 pmol / L y 0,33 nmol / L para el ensayo C. Los participantes proporcionaron una muestra de saliva 24 h antes de que comenzara el partido 1, inmediatamente después del final de cada uno de los tres partidos (a más tardar 15 minutos) y 24 h después de que finalizara el último partido. Los participantes no consumieron alimentos 60 minutos antes y no se cepillaron los dientes tres horas antes. Las muestras de saliva se recolectaron en un tubo estéril de 15 mL y se almacenaron a -80 ° C hasta su examen. Se asumió que la densidad salivar era 1,00 g · mL⁻¹. El porcentaje de variación calculado en relación con las 24 horas anteriores se registró para cada partido tanto en la testosterona [T (%)] como en el cortisol [C (%)], C (%) se trató como una variable relacionada con el esfuerzo (Perroni et al., 2009) y T (%) como una variable de control (He et al., 2010).

2.4. Procedimiento

Antes del torneo, los jugadores se familiarizaron con el uso de un chaleco acelerómetro en la espalda y realizaron los tests físicos durante un entrenamiento previo, considerando la gran correlación multidimensional entre pruebas de campo e índice de rendimiento del partido (Arruda et al., 2014). Este campeonato fue jugado por cuatro equipos en un sistema de liga, por lo que todos los equipos jugaron 3 partidos en 3 días: 1 partido por día. Solo se analizaron datos de jugadores que participaron al menos 10 minutos por partido (Vázquez-Guerrero et al., 2018). Por ello, veintiuno, veintidós y veinte jugadores realizaron las pruebas tras el partido 1, partido 2 y partido 3 respectivamente.

Para estandarizar el procedimiento, todas las pruebas se realizaron utilizando el mismo protocolo y en el mismo orden antes y después del torneo, y tras cada partido (Figura 1). Ninguno

de los partidos analizados requirió de prórroga. Todos los partidos se jugaron y todas las pruebas se llevaron a cabo sobre una superficie de madera.

Figura 1. Cronología del torneo; tiempos y orden de las pruebas.

Hora	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes
9	Desayuno	Desayuno	Desayuno	Desayuno	Desayuno
10	Sin act. Física	Viaje	Sesión de video	Sesión de video	Sin act. Física
11			Masaje	Masaje	
12	Comida	Comida	Paseo	Paseo	Comida
13			Comida	Comida	
14		Descanso	Descanso	Descanso	
18	Entrenamiento (19 h)	Partido 1	Partido 2	Partido 3	
20	10 m sprint	10 m sprint	10 m sprint	10 m sprint	10 m sprint
20	20 m sprint	20 m sprint	20 m sprint	20 m sprint	20 m sprint
20	CMJ	CMJ	CMJ	CMJ	CMJ
20	RPE	RPE	RPE	RPE	RPE
21		Cena	Cena	Viaje	
22		Crioterapia	Crioterapia		
23		Descanso	Descanso	Descanso	

2.5. Análisis estadístico

Para obtener una comprensión inicial de las asociaciones entre las diferentes variables de interés, se probaron las interrelaciones entre las variables independientes y su correlación con la variable dependiente. Las correlaciones entre variables se calcularon mediante el coeficiente de correlación de Pearson (r). Antes del análisis de regresión, se realizó una prueba de hipótesis para la media con muestras pareadas para identificar diferencias estadísticamente significativas entre los partidos. El nivel de significación se fijó en 5 %. El análisis estadístico se realizó con R 4,0,3, (Lucent Technologies, Georgia-EEUU).

Con el fin de identificar los factores clave que afectan el rendimiento físico, se adopta un enfoque de análisis de regresión para explorar la influencia de las hormonas (testosterona y cortisol) durante el torneo. Los datos del panel que combinan las características de las series temporales y las secciones transversales pueden tener efectos específicos del jugador, efectos específicos del partido o ambos. En comparación con los datos transversales y de series de tiempo, los datos de panel tienen un tamaño de muestra más grande y, por lo tanto, permiten estimaciones más precisas. Hay tres tipos de modelos de datos de panel: modelo de regresión agrupado, modelo de efectos fijos y modelo de efectos aleatorios (Greene, 2003).

$$\text{Rendimiento}_{i,j} = \beta_0 + \beta_1 \text{Esfuerzo}_{i,j} + \beta_2 T(\%)_{i,j} + \beta_3 \text{PMA}_{i,j} + v_i + \varepsilon_{i,j} \quad (\text{X})$$

$$v_i \sim N(0, \sigma_v^2) \quad \varepsilon_{i,j} \sim N(0, \sigma_\varepsilon^2 I)$$

donde Rendimiento \in {CMJ, 10 metros y 20 metros}, Esfuerzo \in {C (%) y GL}, el subíndice i representa a los individuos ($i = 1, \dots, N$ jugadores) y j el juego de partidos. Se trató de un diseño de estudio equilibrado con medidas repetidas dado que cada jugador observó el mismo número de juegos y cada jugador se considera un efecto aleatorio. Por lo tanto, los coeficientes β contienen los efectos fijos (variables de interés) que cambian dentro de un jugador, v_i (jugadores) es el vector de efectos aleatorios y $\varepsilon_{i,j}$ es el término de error, Σ_v es la varianza del efecto aleatorio y σ_ε^2 es la varianza del error residual, y se supone que las varianzas de los errores se distribuyen normalmente. Según la hipótesis, β_1 y β_2 no solo deberían ser significativamente diferentes de cero (determinantes del rendimiento), sino que también deberían reflejar una relación positiva o negativa entre el rendimiento y la hormona: más niveles de cortisol o pocos niveles de testosterona se relacionan con niveles más altos de desempeño físico. Debido a que las aceleraciones / desaceleraciones máximas son una constante a lo largo de un partido de baloncesto que afecta el rendimiento del jugador y se identificaron niveles altos de testosterona individuales, incluimos en la regresión el $T(\%)$ y $PMA_{i,j}$ durante el partido como control. Para decidir a qué estimador de panel se le debe dar preferencia, probamos formalmente la diferencia entre efectos fijos y aleatorios mediante la prueba de Hausman.

3. RESULTADOS

La estadística descriptiva global y las correlaciones entre las variables resumidas en la tabla 1 revelaron una alta correlación ($r = ,48$) entre C (%) y GL. Estos resultados subrayan la necesidad de forma separada a C (%) y GL en lugar de asumir que ambos representan esfuerzo.

La media y la desviación estándar de las diferentes variables registradas a lo largo del torneo se reportan en la Tabla 2. Los jugadores mostraron disminuciones de rendimiento durante el torneo en las variables físicas, PMA y valores de T, y un aumento en GL y C.

La Tabla 3 proporciona los valores p para las pruebas de hipótesis de medias. No existen diferencias estadísticamente significativas para el tiempo después del partido 2 (G2) y después del partido 3 (G3) para la T, y tampoco se encontraron diferencias estadísticamente significativas para el tiempo después del partido 1 (G1) y después del G2; para el tiempo después de G1 y después de G3, y para el tiempo después de G2 y después de G3 para C.

Tabla 2. Estadística descriptiva global y correlaciones

	N	Media	SD	Min	Max	1	2	3	4	5	6	
<i>Variables de rendimiento físico</i>												
1	10 m	100	2,06	0,13	1,84	2,31	1					
2	20 m	100	3,31	0,22	2,86	3,80	,92**	1				
3	CMJ	100	41,93	4,46	32,4	58,8	-,16	-,17	1			
<i>Variables de esfuerzo</i>												
4	GL	60	8832,3	3950,4	3,28	20,05	,53**	,50**	,21	1		
5	C(%)	60	25,25	11,80	4,08	36,61	,03	,46	-,12	-,48**	1	
<i>Variables de control</i>												
6	T(%)	60	16,62	12,09	-8,5	27,01	,09	-,01	,14	,29*	,99**	1
7	PMA	60	9,06	1,19	5,50	0,12	,04	,06	,25	,44**	,24	,40**

*Nota: CMJ, salto con contramovimiento; PMA, porcentaje de acciones máximas; T (%), variación porcentual de testosterona; C (%), variación porcentual de cortisol; GL: carga de partido percibida; ** y * significación al 1% y 5% respectivamente.

Tabla 3. Estadísticos descriptivos a lo largo del torneo (N=60)

	24-HB	Partido 1	Partido 2	Partido 3	24-HA
10 m sprint (s)	1,91±0,04	2,02±0,09	2,08±0,10	2,17±0,11	2,11±0,08
20 m sprint (s)	3,07±0,08	3,23±0,15	3,36±0,22	3,49±0,19	3,37±0,13
CMJ (cm)	44,80±4,32	42,74±4,19	41,70±4,31	40,13±3,94	40,24±4,13
GL	n/a	8389,2±4026	8195±2159,9	9912,8±5071	n/a
Cortisol (nmol·L⁻¹)	19,27±0,43	28,17±0,23	28,35±0,38	28,47±0,73	20,32±0,40
Testosterona (pmol·L⁻¹)	722,15±11,61	953,02±13,18	939,80±15,48	938,90±21,52	695,20±18,94
PMA	n/a	9,7±1,09	8,91±1,16	8,56±1,08	n/a

*Nota: CMJ, salto con contramovimiento; PMA, porcentaje de acciones máximas; GL: carga de partido percibida; 24-HB, 24 horas antes del partido 1; 24-HA, 24 horas después del partido 3; n/a, no aplica.

Tabla 4. Valores *p* para las pruebas de hipótesis de medias

	24-HB		Partido 1		Partido 2		Partido 3		24-HA	
	T	C	T	C	T	C	T	C	T	C
24 HB			≈ 0	≈ 0	≈ 0	≈ 0	≈ 0	≈ 0	1,5 x 10 ⁻⁹	≈ 0
Partido 1	≈ 0	≈ 0			2,1 x 10 ⁻⁵	0,0785	0,007	0,0785	≈ 0	≈ 0
Partido 2	≈ 0	≈ 0	2,1 x 10 ⁻⁵	0,1037			0,8392	0,3264	≈ 0	≈ 0
Partido 3	≈ 0	≈ 0	0,007	0,0785	0,8392	≈ 0			≈ 0	≈ 0
24 HA	1,5 x 10 ⁻⁹	≈ 0	≈ 0	≈ 0	≈ 0	0,1037	≈ 0	≈ 0		

*Nota: T, testosterona; C, cortisol; 24-HB, 24 horas antes del partido 1; 24-HA, 24 horas después del partido 3.

Las Tablas 4 y 5 informan de los análisis de regresión que examinan las tres medidas de rendimiento físico: CMJ, 10 metros y 20 metros (Modelos I a III). Los modelos se muestran por separado considerando, por un lado, el esfuerzo medido por GL (Tabla 4) y, por otro lado, el esfuerzo medido por cortisol (Tabla 5). Los resultados de la prueba de Hausman no rechazan hipótesis nula para todos los modelos, lo que indica que se deben considerar los estimadores de efectos aleatorios. El modelo de efectos aleatorios considera los efectos específicos de los individuos como variables aleatorias y asume que estos efectos se distribuyen normalmente a toda la población (Greene, 2005).

Tabla 5. Pruebas de regresión para las variables físicas de rendimiento cuando el esfuerzo se mide con GL: 10 m, 20 m y CMJ

	CMJ		10 m		20 m	
	<i>i</i>		<i>ii</i>		<i>iii</i>	
	Coef. (SE)	<i>p</i> -valor	Coef. (SE)	<i>p</i> -valor	Coef. (SE)	<i>p</i> -valor
GL	-0,05 (0,02)	,001 **	0,10 (0,02)	,000 **	0,11 (0,02)	,000 **
T(%)	0,53 (0,32)	,092	-0,09 (0,35)	,789	-0,15 (0,41)	,708
PMA	0,21 (0,04)	,000 **	-0,14 (0,05)	,009 **	-0,15 (0,06)	,022*
constante	4,55 (0,23)	,000 **	-0,49 (0,26)	,060	-0,08 (0,30)	,791
σ_u	0,09		0,08		0,09	
σ_e	0,02		0,08		0,15	
rho	0,95		0,48		0,27	
Partidos	3		3		3	
Observ.	60		60		60	
Dentro-R²	0,60		0,48		0,46	
Entre-R²	0,03		0,35		0,27	
General-R²	0,00		0,38		0,33	

*Nota: CMJ, salto con contramovimiento; PMA, porcentaje de acciones máximas; GL: carga de partido percibida; T (%), variación porcentual de testosterona; ** y * significación al 1% y 5% respectivamente. Los valores que se muestran son estimaciones de coeficientes y errores estándar (EE) de regresiones de máxima verosimilitud utilizando un modelo de efecto aleatorio.

Tabla 6. Pruebas de regresión para las variables físicas de rendimiento cuando el esfuerzo se mide con cortisol: 10 m, 20 m y CMJ

	CMJ		10 m		20 m	
	<i>i</i>		<i>ii</i>		<i>iii</i>	
	Coef. (SE)	<i>p</i> -valor	Coef. (SE)	<i>p</i> -valor	Coef. (SE)	<i>p</i> -valor
C(%)	-1,01 (0,35)	,003 **	1,79 (0,40)	,000 **	1,89 (0,46)	,000 **
T(%)	0,74 (0,30)	,014*	-0,76 (0,41)	,066	-0,84 (0,47)	,074
PMA	0,19 (0,01)	,000 **	-0,02 (0,05)	,745	-0,01 (0,06)	,924
constante	4,32 (0,19)	,000 **	0,30 (0,20)	,139	0,79 (0,23)	,001 **
σ_u	0,10		0,08		0,020	
σ_e	0,02		0,09		0,052	
rho	0,95		0,44		0,132	
Partidos	3		3		3	
Observ.	60		60		60	
Dentro-R²	0,54		0,26		0,22	
Entre-R²	0,02		0,30		0,28	
General-R²	0,06		0,27		0,242	

*Nota: CMJ, salto con contramovimiento; PMA, porcentaje de acciones máximas; GL: carga de partido percibida; T (%), variación porcentual de testosterona; C (%), variación porcentual de cortisol; ** y * significación al 1% y 5% respectivamente. Los valores que se muestran son estimaciones de coeficientes y errores estándar (EE) de regresiones de máxima verosimilitud utilizando un modelo de efecto aleatorio.

El análisis de datos de panel permite distinguir *Dentro-R2* y *Entre-R2*. En los modelos CMJ, parece claro que las variables incluidas en la ecuación explican el 60 % y el 54 % (medidos por GL y cortisol respectivamente) de la variación dentro del rendimiento y representan una diferencia mínima en la variación entre él (3 % y 2 %). Como resultado, se puede explicar gran parte del impacto que tiene un cambio en estas variables en el rendimiento del jugador, En cambio, el efecto de los factores observados no es fácil de detectar cuando los jugadores se comparan entre sí.

Los análisis de regresión del rendimiento físico para ambos cuando el esfuerzo se mide mediante GL (Tabla 4) y cortisol (Tabla 5) muestran que los modelos CMJ son los más significativos (*Dentro de R2* = 0,60 y *Dentro de R2* = 0,54 respectivamente), Sin embargo, solo cuando el esfuerzo es medido por cortisol, el modelo CMJ se explica a través de las contribuciones significativas de las variables de control T (%) y PMA. En este caso, se puede reportar un impacto negativo (-1,012) en CMJ para C (%). Esto significa que el aumento de cortisol tiene efectos adversos sobre la capacidad de salto. Con respecto al modelo calculado para CMJ cuando el

esfuerzo es medido por GL (Tabla 4), se reporta un impacto negativo (-0,050) en CMJ aunque, en este caso, la variable de control T (%) no puede considerarse como un contribuyente significativo al modelo.

4. DISCUSIÓN

El objetivo de nuestro estudio fue explorar las relaciones entre algunos factores de rendimiento físico con el esfuerzo percibido (GL) y los biomarcadores cortisol (C) y testosterona (T), durante un torneo de baloncesto semiprofesional de partidos congestionados. Para ello, hemos cuantificado las cargas de juego, midiendo los cambios en las concentraciones de biomarcadores y evaluando las disminuciones en el rendimiento físico entre los jugadores que participaron en el estudio. Los hallazgos clave muestran que, tanto GL como C, parecen ser indicadores válidos de una disminución en el rendimiento con respecto a la capacidad de aceleración y el salto.

La carrera de alta intensidad es uno de los elementos de rendimiento más relevantes (Stojanovic et al., 2018) en los deportes de equipo y específicamente en el baloncesto. En este sentido, encontramos disminuciones en PMA ($> 3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$) al final del último partido y en el partido crucial entre los dos equipos que luchan por ascender de división (partido 1: 9,7; partido 2: 8,91; y partido 3: 8,56). Sin embargo, en nuestro modelo, no encontramos una correlación entre PMA y las variables de rendimiento físico: 10 m ($r = ,04$), 20 m ($r = ,06$) y CMJ ($r = ,25$). Estos hallazgos podrían interpretarse, por un lado, como la adición de un tercer partido, porque se observó un aumento significativo en las cargas generales y una disminución en el número de acciones máximas (Fox et al., 2020). Y, por otro lado, debido a las características eliminatorias de estos torneos, donde estos últimos partidos determinan el camino a la final, la intensidad de las acciones aumenta en el último partido (Pino-Ortega et al., 2019).

Nuestros datos revelaron un GL más alto después del partido 3 que tras el partido 1 y el partido 2 (partido 1: 8389,2; partido 2: 8195; y partido 3: 9912,8). Es posible que factores situacionales como el juego final o el nivel del oponente (Fox et al., 2020) alteraran las demandas perceptivas, además de las notables disminuciones en la PMA durante el último partido. Nuestros resultados se asemejan a los reportados por Arruda et al. (2019), quienes sugieren que el esfuerzo percibido probablemente estaría modulado por la ronda del torneo y la importancia percibida del partido, lo que a su vez estaría relacionado con el objetivo de ganar el partido final y el torneo. Sin embargo, este hallazgo refuerza la idea de que el esfuerzo percibido es una medida válida aunque subjetiva de la carga de partido (Arruda et al., 2019).

Según He et al. (2010), C (%) observado en el torneo se puede atribuir al efecto acumulado de partidos. En esta línea, se observó que tras una semana después de la temporada regular sin periodos de recuperación suficientes, no hubo alteraciones significativas en los marcadores de testosterona, pero sí un aumento significativo del cortisol, aunque dentro del rango fisiológico normal (Hoffman et al., 1999), produciendo, en cualquier caso, una alteración continua en el equilibrio de testosterona y cortisol.

Se registraron valores más bajos de testosterona en saliva antes del torneo que después de cada partido. Este incremento entre partidos corrobora el estudio de Arruda et al., (2014) con jugadores de élite. Este hallazgo de la dinámica de la testosterona para los partidos oficiales refuerza la idea de que parece no haber influencia en el nivel del oponente ni en la ronda del torneo (Arruda et al., 2019). 24 h después de la toma de la muestra, los valores de testosterona estaban en un nivel más bajo que antes del torneo, siendo un indicador de proceso catabólico. Los cambios en los biomarcadores no solo se deben a la demanda de habilidades técnicas o al tiempo de participación del jugador en el partido, sino también a factores psicológicos, ya que los jugadores que son posibles sustitutos deben estar listos para jugar debido a la importancia crucial de los partidos y a la regla de no limitaciones para las sustituciones en baloncesto (Arruda et al., 2019). Hasta donde sabemos, hay una falta de estudios sobre las respuestas hormonales en el baloncesto durante el período de recuperación después del juego y después de un torneo congestionado. Hubiera sido interesante testear los valores hormonales a los dos, tres o cuatro días post torneo para conocer el final del proceso catabólico y, así, asegurar un correcto trabajo por parte de los entrenadores. En este sentido, los futbolistas profesionales presentan un aumento de la concentración de cortisol a las 24 h y 48 h pospartido, que vuelve a la basal tras 72 h de reposo (Silva et al., 2013).

Centrándonos en las capacidades físicas, nuestros sujetos disminuyeron significativamente su rendimiento. CMJ presentó una disminución entre pre y post torneo (de 44,80 a 40,24 cm; - 4,56 cm), valores parecidos (- 4 cm) encontraron Montgomery et al. (2008) con su grupo de control. Además, se confirma al cortisol agudo como respuesta reguladora a la carga de ejercicio debido a las correlaciones con las pruebas físicas, especialmente para la capacidad de salto, ya que los modelos CMJ fueron los más significativos (*Dentro-R² = 0,60* y *Entre-R² = 0,54* respectivamente). El efecto negativo en la capacidad de salto también ha sido demostrado previamente (Cortis et al., 2011) siendo una causa el que los jugadores realizan 50 saltos por partido en promedio (Drinkwater et al., 2008). Además, el descenso de rendimiento en la aceleración y el rendimiento del salto se relacionaron en nuestros resultados, si bien esta dependencia entre ambas capacidades ya ha sido

analizada y reportada en el estudio de Nikolaidis et al. (2019) en jugadores jóvenes de baloncesto. Delextrat y col. (2015) mostraron la relación entre los efectos de la fatiga durante una semana de entrenamiento en CMJ y un sprint de 20 m en jugadoras. En cuanto a los programas de entrenamiento de estas dos capacidades, se ha demostrado en jóvenes futbolistas el entrenamiento mixto que incluye ejercicios de fuerza generales y específicos mejora su rendimiento y puede ayudar a minimizar la pérdida de rendimiento por fatiga (Maio-Alves et al., 2010); además se recomienda el trabajo de potencia de los miembros inferiores puesto que su mejora también se ha relacionado recientemente con la agilidad con y sin balón en baloncesto (García-Chaves et al., 2021). En este sentido, para evaluar la efectividad de las estrategias de recuperación sobre el rendimiento físico durante un torneo de baloncesto semiprofesional de 3 días, el grupo de inmersión en agua fría fue sustancialmente mejor en mantener 20 m esa capacidad de salto, y la ingesta de carbohidratos + estiramiento provocó un mínimo reducción en el esprint, pero estos programas de recuperación no han ayudado a la prueba CMJ (Montgomery et al., 2008). La investigación futura debe continuar investigando la mejor recuperación de la capacidad de salto después de este tipo de torneos.

Las principales limitaciones de este estudio fueron no analizar por posición de juego y la no cuantificación de una posible interacción psicológica del jugador midiendo el estado de ánimo y/o estrés emocional y sus relaciones con los desequilibrios hormonales (Schelling et al., 2015). Dado que el rendimiento técnico y físico difiere de un partido a otro, incorporar todos los partidos y todos los equipos del torneo en el análisis habría beneficiado los resultados. Además, como investigación futura podría ser interesante medir la deshidratación y la rehidratación y sus relaciones con las respuestas de los biomarcadores.

5. CONCLUSIONES Y APLICACIONES PRÁCTICAS

Un torneo corto de baloncesto de varios partidos produce, a lo largo del mismo, una disminución de rendimiento en la capacidad de aceleración y de salto, así como un descenso en los valores de testosterona y de acciones a alta intensidad, y un aumento en los valores de cortisol y esfuerzo percibido por los jugadores.

Un aumento de cortisol tiene efectos adversos sobre la capacidad de salto. Por ello, este hallazgo tiene implicaciones para el uso de la monitorización del cortisol en la evaluación de las demandas del ejercicio para este tipo de torneos.

Como aplicaciones prácticas, los resultados nos permiten ampliar el conocimiento de las demandas internas y externas en los partidos de baloncesto y ayudar al entrenador en la toma de decisiones durante el juego, por ejemplo, distribuyendo el tiempo (juego / descanso) de los jugadores; así como la necesidad de implementar entrenamientos preparatorios y estrategias de recuperación post-partidos para amortiguar el efecto negativo de la fatiga.

6. REFERENCIAS

1. Arruda, A. F., Aoki, M. S., Freitas, C. G., Drago, G., Oliveira, R., Crewther, B. T. & Moreira, A. (2014). Influence of competition playing venue on the hormonal responses, state anxiety and perception of effort in elite basketball athletes. *Physiology & Behavior*, 130, 1-5. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2014.03.007>
2. Arruda, A. F. S., Aoki, M. S., Drago, G. & Moreira, A. (2019). Salivary testosterone concentration, anxiety, perceived performance and ratings of perceived exertion in basketball players during semi-final and final matches. *Physiology & Behavior*, 198, 102-107. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2018.10.008>
3. Ato, M., López, J.J., & Benavente, A. (2013). Un sistema de clasificación de los diseños de investigación en psicología. *Anales de Psicología*, 29(3), 1038-1059. <https://dx.doi.org/10.6018/analesps.29.3.178511>
4. Caparrós, T., Casals, M., Solana, Á. & Peña, J. (2018). Low external workloads are related to higher injury risk in professional male basketball games. *Journal of Sports Science and Medicine*, 17(2), 289.
5. Cortis, C., Tessitore, A., Lupo, C., et al. (2011). Inter-limb coordination, strength, jump, and sprint performances following a youth men's basketball game. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25, 135-142. <https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e3181bde2ec>
6. Delextrat, A., Badiella, A., Saavedra, V., Matthew, D., Schelling, X. & Torres-Ronda, L. (2015). Match activity demands of elite Spanish female basketball players by playing position. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 15(2), 687-703. <https://doi.org/10.1080/24748668.2015.11868824>
7. Drinkwater, E. J., Pyne, D. B. & McKenna, M. J. (2008). Design and interpretation of anthropometric and fitness testing of basketball players. *Sports Medicine*, 38(7), 565-578. <https://doi.org/10.2165/00007256-200838070-00004>

8. Fernández-Leo, A., Gómez-Carmona, C. D., García-Rubio, J. & Ibáñez, S. J. (2020). Influence of contextual variables on physical and technical performance in male amateur basketball: A case study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(4), 1193. <https://doi.org/10.3390/ijerph17041193>
9. Foster, C., Florhaug, J. A., Franklin, J., Gottschall, L., Hrovatin, L. A., Parker, S., Doleshal, P. & Dodge, C. (2001). A new approach to monitoring exercise training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 15(1), 109-115. <https://doi.org/10.1519/00124278-200102000-00019>
10. Fox, J. L., O'Grady, C. J. & Scanlan, A. T. (2020). Game schedule congestion affects weekly workloads but not individual game demands in semi-professional basketball. *Biology of Sport*, 37(1), 59. <https://doi.org/10.5114/biolport.2020.91499>
11. García-Chaves, D. C., Corredor-Serrano, L. F., & Arboleda-Franco, S. A. (2021). Relación entre potencia muscular, rendimiento físico y competitivo en jugadores de baloncesto. *Retos*, 41, 191-198. <https://doi.org/10.47197/retos.v0i41.82748>
12. Greene, W. (2003). *Econometric analysis*. Pearson Education India
13. Greene, W. (2005). Fixed and random effects in stochastic frontier models. *Journal of Productivity Analysis*, 23(1), 7-32.
14. Gómez-Carmona, C. D., Pino-Ortega, J., Sánchez-Ureña, B., Ibáñez, S. J. & Rojas-Valverde, D. (2019). Accelerometry-based external load Indicators in sport: too many options, same practical outcome? *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(24), 5101. <https://doi.org/10.3390/ijerph16245101>
15. He, C. S., Tsai, M. L., Ko, M. H., Chang, C. K. & Fang, S. H. (2010). Relationships among salivary immunoglobulin A, lactoferrin and cortisol in basketball players during a basketball season. *European Journal of Applied Physiology*, 110(5), 989-995. <https://doi.org/10.1007/s00421-010-1574-8>
16. Hoffman, J. R., Epstein, S., Yarom, Y., Zigel, L. & Einbinder, M. (1999). Hormonal and biochemical changes in elite basketball players during a 4-week training camp. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 13(3), 280-285. <https://doi.org/10.1519/00124278-199908000-00017>
17. Izquierdo, J. M., De Benito, A. M., Araiz, G., Guevara, G. & Redondo, J. C. (2020). Influence of competition on performance factors in under-19 soccer players at national league level. *PLOS ONE*, 15(3), e0230068. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0230068>

18. Izquierdo, J. M. & Redondo, J. C. (2020). Acute effects of basketball competition on physical performance factors in under-18 female players. *RICYDE. Revista Internacional de Ciencias del Deporte*, 61(16), 285-297. <https://doi.org/10.5232/ricyde2020.06104>
19. Jacks, D. E., Sowash, J., Anning, J., McGloughlin, T. & Andres, F. (1999). Effect of exercise at three intensities on salivary cortisol. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 31(5), S266. <https://doi.org/10.1097/00005768-199905001-01290>
20. Liveris, N. I., Tzarbou, C., Tsimeas, P. D., Papageorgiou, G., Xergia, S. A., & Tsiokanos, A. (2021). Evaluating the Effects of Match-Induced Fatigue on Landing Ability; the Case of the Basketball Game. *International Journal of Exercise Science*, 14(6), 768.
21. Maio-Alves, J. M. V., Rebelo, A. N., Abrantes, C. & Sampaio, J. (2010). Short-term effects of complex and contrast training in soccer players' vertical jump, sprint, and agility abilities. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(4), 936-941. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181c7c5fd>
22. Mancha Triguero, D., García Ceberino, J. M., Antúnez Medina, A., & García Rubio, J. (2018). ¿Afecta la fase de juego al diseño de las tareas de un equipo de baloncesto de formación?. *SPORT TK-Revista EuroAmericana de Ciencias del Deporte*, 7(2), 27–36. <https://doi.org/10.6018/sportk.343201>
23. Montgomery, P. G., Pyne, D. B., Hopkins, W. G., Dorman, J. C., Cook, K., & Minahan, C. L. (2008). The effect of recovery strategies on physical performance and cumulative fatigue in competitive basketball. *Journal of Sports Sciences*, 26(11), 1135-1145. <https://doi.org/10.1080/02640410802104912>
24. Nikolaidis, P. T., Asadi, A., Santos, E. J. A. M., Calleja-González, J., Padulo, J., Chtourou, H. & Zemkova, E. (2019). Relationship of body mass status with running and jumping performances in young basketball players. *Muscle Ligaments and Tendons Journal*, 5(3), 187. <https://doi.org/10.11138/mltj/2015.5.3.187>
25. Perroni, F., Tessitore, A., Cibelli, G., Lupo, C., D'Artibale, E., Cortis, C., ... Capranica, L. (2009). Effects of simulated firefighting on the responses of salivary cortisol, alpha-amylase and psychological variables. *Ergonomics*, 52(4), 484–491. <https://doi.org/10.1080/00140130802707873>
26. Pino-Ortega, J., Rojas-Valverde, D., Gómez-Carmona, C. D., Bastida-Castillo, A., Hernández-Belmonte, A., García-Rubio, J., Nakamura, F. & Ibáñez, S. J. (2019). Impact of contextual factors on external load during a congested-fixtue tournament in elite U'18

- basketball players. *Frontiers in Psychology*, 10, 1100. <http://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01100>
27. Sarlis, V. & Tjortjjs, C. (2020). Sports analytics — Evaluation of basketball players and team performance. *Information Systems*, 93, 101562. <https://doi.org/10.1016/j.is.2020.101562>
28. Schelling, X., Calleja-González, 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>
29. Schelling, X. & Torres-Ronda, L. (2016). An Integrative Approach to Strength and Neuromuscular Power Training for Basketball. *Strength and Conditioning Journal*, 38(3), 72-80. <https://doi.org/10.1519/ssc.0000000000000219>
30. Silva, J. R., Ascensão, A., Marques, F., Seabra, A., Rebelo, A. & Magalhães, 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>
31. Soligard, T., Schwelnus, M., & Alonso, J. (2016). Infographic. International Olympic Committee consensus statement on load in sport and risk of injury: how much is too much? *British Journal of Sports Medicine*, 50(17), 1042–1042. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096583>
32. Stojanović, E., Stojiljković, N., Scanlan, A. T., Dalbo, V. J., Berkelmans, D. M. & Milanović, Z. (2018). The activity demands and physiological responses encountered during basketball match-play: a systematic review. *Sports Medicine*, 48, 111-135. <http://doi.org/10.1007/s40279-017-0794-z>
33. Vázquez-Guerrero, J., Suarez-Arrones, L., Gómez, D. C. & Rodas, G. (2018). Comparing external total load, acceleration and deceleration outputs in elite basketball players across positions during match play. *Kinesiology*, 50(2), 228-234. <https://doi.org/10.26582/k.50.2.11>
34. Vázquez-Guerrero, J., Jones, B., Fernández-Valdés, B., Moras, G., Reche, X., & Sampaio, J. (2019). Physical demands of elite basketball during an official U18 international tournament. *Journal of Sports Sciences*, 37(22), 2530-2537. <https://doi.org/10.1080/02640414.2019.1647033>
35. Wood, R. I. & Stanton, S. J. (2012). Testosterone and sport: current perspectives. *Hormones and Behavior*, 61(1), 147-155. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2011.09.010>

36. Warr, D. M., Pablos, C., Sánchez-Alarcos, J. V., Torres, V., Izquierdo, J. M. & Redondo, J. C. (2020). Reliability of measurements during countermovement jump assessments: Analysis of performance across subphases. *Cogent Social Sciences*, 6(1), 1843835. <https://doi.org/10.1080/23311886.2020.1843835>

AUTHOR CONTRIBUTIONS

All authors listed have made a substantial, direct and intellectual contribution to the work, and approved it for publication.

CONFLICTS OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

FUNDING

This research received no external funding.

COPYRIGHT

© Copyright 2023: Publication Service of the University of Murcia, Murcia, Spain.