

Relationship between Heart Rate and the Scoreboard during a Relegation Playoff

ABRAHAM BATALLA GAVALDÀ^{1*}
ANA MARÍA BOFILL RÓDENAS²
RAÚL MONTOLIU COLÁS³
FRANCISCO CORBI SOLER⁴

¹ National Institute of Physical Education of Catalonia, University of Lleida (Spain)

² Department of Medical Sciences. School of Medicine. University of Girona (Spain)

³ Institute of New Imaging Technologies. Jaume I University (Valencia, Spain)

⁴ Human Movement Research Group. National Institute of Physical Education of Catalonia, University of Lleida (Spain)

* Correspondence: Abraham Batalla Gavalda (gavalda13@gmail.com)

Relación entre la frecuencia cardíaca y el marcador durante una fase de descenso

ABRAHAM BATALLA GAVALDÀ^{1*}
ANA MARÍA BOFILL RÓDENAS²
RAÚL MONTOLIU COLÁS³
FRANCISCO CORBI SOLER⁴

¹ Instituto Nacional de Educación Física de Cataluña, Universidad de Lleida (España)

² Departamento de Ciencias Médicas. Facultad de Medicina. Universidad de Girona (España)

³ Instituto de Nuevas Tecnologías de la Imagen. Universidad Jaume I (Valencia, España)

⁴ Grupo de investigación en Movimiento Humano. Instituto Nacional de Educación Física de Cataluña, Universidad de Lleida (España)

* Correspondencia: Abraham Batalla Gavalda (gavalda13@gmail.com)

Abstract

In team sports, the study of heart rate (HR) is fundamental for optimizing performance and preventing injuries since it allows us to learn about some of the physiological demands generated by doing sport and the level of internal load. The purpose of this study was to explore the relationship between HR and the scoreboard for the game as well as the number of actions performed in each of the strata generated depending on the difference in points on the scoreboard in amateur basketball players during a relegation playoff. To do this HR was analyzed, following the principles proposed by McInnes, Carlson, Jones and McKenna (1995), in a sample of ten players ($n = 10$) in the Catalan Cup during the 10 competitive matches during a relegation playoff. Next, HR was related to the scoreboard and the duration of play actions at each moment during the game. The results show HR values that range between 88.9% and 92.2% of HR max. In addition, significant differences were observed with respect to the points difference on the scoreboard ($p < 0.05$) in each of the 3 strata analyzed. As for the relationship with the play time variables, significant differences were observed only in long possessions (17-24 s) ($p < 0.01$). The conclusions of this study suggest that the difference in points on the scoreboard and play actions lasting 17-24 s have a direct impact on HR, which changes as a function of the points difference and influences the physiological demands on the players.

Keywords: heart rate, basketball, women's sport, scoreboard

Resumen

En los deportes de equipo, el estudio de la frecuencia cardíaca (FC) resulta fundamental para la optimización del rendimiento y la prevención de lesiones, ya que nos permite conocer algunas de las demandas fisiológicas generadas por la práctica deportiva y el nivel de carga interna. El objetivo del presente estudio fue conocer la relación existente entre la FC y el marcador del partido, así como el número de acciones que se realizan en cada uno de los estratos generados, en función de la diferencia de puntos en el marcador en jugadoras de baloncesto *amateur* durante una fase de descenso. Para ello, se analizó la FC siguiendo los criterios propuestos por McInnes, Carlson, Jones y McKenna (1995) en una muestra de diez jugadoras ($n = 10$) de Copa Catalunya, durante los 10 partidos oficiales de una fase de descenso. Seguidamente, se relacionó la FC con el marcador y con la duración de las acciones de juego en cada momento del partido. Los resultados muestran valores de FC que fluctúan entre el 88.9% y el 92.2% de la FC máx. Además, se observaron diferencias significativas en cuanto a la diferencia en el marcador ($p < 0.05$), en cada uno de los 3 estratos analizados. En cuanto a la relación con las variables temporales de juego, se observaron diferencias significativas únicamente en las posesiones largas (17-24 s) ($p < 0.01$). Las conclusiones de este estudio sugieren que la diferencia de puntos en el marcador y las acciones de juego de duración comprendida entre los 17-24 s tienen una influencia directa sobre la FC, modificándose esta en función de la diferencia de puntos e influyendo en las demandas fisiológicas de las jugadoras.

Palabras clave: frecuencia cardíaca, baloncesto, deporte femenino, marcador

Introduction

Monitoring training load in team sports is crucial for optimizing performance and preventing injuries since it provides us with a scientific explanation of the changes in the athlete's condition and enables us to anticipate the emergence of overtraining (Halson, 2014). To do this, we need to differentiate between the concepts of external and internal load. External load has been defined as the amount of work generated by the performance of a task and which can be objectified using quantifiable parameters such as distance, time, rhythm, mechanical power, acceleration, speed of performance or the number of specific actions; its measurement is independent of the internal characteristics of the athlete (Mujika, 2013; Wallace, Slattery, & Coutts, 2009). By contrast, internal load is the psychobiological response our body generates as a result of training or competition loads and is specific to each athlete and situation (Impellizzeri, Rampinini, Coutts, Sassi, & Marcora, 2004; Impellizzeri, Rampinini, & Marcora, 2005). Although in both cases the information provided can be extremely useful for the coach, only internal load will regulate the process of physiological and metabolic adaptation in the athlete (Halson, 2014), thus making it possible to learn about the real impact a training task has on the body since equal external loads could generate very different internal loads.

Various methodologies have been proposed for assessing internal load: analysis of the hormonal profile (relationship between testosterone and cortisol) (Schelling, Calleja-González, Torres-Ronda, & Terrados, 2014); assessment of the concentration of metabolites in blood (lactate or ammonium) (Coutts, Reaburn, & Abt, 2003; Deustsch, Maw, Jenkins, & Reaburn, 1998; Matthew & Delextrat, 2009); recording various psychological factors such as subjective perceived exertion (Cuadrado-Reyes, Chiroso, Chiroso, Martín-Tamayo, & Aguilar-Martínez, 2012; Fuentes, Feu, Jiménez, & Calleja-González, 2013); and monitoring the evolution of HR (Casamichana & Castellano, 2010; Castagna, Impellizzeri, Chaouachi, Ben Abdelkrim, & Manzi, 2011; Tan, Polglaze, & Dawson, 2009).

Intensity analysis by evaluating HR stands out among all of them owing to its simplicity (Casamichana & Castellano, 2010; Castagna et al., 2011; Guével, Maïsetti, Prou, Dubois, & Marini, 1999;

Introducción

La monitorización de la carga de entrenamiento en los deportes colectivos resulta fundamental para la optimización del rendimiento y la prevención de lesiones, ya que nos permite obtener una explicación científica de los cambios aparecidos en el estado de forma del deportista y anticiparnos a la aparición del sobreentrenamiento (Halson, 2014). Para ello, deberemos diferenciar entre los conceptos de carga externa e interna. La carga externa ha sido definida como la cantidad de trabajo que genera la realización de una tarea y que puede ser objetivada a partir de parámetros cuantificables como la distancia, el tiempo, el ritmo, la potencia mecánica, la aceleración, la velocidad de realización o el número de acciones específicas, siendo su medida independiente de las características internas del deportista (Mujika, 2013; Wallace, Slattery, & Coutts, 2009). Por su parte, la carga interna es la respuesta psicobiológica generada por nuestro cuerpo a las cargas de entrenamiento o de competición y es específica de cada deportista y situación (Impellizzeri, Rampinini, Coutts, Sassi, & Marcora, 2004; Impellizzeri, Rampinini, & Marcora, 2005). Aunque en ambos casos la información proporcionada puede resultar extremadamente útil para el entrenador, solo la carga interna es la que va a regular el proceso de adaptación fisiológica y metabólica en el deportista (Halson, 2014), permitiendo conocer el efecto real que sobre el organismo tiene una tarea de entrenamiento, ya que cargas externas iguales podrían generar cargas internas muy distintas.

Diversas metodologías han sido propuestas para la valoración de la carga interna: el análisis del perfil hormonal (relación entre testosterona y cortisol) (Schelling, Calleja-González, Torres-Ronda, & Terrados, 2014); la valoración de la concentración de metabolitos en sangre (lactato o amonio) (Coutts, Reaburn, & Abt, 2003; Deustsch, Maw, Jenkins, & Reaburn, 1998; Matthew & Delextrat, 2009); el registro de diversos factores psicológicos como la percepción subjetiva de esfuerzo (PSE) (Cuadrado-Reyes, Chiroso, Chiroso, Martín-Tamayo, & Aguilar-Martínez, 2012; Fuentes, Feu, Jiménez, & Calleja-González, 2013), o la monitorización de la evolución de la FC (Casamichana & Castellano, 2010; Castagna, Impellizzeri, Chaouachi, Ben Abdelkrim, & Manzi, 2011; Tan, Polglaze, & Dawson, 2009).

Entre todas ellas, destaca por su simplicidad el análisis de la intensidad a través de la valoración de la FC (Casamichana & Castellano, 2010; Castagna et al., 2011; Guével, Maïsetti, Prou, Dubois, & Marini, 1999; Stone & Kilding, 2009; Tan et al., 2009), gracias, entre

Stone & Kilding, 2009; Tan et al., 2009), due among other factors to the relationship between HR and oxygen uptake under aerobic conditions and the ease with which it can be recorded (Hopkins, 1991; McArdle, Katch & Katch, 1991).

Thus HR has been used for example to monitor intensity in rugby (Coutts et al., 2003); water polo (Tan et al., 2009); football (Coutts et al., 2009; Rampinini, Impellizzeri, Castagna, Coutts, & Wisleff, 2009); futsal (Casamichana & Castellano, 2010; Castagna, D'Ottavio, Granda-Vera & Barbero-Álvarez, 2009); and basketball (Ben Abdelkrim, Castagna, El Fazaa, Tabka, & El Ati, 2009; Castagna et al., 2011; Matthew & Delextrat, 2009; Scanlan, Dascombe, Reaburn, & Dalbo, 2012; Rodríguez-Alonso, Fernández-García, Pérez-Landaluce & Terrados, 2003).

In addition, several authors have underscored the influence that psychological factors may have on variation in HR and noted how mood (Calmeiro & Tenenbaum, 2007), subjective perceived exertion (Cuadrado-Reyes et al., 2012) and stress level (Vargas, Nagy, Szirtes, & Porszász, 2016) may modify its evolution, which suggests the existence of a direct relationship between psychological and physiological factors.

Basketball is a collaboration and opposition sport characterised by continuous fluctuations in intensity levels which may reach a maximum (Ben Abdelkrim et al., 2009; Stone & Kilding, 2009; Ziv & Lidor, 2009). For example, several studies conducted in female populations have described heart rates between 169-183 bpm (Higgs, Riddell, & Barr, 1982; McArdle, Magel, & Kyvallos, 1971) and intensities of 84.5-89.0% of HR max, both in high school competition matches (Beam & Merrill, 1994; McArdle et al., 1971).

Despite the large number of studies, since the rules were changed in 2000 to reduce the shot clock to 24 seconds and the backcourt rule to eight seconds (Matthew & Delextrat, 2009) there have been few papers which have examined the intensity of play in women's basketball. Rodríguez-Alonso et al. (2003) registered values of 91.2% HR max in national players (WL1 Professionals; $n = 10$) and 94.4% HR max in internationals (Spanish basketball team; $n = 14$); Matthew & Delextrat (2009) obtained values of 92.5% HR max (BUCS university players; $n = 9$) and Scanlan et al. (2012) observed values of 82.4% (Queensland Basketball League; $n = 12$).

otros aspectos, a la relación existente entre esta y el consumo de oxígeno en condiciones aeróbicas y a su simplicidad de registro (Hopkins, 1991; McArdle, Katch, & Katch, 1991).

Así por ejemplo, la FC ha sido utilizada para el control de la intensidad en rugby (Coutts et al., 2003); waterpolo (Tan et al., 2009); fútbol (Coutts et al., 2009; Rampinini, Impellizzeri, Castagna, Coutts, & Wisleff, 2009); fútbol sala (Casamichana & Castellano, 2010; Castagna, D'Ottavio, Granda-Vera & Barbero-Álvarez, 2009), y en baloncesto (Ben Abdelkrim, Castagna, El Fazaa, Tabka, & El Ati, 2009; Castagna et al., 2011; Matthew & Delextrat, 2009; Scanlan, Dascombe, Reaburn, & Dalbo, 2012; Rodríguez-Alonso, Fernández-García, Pérez-Landaluce, & Terrados, 2003).

Además, diversos autores han destacado la influencia que los factores psicológicos pueden tener en la variación de la FC, constatando como el estado de ánimo (Calmeiro & Tenenbaum, 2007), la percepción subjetiva del esfuerzo (Cuadrado-Reyes et al., 2012) o el nivel de estrés (Vargas, Nagy, Szirtes, & Porszász, 2016) pueden llegar a modificar su evolución, lo que demuestra la existencia de una relación directa entre los factores psicológicos y los fisiológicos.

Por su parte, el baloncesto es un deporte de colaboración y oposición caracterizado por continuas fluctuaciones en los niveles de intensidad, pudiendo llegar esta a ser máxima (Ben Abdelkrim et al., 2009; Stone & Kilding, 2009; Ziv & Lidor, 2009). Así por ejemplo, diversos estudios realizados en población femenina han descrito frecuencias cardíacas entre las 169-183 ppm (Higgs, Riddell, & Barr, 1982; McArdle, Magel, & Kyvallos, 1971) o intensidades del 84.5-89.0% de la FC máx, ambas en partidos de competición de instituto (Beam & Merrill, 1994; McArdle et al., 1971).

Pese a la gran cantidad de estudios existentes, desde que se modificó el reglamento en el año 2000. disminuyéndose el tiempo de posesión a 24 s y el tiempo para pasar a campo ofensivo a 8 s (Matthew & Delextrat, 2009) pocos son los estudios que han analizado la intensidad de juego en baloncesto femenino. Rodríguez-Alonso et al. (2003) registraron valores del 91.2% de la FC máx en jugadoras nacionales (LF1 Profesionales; $n = 10$) y del 94.4% FC máx en internacionales (Selección Española de Baloncesto; $n = 14$); Matthew & Delextrat (2009) obtuvieron valores del 92.5% de la FC máx (BUSA universitarias; $n = 9$) y Scanlan et al. (2012) observaron valores del 82.4% (Queensland Basketball League; $n = 12$).

Recently Torres-Ronda, Ric, Llabres-Torres, De Las Heras and Schelling (2016) have suggested that both the playing time/rest time ratio and the number of interventions made by the coach throughout the game are two of the aspects which affect HR, which points to a particular relationship between the time organization of actions and game intensity. Furthermore, Gómez, Lorenzo, Ibáñez and Sampaio (2013) argue that the most important factor in women's basketball during the last five minutes of the game is the contextual situation in which the match is played (fouls of each team, timeouts remaining, scoreboard, etc.). All this suggests that the scoreboard might directly affect HR due to its psychological effect on the players (Fessi et al., 2016) and its impact on technical, tactical and strategic situations (Sullivan et al., 2014).

In view of the foregoing, the objective of this study is to learn about the relationship between HR and the game scoreboard together with the number of actions in each of the strata generated based on the points difference on the scoreboard in amateur women basketball players during a relegation playoff.

Material and Method

Sample

The sample in this study was formed by ten amateur basketball players ($n=10$) (age: 21.3 ± 2.71 years; weight: 68.84 ± 11.21 kg; height: 177 ± 7 cm; body fat: $20.74 \pm 3.51\%$; experience: 10 ± 3.12 years). All of them did 3 weekly training sessions lasting 2 hours each, with 48 hours of recovery between them and a game at the weekend on either Saturday or Sunday depending on the calendar. In addition, they participated in this study without receiving any financial or in-kind compensation and signed an informed consent document. None of the participants in this study had suffered an injury during the 6 months prior to it, and nor were they taking any medication or following a diet or suffering from respiratory and/or metabolic disorders at the time it was conducted. This study was designed taking into account the principles of the 1975 Declaration of Helsinki, as revised in 2000.

Recientemente, Torres-Ronda, Ric, Llabres-Torres, De Las Heras y Schelling (2016) han sugerido que tanto el ratio, tiempo de juego/tiempo de descanso, como el número de intervenciones que realiza el entrenador a lo largo del partido son dos de los factores que afectan a la FC, lo que apunta a cierta relación entre la organización temporal de las acciones y la intensidad de juego. Por otro lado, Gómez, Lorenzo, Ibáñez y Sampaio (2013) sugirieron que en el baloncesto femenino el factor más importante durante los últimos 5 minutos del partido es la situación contextual en la que se desarrolla el partido (faltas de cada equipo, tiempos muertos restantes, marcador...). Todo ello, sugiere que el marcador podría influir directamente sobre la FC debido al efecto psicológico que sobre los jugadores tiene (Fessi et al., 2016) y a sus repercusiones sobre las situaciones técnicas, tácticas y estratégicas (Sullivan et al., 2014).

Por todo ello, el objetivo de este estudio es conocer la relación existente entre la FC y el marcador del partido, así como el número de acciones en cada uno de los estratos generados en función de la diferencia de puntos en el marcador en jugadoras de baloncesto femenino *amateur* durante una fase de descenso.

Material y método

Muestra

La muestra de este estudio estuvo formada por diez jugadoras ($n=10$) de baloncesto *amateur* (edad: 21.3 ± 2.71 años; peso: 68.84 ± 11.21 kg; talla: 177 ± 7 cm; grasa corporal: $20.74 \pm 3.51\%$; experiencia: 10 ± 3.12 años). Las 10 jugadoras realizaban 3 sesiones semanales de entrenamiento de 2 h cada una, con 48 h de recuperación entre estas y un partido durante el fin de semana, que se disputaba en sábado o domingo en función del calendario. Además, participaron en este estudio sin recibir recompensa económica o en especie y firmaron un documento de consentimiento informado. Ninguna de las participantes sufrió ninguna lesión durante los 6 meses previos al estudio, ni siguiendo dieta alimentaria, ni sufría alteración respiratoria y/o metabólica en el momento de su realización. Este estudio se diseñó teniendo en cuenta los principios de la Declaración de Helsinki de 1975, revisada en el año 2000.

Instruments

HR was recorded during matches by 10 Suunto Team Pack® heart rate monitors and the information was gathered in real time by a Suunto Team Pod® unit. The heart rate monitors were fitted 10 minutes before the start of the warm-up following the manufacturer's instructions. All the evaluations were carried out under similar temperature and relative humidity conditions.

The matches were recorded by 2 cameras (JVC-GZ620SE 60GB HDD Hong Kong, China) sited in an elevated position so as to record half the court. The cameras were synchronized with the heart rate monitors by sound and visual signal. The synchronization was repeated at the beginning and end of each quarter. Video analysis was conducted second-by-second and with a precision of 0.04 s. The images were analyzed using the Kinovea 0.8.15 free software program.

Procedures

Two weeks before the start of the study, the anthropometric characteristics of each of the participants were recorded – height (m), weight (kg), body fat percentage (%) and HR max – using an incremental field test (Rodríguez-Alonso et al., 2003) (*Table 1*).

Next the ten (10) matches in the relegation playoff in the Women's Catalan Cup (the highest category of Catalan competition) were selected. Five matches were analyzed as the home team and five as the away team over three months, with the time elapsed between the start and end of the study estimated at 70 calendar days.

Instrumentos

La FC durante los partidos fue registrada mediante 10 pulsómetros Suunto Team Pack®, y la información fue recogida en tiempo real por una unidad Suunto Team Pod®. Los pulsómetros fueron colocados 10 minutos antes del inicio del calentamiento siguiendo las indicaciones del fabricante. Todas las valoraciones fueron realizadas en condiciones de temperatura y humedad relativa similar.

Los partidos fueron registrados mediante 2 cámaras de filmación (JVC-GZ620SE 60GB HDD Hong Kong, China) colocadas en una posición elevada que permitiese grabar media pista. Las cámaras fueron sincronizadas con los pulsómetros mediante señal acústica y visual. La sincronización se repitió al inicio y al final de cada cuarto. El análisis del video se realizó segundo a segundo y con una precisión de 0.04 s. Para el análisis de las imágenes se utilizó el programa de *software* libre Kinovea 0.8.15.

Procedimientos

Dos semanas antes del inicio del estudio, se registraron las características antropométricas de cada una de las participantes: talla (m), peso (kg), porcentaje de grasa corporal (%) y FC máx mediante un test de campo incremental (Rodríguez-Alonso et al., 2003) (*tabla 1*).

Seguidamente, se seleccionaron los diez (10) partidos de la fase de descenso de Copa Catalunya Femenina (máxima categoría de competición catalana). Se analizaron 5 partidos como local y 5 como visitante, durante tres meses, estimando el tiempo transcurrido entre el inicio y el final del estudio en 70 días naturales.

Participant Participante	Game position Posición de juego	Age (years) Edad (años)	Height (m) Altura (m)	Weight (kg) Peso corporal (kg)	HR max (bpm) FC máx (ppm)	Body fat* (%) Grasa corporal* (%)
1	SF A	19	1.79	65.5	205	16.8
2	PG B	24	1.68	50.7	199	14.9
3	C P	20	1.85	95.6	197	26.7
4	PF A-P	22	1.80	66.6	192	21.3
5	PG B	21	1.67	67.2	205	23.7
6	SF A	18	1.84	65.0	195	19.5
7	C P	24	1.88	73.8	205	18.5
8	PF A-P	18	1.82	67.8	200	22.7
9	SF A	26	1.70	64.5	197	20.1
10	SF A	21	1.75	71.7	195	23.2
Mean Media		21.3	1.778	68.84	199	20.74
SD DE		2.71	0.074	11.21	4.69	3.51

HR max: maximum heart rate; PG: point guard; SF: small forward; PF: power forward; C: center; SD: standard deviation.
 * Taken by an HBF-306-E meter (Omron Healthcare Europe, B.V) with a 0.1% error.
 FC máx: frecuencia cardíaca máxima; B: base; A: alero; A-P: ala-pívot; P: pívot; DE: desviación estándar.
 * Tomada mediante un medidor HBF-306-E (Omron Healthcare Europe, B.V) con un error de 0.1%.

Table 1. Results of the individual tests prior to the study

Tabla 1. Resultados del test individual previo al estudio.

The participants did not eat solid food during the two hours prior to competition and only drank water before and during the match *ad libitum*.

Sound and visual synchronization of the recorded images and HR was followed by manual second-by-second analysis of what was taking place for each of the analyzed players to generate a database in which HR, the activity each player was performing and the scoreboard were indicated for each of the seconds in the game.

The classification proposed by McInnes, Carlson, Jones and McKenna (1995) was used for the time analysis. This classification uses Live Time (LT) as the basic unit of analysis and which is defined as the time during which the player is on the court with the ball in play and the clock running. LT in turn was divided into four quarters (Q) of play, and these quarters into possessions that were time-differentiated into short (0–8 s), medium (+9 s–16 s) and long (+17 s–24 s).

In addition, LT was also stratified according to the difference in points on the scoreboard with the following classification: difference ≤ -4 points (losing by more than one possession); difference between $[-3, +3]$ points (one possession), and $\geq +4$ points (winning by more than one possession). This stratification was selected considering that the maximum points difference which can be achieved in a single possession is 4 (a situation in which a three-pointer is scored, the player receives a personal foul and scores the additional free throw). Consequently a difference of more than 4 points will necessarily require at least two offensive possessions.

Finally, the number of time-differentiated possessions registered in each of the strata was analyzed which made it possible to observe the type of possessions that each team had depending on the points difference on the scoreboard.

Statistical Analysis

First the sample size was calculated using the G Power 3 program. Objectivity and reproducibility were also calculated in a total of 3,614 registered actions using the kappa index.

Next descriptive analysis of HR was carried out in which the mean, standard deviation and rank of each of the strata studied were analyzed. Subsequently, the number of actions of each type of possession was calculated for each of the defined time strata.

Las participantes no ingirieron comida sólida durante las dos horas previas a la competición, solo bebieron agua antes y durante el partido *ad libitum*.

Tras la sincronización auditiva y visual de las imágenes grabadas y de la FC, se procedió al análisis manual y segundo a segundo de lo que estaba sucediendo para cada una de las jugadoras analizadas, generándose una base de datos donde se indicaba para cada uno de los segundos del partido la FC obtenida, la actividad que estaba realizando cada jugadora y el marcador.

Para la realización del análisis temporal se utilizó la clasificación propuesta por McInnes, Carlson, Jones & McKenna (1995). Esta clasificación utiliza como unidad básica de análisis el Live Time (LT) que se define como el tiempo durante el que la jugadora se encuentra en pista con el balón en juego y el cronómetro en marcha. El LT a su vez, fue dividido en cuatro cuartos (Q) de juego (cuartos), y estos a su vez en posesiones que se diferenciaron temporalmente en posesiones cortas (0-8 s), medias (+9 s–16 s) y largas (+17 s–24 s).

Además, el LT también se estratificó en función de la diferencia de puntos en el marcador, estableciéndose la siguiente clasificación: diferencia ≤ -4 puntos (perdiendo de más de una posesión); diferencia entre $(-3, +3)$ puntos (una posesión) y $\geq +4$ puntos (ganando de más de una posesión). Esta estratificación fue seleccionada al considerarse que para una sola posesión la máxima diferencia de puntos que puede alcanzarse es de 4 (situación en la que se anote un tiro triple, el jugador reciba una falta personal y anote el tiro libre adicional). Por tanto, una diferencia mayor a 4 puntos necesitará obligatoriamente de la realización de dos posesiones ofensivas.

Finalmente, se analizaron el número de posesiones diferenciadas temporalmente y registradas en cada uno de los estratos, lo que permitió observar el tipo de posesiones que realizaba cada equipo en función de la diferencia en el marcador.

Análisis estadístico

En primer lugar, se calculó el tamaño de la muestra mediante el programa G Power 3. Asimismo, se calculó la objetividad y reproducibilidad en un total de 3614 acciones registradas con el índice kappa.

Seguidamente, se realizó un análisis descriptivo de la FC, donde se analizó la media, la desviación estándar y el rango de cada uno de los estratos estudiados. Posteriormente, se calculó el número de acciones de cada tipo de posesión para cada uno de los estratos temporales definidos.

To verify the existence of differences between the various factors studied, several variance studies were carried out using one-, two- or three-way ANOVA depending on the case. In all cases the Matlab program (version R2009a) was used with the ANOVA 1, ANOVA 2 and ANOVA n functions as appropriate.

Results

In the calculation of the sample size it was found that 46 records were needed for a statistical power of 80% and an error $\alpha=0.05$. In this study, 69 analysis units were finally registered which ensured the representativeness of the sample and avoided loss of power due to the existence of possible missing values. In addition, inter- and intra-observer variability was calculated, obtaining an objectivity value of 0.998 and a reproducibility value of 0.996.

Table 1 shows the results of the prior individual tests for each of the participants.

As for LT, values were observed that fluctuated between 88% and 92% of HR max (*Table 2*). The highest HR were in the “winning by 2 possessions” stratum during the first and second periods ($90.81 \pm 6.64\%$ HR max and $91.46 \pm 2.35\%$ HR max, respectively), moving to the central stratum in the third ($92.29 \pm 3.43\%$ HR max), and ending in the “losing by 2 possessions” stratum in the last period ($90.36 \pm 2.49\%$ HR max). The statistical analysis showed that there were no significant differences with respect to the quarter ($F = 1.13$; $p=0.3368$) although there were as regards the points difference ($F = 3.51$; $p < 0.05$).

Subsequently, the number of possessions in each of the strata and quarters was analyzed in order to assess whether the significant differences came from the number of actions or the points difference on the scoreboard.

Para comprobar la existencia de diferencias entre los diversos factores estudiados, se realizaron varios estudios de la variancia mediante Anova de una, dos o tres vías según el caso. En todos los casos, se ha utilizado el programa Matlab (versión R2009a) usando las funciones Anova 1, Anova 2 y Anova n, dependiendo del caso.

Resultados

En el cálculo del tamaño de la muestra se obtuvo que para una potencia estadística del 80% y un error $\alpha = 0.05$ se necesitaban 46 registros. En este estudio, finalmente se registraron 69 unidades de análisis, lo que garantizaba la representatividad de la muestra y evitaba la pérdida de potencia, fruto de la posible existencia de valores perdidos. Por otro lado, se calculó la variabilidad inter e intraobservador, obteniéndose un valor de objetividad de 0.998 y uno de reproducibilidad de 0.996.

En la *tabla 1* pueden consultarse los resultados del test individual previo para cada una de los participantes.

Respecto al LT se observaron valores que fluctuaron entre el 88% y el 92% de la FC máx (*tabla 2*). Las FC más elevadas se situaron en el estrato de “ganando de 2 posesiones” durante el primer y segundo periodo ($90.81 \pm 6.64\%$ FC máx y $91.46 \pm 2.35\%$ FC máx, respectivamente), desplazándose al estrato central en el tercero ($92.29 \pm 3.43\%$ FC máx), y finalizando en el estrato de “perdiendo de 2 posesiones” en el último periodo ($90.36 \pm 2.49\%$ FC máx). El análisis estadístico mostró que no se encontraron diferencias significativas respecto al cuarto ($F = 1.13$; $p=0.3368$), pero sí con respecto a la diferencia de puntos ($F = 3.51$; $p < 0.05$).

Posteriormente, se analizó el número de posesiones que se realizaban en cada uno de los estratos y de los cuartos, con la intención de poder valorar si las diferencias significativas provenían del número de acciones o de la diferencia de puntos en el marcador.

Quarter Cuarto	Losing by 2 possessions Losing > -4 points Perdiendo 2 posesiones Perdiendo > -4 puntos	1 possession difference between -3 and +3 points 1 posesión de diferencia entre -3 y +3 puntos	Winning by 2 possessions Winning > +4 points Ganando de 2 posesiones Ganando > +4 puntos
1	90.20 ± 4.36 (82.52 - 96.73)	88.89 ± 5.40 (72.26 - 96.40)	90.81 ± 6.64 (65.18 - 96.93)
2	90.27 ± 4.20 (78.80 - 96.04)	90.63 ± 2.60 (85.59 - 95.75)	91.46 ± 2.35 (87.11 - 95.25)
3	89.57 ± 3.44 (75.62 - 94.67)	92.29 ± 3.43 (85.13 - 98.03)	89.77 ± 3.55 (79.19 - 94.37)
4	90.36 ± 2.49 (84.61 - 95.45)	88.92 ± 4.79 (79.02 - 96.32)	89.36 ± 3.59 (80.37 - 96.10)

Table 2. Mean values of HR max % ± SD (maximum value - minimum value) in the 10 games for each stratum analyzed (LT) and depending on the difference in the score

Tabla 2. Valores medios del % de la FC máx ± DE (valor máximo - valor mínimo) de los 10 partidos, para cada estrato analizado (LT) y en función de la diferencia en el marcador

	Number of possessions Número de posesiones		
	Posección 0-8 s Possession 0-8 s	Posección 9-16 s Possession 9-16 s	Posección 17-24 s Possession 17-24 s
Losing by 4 or more 1Q Perdiendo de 4 o más Q1	4.64 ± 2.77	7.79 ± 4.09	5.74 ± 2.07
Losing by 4 or more 2Q Perdiendo de 4 o más Q2	4.97 ± 3.26	7.91 ± 5.19	6.03 ± 4.53
Losing by 4 or more 3Q Perdiendo de 4 o más Q3	5.55 ± 3.09	8.50 ± 4.52	6.13 ± 2.68
Losing by 4 or more 4Q Perdiendo de 4 o más Q4	7.86 ± 5.26	8.91 ± 4.70	6.70 ± 2.98
Between -3 and +3 1Q Entre -3 y +3 Q1	4.48 ± 3.42	7.23 ± 4.95	4.14 ± 2.62
Between -3 and +3 2Q Entre -3 y +3 Q2	3.07 ± 1.83	6.12 ± 2.80	2.00 ± 1.52
Between -3 and +3 3Q Entre -3 y +3 Q3	3.00 ± 2.08	2.86 ± 2.03	3.71 ± 1.69
Between -3 and +3 4Q Entre -3 y +3 Q4	4.96 ± 4.25	5.91 ± 3.82	3.29 ± 2.53
Winning by 4 or more 1Q Ganando de 4 o más Q1	3.59 ± 1.89	5.68 ± 3.33	4.78 ± 3.14
Winning by 4 or more 2Q Ganando de 4 o más Q2	5.18 ± 2.90	10.29 ± 5.62	5.18 ± 3.23
Winning by 4 or more 3Q Ganando de 4 o más Q3	6.38 ± 4.07	12.42 ± 7.09	6.68 ± 3.84
Winning by 4 or more 4Q Ganando de 4 o más Q4	5.00 ± 3.80	6.83 ± 5.65	4.96 ± 3.86

Table 3. Number of mean actions (mean ± SD) in the 10 games for each of the quarters and for each possession length: short (0-8 s), medium (9-16 s) and long (17-24 s)

Tabla 3. Número de acciones medias (media ± DE) de los 10 partidos, para cada uno de los cuartos y para cada duración de posesión: cortas (0-8 s), medias (9-16 s) y largas (17-24 s)

The values obtained (Table 3) showed a predominance of mean possessions in all strata, with values of up to 12.42 possessions per quarter in the “winning by 4 or more” stratum in the third quarter. Short possessions ranged between 3.00 and 7.86 possessions per quarter, while long possessions varied between 2.00 and 6.70 possessions per quarter. Significant differences were only found in the case of long possessions ($p < 0.01$) and not in short and medium ones ($p > 0.3$).

Los valores obtenidos (tabla 3) mostraron un predominio de las posesiones medias en todos los estratos, observándose valores de hasta 12.42 posesiones por cuarto, en el estrato de “ganando de 4 o más” del tercer cuarto. Las posesiones cortas fluctuaron entre las 3.00 y las 7.86 posesiones por cuarto, mientras que las posesiones largas, entre las 2.00 y las 6.70 posesiones por cuarto. En cuanto a las diferencias significativas, solo se encontraron diferencias significativas en el caso de las posesiones largas ($p < 0.01$), pero no en las posesiones cortas y medias ($p > 0.3$).

Discussion and Conclusions

Analysis of the physiological demands that basketball players show throughout a game provides extremely useful information when it comes to tailoring training to the individual needs of each athlete. HR analysis is one of the most used methodologies for finding out these demands since it enables us to learn about the level of intensity achieved by each player, thus allowing evaluation of the effects that training has on them and assisting with individualized adaptation of training loads depending on game position (Klusemann, Pyne, Foster, & Drinkwater, 2012). Rodríguez-Alonso et al. (2003) found that HR varied significantly depending on game position, observing the highest absolute HR values for point guard (185 ± 5.9 bpm) and the lowest for center (167 ± 12 bpm) while obtaining average HR values of 91.2% of HR max. Similarly, Matthew & Delextrat (2009)

Discusión y conclusiones

El análisis de las demandas fisiológicas que las jugadoras de baloncesto manifiestan a lo largo de un partido aporta una información muy útil a la hora de poder adaptar los entrenamientos a las necesidades individuales de cada deportista. Para conocer dichas demandas, el análisis de la FC es una de las metodologías más utilizadas, ya que nos permite conocer el nivel de intensidad desarrollado por cada jugador, permitiendo la valoración de los efectos que los entrenamientos tienen sobre ellos y facilitando la adaptación individualizada de las cargas de entrenamiento en función de la posición de juego (Klusemann, Pyne, Foster, & Drinkwater, 2012). En este sentido, Rodríguez-Alonso et al. (2003) constataron que la FC variaba de forma significativa en función de la posición de juego, observándose los valores absolutos de FC más elevados en la posición de base (185 ± 5.9 ppm) y los más bajos en la posición de pívot (167 ± 12 ppm),

obtained values of 92.5% HR max when analyzing 9 players during 9 university league matches in Britain. In our study the values obtained were between 88% and 92% of HR max, more specifically between $88.57 \pm 5.15\%$ of HR max and $91.53 \pm 3.75\%$ of HR max (Battle, Corbi, Bofill, & Planas, 2013), which are similar to the findings of other studies (Rodríguez-Alonso et al., 2003; Matthew & Delextrat, 2009).

The results of our study suggest the existence of a direct relationship between the game scoreboard and the HR levels reached by the players ($F = 3.51$, $p < 0.05$), with these differences not being observed depending on the period of play ($F = 1.13$; $p = 0.3368$). This suggests that the score at each moment of the game will not only have a direct impact on technical, tactical and strategic decisions, but will also influence the HR levels reached. This direct relationship with technical, tactical and strategic actions has been analyzed in other sports such as football by Heuer and Rubner (2012). After observing and analyzing men's football teams they confirmed that prior game actions directly affect subsequent actions and that the latter gain in impact as we approach the end of the match. Furthermore, after analyzing a number of matches in men's Australian football, Sullivan et al. (2014) suggested that the scoreboard might directly affect the type of actions that will be performed. For example, they note that when a team is ahead on the scoreboard, the number of technical actions seems to have a tendency to increase while high-speed actions stay the same or decrease. By contrast, when the team is behind on the scoreboard, it appears that the physical component takes on greater significance (mainly in high-speed actions > 14 kph and in the number of sprints per minute), observing faster actions of shorter duration (Sullivan et al., 2014).

In addition, the fact that the scoreboard modifies technical, tactical and strategic actions seems to directly condition the physiological needs of the players, since if technical and high-speed actions decrease when ahead on the scoreboard, HR should do so too, while when behind on the scoreboard, the increase in the number of short and high-intensity actions will lead to a rise in HR, which will consequently increase their physiological demands.

y obteniéndose unos valores medios de FC del 91.2% de la FC máx. De forma similar, Matthew & Delextrat (2009) obtuvieron valores del 92.5% FC máx al analizar 9 jugadoras durante 9 partidos de liga universitaria de Inglaterra. En nuestro estudio, los valores obtenidos se situaron entre el 88% y el 92% de la FC máx, más concretamente entre el $88.57 \pm 5.15\%$ de la FC máx y el $91.53 \pm 3.75\%$ de la FC máx (Batalla, Corbi, Bofill, & Planas, 2013), siendo estos similares a los observados por otros estudios (Rodríguez-Alonso et al., 2003; Matthew & Delextrat, 2009).

Los resultados de este estudio sugieren la existencia de una relación directa entre el marcador del partido y los niveles de FC alcanzados por las jugadoras ($F = 3.51$; $p < 0.05$), no observándose dichas diferencias en función del periodo de juego ($F = 1.13$; $p = 0.3368$). Este hecho sugiere que el resultado existente en cada momento del partido no solo tendrá una repercusión directa en las decisiones técnicas, tácticas y estratégicas, sino que también influirá en los niveles de FC alcanzados. Esta relación directa sobre las acciones técnicas, tácticas y estratégicas ha sido analizada en otros deportes como el fútbol por Heuer & Rubner (2012). Estos autores, tras observar y analizar equipos de fútbol masculino, constataron que las acciones de juego previas afectan directamente a las acciones posteriores y que estas ganan en repercusión a medida que nos acercamos al final del partido. Además, Sullivan et al. (2014), tras analizar diversos partidos en el fútbol australiano masculino, sugirieron que el marcador podría afectar directamente al tipo de acciones que van a desarrollarse. Por ejemplo, los autores indicaron que cuando un equipo va por delante en el marcador, el número de acciones técnicas parece que tiene tendencia a aumentar, mientras que las acciones de alta velocidad se mantienen o disminuyen. Por el contrario, cuando el equipo va por detrás en el marcador, parece que es el componente físico el que adquiere mayor relevancia (principalmente en las acciones de alta velocidad > 14 km/h y en el número de sprints por minuto), observándose acciones más rápidas y de menor duración (Sullivan et al., 2014).

Además, el hecho de que el marcador modifique las acciones técnicas, tácticas y estratégicas parece condicionar directamente a las necesidades fisiológicas de los jugadores, ya que si las acciones técnicas y las acciones de alta velocidad disminuyen cuando el marcador es favorable, la FC también debería hacerlo, mientras que cuando el marcador sea desfavorable, el aumento del número de acciones cortas y de alta intensidad provocará

Furthermore, it also seems that the time in the season also influences the change in mood (Fessi et al, 2016) and the level of physiological load (Jeong et al., 2011) which in turn are dependent on how important the game is. Moreira, McGuigan, Arruda, Freitas and Aoki (2012) compared blood cortisol levels and the level of perceived exertion between competitive and practice games in a population of young elite players and confirmed that the levels were higher when the game was competitive. In our study, the fact that the records were taken during a relegation playoff might have influenced heart rate since the team's situation could have directly affected change in mood. Unfortunately, it is not possible to explain whether the observed differences in heart rate are the result of physiological or psychological factors. Future studies are needed in which both effects are analyzed in conjunction.

In addition, in this study the average number of possessions was calculated based on the scoreboard, the quarter and the type of possession (short lasting 0-8 s, average lasting 9-16 s and long lasting 17-24 s) in order to find out whether the differences observed previously in the differentiation by strata came from the different types of possession or if they were really only the outcome of the points difference. The results of our analysis show that there are only significant differences in long possessions with respect to the number of possessions ($p < 0.01$), which suggests that the differences only come from the game score when the possessions are short or medium in length. These results should be interpreted with caution, since the physiological effect of short and medium duration actions will depend enormously on the intensity at which they are performed (Wiewelhove et al., 2016), the duration of the recovery breaks between actions (Nikolaidis, Meletakos, Tasiopoulos, Kostoulas, & Ganavias, 2016; Padulo, Tabben et al., 2015), the type of opposition put up by the other team (Sánchez-Sánchez et al., 2016), the characteristics of the type of displacement (straight-line actions or change of direction) (Padulo, Laffaye et al., 2015) and the type of movement pattern performed (Tomazin, Morin, & Millet, 2016), which makes the type of actions highly variable.

Additionally, the results obtained in this study suggest that medium and long actions predominate in

un aumento de la FC, lo que incrementará consecuentemente sus demandas fisiológicas.

Por otro lado, parece que el momento de la temporada también parece influir en el cambio de los estados de ánimo (Fessi et al, 2016) y en el nivel de carga fisiológica (Jeong et al., 2011) la que a su vez es dependiente del nivel de importancia del partido. Moreira, McGuigan, Arruda, Freitas y Aoki (2012) compararon los niveles de cortisol sanguíneo y el nivel de percepción de esfuerzo entre partidos oficiales y simulados, en una población de jugadores de élite jóvenes, constatando que los niveles eran mayores cuando el partido era oficial. En este estudio, el hecho de que los registros se tomaran durante una fase de descenso, podría haber influido en la frecuencia cardíaca, ya que la situación en la que se encontraba el equipo podría haber tenido efectos directos sobre la modificación de los estados de ánimo. Desafortunadamente, no se puede explicar si las diferencias observadas en la frecuencia cardíaca son fruto de factores fisiológicos o psicológicos. Se necesitan más estudios en los que se analicen de forma combinada ambos efectos.

Por otro lado, en este estudio se calculó el número medio de posesiones que se producían en función del marcador, del cuarto, y del tipo de posesiones (cortas de 0-8 s, medias de 9-16 s y largas de 17-24 s), con la intención de conocer si las diferencias observadas anteriormente en la diferenciación por estratos provenían de los diferentes tipos de posesiones o si realmente eran fruto únicamente de la diferencia de puntos. Los resultados del análisis muestran que solo existen diferencias significativas en las posesiones largas respecto al número de posesiones ($p < 0.01$), lo que sugiere que las diferencias únicamente provienen del resultado del partido, cuando las posesiones son cortas o medias. Estos resultados deberían ser interpretados con cautela, ya que el efecto fisiológico de las acciones de corta y media duración dependerá enormemente de la intensidad a la que se desarrollen (Wiewelhove et al., 2016), de la duración de las pausas de recuperación entre acciones (Nikolaidis, Meletakos, Tasiopoulos, Kostoulas, & Ganavias, 2016; Padulo, Tabben et al., 2015), del tipo de oposición que realizan los contrarios (Sánchez-Sánchez et al., 2016), de las características del tipo de desplazamiento (acciones lineales o con cambio de dirección) (Padulo, Laffaye et al., 2015), o del tipo de patrón de movimiento realizado (Tomazin, Morin, & Millet, 2016), lo que hace altamente variable el tipo de acciones.

Además, los resultados obtenidos en este estudio sugieren que en el primer, segundo y tercer periodo

the first, second and third periods while in the last period the predominant actions are medium and short, the latter being more abundant (7.86 ± 5.26 possessions per quarter) when losing by more than 1 possession or when ahead on the scoreboard by more than one possession (5.00 ± 3.80 possessions per quarter). This might indicate a tendency for play to accelerate when either team goes behind on the scoreboard as the time available runs out.

Similarly, the relationship between the scoreboard and technical and tactical components has also been analyzed in other sports such as water polo. Recently, Ruano, Serna, Lupo and Sampaio (2016) observed that the score at the beginning of each quarter affected both the tactical position of the athletes and the type of opposition presented by the opposing team. Likewise, Sullivan et al. (2014) found in football that technical actions, high-intensity tactical actions and breaks are modified depending on whether the team is winning or losing. All this suggests that in collaborative-opposition sports (Ziv & Lidor, 2009) the scoreboard affects the technical, tactical and strategic behavior of teams, which in turn will impact the length of possessions and therefore the physiological demands on the athletes.

The conclusions of this study suggest that the difference in points on the scoreboard has a direct impact on the HR of the players during a relegation playoff, since HR varies significantly as a function of the latter. In addition, knowledge of the number of actions that occur in each stratum together with the change in HR as a function of the difference on the scoreboard during each of the periods provides valuable information when planning training sessions, and this would make it possible to conduct highly specific work tailored to real game situations.

Finally, it should be noted that there are certain limitations in this study. First of all it has to be borne in mind that although heart rate is a valid marker which is reliable and simple to assess, it can be modified by numerous factors. For example, aspects such as the timing of the menstrual cycle, the level of body hydration and the level of stress could directly influence its modification (Pross et al., 2013, Liu et al., 2013). Borresen and Lambert (2009) found that the influence of these factors could modify submaximal heart rate by up to 6.5%. This means that in future studies it will be necessary to

predominan las acciones medias y largas, mientras que en el último periodo las acciones que predominan son las medias y cortas siendo estas últimas más abundantes (7.86 ± 5.26 posesiones por cuarto) cuando se va perdiendo de más de 1 posesión o cuando se va por delante en el marcador por más de una posesión (5.00 ± 3.80 posesiones por cuarto), lo que podría sugerir una tendencia a que el juego se acelere cuando cualquiera de los dos equipos va por detrás en el marcador a medida que el tiempo disponible se agota.

De forma similar, el análisis del marcador en relación con los componentes técnicos y tácticos también ha sido analizado en otros deportes como el waterpolo. Recientemente, Ruano, Serna, Lupo y Sampaio (2016) observaron que el resultado al inicio de cada cuarto afectaba tanto a la colocación táctica de los deportistas como al tipo de oposición que presentaba el equipo rival. De forma parecida, Sullivan et al. (2014) constataron en fútbol, que las acciones técnicas, las acciones tácticas de alta intensidad y las pausas se modifican en función de si vas ganando o perdiendo. Todo ello sugiere que en deportes de colaboración-oposición (Ziv & Lidor, 2009), el marcador afecta al comportamiento técnico, táctico y estratégico de los equipos, lo que repercutirá en la duración de las posesiones y por lo tanto, en las demandas fisiológica de los deportistas.

Las conclusiones de este estudio sugieren que la diferencia en el marcador tiene una influencia directa sobre la FC de las jugadoras durante una fase de descenso, ya que en función de esta, la FC varía de forma significativa. Además, el conocimiento del número de acciones que se producen en cada estrato, conjuntamente con la modificación de la FC en función de la diferencia en el marcador durante cada uno de los periodos, aporta una información valiosa a la hora de poder planificar los entrenamientos, lo que permitiría realizar un trabajo altamente específico y adaptado a las situaciones reales de juego.

Por último, cabe señalar que existen ciertas limitaciones en este estudio: en primer lugar hay que recordar que la frecuencia cardíaca, aunque es un marcador válido, fiable y sencillo de valorar, puede verse modificada por multitud de factores. Así por ejemplo, aspectos como el momento del ciclo menstrual, el nivel de hidratación corporal y el nivel de estrés, entre otros, podrían influir directamente en su modificación (Pross et al., 2013; Liu et al., 2013). Borresen y Lambert (2009) constataron que fruto de la influencia de estos factores, la frecuencia cardíaca submáxima podía verse modificada hasta en un 6.5%. Este hecho conlleva que en futuros estudios sea

build multivariate models which make it possible to explain the interrelation between the factors which might influence heart rate more specifically. Furthermore, it would have been useful to have analyzed other types of physiological variables such as the level of lactic acid or cortisol in blood (Coutts et al., 2009). In both cases assessing them was ruled out in order to be as less invasive as possible since it was an official competition in which both teams were playing to stay up in their division.

Conflict of Interests

No conflict of interest was reported by the authors.

References | Referencias

- Batalla, A., Corbi, F., Bofill, A. M., & Planas, A. (2013). Evolución de la frecuencia cardíaca en un equipo de baloncesto femenino durante un play-off de descenso. *Revista Internacional de Deportes Colectivos* (I Congreso Internacional de Actividad Física y Deporte), 111-117.
- Beam, W. C., & Merrill, T. L. (1994). Analysis of heart rates recorded during female collegiate basketball. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 26, S66. doi:10.1249/00005768-199405001-00373
- Ben Abdelkrim, N., Castagna, C., El Fazaa, S., Tabka, Z., & El Ati, J. (2009). Blood metabolites during basketball competitions. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(3), 765-773. doi:10.1519/JSC.0b013e3181a2d8fc
- Borresen, J., & Lambert, M.I. (2009). The quantification of training load, the training response and the effect on performance. *Sports Medicine*, 39, 779-795. doi:10.2165/11317780-000000000-00000
- Calmeiro, L., & Tenenbaum, G. (2007). Fluctuations of cognitive-emotional states during competition: An idiographic approach. *Revista de Psicología del Deporte*, 16(1), 85-100.
- Casamichana, D., & Castellano, J. (2010). Time-Motion, heart rate, perceptual and motor behavior demands in small-sides soccer games: Effects and pitch size. *Journal of Sport Science*, 28(14), 1615-1623. doi:10.1080/02640414.2010.521168
- Castagna, C., D'Ottavio, S., Granda-Vera, J., & Barbero-Álvarez, J. C. (2009). Match demands of professional futsal: A case study. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12(4), 490-494. doi:10.1016/j.jsams.2008.02.001
- Castagna, C., Impellizzeri, F. M., Chaouachi, A., Ben Abdelkrim, N., & Manzi, V. (2011). Physiological responses to ball drills in regional level male basketball players. *Journal of Sport Sciences*, 29(12), 1329-1336. doi:10.1080/02640414.2011.597418
- Coutts, A. J., Reaburn, P., & Abt, G. (2003). Heart rate, blood lactate concentration and estimated energy expenditure in a semi-professional rugby league team during a match: A case study. *Journal of Sport Sciences*, 21, 97-103. doi:10.1080/0264041031000070831
- Coutts, A. J., Rampinini, E., Marcoca, S. M., Castagna, C., & Impellizzeri, F. M. (2009). Heart rate and blood lactate correlates of perceived exertion during small-sided soccer games. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12, 79-84. doi:10.1016/j.jsams.2007.08.005
- Cuadrado-Reyes, J., Chiroso, L. J., Chiroso, I. J., Martín-Tamayo, I., & Aguilar-Martínez, D. (2012). La percepción subjetiva del esfuerzo necesaria la creación de modelos multivariantes que permitan explicar de forma más concreta la interrelación entre los diversos factores que podrían influir en la frecuencia cardíaca. Por otro lado, hubiese resultado interesante poder analizar otro tipo de variables fisiológicas como el nivel de ácido láctico o de cortisol en sangre (Coutts et al., 2009). En ambos casos se desestimó su valoración con la intención de ser lo menos invasivos posible, ya que se trataba de una competición oficial en la que ambos equipos se jugaban su permanencia en su categoría.
- para el control de la carga de entrenamiento en una temporada en un equipo de balonmano. *Revista de Psicología del Deporte*, 21(2), 331-339.
- Deustsch, M. U., Maw, G. J., Jenkins, D., & Reaburn, P., (1998). Heart rate, blood lactate and kinematic data of elite colts (under-19) rugby union players during competition. *Journal of Sport Sciences*, 16, 561-570. doi:10.1080/026404198366524
- Fessi, M. S., Nouira, S., Dellal, A., Owen, A., Elloumi, M., & Moalla, W. (2016). Changes of the psychophysical state and feeling of wellness of professional soccer players during pre-season and in-season periods. *Research Sports Medicine*, 30, 1-12. doi:10.1080/15438627.2016.1222278
- Fuentes, M., Feu, S., Jiménez, C., & Calleja-González, J. (2013). Perceived exertion effort in mini basketball players and its relationship with training volume. *Revista de Psicología del Deporte*, 22(1), 205-208.
- Guével, A., Maïsetti, O., Prou, E., Dubois, J. J., & Marini, J. F. (1999). Heart rate and blood lactate response during competitive Olympic boardsailing. *Journal of Sport Sciences*, 17, 135-141. doi:10.1080/026404199366235
- Gómez, M. A., Lorenzo, A., Ibáñez, S. J., & Sampaio, J. (2013). Ball possession effectiveness in men's and women's elite basketball according to situational variables in different game periods. *Journal of Sport Science*, 31(14), 1578-1587. doi:10.1080/02640414.2013.792942
- Halson, S. (2014). Monitoring training load to understand fatigue in athletes. *Sports Medicine*, 44, S139-S147. doi:10.1007/s40279-014-0253-z
- Heuer, A., & Rubner, O. (2012). How does the past of a soccer match influence its future? Concepts and statistical analysis. *PLOS ONE* 7 (11): e47678. doi:10.1371/journal.pone.0047678
- Higgs, S. L., Riddell, J., & Barr, D. (1982). The importance of VO₂max. in performance of a basketball game-simulated work task (abstract). *Canadian Journal of Applied Sports Science*, 7, 237.
- Hopkins, W. G. (1991). Quantification of training in competitive sports. Methods and applications. *Sports Medicine*, 12, 161-183. doi:10.2165/00007256-199112030-00003
- Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., Coutts, A. J., Sassi, A., & Marcora, S. M. (2004). Use of RPE-based training load in soccer. *Medicine & Science in Sport & Exercise*, 36, 1042-1047. doi:10.1249/01.MSS.0000128199.23901.2F

- Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., & Marcora, S.M. (2005). Physiological assessment of aerobic training in soccer. *Journal of Sports Science*, 23(6), 583-592. doi:10.1080/02640410400021278
- Jeong, T. S., Reilly, T., Morton, J., Bae, S. W., & Drust, B. (2011). Quantification of the physiological loading of one week of "pre-season" and one week of "in-season" training in professional soccer players. *Journal of Sport Science*, 29(11), 1161-1166. doi:10.1080/02640414.2011.583671
- Klusemann, M. J., Pyne, D. B., Foster, C., & Drinkwater, E. J. (2012). Optimizing technical skills and physical loading in small-sided basketball games. *Journal of Sport Science*, 20(14), 1463-1471. doi:10.1080/02640414.2012.712714
- Liu, Q., Zhou, R., Oei, T. P., Wang, Q., Zhao, Y., & Liu, Y. (2013). Variation in the stress response between high- and low-neuroticism female undergraduates across the menstrual cycle. *The International Journal on the Biology of Stress*, 16(5), 503-509. doi:10.3109/10253890.2013.797958
- Matthew, D., & Delextrat, A. (2009). Heart rate, blood lactate concentration, and time-motion analysis of female basketball players during competition. *Journal of Sport Sciences*, 27(8), 813-821. doi:10.1080/02640410902926420
- McArdle, W. D., Magel, J., & Kyvallos, L. (1971). Aerobic capacity, heart rate, and estimated energy cost during women's competitive basketball. *Research Quarterly*, 42, 178-186.
- McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (1991). *Exercise Physiology: Energy, Nutrition, and Human Performance*. London: Lea & Febiger.
- McInnes, S. E., Carlson, J. S., Jones, C. J., & McKenna, M. J. (1995). The physiological load imposed on basketball players during competition. *Journal of Sports Science*, 13(5), 387-397. doi:10.1080/02640419508732254
- Moreira, A., McGuigan, M. R., Arruda, A. F., Freitas, C. G., & Aoki, M. S. (2012). Monitoring internal load parameters during simulated and official basketball matches. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(3), 961-966. doi:10.1519/JSC.0b013e31822645e9
- Mujika, I. (2013). The alphabet of sport science research starts with Q. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 8, 465-466. doi:10.1123/ijsp.8.5.465
- Nikolaidis, P. T., Meletakos, P., Tasiopoulos, I., Kostoulas, I., & Ganavias, P. (2016). Acute responses to 10x15m repeated sprint ability exercise in adolescent athletes: The role of change of direction and sport specialization. *Asian Journal of Sports Medicine*, 7(2), e30255. doi:10.5812/asj.30255
- Padulo, J., Laffaye, G., Haddad, M., Chaouachi, A., Attene, G., Migliaccio, ... Pizzolato, F. (2015). Repeat sprint ability in young basketball players: One vs. two changes of direction (part 1). *Journal of Sports Science*, 33(14), 1480-1492. doi:10.1080/02640414.2014.992936
- Padulo, J., Tabben, M., Ardigò, L. P., Ionel, M., Popa, C., Gevat, C., Zagatto, A. M., & Dello Iacomo A. (2015). Repeated sprint ability related to recovery time in young soccer players. *Research in Sports Medicine*, 23(4), 412-423. doi:10.1080/15438627.2015.1076419
- Pross, N., Demazieres, A., Girard, N., Barnouin, R., Santoro, F., Chevillotte, ... Le Bellego, L. (2013). Influence of progressive fluid restriction on mood and physiological markers of dehydration in women. *British Journal of Nutrition*, 109, 313-321. doi:10.1017/S0007114512001080
- Rampinini, E., Impellizzeri, F. M., Castagna, C., Coutts, A. J., & Wisløff, U. (2009). Technical performance during soccer matches of the Italian Serie A league: Effect of fatigue and competitive level. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12, 227-233. doi:10.1016/j.jsams.2007.10.002
- Rodríguez-Alonso, M., Fernández-García, B., Pérez-Landaluce, J. & Terrados, N. (2003). Blood lactate and heart rate during national and international women's basketball. *Journal of Sports Medicine and Physiological Fitness*, 43(4), 432-436.
- Ruano, M. Á., Serna, A. D., Lupo, C., & Sampaio, J. E. (2016). Effects of game location, quality of opposition, and starting quarter score in the outcome of elite water polo quarters. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(4), 1014-1020. doi:10.1519/JSC.0b013e3182aa5f59
- Sánchez-Sánchez, J., Hernández, D., Casamichana, D., Martínez-Salazar, C., Ramírez-Campillo, R., & Sampaio, J. (2016). Heart rate, technical performance and session-RPE in elite youth soccer small-sided games played with wildcard player. *Journal of Strength and Conditioning Research* [Epub ahead of print].
- Scanlan, A. T., Dascombe, B. J., Reaburn, P., & Dalbo, V. J. (2012). The physiological and activity demands experienced by Australian female basketball players during competition. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 15, 341-347. doi:10.1016/j.jsams.2011.12.008
- Schelling, X., Calleja-González, J., Torres-Ronda, L., & Terrados, N. (2014). Testosterone, cortisol, training frequency and playing time in elite basketball players. *International SportMed Journal*, 15(3), 275-284.
- Stone, N. M., & Kilding, A. E. (2009). Aerobic conditioning for team sport athletes. *Sports Medicine*, 39(8), 615-642. doi:10.2165/00007256-200939080-00002
- Sullivan, C., Bilsborough, J. C., Cianciosi, M., Hocking, J., Cordy, J., & Coutts, A. J. (2014). Match score affects activity profile and skill performance in professional Australian football players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 17(3), 326-331. doi:10.1016/j.jsams.2013.05.001
- Tan, F., Polglaze, T., & Dawson, B. (2009). Activity profiles and physical demands of elite women's water polo match play. *Journal of Sport Sciences*, 27(10), 1095-1104. doi:10.1080/02640410903207416
- Tomazin, K., Morin, J. B., & Millet, G. Y. (2016). Neuromuscular fatigue etiology after repeated sprints depends on exercise modality. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 5, 1-28.
- Torres-Ronda, L., Ric, A., Llabres-Torres, I., De Las Heras, B., & Schelling I del Alcázar, X. (2016). Position-Dependent Cardiovascular Response and Time-Motion Analysis During Training Drills and Friendly Matches in Elite Male Basketball Players. *Journal of Strength and Conditional Research*, 30(1), 60-70.
- Vargas, J., Nagy, I., Szirtes, L., & Porszász, J. (2016). Physiological strain in the Hungarian mining industry: The impact of physical and psychological factors. *International Journal Occupational Medicine and Environmental Health*, 29(4), 597-611. doi:10.13075/ijom.1896.00616
- Wallace, L. K., Slattery, K. M., & Coutts, A. J. (2009). The ecological validity and application of the session-RPE method for quantifying training loads in swimming. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23, 33-38. doi:10.1519/JSC.0b013e3181874512
- Wiewelhive, T., Fernández-Fernández, J., Raeder, C., Kappenstein, J., Meyer, T., Kellman, M., ... Ferrauti, A. (2016). Acute responses and muscle damage in different high-intensity interval running protocols. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 56(5), 606-15.
- Ziv, G., & Lidor, R. (2009). Physical attributes, physiological characteristics, on-court performances and nutritional strategies of female and male basketball players. *Sports Medicine*, 39(7), 547-568. doi:10.2165/00007256-200939070-00003