



Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea

Facultad de Educación y Deporte
Departamento de Educación Física y Deportiva

TESIS DOCTORAL

MONITORIZACIÓN V EVALUACIÓN DE LA CARGA DE ENTRENAMIENTO EN UN CLUB PROFESIONAL DE BALONCESTO

DOCTORANDO

HuGo SALAZAR CoBo

eman ta zabal zazu



Universidad Euskal Herriko
del País Vasco Unibertsitatea

Facultad de Educación y Deporte

Heziketa eta Kirol Fakultatea

Departamento de Educación Física y Deportiva

Gorputz eta Kirol Hezkuntza Saila

TESIS DOCTORAL

MONITORIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA CARGA DE ENTRENAMIENTO EN UN CLUB PROFESIONAL DE BALONCESTO

DOCTORANDO

HUGO SALAZAR COBO

DIRECTOR

JULEN CASTELLANO PAULIS

Vitoria - Gasteiz 2021

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, y sabiendo que estas palabras posiblemente no sean suficientes, me gustaría agradecerle el trabajo al director de esta tesis doctoral, Julen Castellano. Desde el primer día que supo de la posibilidad de este proyecto me aceptó y me ayudó hasta el punto de debatir sobre los resultados de la estadística en reuniones sin fin. Durante este tiempo he podido aprender cómo aplicar el rigor científico de la investigación al quehacer diario en la cancha.

En segundo lugar, «mi hermano mayor» en esto de la investigación y la preparación física en baloncesto, Luka Svilar. Con la vista atrás en el año 2017 nos juntamos para tomar un café y hablar de entrenamiento y desde entonces hemos trabajado juntos, convirtiéndose en un mentor para mi. ¡Hvala Luka!

Tercero, mi agradecimiento al club Saski Baskonia: Directiva, entrenadores, jugadores, servicios médicos, jugadores, etc. Gracias a todos por permitirme la posibilidad de investigar con los datos recogidos en el club durante el día a día y apoyar tanto el proyecto como a mi personalmente.

Por último, pero no menos importante, gracias a mi familia, amigos y novia. Aún no sabiendo muy bien lo que un doctorado significa, me habéis apoyado en todo momento hasta poder lograr este sueño. Gracias por aguantar los planes no realizados, los viajes o mi ausencia ante vosotros por culpa de las horas de trabajo delante del ordenador.

«A nadie cuesta más que a aquel que mucho desea»

Santiago Ramón y Cajal

«Not everything that counts can be counted, and not everything
that can be counted counts»

Albert Einstein

ÍNDICE

PREÁMBULO	11
1. INTRODUCCIÓN.....	15
2. MARCO TEÓRICO.....	21
2.1. TÉCNICAS DE MONITORIZACIÓN DE LA CARGA EN BALONCESTO.....	22
2.2. TÉCNICAS RELACIONADAS CON LA CARGA EXTERNA	23
2.3. TÉCNICAS RELACIONADAS CON LA CARGA INTERNA.....	25
2.4. DEMANDAS DE CARGA EXTERNA E INTERNA EN COMPETICIÓN	28
2.4.1. DEMANDAS COMPETITIVAS DE CARGA EXERNA	28
2.4.2. DEMANDAS COMPETITIVAS DE CARGA INTERNA	35
2.5. DEMANDAS FÍSICAS DURANTE LAS TAREAS DE ENTRENAMIENTO	37
2.5.1. CARGA EXTERNA DURANTE ENTRENAMIENTOS.....	38
2.5.2. CARGA INTERNA DURANTE ENTRENAMIENTOS	39
2.6. CUANTIFICACIÓN DE CARGA EXTERNA E INTERNA SEMANAL.....	39
3. OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS.....	43
3.1. ESTUDIO 1	43
3.2. ESTUDIO 2.....	43
3.3. ESTUDIO 3.....	44
3.4. ESTUDIO 4.....	44
4. HIPÓTESIS.....	47
4.1. ESTUDIO 1	47
4.2. ESTUDIO 2.....	47
4.3. ESTUDIO 3.....	47
4.4. ESTUDIO 4.....	48

5. METODOLOGÍA	51
5.1. DISEÑO.....	51
5.2. PARTICIPANTES	53
5.3. VARIABLES UTILIZADAS	55
5.4. PROCEDIMIENTOS	58
5.4.1. EVENTOS	58
5.4.2. MONITORIZACIÓN DE CARGA EXTERNA	58
5.4.3. MONITORIZACIÓN DE CARGA INTERNA	59
5.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	60
6. RESULTADOS	65
6.1. ESTUDIO 1	65
6.2. ESTUDIO 2.....	69
6.3. ESTUDIO 3.....	74
6.4. ESTUDIO 4.....	77
7. DISCUSIÓN	85
7.1. ESTUDIO 1.....	85
7.2. ESTUDIO 2.....	89
7.3. ESTUDIO 3	92
7.4. ESTUDIO 4.....	95
8. CONCLUSIONES Y APLICACIONES PRÁCTICAS.....	101
8.1. ESTUDIO 1	101
8.2. ESTUDIO 2.....	101
8.3. ESTUDIO 3.....	102
8.4. ESTUDIO 4.....	103
9. LIMITACIONES.....	107
9.1. ESTUDIO 1	107
9.2. ESTUDIO 2.....	107

9.3. ESTUDIO 3.....	108
9.4. ESTUDIO 4.....	108
10. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.....	111
11. REFERENCIAS	115
12. ANEXOS.....	131
12.1. ANEXO 1: INFORME FAVORABLE COMITÉ DE ETICA.....	131
12.2. ANEXO 2: ESTUDIO 1	133
12.3. ANEXO 3: ESTUDIO 2	143
12.4. ANEXO 4: ESTUDIO 3	153
12.5. ANEXO 5: ESTUDIO 3	163

PREÁMBULO

La tesis doctoral que a continuación se presenta se engloba dentro de la normativa de la de la Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU) como proyecto de “doctoral industrial”, cuyo procedimiento se puede consultar en la web <https://www.ehu.eus/es/web/doktorego-eskola/industria-doktorea/prozedura>.

Referencias que componen la presente tesis doctoral:

1. Salazar, H., & Paulis, J. C. (2020). Analysis of basketball game: relationship between live actions and stoppages in different levels of competition. *E-Balonmano.com: Revista de Ciencias del Deporte*, 16(2), 109-118. <http://e-balonmano.com/ojs/index.php/revista/article/view/497>
 - ICDS 2020: 9,7
2. Salazar, H., Castellano, J., & Svilar, L. (2020). Differences in external load variables between playing positions in elite basketball match-play. *Journal of Human Kinetics* 75(1), 257-266. <https://doi.org/10.2478/hukin-2020-0054>.
 - JCR: Impact Factor 2019: 1,67 / Q3
3. Salazar, H., Svilar, L., Aldalur-Soto, A., & Castellano, J. (2020). Differences in Weekly Load Distribution Over Two Euroleague Seasons with a Different Head Coach. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(8), 2812. <https://doi.org/10.3390/ijerph17082812>.
 - JCR: Impact Factor 2019: 2,84 / Q3

4. Salazar, H., Svilar, L., Castellano, J., & Fox, J. L. (2021). Differences in weekly load distribution over two *Euroleague* seasons with a different head coach. *Research in Sports Medicine, Under Review*.
 - JCR: Impact Factor: 2,55 / Q2

OTRAS PUBLICACIONES ADYACENTES AL PROYECTO:

- Salazar, H., & Castellano, J. (2020). Most demanding passages in basketball: A preliminary study. *Sport Performance & Science Reports*. <https://sportperfsci.com/most-demanding-passages-in-basketball-a-preliminary-study/>
- Salazar, H., Svilar, L., García, L., González-Lago, L., & Castellano, J. (2020). Negative impact of covid-19 at home confinement on physical performance of elite youth basketball players. *Sport Performance & Science Reports*. <https://sportperfsci.com/negative-impact-of-covid-19-home-confinement-on-physical-performance-of-elite-youth-basketball-players/>
- Fox, J. L., Salazar, H., García, F., & Scanlan, A. T. (2021). Peak External Intensity Decreases across Quarters during Basketball Games. *Montenegrin Journal of Sports Science and Medicine*, 10(1) (SJR 2019: 0,31 / Q3), Ahead of Print.
- Salazar, H., García, F., Svilar, L., & Castellano, J. (2021). Physical demands in 3 different basketball competitions disputed by the same under 18 players. *Montenegrin Journal of Sports Science and Medicine* (SJR 2019: 0,31 / Q3) Accepted

INTRODUCCIÓN



1. INTRODUCCIÓN

En la última década, los avances en el ámbito de la tecnología han llevado a descubrir y trabajar con un aparataje difícilmente imaginable hace unos años. Estos avances no han pasado desapercibidos en el mundo del deporte, siendo incorporados por muchos de los clubes para dar un salto de calidad a su estructura deportiva. Específicamente pensando en el deporte, las grandes marcas tecnológicas han creado diferentes productos para los diversos ámbitos de aplicación dentro de una estructura deportiva. Una de las utilidades más representativas de la tecnología del deporte ha sido la aparición de la tecnología «*wearable*», pequeños dispositivos que disponen de sistemas inerciales acompañados por los sistemas de posicionamiento global (GPS) y local (LPS). Gracias a ellos, se está dando respuesta a las principales cuestiones acerca del conocimiento de las demandas físicas del deporte en general y del baloncesto en particular. La descripción y posterior conocimiento de los requerimientos físicos que se dan tanto en competición, como durante el proceso de entrenamiento, aporta la posibilidad de desarrollar estrategias específicas de entrenamiento más adecuadas a las necesidades reales de cada jugador, demarcación y deporte.

En baloncesto, las demandas físicas de los jugadores en competición han sido descritas en los últimos años en los diferentes niveles y sexos por la literatura especializada (Petway, Freitas, Calleja-Gonzalez, Medina-Leal, & Alcaraz, 2020; Reina, García-Rubio, & Ibañez, 2020; Stojanovic et al., 2018). Existe gran información en relación a la evolución de los requerimientos físicos a lo largo de los cuartos durante un partido o incluso entre las cinco posiciones específicas del juego mediante el uso de la micro-tecnología (García,

Vázquez-Guerrero, Castellano, Casals, & Schelling, 2020). Sin embargo, en el mar de datos que la presente tecnología aporta, se generan dudas acerca de qué variables escoger, qué tipo de variable puede encajar con un perfil de jugador u otro, o incluso con las diferentes demarcaciones. Por otro lado, no son tantos los autores que han descrito diferentes situaciones de entrenamiento mediante el uso de micro-tecnología.

Gracias a mi trabajo como preparador físico en Saski Baskonia S.A.D (Vitoria-Gasteiz) en los últimos años, he tenido la posibilidad de monitorizar a los jugadores del club mediante tecnología inercial. La obtención de datos en el día a día, tanto de entrenamiento, como de competición en varios de los equipos del club, incluido el primer equipo, generaron en nuestro grupo de trabajo una serie de inquietudes que nos animaron a darles respuesta mediante el presente trabajo de investigación.

Se realizó una revisión exhaustiva de la literatura por aquel entonces y se observó cómo el baloncesto de élite se quedaba atrás en relación a otros deportes colectivos en cuanto a la descripción de las demandas del juego mediante la micro-tecnología, sobre todo en jugadores élite. Se encontró un vacío de investigación en el conocimiento de cuáles son las variables inerciales que definen mejor las posiciones específicas del juego, las cargas de entrenamiento semanales de un equipo de élite o cómo el estilo del entrenador afecta a las demandas físicas de los jugadores. Es por ello que esta tesis doctoral nació con la intención de investigar las demandas físicas del baloncesto en un club profesional, especialmente mediante el uso de la micro-tecnología inercial como medio de cuantificación de la carga externa de trabajo.

A consecuencia de la revisión realizada y a partir de las lagunas encontradas en la literatura académica, se optó por abordar diferentes trabajos con los que fue configurada la presente tesis doctoral. El proyecto de tesis que se presenta está compuesto por cuatro

estudios conectados por el mismo hilo conductor: la descripción de las demandas de carga externa en baloncesto.

El primer apartado tuvo como objetivo el análisis de la naturaleza intermitente del baloncesto. Conocer cómo es la duración y la frecuencia de las acciones de balón jugado y balón parado durante el juego, y establecer si existe algún tipo de relación secuencial entre ellas. Esta descripción en la duración de las acciones del propio juego permitirá tanto adecuar el tiempo de trabajo a un tiempo específico basado en las demandas del juego durante los entrenamientos, así como establecer las ventanas temporales más comunes para futuros análisis.

La segunda parte tuvo como objetivo el análisis las demandas de carga externa entre las tres posiciones más comunes en baloncesto (bases, aleros y pívots). Específicamente, se analizan qué variables son las que mejor describen las demandas en las diferentes posiciones. Como en otros deportes de equipo, cada posición específica demanda unos requerimientos físicos específicos. Los datos presentados ayudarán a optimizar el proceso de monitorización de los jugadores de baloncesto agrupando las diferentes variables que más se adecuan a las demandas de cada posición.

La tercera parte se centra en el análisis de carga externa e interna durante semanas de competición con diferente número de partidos por semana. Así mismo, se comparan dos temporadas consecutivas con dos entrenadores diferentes para el estudio de cómo las demandas pueden variar con un estilo u otro de entrenamiento. El conocimiento de cómo la densidad competitiva influye en el requerimiento físico del jugador permitirá al cuerpo técnico adecuar las cargas en los momentos necesarios durante la temporada.

Por último, el cuarto estudio se centra en examinar la carga externa e interna en los días previos a la competición con tres entrenadores diferentes. En este trabajo, se estudiaron los tres días

previos al primer partido semanal. Se utilizó el cuestionario *Total Quality of Recovery* (TQR) como indicador de bienestar físico de los jugadores en el día de partido para evaluar si la carga prescrita por los entrenadores los tres días previos era la adecuada.

MARCO TEÓRICO



2. MARCO TEÓRICO

A lo largo de la historia ha habido un excelso interés por parte de los entrenadores y científicos del deporte en cuantificar las cargas de entrenamiento prescritas a sus atletas (Hopkins, 1991). Se describe como carga de entrenamiento la dosis de entrenamiento completado por el jugador, siendo la variable a manipular para obtener la respuesta de entrenamiento deseada (Impellizzeri, Rampinini, & Marcora, 2005). Esta, a su vez, se categoriza como carga de entrenamiento externa o interna. Se define la carga externa como la medida objetiva del trabajo planificado e impuesto al jugador durante un entrenamiento o competición, habitualmente descrito a través del volumen de entrenamiento, intensidad, densidad y frecuencia (Coutts, Crowcroft, & Kempton, 2017; Impellizzeri, Rampinini, Coutts, Sassi, & Marcora, 2004). Por otro lado, la respuesta (fisiológica o psicología) del organismo a la carga externa experimentada por el jugador es definida como carga interna (Bourdon et al., 2017). Una monitorización sistemática de ambas demandas y su relación con el rendimiento de los jugadores sirve para evaluar la efectividad de un programa de entrenamiento, así como mejorar la toma de decisiones respecto a la modificación del proceso (Impellizzeri, Marcora, & Coutts, 2019). Una de las razones fundamentales de la monitorización es 1) la de proporcionar datos objetivos sobre el efecto que un programa de entrenamiento tiene sobre un grupo de jugadores, 2) identificar el impacto de una intervención específica, 3) conocer en detalle las demandas físicas a las que los jugadores se exponen en competición, 4) la posibilidad de creación de perfiles individuales que ayuden en el diseño de programas de entrenamiento más adecuados a las características de cada deportista y 5) adecuar las cargas de trabajo con el objetivo reducir la desigualdad entre la carga prescrita por los entrenadores

y la carga percibida por los jugadores (Brink, Frencken, Jordet, & Lemmink, 2014; Foster et al., 2001a;).

Esta necesidad de controlar la carga del entrenamiento para optimizar el proceso y permitir que el jugador se encuentre en sus mejores condiciones para competir se agudiza en deportes donde el periodo competitivo se ve congestionado. En este caso, el calendario competitivo de los clubes punteros del continente europeo les obliga a jugar dos competiciones de forma simultánea, la liga doméstica (ACB en España) y la liga continental (*Euroleague*). Por ende, los equipos habitualmente juegan un número de dos partidos a la semana con momentos durante la temporada donde la densidad competitiva se acentúa, pudiendo jugar cuatro o cinco partidos en doce días. Son las exigencias de un calendario tan denso las que obligan a los cuerpos técnicos a optimizar el tiempo de entrenamiento al máximo, buscando las estrategias y la dosis-respuesta más adecuada para que los jugadores sean capaces de asimilarlo en periodos muy cortos de tiempo. Un adecuado manejo de los tiempos y cargas de entrenamiento puede llevar a incrementar el rendimiento físico del equipo (Akenhad & Nassis, 2016; Drew & Finch, 2016; Urhausen & Kindermann, 2002), así como a reducir el número de lesiones (Gabbett, 2004; Gabbett et al., 2016; Weiss, Allen, McGuigan, & Whatman, 2017), incrementando así la disponibilidad de jugadores de cara a la competición (Windt, Ekstrand, Khan, McCall, & Zumbo, 2018).

2.1. TÉCNICAS DE MONITORIZACIÓN DE LA CARGA EN BALONCESTO

A lo largo de la historia son diferentes las técnicas empleadas para la monitorización tanto de carga externa como carga interna en baloncesto (Russell, McLean, Impellizzeri, Strack, & Coutts, 2020). La naturaleza intermitente del baloncesto hace que, para ambas técnicas, tanto en partido como en entrenamiento, sea necesaria una diferenciación en el control de volumen e intensidad del trabajo. Por lo tanto, las diferencias entre las posiciones de juego y

el nivel físico-técnico de los distintos jugadores pueden hacer que algunos completen un volumen de trabajo mayor pero no llegar a las intensidades marcadas para el resto del grupo (Ben Abdelkrim, Castagna, El Fazaa, & El Ati, 2010a; Torres-Ronda, Ric, Llabres-Torres, De Las Heras, & Schelling, 2016). Por ello, siempre que sea posible, una adecuada combinación de variables indicativas, tanto de carga externa como de carga interna, han de ser utilizadas en nuestro sistema de monitorización (Svilar, Castellano, & Jukic, 2018a).

2.2. TÉCNICAS RELACIONADAS CON LA CARGA EXTERNA

La monitorización de la carga externa trata de cuantificar todos los estímulos impuestos al jugador, ya sea durante el entrenamiento o la competición. Una de las técnicas más utilizadas hasta el momento es el *Time Motion Analysis* (TMA) o análisis temporal del movimiento (Hulka, Cuberek, & Svoboda, 2014). Este sistema, previamente validado y ampliamente utilizado para monitorizar la carga externa tanto de partidos como de entrenamientos en baloncesto, se basa fundamentalmente en la captura del movimiento de los jugadores mediante cámaras de video (McInnes, Carlson, Jones, & McKenna, 1995). Una vez registradas las imágenes, los videos se analizan mediante softwares especializados categorizando todos los parámetros que se quieran analizar y segmentando las secuencias durante el visionado del video para exportar todas las variables deseadas (distancias, saltos, acciones con balón, etc.). A pesar de su frecuente uso, parece no ser óptima para la monitorización diaria de la carga de entrenamiento o competición debido a su falta de eficiencia temporal en su análisis (Chambers, Gabbett, Cole, & Beard, 2015). La mayor limitación achacada durante años al sistema TMA es la dificultad implícita por parte del investigador en la identificación y categorización de los eventos a estudiar (Barris & Button, 2008).

Otro de los sistemas más populares de monitorización de la carga externa es la denominada micro-tecnología. Dentro de este

término, diferenciamos entre dispositivos GPS, dispositivos de posicionamiento local (LPS) y los dispositivos inerciales. Son muchos los estudios que han utilizado la tecnología GPS para cuantificar mediante el posicionamiento de los jugadores las demandas de carga externa en el deporte (Cummins, Orr, O'Connor, & West, 2013), no obstante, su uso en baloncesto se ve limitado debido a la imposibilidad de uso del sistema global de navegación por satélite desde el interior de una instalación (Duffield, Reid, Baker, & Spratford, 2010). Por otro lado, los dispositivos basados en radio frecuencia de posicionamiento local (LPS) se han mostrado como una alternativa más válida para la monitorización de variables de posicionamiento, tanto en interior como en exterior (Leser, Baca, & Ogris, 2011). Los sistemas LPS operan en interior con comunicaciones de corto alcance entre generadores y receptores de ondas *bluetooth* o tecnología de banda ancha *ultra-wide band* (UWB). La tecnología UWB opera con un ancho de banda superior a 500 MHz, lo que permite reducir las interferencias con los diferentes materiales estructurales de la instalación deportiva, así como obtener una mayor precisión a la hora de calcular distancias y posiciones (Alarifi et al., 2016; Rovnáková, Svecova, Kocur, Nguyen, & Sachs, 2008).

Otra de las micro-tecnologías más utilizadas en la cuantificación de la carga externa es el uso de los «*wearables*» inerciales. Estos dispositivos cuentan con acelerómetros capaces de cuantificar el movimiento en los tres ejes espaciales, y van complementados con giroscopio y magnetómetro proporcionando una información adicional sobre el componente rotacional del cuerpo y la dirección del desplazamiento realizado (Wilkerson, Gupta, Allen, Keith, & Colston, 2016). Las tres tecnologías se complementan con sistemas GPS o LPS para ser capaces de calcular continuamente la posición, dirección y velocidad de desplazamiento mecánico de un jugador sobre la cancha (Boyd, Ball, Aughey, 2013). Esta tecnología supera algunas de las limitaciones asociadas con los análisis de TMA y la

tecnología GPS, como por ejemplo la baja frecuencia de muestreo, o la no consideración de los movimientos realizados en el plano frontal (Scott, Scott, & Kelly, 2016). Sin embargo, no está carente de limitaciones ya que no son lo relativamente sensibles para cuantificar las acciones isométricas que se dan en baloncesto como son el *box out*, bloqueos, luchas, etc. (Schelling & Torres-Ronda, 2016).

2.3. TÉCNICAS RELACIONADAS CON LA CARGA INTERNA

La monitorización de carga interna es un punto crucial para el control de la respuesta fisiológica de los jugadores durante el entrenamiento o la competición (Akubat, Barrett, & Abt, 2014). A través de ello, entrenadores y preparadores físicos tienen la posibilidad de controlar si sus jugadores están obteniendo una respuesta positiva a la carga externa propuesta y, por ello, una correcta adaptación de su condición física a lo largo del proceso de entrenamiento y competición.

El método más extendido sobre la monitorización de la carga en baloncesto es la frecuencia cardiaca por su facilidad de registro y análisis (Torres-Ronda et al., 2016). Este método de monitorización se ha considerado un método válido y fiable para determinar la contribución metabólica de las diferentes tareas de entrenamiento y competición (Ben Abdelkrim et al., 2010a; Ben Abdelkrim et al., 2010b). Sin embargo, debido a los cambios tan repentinos de la intensidad del ejercicio durante la competición en baloncesto, existe un retraso en la actividad de la frecuencia cardiaca del jugador, y por ello, los datos obtenidos mediante este método podrían subestimar la intensidad real del ejercicio a intensidades sub-máximas y máximas (Narazaki, Berg, Stergiou, & Chen, 2009). Para solventar este problema, se propone la utilización de diferentes modelos donde se relaciona el tiempo de la actividad con diferentes zonas de intensidad en función de la frecuencia cardiaca máxima para establecer un número unificado de carga interna (Edwards, 1994).

Algunas de estas soluciones como el llamado TRIMP de Banister, engloban la FC en reposo, la FC máxima y la FC media durante la sesión de entrenamiento para proporcionar una estimación de carga interna (Banister, Calvert, Savage, & Bach, 1975).

El modelo de sumatorio de zonas de frecuencia cardiaca es otro de los métodos más usados en baloncesto para el control de la respuesta interna (Conte, Favero, Nieberhausen, Capranica, & Tessitoe, 2015; Scanlan, Dascombe, & Reaburn, 2014a; Scanlan et al., 2015;). Este método propone una combinación de la duración del ejercicio en cinco zonas establecidas a partir de la $FC_{m\acute{a}x}$ pero ponderando con mayor carga aquellas de mayor intensidad (Edwards, 1994). Este método se ha mostrado válido y lo suficientemente sensible para detectar cambios en la carga de entrenamiento, si bien, para una mejor interpretación de los resultados, se propone la utilización de los valores relativos ($\cdot \text{min}^{-1}$) para limitar la influencia de la duración de la sesión (Fox, Scanlan, & Stanton, 2017).

Otro de los métodos más utilizados para proporcionar la respuesta interna de los jugadores en baloncesto son los marcadores hematológicos (Ben Abdelkrim, Castagna, El Fazaa, Tabka, & El Ati, 2009). Entre todos ellos, la concentración de lactato en sangre ($[bLa]$) es el más frecuente en baloncesto debido a su facilidad de recolección: tan solo es necesaria una pequeña muestra de sangre extraída de la yema del dedo o del lóbulo de la oreja para posteriormente ser examinada con pequeños analizadores portátiles (McInnes et al., 1995). A pesar de que su uso esta bastante extendido tanto en entrenamientos como en partidos (Ben Abdelkrim, El Fazaa, & El Ati, 2007; Narazaki et al., 2009), presenta una gran variabilidad entre estudios debido a que su medición esta muy influenciada por el ejercicio glucolítico de alta intensidad en los cinco minutos previos al muestreo (Nunes et al., 2014). Otros indicadores como las hormonas sanguíneas o la enzima creatina-kinasa han sido extensamente utilizados en baloncesto para evaluar tanto la fatiga

como el daño muscular (Schelling, Calleja-González, & Terrados, 2011). A pesar de la gran información que aporta el conocimiento de los biomarcadores a la hora de conocer la respuesta interna de los jugadores, su uso se ve condicionado por la gran limitación que supone el ser un método invasivo, lo que condiciona enormemente su utilización en el día a día de un equipo.

Con el objetivo de solventar la gran limitación de los métodos invasivos y crear una herramienta de bajo coste, se creó una herramienta basada en la percepción subjetiva del esfuerzo a través de una escala numérica conocida como «RPE» (Borg, 1998). Este sencillo método ha sido extensamente utilizado en baloncesto tanto en entrenamientos (Conte et al., 2015; Manzi et al., 2010; Klusemann, Pyne, Hopkings, & Drinkwater, 2013; Paulauskas et al., 2019; Scanlan, Dascombe, & Reaburn, 2011) como en competición (Montgomery, Pyne, & Minahan, 2010; Moreira, McGuigan, Arruda, Freitas, & Aoki, 2012) para examinar la respuesta interna con la facilidad que este método supone y siendo un método no invasivo para el jugador (Foster, Carl, Kara, Esten, & Brice, 2001b). La carga interna expresada como sRPE viene determinada mediante la multiplicación de la duración de la sesión en minutos, por el valor marcado en la escala RPE en un rango numérico de 1 a 10 (Foster et al., 2001b). Este método se ha mostrado válido y fiable para la monitorización de la respuesta interna, obteniendo una alta correlación con la frecuencia cardiaca (Scanlan, Wen, Tucker, & Dalbo, 2014b) e indicadores de carga externa (Svilar et al., 2018a). A parte de la ya mencionada validez y fiabilidad de esta escala, la facilidad de uso y su bajo coste hace que se hayan creado multitud de formas de implementación (cuestionario online, apps, etc.), aunque su uso in-situ con el jugador parece ser la forma más fiable de registro (Fox, O'Grady, & Scanlan, 2020b).

2.4. DEMANDAS DE CARGA EXTERNA E INTERNA EN COMPETICIÓN

Uno de los puntos de la presente tesis doctoral es la de describir las demandas físicas a la que los jugadores son sometidos en competición. A continuación, en los siguientes apartados se realiza una revisión de la literatura existente acerca de las demandas de carga externa e interna que se dan durante la competición.

2.4.1. Demandas competitivas de carga externa

En este apartado se describen las variables de carga externa más utilizadas por la literatura para describir las demandas de la competición en baloncesto. Entre las variables más utilizadas encontramos: distancia total recorrida, distancia relativa por minuto, velocidad máxima, aceleraciones, desaceleraciones y el análisis del tiempo, frecuencia y duración de los diferentes movimientos del baloncesto.

2.4.1.1. Distancia Total

La distancia total (DT) es uno de los indicadores más utilizados como medida de volumen para la cuantificación de carga externa en los deportes de equipo. La literatura publicada en baloncesto muestra cómo la distancia recorrida en un partido (40 min) ronda entre los 4.404 – 7.558 m (Stojanovic et al., 2018). No obstante, se han visto diferenciados estos valores en función del criterio elegido para la cuantificación de la distancia incluyendo o excluyendo los periodos de pausa durante el juego (Scanlan, Dascombe, Reaburn, & Dalbo, 2012).

Específicamente, en baloncesto se han visto diferencias en la distancia recorrida en función del nivel de los jugadores. Los jugadores jóvenes son los que más distancia recorren, mostrando valores de 7558 m (Ben Abdelkrim et al., 2010b), seguidos por jugadores semi-profesionales (Fox, Stanton, & Scanlan, 2018; Scalan et al., 2011). Por último, los jugadores élite aparecen como los que menos distancia

recorren con alrededor de 4369 m (Ben Abdelkrim et al., 2010b; Scalan et al., 2011). Estos resultados sugieren cómo los jugadores más experimentados o de mayor nivel, debido a su mayor control de la técnica-táctica del juego, son más eficientes a la hora de tomar decisiones tácticas de cómo y hacia donde correr, respondiendo así con una menor carga externa (Sampaio et al., 2015). En cuanto al análisis por cuartos, se ha visto como jugadores profesionales recorren su mayor distancia en el primer cuarto, disminuyendo sus valores a medida que se disputa el partido (Scanlan et al., 2015).

El análisis en las diferentes posiciones de juego en baloncesto muestra como los bases obtuvieron diferencias significativas en comparación con los aleros y los pívots en la distancia total recorrida durante los partidos (Hulka, Cuberek, & Belka, 2013; Scanlan et al., 2011, 2012 y 2015;). Sin embargo, Oba & Okuda (2008) mostraron cómo son los aleros y ala-pívots los que mayor distancia recorren. Estos diferentes resultados se deben a los distintos criterios existentes para definir las posiciones en baloncesto, lo que dificulta la comparativa entre estudios. En este sentido, por un lado encontramos estudios donde se compararon las demandas físicas entre tan solo dos posiciones de juego (Scanlan et al., 2012 y 2015), y por contraposición, otros trabajos donde la denominación más común de las posiciones fue la de base, alero y pívot (Fernandez-Leo, Gómez-Carmona, García-Rubio, & Ibañez, 2020; Portes, Jiménez, Navarro, Scanlan, & Gómez, 2020; Pino Ortega et al., 2019; Puente, Abián-Vicén, Areces, López, & Del Coso, 2017; Reina, García-Rubio, Feu, & Ibañez, 2019; Vazquez-Guerrero et al., 2019a y 2019b).

2.4.1.2. Distancia Relativa

Debido a que las sustituciones en baloncesto es un recurso frecuente por los entrenadores, las diferentes duraciones de tiempo en juego entre los jugadores hacen errónea la comparación en la distancia total recorrida entre posiciones, cuartos o niveles. Existe una

diferencia en los resultados obtenidos en función de la metodología empleada para el registro de la distancia relativa. Estudios basados en sistemas TMA han observado que la distancia por minuto se sitúa en 93,1- 134,1 $\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$ (Ben Abdelkrim et al., 2010; Hulka et al., 2014; Oba & Okuda, 2008; Scalan et al., 2012 y 2015), mientras que cuando se utiliza la tecnología GPS o LPS como sistema de registro, los metros recorridos decrecen hasta los 72,4 – 86,8 $\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$ en jugadores profesionales (García et al., 2020; Puente et al., 2017).

En el análisis por cuartos, se ha visto una reducción en la distancia relativa con cambios significativos entre el primer y último cuarto, y cambios moderados entre el tercer y último periodo (García et al., 2020). Sin embargo, a lo largo de un torneo, a medida que se sucedían los partidos, los equipos aumentaban la distancia relativa recorrida (Pino-Ortega et al., 2019). No están claras las diferencias entre la distancia recorrida entre posiciones de juego, si bien algunos estudios han obtenido diferencias entre posiciones, siendo los bases los que recorren una mayor distancia relativa (Scalan et al., 2012 y 2015). Otros estudios muestran como los aleros y los bases se encuentran en los mismos registros (García et al., 2020), o incluso son los pivots los que obtienen los valores más altos (Vázquez-Guerrero, Suarez-Arrones, Gómez, & Rodas, 2018b). Un estudio ha mostrado como los mejores equipos dentro de la misma categoría recorren una menor distancia relativa en comparación con equipos de peor clasificación (Pino-Ortega et al., 2019).

Los datos anteriores han sido examinados utilizando solamente los valores promedio, pero existen determinados momentos del partido donde los jugadores requieren de unas demandas superiores, con valores de 120,4 $\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$ (Vázquez-Guerrero, Ayala, García, & Sampaio, 2020b). Los datos durante estos momentos de máxima exigencia representan un incremento del 113,1% respecto a los valores promedio en distancia total relativa, y llegando hasta un 686,4% en distancia relativa a alta intensidad (25,4 $\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$ comparado

con $3,2 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$) en una ventana temporal de un minuto de duración (Vázquez-Guerrero & García, 2020). Estos datos pueden ser utilizados por entrenadores para una programación más adecuada de las tareas de entrenamiento. Resulta importante no tomar únicamente los valores promedio ya que, como se ha visto, podrían subestimar las demandas reales de los momentos más exigentes de la competición.

2.4.1.3. Velocidad Máxima

En la comparativa de las velocidades máximas de los jugadores de baloncesto también encontramos diferencias tanto en función del sistema de registro utilizado (TMA vs LPS) como en las unidades de medición utilizadas. Puente et al. (2017) describió una velocidad máxima de $6,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, valores por debajo de los $8,09 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ promedio en jugadores NBA (Caparros et al., 2017). Así mismo, la velocidad máxima fue superior en jugadores profesionales que en jugadores sub-18 (García et al., 2020; Vázquez-Guerrero et al., 2019b). Estos datos soportan la idea de que los mejores equipos, o de una categoría superior, recorren menos distancia total pero a una mayor intensidad en comparación con jugadores jóvenes o de menor nivel. A lo largo de los cuartos, las diferencias en la velocidad máxima alcanzada fueron pequeñas en jugadores profesionales (García et al., 2020). No se encontraron diferencias en la velocidad máxima en las diferentes posiciones de juego entre jugadores jóvenes (Vázquez Guerrero et al., 2019a).

2.4.1.4. Variables Inerciales

Los movimientos inerciales en baloncesto han sido registrados mediante el uso de dispositivos validados que contienen acelerómetros, giroscopios y magnetómetros (Luteberget, Holme, & Spencer, 2018; Nicolella, Torres-Ronda, Saylor, & Schelling, 2018). Entre los movimientos que estos sensores permiten en su registro, los más utilizados para el baloncesto han sido las aceleraciones (ACC), deceleraciones (DEC), saltos y cambios de dirección. Estos

movimientos han sido divididos en su componente total o de alta intensidad. Existen en la literatura diferentes umbrales para la clasificación de alta intensidad, encontrando variedad en la categorización para las ACC: $>3,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ (Svilar, Castellano, Jukic, & Casamichana, 2018b), $>3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ (Vazquez-Guerrero et al., 2018b) o $>2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ (Garcia et al., 2020; Vazquez-Guerrero et al., 2018b). Las DEC de alta intensidad también han utilizado los umbrales $>-3,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ (Svilar et al., 2018b), $>-3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ (Vazquez-Guerrero et al., 2018b) o $>-2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ (Garcia et al., 2020; Vazquez-Guerrero et al., 2018b). Para los saltos, el límite superior en el umbral de alta intensidad también ha sido diferente, clasificándose como $>40 \text{ cm}$ (Svilar et al., 2018b) o como $>3 \text{ G}$ (Garcia et al., 2020). Parece necesario un consenso en los diferentes límites de categorización de movimientos de alta intensidad para permitir una comparación más adecuada entre los diferentes estudios.

En la comparativa por posiciones, son los bases los que hacen un mayor número de ACC totales y de alta intensidad. Sin embargo, en cuanto a las DEC, estos son igualados por los pivots tanto en DEC totales, como de alta intensidad en jugadores profesionales (Garcia et al., 2020; Vazquez-Guerrero et al., 2018). Durante los partidos, los jugadores mantienen una ratio ACC/DEC superior a 1 en jugadores profesionales y jóvenes (Portes et al., 2020; Vazquez-Guerrero., 2018). Por el contrario, cuando se trata de alta intensidad, las DEC tienen una mayor frecuencia (Vazquez-Guerrero et al., 2018). La reciente investigación en los escenarios más demandantes de baloncesto ha mostrado cómo durante estos momentos de partido el número de ACC y DEC de alta intensidad es un 252% y 290,5% más alto (Vazquez-Guerrero & García, 2020). En momentos de máxima exigencia, no hubo diferencias en el valor total de ACC y DEC entre equipos de distinto nivel, periodos de juego o resultado del partido (Fox, Conte, Stanton, McLean & Scanlan, 2020a; Vazquez-Guerrero et al., 2020b).

Otra de las variables más utilizadas derivadas de la acelerometría en baloncesto es el PlayerLoad™ (PL). Esta variable sirve como

un indicador fiable de carga externa cuando los sistemas de posicionamiento no están disponibles (Cardinale & Varley, 2017). El PL se calcula en base a los datos de aceleración triaxial registrados por los sensores inerciales (Bredt, Chagas, Peixoto, Menzel, & Andrade, 2020). Esta variable fue originalmente definida como la magnitud vectorial modificada, expresada como la raíz cuadrada de la suma de las tasas de cambio al cuadrado de la aceleración entre cada momento de una sesión de entrenamiento en cada eje de movimiento (x, y, z) (Boyd, Ball, & Aughey, 2011; Montgomery et al., 2010). A pesar de la difícil comparación entre las diferentes tecnologías que ofrecen el cálculo de PL debido a pequeños cambios en su formulación, los siguientes valores descritos son los pertenecientes a los dispositivos *Catapult Sports*. En baloncesto, un partido demanda un valor promedio de PL de 532 ± 198 UA (Fox, O'Grady, & Scanlan, 2020c). Relativizado a minuto de juego, los valores en jugadores semi-profesionales fueron de $6,30 \pm 2,06$ UA, unos resultados muy por debajo de los obtenidos en jugadores de élite (Svilar, Castellano, & Jukic, 2019a). Al igual que sucede con el resto de variables, estos datos promedio se encuentran lejos de los requeridos durante los momentos más exigentes de la competición donde, en ventanas temporales de hasta cinco minutos de duración, los valores se sitúan por encima de las 10 UA (Fox, Salazar, Garcia, & Scanlan, 2021). A pesar de ser una variable derivada y no pura (ACC y DEC), ha sido demostrada su validez con una alta correlación entre PL y variables como la distancia recorrida o variables de carga interna (Casamichana, Castellano, Calleja-González, San-Román, & Castagna, 2013; Fox et al., 2020b; Svilar et al., 2018a). Estudios futuros deberán estandarizar el cálculo de esta variable para posibilitar por un lado la comparación entre las diferentes tecnologías disponibles (O'Grady et al., 2020), y por otro lado el uso de bandas o umbrales personalizados en vez de genéricas que puedan evitar el riesgo de subestimar o sobreestimar las intensidades demandadas por los jugadores (Scanlan et al., 2019).

2.4.1.5. Duración y frecuencia de movimientos

El sistema de monitorización TMA ha sido extensamente utilizado para examinar las demandas físicas de la competición en baloncesto (Ben Abdelkrim et al., 2007 y 2010; Ferioli et al., 2020a y 2020b; Klusemann et al., 2013; McInnes et al., 1995; Scalan et al., 2011). Los requerimientos físicos de los partidos en baloncesto han mostrado cómo los jugadores tienen la siguiente distribución del tiempo en pista en función de las diferentes zonas de intensidad: 23,4-66,3% *standing/walk*, 5,6-36,3% *jogging*, 4,5-33,2% *running*, 0,3-8,5% *sprinting*, 2,1-14,7% *low-intensity shuffling*, 2,1-14,7% *moderate intensity shuffling*, 6,5-19,8% *high-intensity shuffling*, 0,4-9,3% *jumping* y 1,2-10,6% *dribbling* (Stojanovic et al., 2018). La relación entre la baja y alta intensidad en los movimientos es de 1/3,6 (Ben Abdelkrim et al., 2007) con cambios de actividad cada 1-3 segundos.

La frecuencia de movimientos o el porcentaje de tiempo empleado a cada intensidad de movimientos ha sido estudiada en función de la posición de juego, el momento del partido y entre distintos niveles de competición. Siguiendo con las demandas descritas en los anteriores apartados para puestos específicos, encontramos como el puesto de base es el que realiza un mayor número de movimientos en comparación con aleros y pívots. En cuanto a la distribución de la intensidad durante el juego, son los bases los que se caracterizan por realizar actividades a una mayor intensidad que aleros y pívots, mientras que estos últimos dedican un mayor porcentaje de su tiempo a actividades como caminar (Ben Abdelkrim et al., 2007; Scanlan et al., 2012). Sin embargo, no todos los estudios muestran las mismas conclusiones debido a la especificidad y la diferenciación entre las tareas realizadas. Así pues, otros autores encuentran valores inferiores en acciones de alta intensidad de los bases en comparación con los aleros (Hulka et al., 2013; Oba & Okuda, 2009). Esta información podría tener una implicación muy clara a la hora de programar los entrenamientos de condición física individualizados

en función de los requerimientos de cada posición. Por lo tanto, cada posición demanda un porcentaje del tiempo diferente en actividades de alta intensidad, así como en la frecuencia de movimientos.

En cuanto al momento de partido, se ha visto como se produce una reducción del tiempo de juego a intensidades elevadas durante el último cuarto del partido (Ben Abdelkrim et al., 2007). Especialmente, son los jugadores profesionales los que muestran una reducción del tiempo en acciones de alta intensidad a lo largo de los cuartos, mientras que no ocurre lo mismo en jugadores semi-profesionales (Scanlan et al., 2015). Las diferencias entre los niveles competitivos muestran cómo a medida que el nivel de juego es más elevado, el carácter intermitente de las acciones y los movimientos de alta intensidad son mayores (Feroli et al., 2020b; Scanlan et al., 2011). Estos resultados vuelven a soportar la idea de que el dominio técnico-táctico de los jugadores de categorías superiores produce que el jugador disponga de un mayor nivel de eficiencia energética tomando mejores decisiones a la hora del «cómo» y «cuánto» moverse para completar la tarea táctica requerida.

2.4.2. Demandas competitivas de carga interna

En cuanto a la carga interna, las variables más utilizadas para describir las demandas de competición son la frecuencia cardíaca (FC) y la concentración de lactato en sangre ([bLA]).

2.4.2.1. Frecuencia Cardiaca

Los jugadores de élite han mostrado una FC máxima ($FC_{\text{máx}}$) con valores entre 187 a 198 latidos por minuto (lpm) con una media de 190 lpm (Ben Abdelkrim et al., 2009; Torres-Ronda et al., 2016). Estos valores se sitúan por debajo de los encontrados en jugadores sub-élite, con valores entre los 192 y 195 lpm (Narazaki et al., 2009; Puente et al., 2017), y los 199 lpm de media en jóvenes (Ben Abdelkrim et al., 2007). Tomando los valores relativos a la $FC_{\text{máx}}$, los jugadores disputan

el partido al $89 \pm 2 \%FC_{\text{máx}}$ (McInnes et al., 1995). Estos primeros valores son similares a los posteriormente encontrados por Puente et al. (2017), donde los jugadores mostraban un $\%FC_{\text{máx}}$ del $89,8 \pm 4,4 \%$. La mayoría de estudios muestran como aproximadamente el 75% del tiempo de juego los jugadores están por encima del $85 \%FC_{\text{máx}}$ (Ben Abdelkrim, 2010a y 2010b; Vencurik, Mykodym, & Struhar, 2015). La competición oficial muestra valores alrededor del 10% superiores en comparación con el $80 \%FC_{\text{máx}}$ encontrado en partidos amistosos de entrenamiento (Torres-Ronda et al., 2016).

Existen diferencias significativas en función de las tres posiciones de juego, siendo los bases los que obtuvieron mayores valores en $FC_{\text{máx}}$, seguido por los pívots y aleros (Ben Abdelkrim et al., 2007 y 2009; Vaquera et al., 2008). En resumen, los valores medios se establecen entre el $66,7-89,1 \%FC_{\text{máx}}$ durante el tiempo total de partido y entre $81,8$ a $94,6 \%FC_{\text{máx}}$ teniendo en cuenta solo el tiempo real de juego, lo cual define al baloncesto como un deporte con una gran demanda a nivel cardiovascular (Klusemann et al., 2013; Ziv & Lidor, 2009).

2.4.2.2. Concentración de Lactato en Sangre ([bLA])

En la competición de baloncesto se dan multitud de acciones repetidas de alta intensidad que deben ser gestionadas por el jugador para tolerar altas concentraciones de lactato (Stojanovic et al., 2018). Durante los partidos, se encuentran valores entre los $2,7$ hasta los $6,8 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$, con diferencias entre posiciones y mostrando valores superiores para los bases, seguido por los aleros y los pívots (Ben Abdelkrim et al., 2007). En cuanto al momento de partido, mayores valores son observables durante la primera parte en comparación con el tercer y último cuarto (Ben Abdelkrim et al., 2007). La comparativa por nivel competitivo muestra como jugadores de mayor nivel (internacionales o élite) han mostrado mayores valores de [bLa] en comparación con jugadores de menor nivel ($6,1$ vs $5,0 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$) (Ben Abdelkrim et al., 2007 y 2010; McInnes et al., 1995; Narazaki et

al., 2009). Se ha mostrado como parámetros de carga interna como la [bLa] conducen a una fatiga periférica, afectando negativamente al rendimiento físico y técnico de los jugadores (Knicker, Renshaw, Oldham, & Cairns, 2011). Por tanto, la capacidad tampón sobre la eliminación de estos metabolitos puede tener un impacto directo sobre el rendimiento físico durante la competición (Ben Abdelkrim et al., 2009).

2.5. DEMANDAS FÍSICAS DURANTE LAS TAREAS DE ENTRENAMIENTO

A lo largo de historia del deporte, los entrenadores y preparadores físicos han utilizado el entrenamiento como herramienta de control y optimización del rendimiento deportivo (Hernández, Casamichana, & Sánchez-Sánchez, 2017). El objetivo del entrenamiento deportivo es proporcionar al jugador una serie de estímulos que demanden ciertos requerimientos físicos, técnicos y tácticos que se asemejen a lo ocurrido en la competición (Castagna, Impellizzeri, Chaouachi, Ben Abdelkrim, & Manzi, 2011a). Para ello, las estrategias más utilizadas son las tareas basadas en los juegos. Estas tareas tratan de simular situaciones competitivas donde uno o más jugadores compiten entre sí (O'Grady et al., 2020).

Dentro de este tipo de tareas, los entrenadores o preparador físicos pueden manipular las diferentes variables programadoras como el espacio (Atli, Köklü, Alemdaroglu, & Koçak, 2013), la duración (Conte et al., 2015) o el número de participantes (Schelling & Torres-Ronda, 2016) para manipular la carga de la tarea en función del objetivo de la sesión de entrenamiento (O'Grady et al., 2020). Un adecuado control de la carga de entrenamiento diario permitirá una adecuada modulación de la carga a lo largo de las semanas, y, por tanto, mejorar el rendimiento a corto y largo plazo de nuestros jugadores (Salado, Bazaco, Ortega-Toro, & Gómez-Ruano, 2011). En este apartado de la tesis doctoral se recoge un resumen de la literatura científica acerca de las demandas de carga externa e interna del entrenamiento en baloncesto.

2.5.1. Carga externa durante entrenamientos

La monitorización de carga externa de entrenamiento se ha centrado en la comparación de diferentes juegos reducidos, sobre todo los formatos de 5x5 por ser lo más específico al juego real. Vázquez-Guerrero et al. (2018a) mostró el uso del 5x5 a toda pista en comparación con solo media pista para provocar una mayor demanda física en acciones y velocidades de alta intensidad. Por otro lado, Svilar et al. (2018) propone el realizar la tarea de entrenamiento 5x5 de juego continuo sin interrupciones para sobreestimar las demandas competitivas, ya que en un 5x5 habitual (con interrupciones del juego y entrenador) estas demandas no llegaban a alcanzar la intensidad requerida en competición.

La comparativa entre niveles muestra como en la misma tarea de 5x5 los jugadores jóvenes realizan un mayor número de aceleraciones y desaceleraciones por minuto que los jugadores de élite (Trapero et al., 2019). A parte de la tarea del 5x5, son otros los formatos de juego reducido estudiados que, junto con la modificación de los elementos configuradores de la tarea, dan pie a diferentes demandas físicas. En este sentido, se ha visto cómo formatos que van desde el 1x1 hasta el 3x3 demandan mayores niveles de alta intensidad y un mayor número de acciones técnicas por jugador en comparación con formatos más complejos como el 4x4 y 5x5 (Delextrat & Martínez, 2014; Klusemann, Pyne, Foster, & Drinkwater, 2012; McCormick et al 2012;).

En cuanto a las dimensiones de la pista, la realización de cualquier formato en toda la pista en comparación con media pista resultó en un mayor número de aceleraciones por minuto (Schelling & Torres-Ronda, 2016). Sin embargo, a medida que las dimensiones son mayores, tanto el número de acciones técnicas (tiros, rebotes y pases), como los desplazamientos laterales defensivos en cualquier rango de intensidad (Atli et al., 2013; Kluseman et al., 2012) se ven reducidos. Otro aspecto a tener en cuenta es el tipo de defensa

propuesta durante la tarea con adversario. Así mismo, la defensa individual ha promovido un mayor tiempo a *sprint*, así como un mayor número de acciones de alta intensidad (Ben Abdelkrim et al., 2010; Castillo, Raya-González, Clemente, Conte, & Rodríguez-Fernández, 2020). Con toda esta información, los entrenadores o preparadores físicos pueden diseñar las tareas mediante la modificación de todos sus elementos constituyentes (formato, dimensiones, oposición, densidad, etc.) para lograr las demandas físicas más adecuadas para sus jugadores.

2.5.2. Carga interna durante entrenamientos

La frecuencia cardiaca, al igual que en competición, ha sido uno de los indicadores más utilizados para cuantificar la carga interna durante las tareas de entrenamiento (Atli et al., 2013; Castagna et al., 2011; Conte et al., 2015; Klusemann et al., 2012; McCormick et al., 2012; Sampaio, Abrantes, & Leite, 2009; Torres-Ronda et al., 2016; Vaquera et al., 2018). En general, se ha mostrado como formatos con pocos jugadores (1x1 y 2x2) provocan una mayor demanda fisiológica que formatos más grandes como 3x3, 4x4 o 5x5 (Torres-Ronda et al., 2016). Además, con el mismo formato de juego, un aumento en las dimensiones del espacio de juego (media cancha vs toda cancha) también provoca un aumento en la respuesta cardiaca de los jugadores (Atli et al., 2013; Klusemann et al., 2012). Por posiciones de juego, son los bases los que han mostrado una mayor frecuencia cardiaca en comparación con los aleros y pívots (Gocentas, Jascaniniene, Poprzecki, Jaszczanin, & Juozulynas, 2011).

2.6. CUANTIFICACIÓN DE CARGA EXTERNA E INTERNA SEMANAL

A parte del control de la carga intra-entrenamiento mediante una correcta elección de las tareas más apropiadas acorde a los objetivos físicos de la sesión, otra de las estrategias más comunes de monitorización es el control y seguimiento de la carga semanal de

entrenamiento. En baloncesto, este registro semanal de la carga de entrenamiento se ha relacionado tanto con el riesgo a su sufrir una lesión muscular mediante la diferencia entre la carga aguda y crónica de entrenamiento (Weiss et al., 2017), como con la fluctuación semanal de la carga (Paulauskas et al., 2019).

La variable más frecuente en la literatura para la cuantificación de carga semanal ha sido el sRPE. Los valores mostrados por equipos de élite se encuentran entre los 2.255 UA hasta los 5.058 UA (Conte, Kolb, Scanlan, & Santolamazza, 2018; Ferioli et al., 2018a y 2018b; Manzi et al., 2010; Nunes et al., 2014;). Este gran rango de valores es debido al diverso número de sesiones de entrenamientos de los equipos (Petway et al., 2019), el número semanal de partidos (Clemente et al., 2019) y la diferencia entre jugadores con más o menos participación durante la competición (Paulauskas et al., 2018).

En cuanto a carga externa, Fox et al. (2020c) ha mostrado como jugadores semi-profesionales obtuvieron un PL de 1.157 ± 521 UA. Se ha estudiado si existe relación entre la carga de entrenamiento semanal en términos absolutos y relativos con el rendimiento del equipo, no obteniendo relación alguna y, por tanto, sugiriendo que el control de la carga de entrenamiento es importante para optimizar el estado físico del jugador. Sin embargo, es importante considerar que existen muchos otros factores que influyen a la hora de obtener el éxito en un partido de baloncesto (Vázquez-Guerrero, Casals, Corral-López, & Sampaio, 2020c).

OBJETIVOS



3. OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS

El objetivo general del presente trabajo es describir y analizar tanto el entrenamiento como la competición en un club de baloncesto profesional de cara a la optimización del rendimiento en todas sus categorías. Para la consecución del objetivo general se plantean cuatro objetivos específicos que serán realizados a partir de cuatro estudios:

3.1. ESTUDIO 1

Estudiar el comportamiento intermitente del juego del baloncesto a lo largo de los cuartos de un partido y en las diferentes categorías del club. Específicamente la duración de las dos principales fases del juego como son la fase de balón jugado y las pausas. Así mismo, realizar un análisis secuencial de todas ellas para estudiar la relación entre los tiempos de pausa y tiempos de juego. Los resultados de este análisis permitirán a los preparadores físicos y entrenadores adecuar las ratios de trabajo/descanso de sus tareas a los tiempos específicos dados en competición.

3.2. ESTUDIO 2

Elaborar un perfil de las tres principales posiciones específicas del baloncesto en competición a partir de variables inerciales de carga externa que mejor se ajusten a su demarcación. La principal aplicación de los resultados obtenidos se centra en la identificación de las demandas físicas específicas por cada demarcación. Esto permitirá establecer un perfil físico específico de cada posición optimizando el proceso de monitorización a lo largo de la temporada.

3.3. ESTUDIO 3

Comparar tanto la carga externa como interna total en microciclos con diferente densidad competitiva durante dos temporadas consecutivas. Los resultados de este estudio permitirán a los entrenadores modular sus cargas de entrenamiento en función de las exigencias del calendario competitivo, sabiendo cuales son las semanas más exigentes para los jugadores.

3.4. ESTUDIO 4

Comparar la carga de entrenamiento (externa e interna) en los tres días previos al primer partido semanal. Además, analizar las diferencias entre diferentes entrenadores de élite en la carga prescrita a los jugadores. Los resultados de este trabajo permitirán evaluar cómo es el volumen y la intensidad derivada de variables inerciales con la que distintos entrenadores preparan a sus equipos para la competición.

HIPÓTESIS



4. HIPÓTESIS

4.1. ESTUDIO 1

La ratio de tiempo efectivo y tiempo de pausa en baloncesto estará cercana a la unidad (e.g., 1:1) con duraciones medias alrededor del minuto de juego. Por otro lado, prevemos que la alternancia de diferentes duraciones de tiempo efectivo y tiempos de pausa se sucederá de manera aleatoria independientemente a la categoría de los equipos, soportando la idea, de que la intermitencia del baloncesto muestra una alta aleatoriedad.

4.2. ESTUDIO 2

La hipótesis de partida es que probablemente haya redundancia en la información que aportan las diferentes variables necesarias para el control de la carga en el baloncesto de élite. Por tanto, una selección de variables más precisa sería lo recomendable para hacer más eficiente su utilización. Esto permitiría ahorrar esfuerzo a los preparadores físicos y *sport scientist*, incrementando la eficiencia del proceso de monitorización.

4.3. ESTUDIO 3

Creemos que, como consecuencia del número de partidos que contienen las semanas, tanto la carga externa como la interna fluctuarán durante el periodo competitivo. De manera particular, se cree que las semanas con tres partidos acumularán una mayor carga externa e interna para los jugadores. Las cargas de entrenamiento de las diferentes semanas, no variarán en función de la temporada analizada o el entrenador jefe responsable a pesar de las diferentes densidades competitivas.

4.4. ESTUDIO 4

La hipótesis de partida es que cada entrenador tendrá una programación diferente de la carga de entrenamiento a lo largo de los tres días previos a la competición. Por otro lado, se prevé que para los tres entrenadores el día de mayor volumen puede ser el día más alejado de la competición, disminuyendo el volumen, pero manteniendo la intensidad a medida que el día de partido se aproxime.

METODOLOGÍA



5. METODOLOGÍA

En el presente apartado se desarrollan los aspectos comunes de la metodología utilizada para los cuatro estudios presentados.

5.1. DISEÑO

Los datos recogidos y utilizados para la presente tesis doctoral corresponden con los registros obtenidos mediante la monitorización de entrenamientos y partidos en el club Saski Baskonia S.A.D durante las temporadas 2017-2018, 2018-2019 y 2019-2020. La monitorización y registro de datos fue llevada a cabo tanto al equipo profesional del club, compitiendo en primera división española de baloncesto (ACB) y en competición europea (Euroliga), como en sus equipos de cantera desde el segundo equipo, a categoría sub-16. En la tabla 1 se puede observar el periodo de registro de cada uno de los estudios.

Tabla 1. Cronograma de los cuatro estudios de la tesis

Temporada 2017-18	Temporada 2018-19	Temporada 2019-20
Estudio 1 21 partidos oficiales (Equipos Euroliga, segundo equipo y Sub-16)		
Estudio 2 5 partidos pretemporada (Equipo Euroliga)		
Estudio 3 43 y 41 semanas de entrenamiento (Equipo Euroliga)		
Estudio 4 11, 8 y 8 semanas de cada temporada (Equipo Euroliga)		

En el **Estudio 1** se registró al azar un total de 21 partidos oficiales durante el último tramo de la temporada 2017-18 y temporada 2018-19. El registro de los partidos se dividió en categorías dentro de los diferentes equipos del club, correspondiendo con partidos del primer equipo (EUR) (5 partidos), el segundo equipo (LEB) (5 partidos) y categoría sub-16 (6 partidos). Todos los partidos siguieron los estándares de la FIBA (Federación Internacional de Baloncesto) y fueron analizados solo durante el período competitivo de la temporada. Se excluyeron los partidos de pretemporada y play-off. Los partidos fueron seleccionados con un resultado final de ± 10 puntos con el fin de tener una muestra homogénea y fueron codificados en tiempo real en la cancha donde se estaba desarrollando el partido.

Para el **Estudio 2** se registraron 5 partidos oficiales del primer equipo del club, correspondientes a torneos de pretemporada de la temporada 2017-2018. Se realizaron 5 observaciones con un rango de 5-18 cuartos por jugador. Se dividió a los jugadores en tres demarcaciones de juego: bases, aleros y pivots. Por cada demarcación, se obtuvieron 78, 37 y 68 observaciones, respectivamente. Todos los partidos fueron jugados con las normas oficiales FIBA con cuatro cuartos de 10 minutos, con dos minutos de descanso entre cuartos y con un descanso intermedio de 15 minutos entre el segundo y tercer cuarto.

En el **Estudio 3** se utilizó un diseño longitudinal de dos temporadas consecutivas. La monitorización de las cargas de entrenamiento, tanto interna como externa, se llevó a cabo durante las temporadas 2017-18 y 2018-19 por el equipo profesional del club. Se registraron un total de 43 y 41 semanas de entrenamiento, respectivamente. Las semanas de entrenamiento fueron divididas en función de su densidad competitiva semanal. Se encontraron 4 tipos diferentes de semanas donde el equipo participaba en 0, 1, 2 o 3 partidos semanales (W0, W1, W2 y W3, respectivamente). Además, en cada temporada, un entrenador diferente estuvo al cargo del equipo.

Finalmente, el **Estudio 4** siguió a sus predecesores con un enfoque descriptivo longitudinal. Los datos se obtuvieron durante tres temporadas consecutivas de la Euroliga (de 2016-17 a 2018-19). Tres entrenadores diferentes estuvieron a cargo de cada temporada analizada. Se clasificaron tres sesiones de entrenamiento diferentes según la terminología de investigación previa (Martín-García, Díaz, Bradley, Morera, & Casamichana, 2018) en función de su proximidad al primer partido (DP) de la semana, de uno a tres días antes del DP (DP-1, DP-2 y DP-3). DP-1 corresponde al día antes de partido, DP-2 fue dos días antes de DP y DP-3 fue tres días antes de DP. Todas las semanas incluidas en el análisis siguieron el mismo patrón semanal con DP-4 programado como día libre para el equipo, sesiones de entrenamiento en DP-3, DP-2 y DP-1 realizadas en el pabellón habitual de entrenamiento, y DP siempre correspondiendo con un partido en casa de competición europea. Todas las semanas seleccionadas tuvieron dos partidos por semana, pero solo se consideró para el análisis los días previos al primer partido semanal (partido de Euroliga). Se incluyeron un total de 11, 8 y 8 semanas en el análisis de acuerdo con los criterios mencionados para los tres entrenadores diferentes.

5.2. PARTICIPANTES

La presente tesis doctoral contó con la participación 36 jugadores de élite de baloncesto pertenecientes al roster del club Saski Baskonia S.A.D a lo largo de las tres temporadas que duró la recogida de datos. Específicamente, cada estudio tuvo una participación diferente en cuanto al número de jugadores seleccionados.

Durante el **Estudio 1**, se registraron partidos correspondientes a 3 equipos del Club. 10 partidos fueron analizados con el primer equipo del club, perteneciente a la liga ACB y *Euroleague*. El segundo equipo del club fue utilizado en el registro de 5 partidos. 6 partidos más fueron grabados correspondiendo a partidos de la categoría sub-

16 donde compite el equipo cadete del club. Las características de los participantes por cada uno de los equipos fueron: edad: $24,8 \pm 3$ años; altura: $201,3 \pm 9,4$ cm; peso: $97,7 \pm 11,1$ kg para los jugadores del equipo *Euroleague*, edad: $19,0 \pm 1,3$ años; altura: $200,1 \pm 10,0$ cm; peso: $90,9 \pm 9,07$ kg para los jugadores del equipo filial o B, y edad: $15,2 \pm 0,8$ años; altura: $182,4 \pm 8,9$ cm; peso: $72,7 \pm 9,8$ kg para los jugadores del equipo sub-16.

En el **Estudio 2**, participaron 17 jugadores divididos en las tres demarcaciones básicas del baloncesto: bases (edad: $27,5 \pm 6$ años; altura: $188,0 \pm 1,0$ cm; peso: $86,3 \pm 10,1$ kg), aleros (edad: $26,7 \pm 2,5$ años; altura: $193,9 \pm 5,5$ cm; peso: $92,9 \pm 7,5$ kg) y pívots (edad: $23,1 \pm 2,0$ años; altura: $209,0 \pm 4,2$ cm; peso: $107,3 \pm 6,8$ kg).

Para el **Estudio 3**, fueron 27 los jugadores participantes en el estudio (edad: $24,8 \pm 3,2$ años; altura: $201,3 \pm 9,4$ cm; peso: $97,7 \pm 11,1$ kg). Todos los jugadores eran profesionales pertenecientes a la primera plantilla del club en el momento de la recogida de datos. Durante las dos temporadas analizadas, los jugadores compitieron al más alto nivel nacional (Liga ACB) y europeo (*Euroleague*).

Por último, en el **Estudio 4** participaron nuevamente 27 jugadores pertenecientes al primer equipo del club (edad: $25,7 \pm 3,6$ años; altura: $200,1 \pm 10,2$ cm; peso: $96,9 \pm 10,7$ kg). A todos los jugadores se les informó de manera oral y escrita sobre los objetivos y desarrollo de la investigación, así como de los posibles riesgos y beneficios que pudieran derivarse de la misma.

Todos los procedimientos se llevaron a cabo de acuerdo con las pautas establecidas en la Declaración de Helsinki, en cumplimiento de la Ley Orgánica de Protección de Datos de Carácter Personal. Todos los estudios presentes en esta tesis doctoral se han realizado bajo la aprobación del Comité de Ética de la Universidad del País Vasco (UPV/EHU) con el código M10_2018_027 (ANEXO I).

5.3. VARIABLES UTILIZADAS

Las variables que se emplearon para descripción de la demanda externa e interna de entrenamiento y competición se recogen en la tabla 2.

Tabla 2. Código, unidades y descripción de las variables empleadas en los diferentes estudios.

Código de la variable	UNIDADES	DESCRIPCIÓN	ESTUDIO
EVENTOS			
LA	s	Live action: Periodo de tiempo durante el partido en el cual el balón está en juego	1
ST	s	Stoppage: periodo de tiempo durante el partido en el cual el juego se encuentra parado	1
TO	s	Time-Out: Duración entre el árbitro para el juego hasta que se vuelve a poner en marcha teniendo un "tiempo muerto" dentro de este periodo. Durante este tiempo, puede ocurrir una sustitución.	1
FT	s	Free Throws: Tiempo transcurrido entre la señalización de la infracción por parte del árbitro hasta que el jugador lanza el último tiro libre correspondiente a la infracción. Durante este tiempo, puede ocurrir una sustitución.	1
FAULT	s	El tiempo transcurrido entre la indicación de falta por parte del árbitro hasta que el árbitro le dio el balón al jugador para que reanude el juego. Durante este tiempo, puede ocurrir una sustitución.	1
OUT	s	Tiempo transcurrido desde que el árbitro indica que el balón ha salido de los límites del campo hasta que comienza el juego. Durante este tiempo, puede ocurrir una sustitución.	1
IQ	s	Intervals Quarter: Tiempo transcurrido entre el 1º y 2º trimestre y entre el 3º y 4º trimestre.	1
HT	s	Half time: Time elapsed between the end of the 2 nd quarter and the 3 rd quarter.	1
OTHER	s	Situaciones de peleas, sustituciones, infracción de pie, fin de posesión y detenciones por parte de los árbitros por uso de repetición instantánea, conversaciones con entrenadores y problemas técnicos.	1

Tabla 2. Código, unidades y descripción de las variables empleadas en los diferentes estudios. (Continuación)

Código de la variable	UNIDADES	DESCRIPCIÓN	ESTUDIO
CARGA EXTERNA			
PL	UA	PlayerLoad™	3
PL _{min}	UA·min ⁻¹	Player Load por minuto	2
tACC	n y n·min ⁻¹	Número total de aceleraciones por minuto	2, 4
hACC	n y n·min ⁻¹	Número de aceleraciones de alta intensidad por minuto	2, 4
tDEC	n y n·min ⁻¹	Número total de desaceleraciones por minuto	2, 4
hDEC	n y n·min ⁻¹	Número de desaceleraciones de alta intensidad por minuto	2, 4
tCOD	n y n·min ⁻¹	Número total de cambios de dirección por minuto	2, 4
hCOD	n y n·min ⁻¹	Número de cambios de dirección de alta intensidad por minuto	2, 4
tJUMP	n y n·min ⁻¹	Número total de saltos por minuto	2, 4
hJUMP	n y n·min ⁻¹	Número de saltos de alta intensidad por minuto	2, 4
CARGA INTERNA			
RPE	UA	Percepción subjetiva del esfuerzo	4
sRPE	UA	Sesión RPE	3
TQR	UA	Total quality of recovery	4

Nota: n es número de eventos; s es segundos; UA es unidades arbitrarias; min es minutos.

Las variables definidas para el **Estudio 1** se dividieron en dos grandes eventos, LA y SP, de los cuales se registró la duración en segundos a medida que iban ocurriendo a lo largo de los partidos registrados. El evento SP se dividió en 7 sub-eventos, de manera que las categorías de registro fueran exclusivas y mutuamente excluyentes para facilitar el proceso de registro observacional.

En cuanto al registro de la carga externa, se utilizó una combinación de variables entre Player load y variables de movimientos inerciales (IMA) para proporcionar una visión general de las demandas físicas.

Todas las variables utilizadas, tanto en PL como derivadas de IMA, han sido previamente utilizadas y validadas por la literatura en baloncesto (Svilar et al., 2018a; Svilar, Castellano, Jukic, & Bok, 2019b). PlayerLoad™ (Figura 1) es definido como una magnitud vectorial modificada, expresada como la raíz cuadrada de los cambios de la aceleración instantánea al cuadrado, recogida durante cada sesión de entrenamiento y en los tres ejes espaciales (Boyd et al., 2011; Montgomery et al., 2010). Los valores de PL se realizaron a minuto (PL_{\min}) como factor de corrección cuando la duración (volumen de trabajo) de los jugadores o sesiones era diferente, permitiendo así una correcta comparación e interpretación de los datos.

$$PL = \sqrt{\frac{(a_{y1}-a_{y-1})^2+(a_{x1}-a_{x-1})^2+(a_{z1}-a_{z-1})^2}{100}}$$

Figura 1. Ecuación para el cálculo de PlayerLoad™ (Bredt et al., 2020).

Las variables IMA recopiladas se dividieron en 4 grupos, incluyendo aceleraciones (dirección de -45° a 45°), desaceleraciones (dirección de -135° a 135°), cambios de dirección (dirección de -135° a -45° para la izquierda y 45° a 135° en dirección a la derecha) y saltos. Estas variables fueron tomadas en valores absolutos o relativizados a minuto por frecuencias de aparición (n y $n \cdot \text{min}^{-1}$). Para el registro de estos indicadores en su franja de alta intensidad se utilizaron los umbrales marcados por los investigadores de $\pm 3 \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ para ACC, DEC y COD y $>40 \text{ cm}$ para los saltos.

5.4. PROCEDIMIENTOS

5.4.1. Eventos

La codificación de los partidos fue llevada a cabo in situ mediante la aplicación para dispositivos móviles EasyTag®. Posteriormente, se implementó el análisis de concordancia intra-observador, estimando el coeficiente Kappa de Cohen (Cohen, 1988), y utilizando la aplicación informática GSEQ 5.1 para Windows (Bakeman, Quera y Gnisci, 2009). Para este análisis se utilizaron dos tipos de estrategias considerando los registros como datos de tipo evento o datos de tipo estado. En la secuencia de eventos solo se consideraron la ocurrencia de las categorías, mientras que la secuencia de estados también considera la duración de cada una de las categorías (Anguera, Blanco-Villaseñor, Hernández-Mendo, & Losada, 2011). En ambos casos, el valor del Kappa fue óptimo: 0,91 y 0,70 para los eventos y los estados respectivamente (con una ventana de tiempo de cinco segundos).

5.4.2. Monitorización de carga externa

La carga externa fue monitorizada mediante la utilización de acelerómetro, giroscopio y magnetómetro incluidos en los dispositivos Catapult t6 (Catapult Innovations, Melbourne, Australia). Todos los datos fueron registrados utilizando una frecuencia de muestreo de 100-Hz. Durante todo el periodo que el jugador estuvo monitorizado se le obligó a llevar el mismo dispositivo para una mayor validez y fiabilidad del dato (Akenhead, Hayes, Thompson, & French, 2013). Los dispositivos eran fijados a los jugadores en la zona intra-escapular mediante unos chalecos especialmente diseñados para ello (Catapult Innovations, Melbourne, Australia). Para la cuantificación de los entrenamientos, los datos fueron registrados desde el inicio del calentamiento del equipo hasta finalizar la sesión. Acorde con la literatura previa en baloncesto, durante los partidos solo los datos cuando el jugador estaba en pista (tiempo útil) fueron

incluidos en los análisis. El tiempo de descansos, tiempos muertos o jugador en el banquillo eran excluidos (Scanlan et al., 2012).

5.4.3. Monitorización de carga interna

En el análisis de carga interna se utilizó la percepción subjetiva del esfuerzo (RPE). Para la utilización de dicho método, se les pregunto a los jugadores que valoraran su esfuerzo en una escala del 1 al 10 (Figura 2) esfuerzo percibido pasados 10 minutos de la finalización de la sesión de entrenamiento mediante la pregunta: «How hard was practice?» (Foster et al., 2001a). El valor obtenido se multiplicó por la duración del entrenamiento en minutos para obtener un indicador general de carga interna del entrenamiento por cada jugador (sRPE) (Haddad, Stylianides, Djaoui, Dellal, & Chamari, 2017).

Rating	Descriptor
0	Rest
1	Very, Very Easy
2	Easy
3	Moderate
4	Somewhat Hard
5	Hard
6	.
7	Very Hard
8	.
9	.
10	Maximal

Figura 2. Escala de percepción subjetiva del esfuerzo propuesta por Foster et al. (2001).

El cuestionario de nivel de recuperación (TQR) (Kenttä & Hassmén, 1998; Zurutuza, Castellano, Echeazarra, & Casamichana, 2017) se utilizó como indicador de fatiga experimentada por los jugadores. El cuestionario TQR se utilizó con los jugadores mediante la siguiente pregunta: «¿Cómo has recuperado?», para la cual, los jugadores debían responder en una escala del 0 al 10. El cuestionario era aplicado a los jugadores 10 minutos antes del entrenamiento matutino en el día de partido.

5.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

En el **Estudio 1**, los datos son presentados a través de su valor promedio y su intervalo de confianza al 95% (IC 95%). Se implementó el análisis ANOVA de un factor con post-hoc de Bonferroni para la comparación de medias de los eventos LA y SP en los 2 niveles analizados: por cuartos y por categorías de juego. El tamaño del efecto (d de Cohen) fue utilizado para cuantificar la diferencia entre las medias (Cohen, 1988). Los umbrales de interpretación para el tamaño del efecto estandarizado (ES) fueron los siguientes (Hopkins, 2002): $< 0,2$ (trivial), $0,2-0,6$ (pequeño), $0,6-1,2$ (medio), $1,2-2,0$ (grande) y $> 2,0$ (muy grande). Para la visualización de datos se utilizó el software *iNZight* en su versión 3.0.3 (Universidad de Auckland, Australia) que ejecuta la versión R 3.2.3. Por otro lado, para el análisis estadístico se utilizó el paquete estadístico SPSS para Windows en su versión 24.0 (SPSS, Illinois, EEUU). La significación estadística se fijó en $p < 0,05$.

Por otro lado, para el análisis secuencial, el programa de análisis estadístico GSEQ 5.1 para Windows fue utilizado (Bakeman et al., 2009). Los resultados del análisis secuencial de retardos se interpretaron utilizando los residuos ajustados obtenidos para cada uno de los eventos (LA y SP agrupados según su duración) en los dos primeros retardos estudiados. Posteriormente, se realizó un análisis de su relación con cada uno de los comportamientos objetivo o criterio (las mismas categorías agrupadas; por ejemplo, 1 retardo = de LA a SP y de SP a LA,

y 2 retardo = de LA a LA). Cada uno de los retardos prospectivos (+1 ó +2) mostró si los comportamientos objetivo o criterio tienen un efecto activador o inhibidor en el estado subsiguiente (LA o SP agrupados). LA y SP se agruparon según la duración en cuartiles. La agrupación para LA fue: LAQ1 = duraciones de <16 s, LAQ2 = duraciones entre 16 y 28 s, LAQ3 = duraciones entre 28 y 46 s, y LAQ4 duración > 46 s. Con respecto a SP, los grupos fueron: STQ1 = duraciones de <14 s, STQ2 = duraciones entre 14 y 22 s, STQ3 = duraciones entre 22 y 38 s, y STQ4 duración > 38 s.

En el **Estudio 2**, se realizaron análisis descriptivos para todas las variables. Las diferencias se evaluaron utilizando el tamaño del efecto d (ES) de Cohen (Cohen, 1988) con los mismos umbrales que en el Estudio 1. Se utilizó el Análisis de Componentes Principales (PCA) para extraer los componentes más importantes. Los valores de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) para las tres posiciones de juego diferentes (bases, aleros y pivots) fueron 0,72, 0,47 y 0,68, respectivamente, lo que demuestra que el conjunto de datos era adecuado para PCA (Kaiser, 1960). Para identificar los componentes que no estaban altamente correlacionados, se aplicó el PCA con una rotación VariMax. Para cada componente extraído, solo las variables originales que poseían una carga de PC superior a 0,7 se conservaron para la interpretación. La correlación entre las variables se midió para cada posición de juego. Según Hopkins (2000): trivial = 0–0,09, pequeño = 0,1–0,29, moderado = 0,3–0,49, grande = 0,5–0,69, muy grande = 0,7–0,89, casi perfecto = 0,9–0,99 y perfecto. Para realizar el análisis se utilizó el software *IBM-SPSS Statistic* versión 24.0 (Armonk, NY: IBM Corp.).

En el **Estudio 3** todos los datos se muestran como media y desviación estándar (\pm DE). Las diferencias entre semanas con diferentes densidades competitivas (S0, S1, S2 y S3) y entre temporadas (2017-2018 y 2018-2019) se analizaron utilizando ANOVA de un factor, y el tamaño de las diferencias se calculó utilizando el tamaño del efecto (d de Cohen) con sus respectivos límites al 90%

del intervalo de confianza. Se siguió la interpretación del tamaño del efecto de los estudios anteriores. También se calculó el coeficiente de variación (CV, en%) calculado como la DE partido de la media por cien. Todos los análisis se realizaron con Microsoft Excel (Versión 15, Microsoft Corporation, Redmond, Estados Unidos) y el software JASP v0.9.2 (Universidad de Ámsterdam, <https://jasp-stats.org/>). El nivel de significancia se fijó en $p < 0,05$.

Finalmente, en el **Estudio 4** los datos de todas las sesiones de entrenamiento se presentan utilizando la media y la desviación standard. Todo el análisis de datos se llevó a cabo utilizando Microsoft Excel (Versión 15, Microsoft Corporation, Redmond, Estados Unidos) y el software estadístico JASP v0.9.2 (Universidad de Ámsterdam, <https://jasp-stats.org/>). Los datos se analizaron para determinar la normalidad de la distribución y la homogeneidad de las varianzas utilizando las pruebas de Shapiro-Wilk y Levene, respectivamente. Las diferencias entre las variables dependientes en los subgrupos (DP y Entrenador) se analizaron mediante el análisis de varianza bidireccional (ANOVA), seguido de la prueba post hoc de Tukey. Se utilizó el análisis del tamaño del efecto d de Cohen para las comparaciones por pares. Los umbrales para las estadísticas del tamaño del efecto (ES) fueron los propuestos por Hopkins et al. (2009). La significación estadística se estableció en $p < 0,05$.

RESULTADOS



6. RESULTADOS

A continuación, se muestran los principales resultados obtenidos en cada uno de los 4 estudios correspondientes a la tesis doctoral.

6.1. ESTUDIO 1

Se utilizaron un total de 3.093 observaciones para el análisis. El número de eventos por partido de LA fue $71,4 \pm 5,6$ siendo el mayor en partidos ACB (ACB > LEB [$d = 2,01$], > Sub-16 [$d = 1,11$] y EUR [$d = 1,33$]) así como en número de faltas (F). Para el evento «fuera» (OUT): Sub-16 > LEB [$d = 1,17$] > ACB [$d = 1,99$] > EUR [$d = 2,62$]. En cuanto a TL y TM, la ACB es la competición donde se presenta con mayor frecuencia por juego asumiendo el 14% y el 6% de las acciones, respectivamente.

En el análisis por cuartos destaca el incremento de TO durante el Q4 de juego, asumiendo el 7% del total de acciones del Q4. Menor número de FT durante el Q1 en comparación con los otros 3 cuartos anteriores (Q1 < Q2 [$d = 0,74$] < Q3 [$d = 0,67$] y < Q4 [$d = 0,75$]). El número de acciones de LA aumentó en Q2 en comparación con Q4 [$d = 0,04$], Q3 [$d = 0,32$] y Q1 [$d = 0,51$].

LA tuvo una duración media (IC 95%) de 34,6 s (32,1-37,1 s), mientras que ST fue de 31,8 s (28,3-34,5 s), obteniendo una ratio trabajo/descanso de 1,1. La mayoría de las acciones de LA se concentraron por debajo de los 44 s de duración (72,8% del total de los eventos) y el 85% de todas estuvieron por debajo del minuto de duración. Muy pocas acciones jugadas (alrededor del 1%) superaron los 120 s. En cuanto a los eventos ST, el 75,9% tuvo una duración inferior a 39 s, aunque hubo un alto porcentaje de eventos ST (24,1%, correspondientes a FT y TO) por encima de 41 s. Finalmente, el 13,1% de las acciones ST tuvieron una duración inferior a los 10 s.

La Figura 3 muestra la duración media (IC 95%) de LA en las 4 ligas diferentes: hubo diferencias en ST entre EUR con LEB y Sub-16 ($p < 0,01$, $d = 0,25$; $p < 0,01$, $d = 0,37$) y ACB con sub-16 ($p < 0,01$, $d = 0,2$).

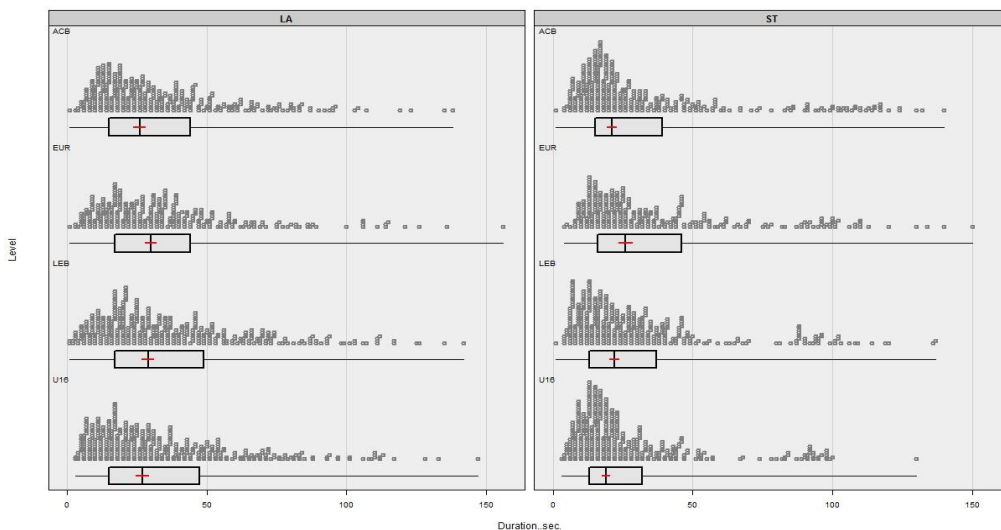


Figura 3. Frecuencia de las duraciones de los eventos de balón jugado (LA) y balón parado (ST) en las 4 ligas analizadas (EUR, ACB, LEB y Sub-16).

La duración media (IC 95%) para LA entre cuartos fue la siguiente: Q1: 37,1 s (34,2-40,1 s), Q2: 33,1 s (30,7-35,5 s), Q3: 35,2 s (32,6-37,7 s) y Q4: 33,6 s (31,3-36,0 s). Para el evento ST, se encontraron diferencias significativas entre Q1 con Q2 y Q4 ($p < 0,01$: $d = -0,25$; $p < 0,01$: $d = -0,32$), respectivamente (Figura 4).

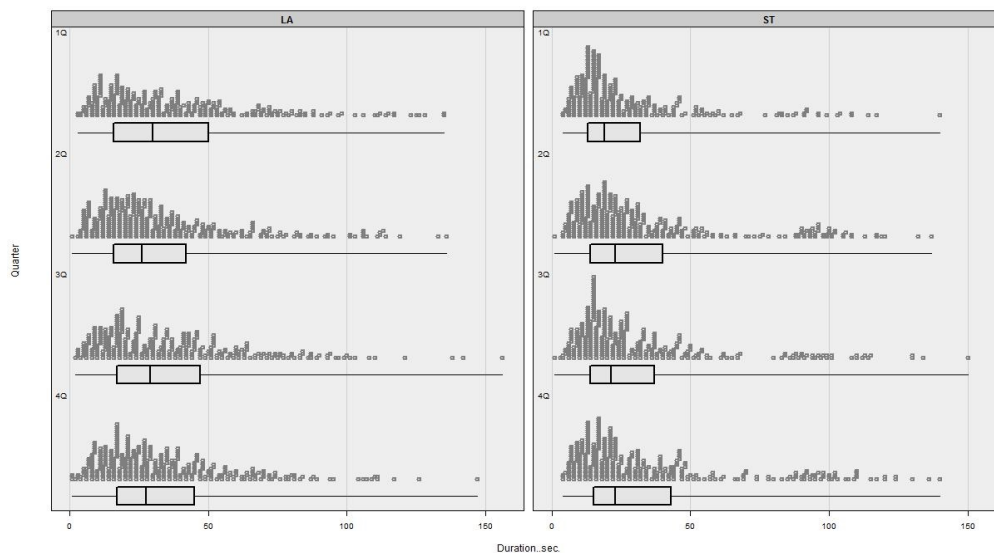


Figura 4. Frecuencia de las duraciones de los eventos de balón jugado (LA) y balón parado (ST) a lo largo de los 4 cuartos de un partido de baloncesto.

En la Tabla 3 se muestran los resultados de los residuos ajustados (RSA) para 3 tipos de análisis. En primer lugar, como retardo +1, se tomó LA en función de la duración y considerando como variables condicionadas las cuatro subcategorías de ST. Para la interpretación, los valores superiores a 1,96 o inferiores a -1,96 resaltan significativamente la activación o inhibición, respectivamente, de estas categorías con respecto a la categoría de criterio. Como se puede apreciar, las duraciones cortas de LA desencadenaron la presencia de duraciones cortas de ST (STQ1) e inhibieron las duraciones largas de ST (STQ3 y STQ4). En la misma línea, las LA de mayor duración trajeron consigo una presencia posterior de SP a largo plazo para el retardo +1. Esta misma tendencia se dio también para el segundo de los retardos; es decir, con la siguiente LA una vez reanudada, siendo que nuevamente se inhibió la presencia de duraciones cortas de LA (LAQ1) y se disminuyó la presencia de duraciones largas (STQ4) de LA. Por otro lado, cuando las variables ST fueron consideradas como comportamiento principal, no se encontraron transiciones significativas hacia períodos de menor o mayor duración, a excepción del patrón STQ1-LAQ3.

Tabla 3. Valores de los residuos ajustados del análisis secuencial.

Eventos Principales								
	lag +1				lag +2			
Evento	SPQ₁	SPQ₂	SPQ₃	SPQ₄	LAQ₁	LAQ₂	LAQ₃	LAQ₄
LAQ ₁	7,08*	0,36	-2,58*	-4,76*	0,67	0,46	-1,42	0,23
LAQ ₂	1,23	-0,52	-0,49	-0,18	1,50	0,22	-0,13	-1,59
LAQ ₃	-2,61*	1,30	-0,23	1,49	-0,12	0,05	1,60	-1,43
LAQ ₄	-5,67*	-1,07	3,21*	3,44*	-2,00*	-0,71	0,00	2,68*
Evento	LAQ₁	LAQ₂	LAQ₃	LAQ₄				
SPQ ₁	0,30	-0,92	1,98#	-1,27				
SPQ ₂	-0,27	0,08	0,57	-0,34				
SPQ ₃	1,21	0,08	-1,85	0,46				
SPQ ₄	-1,24	0,73	-0,62	1,10				

Nota: * es $p < .01$, # es $p < .05$. LAQ1 = duración <16 s, LAQ2 = duración entre 16 y 28 s, LAQ3 = duración entre 28 and 46 s, and LAQ4 duración > 46 s. SPQ1 = duración <14 s., SPQ2 = duración entre 14 and 22 s, SPQ3 = duración entre 22 and 38 s, and SPQ4 duración > 38 s.

6.2. ESTUDIO 2

La Figura 5 muestra los resultados de PL_{\min} para las 3 posiciones analizadas. Los bases obtuvieron los valores más elevados ($ES = 0,73$ vs. pivots; $ES = 0,90$ vs aleros) seguidos por los pivots y los aleros.

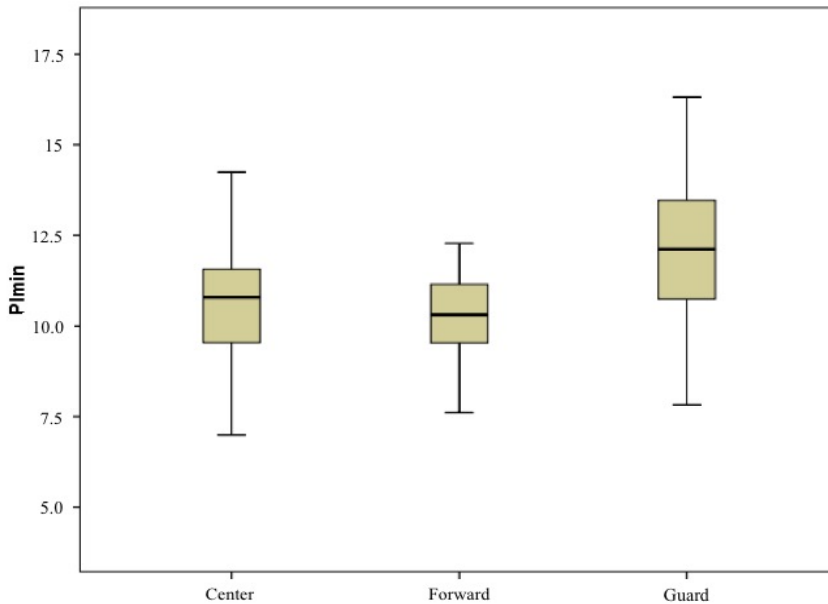


Figura 5. Player Load por minuto (PL_{\min}) en las 3 demarcaciones analizadas (bases, aleros y pivots).

Como se puede observar en la Tabla 4, en cuanto a la frecuencia de acciones, la categoría de COD fue la que obtuvo un mayor número de apariciones, seguido por las DEC, ACC y los saltos.

Tabla 4. Media, desviación estándar (DE) y tamaño del efecto (ES) de las diferentes variables de carga externa correspondientes a las 3 posiciones de juego.

Variables (n/min)	Bases (n = 78)		Aleros (n = 37)		Pivots (n = 68)		B vs. A	A vs. P	A vs. P
	Media	DE	Media	DE	Media	DE	ES	ES	ES
tACC	2,1	0,7	1,8	0,6	2,6	0,9	0,46	0,62	1,05
hACC	0,3	0,2	0,2	0,1	0,4	0,2	0,63	0,50	1,26
tDEC	2,4	0,6	2,5	0,6	2,3	0,6	0,16	0,16	0,33
hDEC	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,49	1,26	0,63
tCOD	11,4	3,5	11,2	3,2	10,2	2,6	0,05	0,38	0,34
hCOD	0,8	0,5	0,8	0,3	0,6	0,3	0,00	0,48	0,66
tJUMP	0,9	0,5	1,3	0,4	1,2	0,5	0,88	0,59	0,22
hJUMP	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,00	0,00	0,00

Nota: tACC es aceleraciones totales, hACC es aceleraciones de alta intensidad ($>3.5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$), tDEC es deceleraciones totales, hDEC es deceleraciones de alta intensidad ($<-3.5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$), tJUMP es saltos totales, hJUMP es saltos de alta intensidad (por encima de 0,4 m), tCOD es todos los movimientos de cambios de dirección izquierda/derecha, hCOD es todos los movimientos de cambios de dirección izquierda/derecha por encima del umbral de alta intensidad ($>3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$).

La Tabla 5 muestra el resultado del PCA para las tres posiciones de juego y la varianza explicada total. En las tres posiciones de juego, los componentes principales (CP) explicaron $\approx 75\%$ de la varianza total pero con una distribución diferente de las variables de carga externa para cada componente. A partir de las ocho métricas, la mayoría de la información (1^{er} PC: del 24 al 40%) para la posición de los jugadores podría explicarse mediante tACC y hACC para los pivots y bases, o tCOD y hCOD para aleros y bases. El tercer PC fue el mismo para las tres posiciones de juego y solo los aleros mostraron un cuarto CP.

Tabla 5. Resultados del análisis de Componentes Principales (PCA).

		Componentes Principales							
Demarcación		1	2	3	4	5	6	7	8
Bases	Eigenvalue	3,21	1,51	1,06	,66	,54	,38	,33	,28
	% of V.	40,23	18,93	13,27	8,30	6,76	4,82	4,12	3,53
	C. V. %	40,23	59,16	72,44	80,74	87,51	92,33	96,46	100,00
	tACC	,75	,32	,08					
	hACC	,75	-,09	,09					
	tDEC	,00	,30	,78					
	hDEC	,15	-,04	,86					
	tCOD	,85	-,03	,08					
	hCOD	,81	,19	,01					
	tJUMP	,50	,67	,14					
hJUMP	-,05	,92	,16						
Aleros	Eigenvalue	1,94	1,75	1,25	1,07	,75	,59	,34	,27
	% of V.	24,26	21,96	15,67	13,47	9,48	7,41	4,32	3,39
	C. V. %	24,26	46,23	61,90	75,38	84,86	92,27	96,60	100,00
	tACC	,01	,89	,10	-,03				
	hACC	-,22	,69	-,09	,20				
	tDEC	,31	,45	,69	-,22				
	hDEC	-,19	-,10	,88	,14				
	tCOD	,86	-,17	-,04	,05				
	hCOD	,89	,00	,02	-,06				
	tJUMP	,29	-,07	,41	,61				
hJUMP	-,13	,14	-,08	,82					
Pivots	Eigenvalue	2,86	1,48	1,00	,84	,59	,50	,42	,28
	% of V.	35,79	18,60	12,53	10,50	7,40	6,33	5,25	3,55
	C. V. %	35,79	54,40	66,93	77,44	84,85	91,18	96,44	100,00
	tACC	,83	,04	,11					
	hACC	,72	-,09	,28					
	tDEC	,44	,59	,03					
	hDEC	,11	,16	,90					
	tCOD	,65	,28	-,34					
	hCOD	,65	,19	,00					
	tJUMP	,24	,82	,09					
hJUMP	-,16	,85	,05						

Nota: tACC es aceleraciones totales, hACC es aceleraciones de alta intensidad ($>3.5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$), tDEC es deceleraciones totales, hDEC es deceleraciones de alta intensidad ($<-3.5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$), tJUMP es saltos totales, hJUMP es saltos de alta intensidad (por encima de 0,4 m), tCOD es todos los movimientos de cambios de dirección izquierda/derecha, hCOD es todos los movimientos de cambios de dirección izquierda/derecha por encima del umbral de alta intensidad ($>3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$).

La Figura 6 muestra un CP girada para cada posición de juego. Solo se trazaron los dos factores principales para representar visualmente las diferencias de posición de juego.

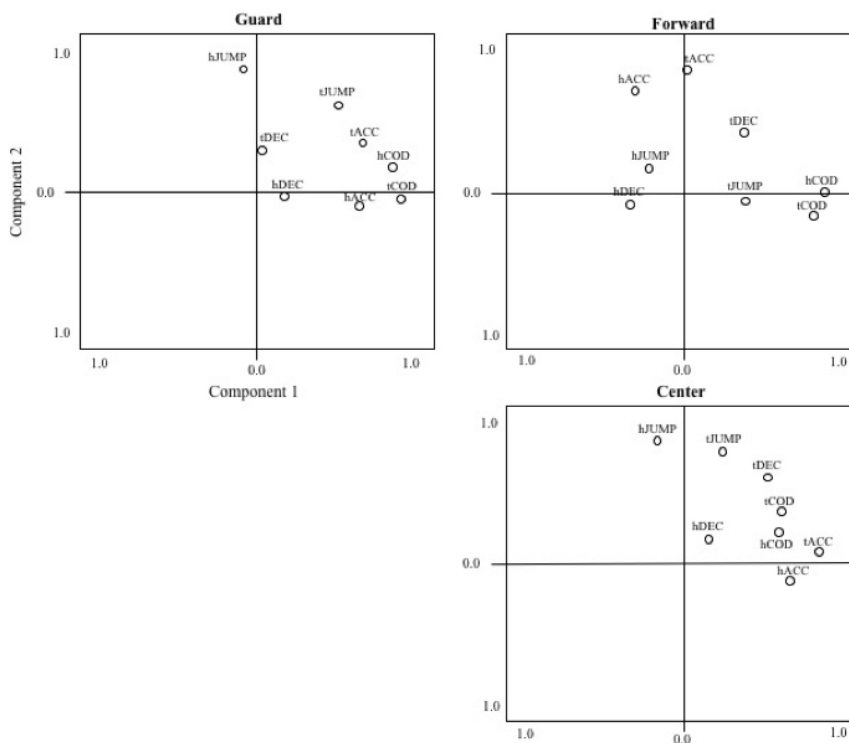


Figura 6. Dos componentes principales rotados en las 3 posiciones de juego.

Nota: tACC es aceleraciones totales, hACC es aceleraciones de alta intensidad ($>3.5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$), tDEC es deceleraciones totales, hDEC es deceleraciones de alta intensidad ($<-3.5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$), tJUMP es saltos totales, hJUMP es saltos de alta intensidad (por encima de 0,4 m), tCOD es todos los movimientos de cambios de dirección izquierda/derecha, hCOD es todos los movimientos de cambios de dirección izquierda/derecha por encima del umbral de alta intensidad ($>3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$).

Finalmente, las correlaciones de Pearson entre las variables para cada posición de juego se presentan en la Tabla 6. Hubo una correlación fuerte y positiva entre las variables COD ($r = 0,652$, $p < 0,01$) y tACC con tCOD ($r = 0,564$, $p < 0,01$) para los bases. Los aleros también mostraron la mayor correlación entre las variables COD, así como entre hCOD y PL_{\min} ($r = 0,557$, $p < 0,001$). Para los pivots, tCOD con PL_{\min} ($r = 0,854$, $p < 0,01$) y las variables ACC ($r = 0,556$, $p < 0,01$) presentaron las correlaciones más altas.

Tabla 6. Matriz de correlaciones de las 8 métricas de carga externa en las 3 demarcaciones.

		tJUMP	hJUMP	tACC	hACC	tDEC	hDEC	tCOD	hCOD
Bases	PL _{min}	,294**	,211	,535**	,305**	,379**	,282*	,252*	,277*
	tJUMP		,491**	,507**	,287*	,198	,271*	,382**	,527**
	hJUMP			,230*	-,016	,335**	,072	-,024	,103
	tACC				,509**	,223	,136	,564**	,563**
	hACC					,082	,150	,515**	,450**
	tDEC						,416**	,097	,086
	hDEC							,174	,156
	tCOD								,652**
Aleros	PL _{min}	,204	-,059	,341*	-,108	,512**	,005	,427**	,557**
	tJUMP		,153	-,013	,021	,156	,254	,198	,158
	hJUMP			,117	,123	-,109	,093	,100	-,116
	tACC				,382*	,423**	-,017	-,194	,026
	hACC					,077	,001	-,178	-,232
	tDEC						,385*	,146	,264
	hDEC							-,102	-,089
	tCOD								,628**
Pivots	PL _{min}	,423**	,106	,472**	,246*	,484**	,009	,854**	,491**
	tJUMP		,540**	,315**	,157	,516**	,190	,293*	,231
	hJUMP			-,080	-,062	,292*	,124	,094	,126
	tACC				,556**	,389**	,124	,361**	,439**
	hACC					,266*	,175	,272*	,278*
	tDEC						,146	,358**	,225
	hDEC							,009	,183
	tCOD								,470**

Nota: PL_{min} es PlayerLoad™ por minuto; tACC es aceleraciones totales, hACC es aceleraciones de alta intensidad (>3.5 m·s⁻²), tDEC es deceleraciones totales, hDEC es deceleraciones de alta intensidad (<-3.5 m·s⁻²), tJUMP es saltos totales, hJUMP es saltos de alta intensidad (por encima de 0,4 m), tCOD es todos los movimientos de cambios de dirección izquierda/derecha, hCOD es todos los movimientos de cambios de dirección izquierda/derecha por encima del umbral de alta intensidad (>3 m·s⁻²). * = p<0,05; ** = p<0,01.

6.3. ESTUDIO 3

Los valores medios de PL semanales medidos durante las temporadas S17-18 y S18-19 fueron 3.023 ± 855 AU y 3.323 ± 1.119 AU, respectivamente, mientras que los valores promedio de sRPE observados fueron 2.703 ± 887 AU y 3.096 ± 1.227 AU, respectivamente. La variabilidad de la carga externa y la respuesta interna entre semanas, expresada como CV, fue moderada-alta para PL (16% y 15%) y sRPE (24% y 19%) en las temporadas 2017-18 y 2018-19, respectivamente. La Figura 7 muestra la distribución semanal de la carga externa acumulada en las dos temporadas consecutivas analizadas. La carga externa semanal media medida fue mayor en S18-19 en comparación con S17-18, aunque el tamaño del efecto fue pequeño ($ES = 0,31$).

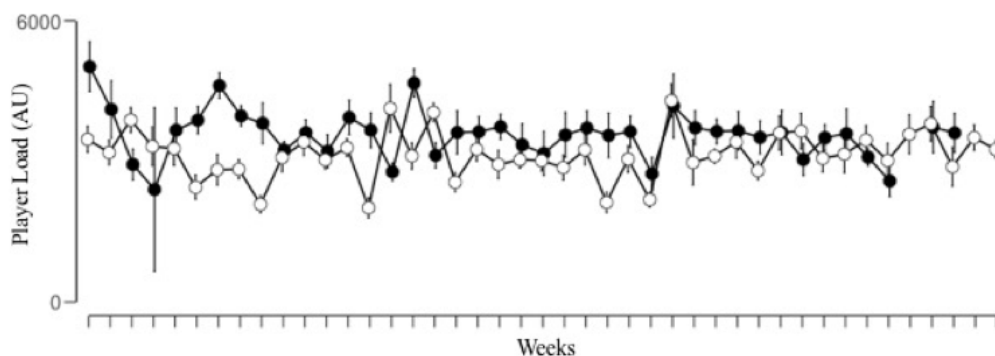


Figura 7. Distribución del Player Load (PL) acumulado durante las semanas durante las temporadas 2017-2018 (o) and 2018-2019 (●).

La Figura 8 traza la distribución semanal de la respuesta interna acumulada de los jugadores durante las dos temporadas analizadas. El parámetro sRPE mostró valores significativamente más altos para la temporada S18-19 que para la S17-18, aunque el tamaño del efecto fue moderado ($ES = 0,39$).

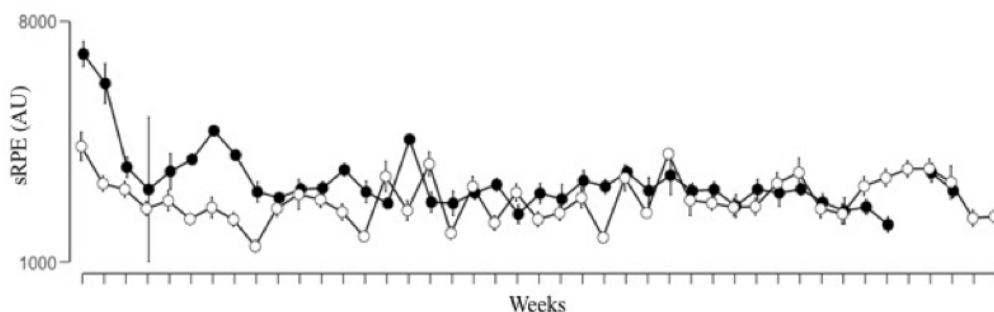


Figura 8. Distribución de la percepción subjetiva del esfuerzo por sesión (sRPE) acumulada durante las semanas durante las temporadas 2017-2018 (o) and 2018-2019 (●).

La carga externa semanal en función de la densidad competitiva en una semana se presenta en la Figura 9. El número de semanas analizadas para cada uno de los grupos fue muy similar entre las temporadas 2017-18 y 2018-19, respectivamente: para W0, 7 y 6 semanas; para W1, 6 y 6; para W2, 22 y 24; y para W3, 8 y 7. Las semanas sin competición correspondieron al período de pretemporada. Durante la temporada 2017-18 las semanas con mayor carga externa fueron W2 en comparación con W1 (ES = 0,57), W3 (ES = 0,02) y W0 (ES = 0,01). Sin embargo, los jugadores percibieron una mayor carga interna en W1, aunque esta diferencia solo fue significativa en comparación con W3 (ES = 1,09) (Figura 10). Las semanas con dos partidos por semana para la temporada 2017-18 y las semanas sin partido en 2018-19 tuvieron la mayor carga externa. Los jugadores describieron una mayor carga interna en las semanas sin partido de pretemporada en 2018-19. En cuanto a la carga externa de la temporada 2018-19, los valores más altos se alcanzaron en W0, seguido de W3 (ES = 0,16), W2 (ES = 0,31) y W1 (ES = 0,49). Se obtuvieron los mismos resultados para la carga interna, siendo W0 los de mayor AU seguidos de W1 (ES = 1,35), W2 (ES = 1,70) y W3 (ES = 1,64).

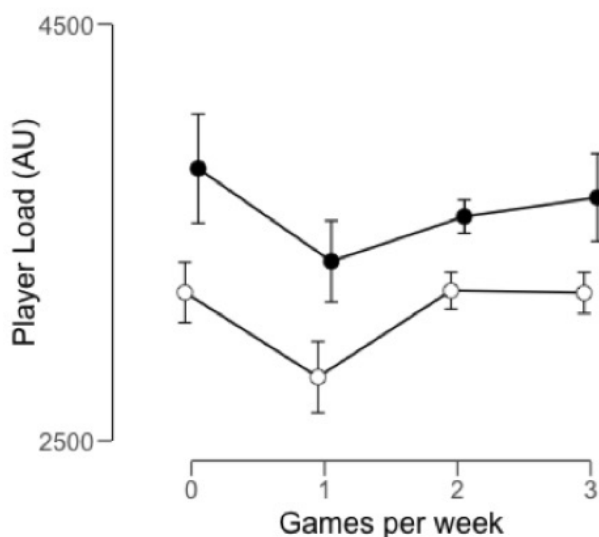


Figura 9. Player Load (PL) semanal promedio y desviación estándar (DE) en unidades arbitrarias (AU) en función del número de partidos para las temporadas 2017-18 (o) and 2018-19 (●). Las barras de error representan la DE para cada uno de los grupos.

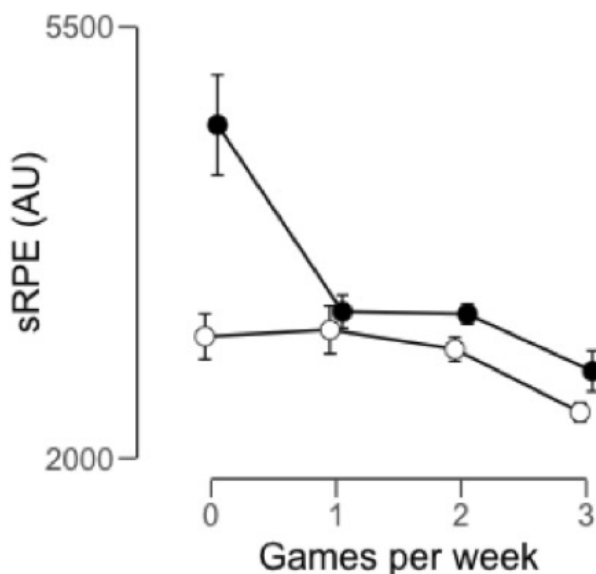


Figura 10. Percepción subjetiva del esfuerzo por sesión (sRPE) semanal promedio y desviación estándar (DE) en unidades arbitrarias (AU) en función del número de partidos para las temporadas 2017-18 (o) and 2018-19 (●). Las barras de error representan la DE para cada uno de los grupos.

6.4. ESTUDIO 4

La Tabla 7 (media, DE y diferencia significativa) muestra las variables de carga externas e internas para todas las sesiones de entrenamiento entre los diferentes días y entrenadores. El análisis del tamaño del efecto de Cohen (ES) se muestra en las Figuras 11 y 12.

Con respecto a los días de entrenamiento, la duración y sRPE mostraron los valores más altos en DP-2 ($84,9 \pm 14,5$ min y $637,3 \pm 154,8$ AU, respectivamente) con efectos moderados entre DP-1 y DP-2 ($p < 0,01$; ES = 0,88 y 1,06, respectivamente), entre DP-1 y DP-3 ($p < 0,01$; ES = 0,86 y 0,93, respectivamente). Además, se encontró una diferencia significativa para PL (DP-3 $<$ DP-2 $>$ DP-1) entre DP-1 y DP-2 (ES = 0,64), y DP-1 con DP-3 (ES = 0,52). Las diferencias entre los días de entrenamiento en hCOD, hACC y hDEC fueron triviales y no significativas ($p > 0,05$).

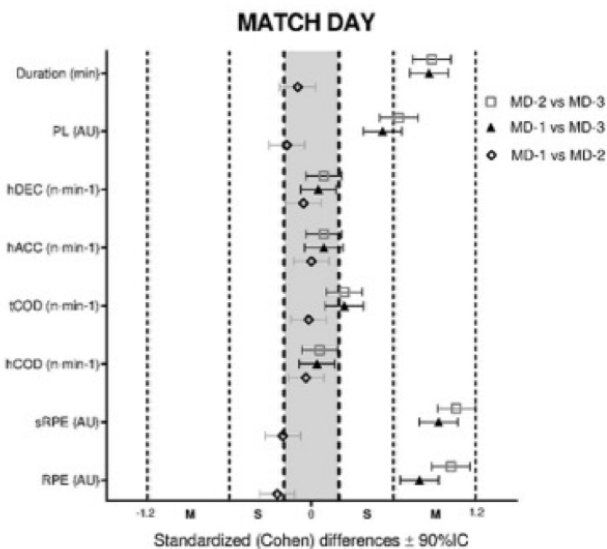


Figura 11. Tamaños del efecto (ES) de todas las variables de carga externa en los 3 días analizados

Nota: sRPE = sesión RPE, RPE = percepción subjetivo del esfuerzo (1-10), PL = PlayerLoad™, hDEC = deceleraciones de alta intensidad ($>3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$), hACC = aceleraciones de alta intensidad ($>3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$), tCOD = número total de movimientos izquierda/derecha, hCOD = movimientos de alta intensidad registrados izquierda/derecha ($>3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$), MD-3 = entrenamiento en el día 3 previo al partido, MD-2 = entrenamiento en el día 2 previo al partido, MD-1 = entrenamiento en el día 1 previo al partido.

Además de las diferencias entre los días de entrenamiento, el entrenador B mostró los valores más altos de duración en comparación con el entrenador A ($p < 0,01$; $ES = -1,27$) y el entrenador C ($p < 0,05$; $ES = 1,15$). PL también presentó diferencias significativas entre otros dos entrenadores con tamaños del efecto ‘muy grandes’ para todas las comparaciones. Las variables de alta intensidad (hACC, hCOD y hDEC) solo revelaron efectos triviales a pequeños sin diferencias significativas entre los tres entrenadores. En cuanto a la carga interna, el Coach C mostró los valores más altos en sRPE ($636,9 \pm 101,6$ AU) seguido del Coach B ($p = 0,71$; $ES = 0,07$) y el Coach C ($p < 0,01$; $ES = -1,15$). sRPE mostró una diferencia significativa con un efecto moderado para el entrenador A en comparación con el entrenador B ($p < 0,01$; $ES = 0,90$) y el entrenador C ($p < 0,01$; $ES = 0,85$).

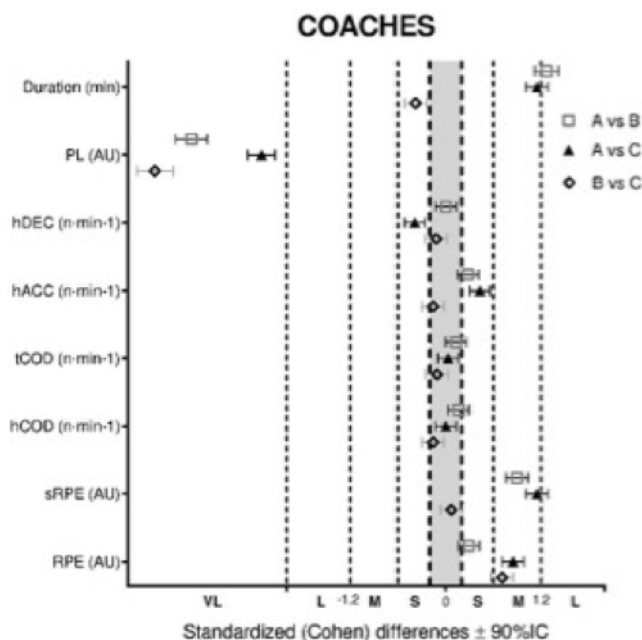


Figura 12. Tamaños del efecto (ES) de todas las variables de carga externa en los tres entrenadores analizados

Nota: sRPE = sesión RPE, RPE = percepción subjetiva del esfuerzo (1-10), PL = PlayerLoad™, hDEC = deceleraciones de alta intensidad ($>3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$), hACC = aceleraciones de alta intensidad ($>3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$), tCOD = número total de movimientos izquierda/derecha, hCOD = movimientos de alta intensidad registrados izquierda/derecha ($>3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$)

Los valores promedio de TQR para los tres entrenadores se presentan en la Figura 13. El valor medio de TQR para todos los entrenadores fue $7,7 \pm 1,1$ AU. Los valores medios más altos fueron para el entrenador B («muy buen estado»), que fue significativamente mayor que el entrenador A ($p < 0,01$; ES = 0,64; «buen estado») y el entrenador C ($p = 0,00$; ES = 0,18; «muy buen estado»).

Tabla 7. Media \pm desviación estándar (DE) de las variables de entrenamiento por cada día y cada entrenador analizados.

Entrenador	Duración (min)	PL (AU)	hDEC (n/min)	hACC (n/min)	tCOD (n/min)	hCOD (n/min)	sRPE (AU)	RPE (AU)
MEDIA								
DP-3	83,6 \pm 12,1 \ddagger	502,7 \pm 120,1 \ddagger	0,2 \pm 0,1	0,2 \pm 0,1	5,8 \pm 2,1 \ddagger	0,4 \pm 0,5	606,8 \pm 132,0 $\ddagger\ddagger$	7,2 \pm 0,9 $\ddagger\ddagger$
DP-2	84,9 \pm 14,5 \ddagger	525,8 \pm 142,6 \ddagger	0,2 \pm 0,2	0,2 \pm 0,2	5,8 \pm 2,5 \ddagger	0,4 \pm 0,9	637,3 \pm 154,8 \ddagger^*	7,4 \pm 0,8 \ddagger^*
DP-1	71,7 \pm 15,4 \ddagger^*	430,9 \pm 152,1 \ddagger^*	0,1 \pm 0,2	0,1 \pm 0,3	5,2 \pm 2,5 \ddagger^*	0,3 \pm 0,9	463,0 \pm 175,0 \ddagger^*	6,2 \pm 1,3 \ddagger^*
Total	80,1 \pm 15,3	486,7 \pm 144,7	0,2 \pm 0,2	0,1 \pm 0,2	5,6 \pm 2,4	0,4 \pm 0,8	569,3 \pm 172,6	6,9 \pm 1,2
A								
DP-3	81,5 \pm 11,7	441,0 \pm 95,8	0,2 \pm 0,1	0,1 \pm 0,0	6,0 \pm 1,5	0,4 \pm 0,1	633,8 \pm 109,7	7,7 \pm 0,5
DP-2	73,0 \pm 11,1	404,0 \pm 79,2	0,2 \pm 0,1	0,1 \pm 0,1	5,7 \pm 1,2	0,3 \pm 0,1	509,7 \pm 94,5	6,9 \pm 0,8
DP-1	56,0 \pm 7,95	279,0 \pm 52,4	0,1 \pm 0,1	0,1 \pm 0,1	4,8 \pm 1,3	0,3 \pm 0,1	269,6 \pm 50,0	4,9 \pm 1,2
Total	70,2 \pm 14,8$\S\p$	375,2 \pm 103,9$\S\p$	0,2 \pm 0,1	0,1 \pm 0,1\S	5,5 \pm 1,5	0,4 \pm 0,1\S	472,0 \pm 174,5$\S\p$	6,5 \pm 1,5$\S\p$
B								
DP-3	86,9 \pm 14,7	519,1 \pm 132,0	0,1 \pm 0,2	0,1 \pm 0,2	5,5 \pm 3,2	0,4 \pm 1,0	559,2 \pm 174,5	6,2 \pm 1,1
DP-2	96,8 \pm 11,4	593,1 \pm 125,2	0,2 \pm 0,4	0,2 \pm 0,3	6,2 \pm 4,0	0,6 \pm 1,6	739,7 \pm 144,5	7,5 \pm 0,8
DP-1	82,0 \pm 11,8	517,3 \pm 116,7	0,2 \pm 0,4	0,2 \pm 0,5	5,8 \pm 4,0	0,5 \pm 1,1	575,2 \pm 124,3	6,9 \pm 0,6
Total	88,6 \pm 14,1\p	543,9 \pm 129,2\p	0,2 \pm 0,3	0,2 \pm 0,3\p	5,9 \pm 3,8	0,5 \pm 1,5\p	626,6 \pm 169,3\p	6,9 \pm 1,0\p
C								
DP-3	83,1 \pm 8,9	566,0 \pm 97,2	0,1 \pm 0,1	0,2 \pm 0,0	5,7 \pm 1,4	0,3 \pm 0,1	617,4 \pm 96,0	7,3 \pm 0,4
DP-2	88,1 \pm 8,6	614,4 \pm 108,4	0,1 \pm 0,0	0,1 \pm 0,1	5,7 \pm 1,5	0,3 \pm 0,1	698,2 \pm 107,0	7,8 \pm 0,6
DP-1	81,3 \pm 7,0	535,7 \pm 104,3	0,1 \pm 0,1	0,1 \pm 0,0	5,2 \pm 1,4	0,3 \pm 0,1	593,8 \pm 66,2	7,2 \pm 0,3
Total	84,2 \pm 8,7\p	572,4 \pm 108,1\p	0,1 \pm 0,1	0,1 \pm 0,1	5,6 \pm 1,5	0,4 \pm 0,1\S	636,9 \pm 101,6\p	7,5 \pm 0,5\p

Nota: sRPE = sesión RPE, RPE = percepción subjetivo del esfuerzo (1-10), PL = PlayerLoad™, hDEC = deceleraciones de alta intensidad ($>$ -3 ms⁻²), hACC = aceleraciones de alta intensidad ($>$ 3 m·s⁻²), tCOD = número total de movimientos izquierda/derecha, hCOD = movimientos de alta intensidad registrados izquierda/derecha ($>$ 3 m·s⁻²), DP-3 = entrenamiento en el día 3 previo al partido, DP-2 = entrenamiento en el día 2 previo al partido, DP-1 = entrenamiento en el día 1 previo al partido. La significación estadística (SD) se muestra de la siguiente manera: * = SD con DP-3, † = SD con DP-2, ‡ = SD CON DP-1, ¶ = SD con Entrenador A, § = SD con Entrenador B, p = SD con Entrenador

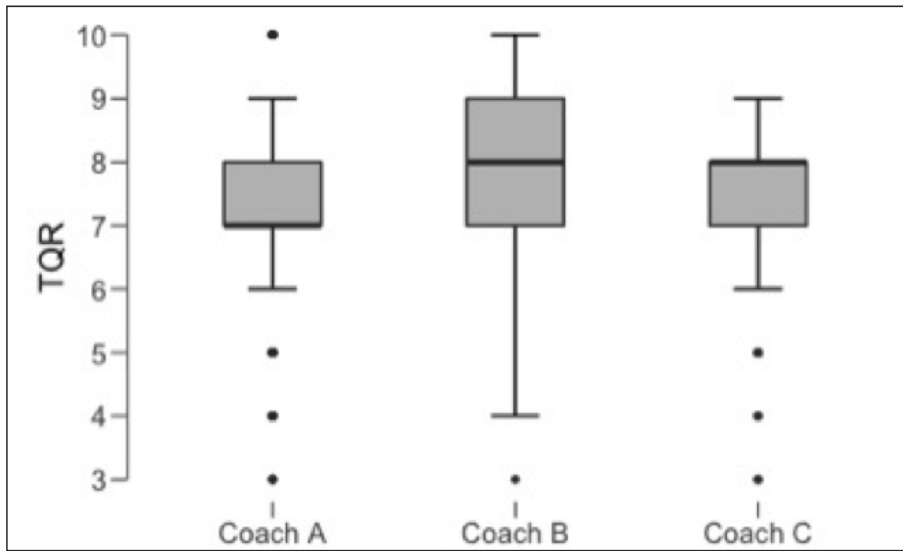


Figura 13. Valores de las respuestas de los jugadores al cuestionario «Total Quality of Recovery» divididos en los tres entrenadores.

DISCUSIÓN



7. DISCUSIÓN

En este apartado se desarrolla la discusión de los correspondientes resultados obtenidos en los cuatro artículos que componen esta tesis doctoral. Su objetivo no es más que una correcta interpretación de los resultados obtenidos en comparación con lo ya publicado con anterioridad, facilitando así la comprensión de los mismos.

7.1. ESTUDIO 1

En este primer estudio de la presente tesis doctoral se estudia el comportamiento intermitente del juego del baloncesto a lo largo de los cuartos de un partido y en diferentes categorías, específicamente las duraciones de las dos principales fases del juego como son la fase de balón jugado y las pausas.

Los principales resultados indican que, independientemente de la categoría, la duración de las acciones jugadas y de las pausas esta alrededor de los 33 s de duración (35 s para LA y 31 s para SP). Sin embargo, existe una variabilidad del 75% en los dos eventos. Esta alta variabilidad se da durante el juego de manera que existen momentos de juego donde la duración de LA puede superar los 120 s o momentos muy cortos de apenas 5 s de juego. Considerando el análisis secuencial de las acciones, aparecen momentos del partido donde acciones cortas de LA son seguidas por pausas cortas, o acciones largas de LA son seguidas por pausas largas, principalmente por la consecución de TO. Sin embargo, esta sucesión en la duración de los eventos no sucede cuando tomamos como referencia los SP, donde prácticamente no guarda relación con una duración particular de LA, a excepción de STQ1 con LAQ3.

Para todas las categorías y los cuartos de juego, la competición ha mostrado que el 85% de las acciones LA fueron de menos de 60 s

de duración y las pausas más cortas de 39 s en el 75,9% de todos los casos. Estos resultados muestran diferencias con aquellos recogidos durante una temporada y torneo en baloncesto australiano donde mostraban tiempos más prolongados tanto de juego como de pausa (Klusemann et al., 2013). Estos datos nos muestran un buen indicador de cara a la prescripción de entrenamiento intermitente con ratios de trabajo/descanso alrededor de 1 e intervalos de entre 20 y 50 s. No obstante, los jugadores han de ser preparados para los momentos de alta demanda metabólica con momentos de juego por encima de los 2 min de duración e intercalados de pausas muy cortas (10-20 s).

Teniendo en cuenta el nivel competitivo de los partidos, los resultados muestran que, a mayor nivel, los eventos de SP tienen una mayor duración. Existen multitud de factores que pueden justificar estos resultados, desde decisiones tácticas como son el tipo de defensa (zonal, individual, mixta, etc.) o el uso estratégico de los tiempos muertos hasta la diferencia de puntos en el marcador (Toro et al., 2010). La categoría de competición tiene importancia directa en las decisiones que se toman, y, por lo tanto, en la dinámica del partido. En este sentido, las decisiones arbitrales también son de una mayor importancia durante el partido, provocando parones durante el juego mientras se revisan las infracciones cometidas. Esto supone un aumento en el tiempo de pausa, lo que promueve un mayor tiempo de recuperación para los jugadores, permitiendo así un mantenimiento de las acciones de alta intensidad a lo largo del tiempo cuando el balón está en juego (Dupont, Blondel, & Berthoin, 2003). Los resultados encontrados presentan diferencias con otros trabajos anteriormente publicados donde no se encontraron diferencias en la duración de las pausas entre jugadores junior y senior (Ben Abdelkrim et al., 2010), o en profesionales y semi-profesionales (Scanlan et al., 2015).

En el presente trabajo, estas diferencias son visibles en las duraciones de los eventos SP entre los distintos niveles competitivos. En otros deportes como el fútbol, este fenómeno también ha sido

estudiado demostrando que un mayor nivel competitivo suele estar ligado a un mayor peso del balón parado, siendo en muchos casos una acción transcendental para el devenir del partido (Castellano, Casamichana, & Lago, 2012).

En cuanto al número de sub-eventos, se observó un mayor número de FT y TO en las ligas de nivel superior (EUR y ACB). Este hecho se puede justificar de forma que, a mayor nivel de la competición, la calidad de los jugadores es mayor y, por tanto, el nivel de juego aumenta produciendo un mayor número de faltas sobre el oponente, lo que lleva consigo un mayor número de tiros libres (García, Ibañez, Parejo, Cañadas, & Feu, 2010). Además, cabe destacar que, en el baloncesto de élite, algunos de los TO vienen predeterminados por la retransmisión televisiva durante el partido. En otros casos, son los propios entrenadores quienes utilizan todos los TO permitidos para frenar rachas rivales y corregir o proponer mejoras en el propio equipo (Sampaio, Lago-Peñas & Gomez, 2013). Respecto al sub-evento OUT, el menor nivel técnico de los jugadores U16 y LEB significa que hay un aumento de ocasiones en las que el balón sale fuera del campo en comparación con jugadores de ligas superiores, donde se tiene un mayor control de la posesión, no acumulando tanta pérdida (Ben Abdelkrim et al., 2007)

De acuerdo con la comparación entre cuartos, los resultados mostraron que Q1 y Q3 fueron los que tuvieron el tiempo de juego efectivo promedio más largo. Por el contrario, Q2 y Q4 tuvieron más tiempo de ST, lo que puede explicarse por el deterioro de la capacidad condicional de los jugadores a medida que pasan los cuartos del juego (Brewer, Dawson, Heasman, Stewart, & Cormack, 2010). Estudios previos como el de Scanlan et al. (2015) observaron una disminución en la duración de las acciones de alta intensidad a medida que avanzan los cuartos. Esto podría estar alineado con los resultados del presente trabajo, donde se ha encontrado que, durante el último cuarto del juego, los periodos de LA fueron de menor duración,

coincidiendo, no obstante, con las acciones de alta intensidad (Scanlan et al., 2015). Existen numerosos factores fisiológicos que pueden explicar esta caída del rendimiento a lo largo del juego, principalmente el agotamiento del glucógeno muscular, el aumento de la temperatura corporal, la deshidratación o el daño muscular (Duffield, Coutts, & Quinn, 2009; Sirotic, Coutts, Knowles, & Catterick, 2009). Durante un partido de baloncesto, el Q1 y Q3 van precedidos del calentamiento y el descanso respectivamente, lo que sugiere que el jugador está más descansado y, por tanto, puede realizar un mayor número de acciones durante el partido sin la necesidad de pausas. El aspecto condicional viene acompañado del valor estratégico que marcan los periodos previos al descanso (Q2) y, especialmente, al final del partido (Q4), donde el resultado va adquiriendo un peso clave en la dinámica del juego y donde se comienza a utilizar estrategias adaptadas a las necesidades momentáneas de los equipos (ej. hacer faltas rápidas, pedir tiempo muerto) (García-Rubio, Gómez, Cañadas, & Ibáñez, 2015).

En los deportes de equipo, se han propuesto diferentes situaciones tácticas como medio para influir en tiempo de acción durante el partido (Andersson, Randers, Heiner-Møller, Krstrup, & Mohr, 2010). En baloncesto, incluso los partidos se deciden por cuestiones estratégicas que se llevan a cabo principalmente en la última parte del partido. Un mayor número de sub-eventos de FT y TO, provoca que el juego se detenga en un mayor número de veces, y que las acciones mencionadas sean de mayor duración en el Q2 y Q4. La importancia de estas últimas acciones en el resultado final hace que el jugador se encuentre bajo una gran presión psicológica (Ferreira, Volossovitch, & Sampaio, 2014; Gómez, Lorenzo, Jiménez, Navarro, & Sampaio, 2015), lo que le llevará a tomar más tiempo de ejecución y aumentar la duración.

7.2. ESTUDIO 2

Como segundo estudio de la presente tesis, se describió el perfil físico de cada demarcación en baloncesto en función de variables inerciales de carga externa durante la competición.

El principal hallazgo de este estudio de la tesis doctoral fue que cada posición de juego esta más caracterizada por unas variables de carga externa que otras, basándonos en la identificación de 3-4 componentes principales durante la monitorización de partidos oficiales. Dado que el cálculo de PL tiene en cuenta el volumen y la intensidad de los movimientos (Bredt et al., 2020), PL_{min} es mayor en los bases que en las otras dos posiciones. Investigaciones recientes corroboran los resultados obtenidos (Vázquez-Guerrero et al., 2018b). Sin embargo, los valores difieren entre los estudios debido a la divergencia en el cálculo del PL entre las diferentes marcas comerciales.

Los bases realizaron más esprines por minuto y mayor ratio ACC/DEC por minuto durante partidos no oficiales de 20 min registrados con tecnología GPS (Puente et al., 2017). Por lo general, los entrenadores piden a los pivots que se encarguen de tareas reboteadoras, bloqueos y tiros de corto y medio rango. Acciones como el cierre de rebote y el bloqueo son acciones estáticas o de muy poco movimiento, aunque es altamente demandantes físicamente debido a su alto componente de lucha. Este tipo de esfuerzo no es posible hasta el momento detectarlo mediante los dispositivos inerciales actuales (Schelling & Torres-Ronda, 2016) y, por lo tanto, no se tienen en cuenta para el cálculo de PL. Los pivots tienen valores de PL_{min} más elevados que los aleros, aunque esta posición suele caracterizarse por jugar en zonas más reducidas de la pista, cubrir menos distancia total y de alta velocidad (Puente et al., 2017). Este estudio mostró que el PL, independientemente de la posición de juego, es una variable sensible a todos los tipos de movimientos específicos (ACC, DEC o JUMP). Por

lo anterior, los resultados de este estudio respaldan el hecho de que PL es un buen indicador de la carga externa (Bredt et al., 2020). En cuanto a la intensidad de movimientos, Svilar et al. (2019a) encontró una diferencia significativa en hACC entre partidos oficiales y de entrenamiento (partido oficial > partido de entrenamiento), lo que se explica por factores mentales que pueden motivar a los jugadores a rendir con mayor intensidad cuando juegan contra oponentes reales. Las correlaciones del PL_{min} con diferentes variables en función de la posición de juego mostraron que, aunque prácticamente no existían diferencias en el PL_{min} entre jugadores, el PL_{min} de los bases se correlacionaba con tACC, en aleros con tDEC y hCOD y en los pívots con tCOD.

La dimensión ACC se expresó como el primer componente para bases y pívots, mientras que tACC apareció en el segundo componente para los aleros. La demarcación de alero fue la posición de juego que obtuvo resultados estadísticos particularmente diferentes en comparación con los bases y los pívots como cuatro componentes principales, correlaciones muy bajas o un bajo valor KMO. Parece que este perfil de jugadores muestra una alta variabilidad en su perfil de juego, jugando un papel mixto entre bases y pívots, lo que dificulta la interpretación de los resultados de esta posición concreta. Para los bases, ACC se correlaciona con la dimensión COD. Se sabe que el perfil antropométrico es el factor principal que define las posiciones en baloncesto. Los bases son por lo general de menor estatura y masa corporal, lo que les permite acelerar más rápido que sus compañeros de mayor peso y estatura (Torres-Ronda et al., 2016). Además, como ha apuntado una investigación anterior (Hulka et al., 2013), los bases tienen una mayor zona de juego, recorriendo más distancia total, realizando un mayor número de aceleraciones y logrando una mayor velocidad de movimiento. Este hecho podría explicar por qué las variables ACC y COD son los primeros componentes de su perfil. Además, las características físicas de los pívots en el

baloncesto moderno están cambiando. Ahora tienen una habilidad y coordinación mucho mayor y son capaces de realizar movimientos rápidos y precisos, tanto en espacios pequeños como en cancha abierta. Sin embargo, muestran los peores resultados entre las tres posiciones de juego en tareas explosivas (Pehar et al., 2017).

Las variables de la dimensión COD parecen jugar un papel importante en el rendimiento físico del baloncesto porque tCOD aparece como el primer componente tanto para los bases como para los aleros. El baloncesto es un deporte colectivo que permite a los jugadores utilizar la cancha de forma horizontal con pequeños movimientos en busca del espacio libre para lanzar, driblar o pasar. A diferencia de las sesiones de entrenamiento donde tCOD parecía ser el primer componente para todas las posiciones (Svilar et al., 2018b), el perfil de los pívots no lo mostró durante los partidos. Las tareas de entrenamiento pueden exigir requisitos físicos diferentes a los que realmente ocurren en los partidos, y por ello, el perfil físico en las dos diferentes situaciones puede verse afectado.

Como ha sido descrito por un estudio anterior, los pívots son los jugadores que realizan el mayor número de saltos durante el partido (Ben Abdelkrin et al., 2007). En este estudio, hJUMP fue representativo de los pívots y bases como el segundo componente, mientras que para los aleros fue el cuarto componente. Además, tJUMP solo fue representativo de los pívots como segundo componente. Este hallazgo, junto con los datos de entrenamiento (Svilar et al., 2018b), podría indicar que los saltos son un patrón de movimiento no tan frecuente en el baloncesto como se pensaba, sobre todo si se compara con ACC y COD.

Las DEC solo aparecieron como tercer componente para todas las posiciones de juego, contrariamente a los datos de entrenamiento anteriores donde DEC apareció como el primer componente para los bases y pivots (Svilar et al., 2018b). Esta variable puede no ser

tan significativa como el primer componente, pero juega un papel importante por lo que preparadores físicos deben tenerla en cuenta independientemente de la posición del jugador. En cuanto a la relación entre DEC y otras variables, la relación más fuerte se encontró con PL_{\min} para aleros y tJUMP para pívots. El presente estudio mostró que hCOD para bases y aleros, así como el hACC para pívots podrían ser variables interesantes como indicadores de intensidad de la sesión. Sin embargo, se recomienda una combinación de variables para describir de manera óptima las demandas físicas de los partidos de baloncesto de élite.

Para concluir, las variables COD y ACC pueden definir el perfil físico durante los partidos de los jugadores de baloncesto de élite. Además, la variable JUMP parece jugar un papel secundario en los pívots y bases. Estos resultados deberían ayudar a los entrenadores a gestionar el sistema de monitorización de la carga externa centrándose en las variables que describen mejor los perfiles individuales de los jugadores de élite para las demandas del juego.

7.3. ESTUDIO 3

El objetivo del tercer estudio fue examinar si existen diferencias entre las cargas de entrenamiento en semanas con diferente densidad competitiva en jugadores profesionales. Para ello, se analizaron dos temporadas consecutivas del primer equipo del club contando con dos entrenadores diferentes para cada temporada.

Los resultados mostraron cómo tanto la carga externa como interna aumentaron con una mayor densidad competitiva, ahora bien, el aumento de carga externa no fue proporcional a un mayor número de partidos semanales. Ambas temporadas analizadas mostraron una distribución de carga diferente entre ellas: la carga externa de la S18-19 fue mayor y en consecuencia la respuesta interna de los jugadores.

Los entrenadores adoptan estrategias diferentes en cuanto al manejo de la cantidad (duración), calidad (tareas de entrenamiento) o principios tácticos del juego para tratar de que su equipo consiga el máximo rendimiento en competición (Castellano & Casamichana, 2016). A pesar de la similitud en el contexto, el promedio de carga semanal sin tener en cuenta la densidad competitiva fue mayor en la S18-19 que en S17-18. Esta diferenciación en la carga semanal puede deberse a la modificación en las variables configuradoras de las tareas de entrenamiento como son el espacio, la densidad de trabajo o el formato de juego. Se trata de elementos configuradores dentro de las tareas que, junto con la presencia o no del entrenador, pueden incrementar las demandas físicas del entrenamiento (Rampinini et al., 2007). Durante la S18-19, la estrategia de entrenamiento utilizada por el entrenador estuvo basada en tareas de juegos reducidos con formatos de 2x2 o 3x3 junto con partidos de entrenamiento de 5x5 a toda cancha. Este tipo de tareas reportó en una mayor carga de entrenamiento para los jugadores durante la S18-19, ya que los formatos de juegos reducidos realizados a toda pista así lo han mostrado con anterioridad (Castagna et al., 2011a; Klusemann et al., 2012).

La relación entre la carga externa e interna de entrenamiento ha sido previamente estudiada en el baloncesto de élite mostrando una correlación moderada-alta (Scanlan et al., 2014b; Svilar et al., 2018a). La alta variabilidad encontrada a lo largo de las semanas para la carga interna durante ambas temporadas sugiere varias ideas. Primero, el conocimiento sobre la respuesta física de los jugadores, no solo acerca de la carga de entrenamiento o competición, sino también sobre la fatiga acumulada por los viajes y el día a día (Rabbani & Bucheit, 2016). Segundo, es conocido también que un mismo estímulo de entrenamiento puede generar una diferente respuesta a jugadores de un mismo equipo (Impellizzeri et al., 2019). Y tercero, la integración en nuestro sistema de monitorización de variables de carga externa e interna. Una correcta relación entre ambas nos dará

información sobre la correcta adaptación de nuestros jugadores al entrenamiento y la competición (Svilar et al., 2018a). A pesar de que estudios previos no han mostrado con detalle la variabilidad entre semanas (Paulauskas et al., 2019), los datos analizados en el presente estudio han revelado que la variabilidad «semana a semana» en el baloncesto profesional es alta. Disminuir la variabilidad y evitar cambios en la carga de entrenamiento por encima del 20-30% entre semanas puede ser una estrategia de reducción del riesgo de lesión en jugadores de baloncesto (Drew et al., 2016).

Los equipos de élite en los deportes colectivos normalmente participan en un mínimo de dos competiciones (ligas nacionales y continentales), lo que supone disputar de al menos dos partidos semanales. Sin embargo, en baloncesto esta densidad competitiva es aún mayor con momentos durante la temporada donde se compite en tres ocasiones durante la misma semana (esto sucede en el 19% de las semanas analizadas en el presente estudio). Al contrario que en otros equipos o deportes, es notable señalar que las semanas con tan solo un partido a la semana se dan en el 14% de las veces. Debido a esta alta densidad competitiva del baloncesto de élite, los entrenadores y preparadores físicos deben proponer diferentes estrategias para optimizar la recuperación y la condición física de los jugadores con el objetivo de poder rendir al máximo nivel en cada partido (Caparros et al., 2017).

En cuanto a la carga interna de entrenamiento analizada, los resultados fueron superiores a los 2.520 UA realizados por jugadoras de elite lituanas (Paulauskas et al., 2019), similares a los 3.200 UA de jugadores profesionales (Clemente et al., 2019) y por debajo de los 4.000 UA reportados por jugadoras brasileñas (Aoki et al., 2017). La comparación con jugadores universitarios y profesionales muestra que los valores de sRPE fueron más bajos que los resultados del presente estudio para semanas W1 y W2 en las 2 temporadas analizadas (Conte et al., 2018; Manzi et al., 2010). Estas diferencias

pueden deberse al diferente nivel competitivo de los equipos analizados, ya que las cargas de entrenamiento en semanas con 1 y 2 partidos de Euroliga (mejor competición europea) han sido superiores.

En relación a la comparativa de carga interna a lo largo de las semanas con diferente número de partidos, los resultados de la S18-19 son similares a los mostrados por Manzi et al. (2010) y Clemente et al. (2019), donde no se encontraron diferencias entre las semanas con 1 o 2 partidos. Estas no diferencias encontradas en los estudios mencionados pueden deberse a que la recogida de los datos se realizó durante unas pocas semanas y no a lo largo de toda la temporada, ya que los equipos fluctúan la carga de trabajo en función del momento de la temporada o de la importancia de la competición a disputar (Manzi et al., 2010).

7.4. ESTUDIO 4

El objetivo de este último estudio fue comparar la carga de entrenamiento externa e interna los días previos al primer partido semanal y examinar las diferencias en las estrategias de manejo de la carga en estos días por tres entrenadores diferentes.

En cuanto a la distribución de la carga se observó cómo las diferentes variables relacionadas con el volumen de entrenamiento (Duración, PL, tCOD, sRPE), así como el RPE aumentaron desde DP-3 a DP-2 y disminuyeron el día antes de la competición (DP-1). Sin embargo, los parámetros que representan la intensidad de la sesión (hACC, hDEC y hCOD) se mantuvieron constantes para todos los días de entrenamiento.

La monitorización de la carga de trabajo en baloncesto puede mejorar la efectividad de la programación del entrenamiento exponiendo a los jugadores a una carga adecuada para optimizar su rendimiento y reducir el riesgo de lesión (Anderson, Triplett-McBride,

Foster, Doberstein, & Brice, 2003). El control del volumen y la intensidad del entrenamiento puede afectar a los resultados de un programa de periodización de carga específico, especialmente durante períodos competitivos congestionados o en períodos muy cortos de tiempo (Coutts, Reaburn, Piva, & Murphy, 2007; De Lacey et al., 2014). Los resultados muestran como, a pesar de un aumento en el volumen desde el DP-3 al DP-2, una posterior disminución en esta variable junto con un mantenimiento o aumento de la intensidad en el día previo a la competición parece tener los mayores efectos durante el período de afinamiento previo a una competición importante (Coutts et al., 2007; De Lacey et al., 2014). Esta investigación muestra diferentes resultados a los obtenidos con anterioridad (Svilar et al., 2019b), donde se expuso una disminución lineal en todas las variables de carga externa entre los días de entrenamiento (DP-3 > DP-2 > DP-1) en valores absolutos y relativos. Estas diferencias pueden explicarse en parte por las diferencias en los días analizados. En el presente estudio, DP-3 se correspondía con el día después del día libre de los jugadores, por lo que los entrenadores generalmente prescribían cargas más bajas que durante DP-2. Sin embargo, en trabajos anteriores (Svilar et al., 2019b), la actividad completada en DP-4 no fue detallada, lo que dificulta la comparación precisa de las estrategias de periodización utilizadas. El efecto de la fatiga después de un partido de baloncesto depende principalmente del agotamiento del glucógeno muscular y la acumulación de metabolitos (Enoka & Duchateau, 2008), por lo que el efecto de la fatiga residual en los jugadores puede ser de 36 a 48 horas (correspondiente a DP-3), lo que podría explicar por qué el entrenador B y C realizaron una sesión más ligera en DP-3.

Para la respuesta interna, este estudio presenta una distribución de carga similar a la de Clemente et al. (2019), quienes también informaron sobre un aumento en los valores de sRPE de DP-3 a DP-2 en semanas congestionadas. Además, los resultados se corroboraron con investigaciones previas en baloncesto donde se evidenció una

disminución significativa en la carga interna de entrenamiento de DP-2 a DP-1 (Clemente et al., 2019; Manzi et al., 2010; Svilar et al., 2019b). Una reducción en la carga de entrenamiento corresponde con un descenso, a su vez, de la monotonía durante la fase de puesta a punto y asocia con una mejora en el rendimiento físico de los jugadores (Fessi et al., 2016).

Durante las semanas exigentes (semanas congestionadas), el uso de una estrategia de reducción del entrenamiento a corto plazo antes del primer partido semanal puede ser beneficioso, ya que reduciría la carga de entrenamiento semanal total, especialmente para aquellos jugadores con alto volumen en minutos de juego. Esta investigación analizó tres temporadas consecutivas con tres entrenadores diferentes y todos los entrenadores redujeron la carga de entrenamiento a medida que la competición se aproximaba, sin comprometer la intensidad. La reducción en el volumen durante los días previos al partido por cada entrenador parece estar basada en evidencia, ya que ha sido demostrado que mejora la condición fisiológica y el rendimiento de los jugadores al eliminar la fatiga residual en el día de partido (Bosquet, Montpetit, Arvisais, & Mujika, 2007; Marrier et al., 2017). Además, si bien hubo algunas variaciones entre las cargas prescritas por cada entrenador, los entrenadores podrían preparar al equipo de manera bastante similar desde una perspectiva de gestión de carga y periodización.

Para evaluar la idoneidad de la propuesta de entrenamiento con respecto a la preparación del jugador, se utilizó un sencillo cuestionario TQR para cuantificar el estado físico de los jugadores en el DP. Para todos los entrenadores, las puntuaciones obtenidas estuvieron entre 7,2 y 8,0 UA, lo que corresponde a una 'buena' a 'muy buena' condición física y recuperación. En trabajos anteriores, los valores de TQR se vieron influenciados negativamente por la carga de entrenamiento en jugadores de baloncesto semi-profesionales (Sansone, Tschan, Foster, & Tessitore, 2020). Sin embargo, en la

presente investigación esta relación no fue lineal ya que la mejor puntuación en el cuestionario TQR no la obtuvo el entrenador que prescribió una carga de entrenamiento más baja (Entrenador A). Una razón que argumente estas diferencias podría ser el hecho de que los deportistas altamente entrenados pueden no verse tan afectados por los cambios en la carga de entrenamiento (Gabbett, 2016). Este efecto podría ser muy importante desde un punto de vista práctico porque durante los períodos congestionados los jugadores serían capaces de mantener un buen estado físico durante la temporada, a pesar de estar expuestos a mayores cargas de trabajo. Por lo tanto, como las tres distribuciones de carga de entrenamiento analizadas promediaron en un estado «bueno-muy bueno», los autores pueden concluir que, para el baloncesto de élite, la periodización de la carga de entrenamiento aplicada por los tres entrenadores parece apropiada y puede servir de referencia para otros entrenadores y preparadores físicos.

CONCLUSIONES Y APLICACIONES PRÁCTICAS



8. CONCLUSIONES Y APLICACIONES PRÁCTICAS

En este apartado se presentan las conclusiones y la aplicación práctica de los estudios que componen la presente tesis doctoral:

8.1. ESTUDIO 1

Los resultados de este estudio han descrito como las duraciones promedio del tiempo de juego y de pausa en baloncesto son muy similares, rondando los 30 s para ambos eventos. Sin embargo, existen algunas diferencias entre competiciones y entre los cuatro cuartos de juego que podrían considerarse oportunas a la hora de realizar una programación de tareas acorde a la categoría de juego. Estos datos podrían servir de guía en la planificación y diseño de tareas de condición física con ratios de trabajo-descanso adecuados a la situación real de juego en baloncesto.

La segunda conclusión del estudio es que, a pesar de que la relación en las duraciones de juego y pausa es altamente variable, existe cierta relación donde periodos largos de pausa son precedidos por intervalos largos de juego. Estos datos sugieren plantear el entrenamiento de la condición física en baloncesto de forma iterativa, donde la ratio trabajo-descanso sea altamente variable y en donde los periodos promedio de trabajo se intercalen con momentos de más alta exigencia por encima de los 90 s de trabajo o con pausas de muy corta duración.

8.2. ESTUDIO 2

La principal conclusión del segundo estudio fue que cada posición de juego en baloncesto presenta unas variables de carga externa representativas de su perfil físico durante los partidos. La dimensión CODfue la que más frecuencia de aparición obtuvo durante los partidos,

comprobando así la importancia de estas acciones durante el proceso de preparación del jugador. Por otro lado, existen correlaciones entre las diferentes dimensiones de carga externa analizadas (ACC, DEC, JUMP y COD) en la dimensión total y de alta intensidad. Esta información puede ser usada para una mejor gestión de los datos de monitorización de carga de tres maneras: a) optimizando el registro de las variables en función de la demarcación del jugador, eligiendo solo aquellas que sean representativas de su perfil para tener una información más detallada del proceso de entrenamiento y competición, b) implementar durante el entrenamiento, ya sea optimizador o coadyuvante, tareas con el objetivo de mejorar los COD debido a que son el principal movimiento realizado por los jugadores de baloncesto, y c) simplificando el número de variables a utilizar en el registro de monitorización teniendo en cuenta las correlaciones entre variables para desechar aquellas que nos aporten la misma información.

8.3. ESTUDIO 3

Este trabajo muestra valores de carga externa e interna que pueden servir de referencia para otros equipos de baloncesto de élite durante la temporada en semanas con diferente densidad competitiva. Los resultados muestran como el diferente número de partidos semanales a lo largo de las temporadas genera una fluctuación en la carga semanal con alta variabilidad entre ellas. Además, las semanas sin partidos o con tres partidos por semana supusieron la mayor carga externa para los jugadores. Sin embargo, la respuesta interna fue significativamente superior en las semanas sin competición. Esta información puede ser utilizada por los entrenadores de cara a la implementación de estrategias de recuperación para los jugadores en las semanas con una mayor densidad competitiva, además de adecuar las cargas de entrenamiento con el fin de evitar elevadas fluctuaciones entre las semanas. Debido a que las semanas sin

competición se corresponden con las semanas de pretemporada y con la mayor carga externa, los jugadores deberán llegar en las mejores condiciones posibles al inicio del entrenamiento en el club. En objetivo será evitar que las primeras semanas supongan una carga de trabajo demasiado elevada que pueda acarrear en lesión. Por otro lado, los entrenadores y preparadores físicos deberán evaluar y adecuar las cargas de trabajo durante las primeras semanas de trabajo para tratar de conseguir una alta carga crónica que sirva de protección al jugador para las inherentes fluctuaciones futuras.

8.4. ESTUDIO 4

Una correcta programación de la carga de entrenamiento es clave para conseguir una condición física óptima durante periodos competitivos congestionados. Los resultados del presente estudio muestran cómo el volumen de entrenamiento fluctúa en los tres días previos al partido, mientras que la intensidad se mantiene constante independientemente de la proximidad del partido. El entrenamiento del DP-2 es el día con un mayor volumen y carga interna, seguido por el DP-3 y el DP-1. Por otro lado, se han visto dos estrategias diferentes entre los entrenadores para el manejo de la carga de entrenamiento en los tres días previos a la competición. Dos de ellos propusieron un modelo en tipo de «pico» donde DP-2 > DP-3 > DP-1, al contrario de uno de ellos que utilizó un descenso lineal del volumen de entrenamiento. Como principal conclusión se obtiene que cada entrenador tiene su propia estrategia en la programación de los entrenamientos previos al día de partido, siendo el volumen de trabajo la variable que más fluctúa entre los días mientras que la intensidad se mantiene estable. Los resultados en el cuestionario TQR indican cómo las tres estrategias fueron válidas y los jugadores llegaron al partido en un «muy buen» estado para la competición.

LIMITACIONES



9. LIMITACIONES

En este apartado se exponen las limitaciones encontradas en los estudios que componen la presente tesis doctoral.

9.1. ESTUDIO 1

No se incluyeron en el análisis los resultados de los partidos analizados. El análisis de la duración de los diferentes eventos podría variar los resultados obtenidos en función del resultado instantáneo o final del partido. Así, partidos más igualados, o, por el contrario, con una gran diferencia, podrían mostrar variaciones en la duración de los eventos de balón jugado y pausas. Otra limitación podría ser la no diferenciación de los partidos en función del momento de la temporada. Los partidos fueron recogidos de forma aleatoria durante la temporada, sin embargo, una diferenciación en el momento de la temporada (temporada regular o Play-Off) podría llevar a un ritmo de partido diferente con posibles variaciones en las duraciones de los eventos principales.

9.2. ESTUDIO 2

En el Estudio 2 la principal limitación que se encuentra es el pequeño número de participantes ($n=10$). Sin embargo, en un contexto de élite como es el equipo analizado en este estudio es difícil contar con muestras mayores. Otra de las limitaciones es el pequeño número de partidos (5 partidos registrados). No obstante, las dificultades de conseguir datos en partidos oficiales o de pretemporada entrañan cierta dificultad al no estar permitido el uso de dispositivos de monitorización durante las competiciones oficiales en baloncesto. En el futuro, se sugiere incluir un mayor número de jugadores y partidos para así evitar la influencia de

variables contextuales como la ubicación (local/visitante), la calidad del rival, el tipo de competencia, etc.

9.3. ESTUDIO 3

Debido a la gran dificultad que entraña la utilización de jugadores de élite como participantes de estudio, tan solo un equipo ha podido ser analizado. A pesar de ello, los datos de este estudio pueden servir como referencia para otros equipos de élite de baloncesto. Por otro lado, la monitorización de la carga de trabajo fue representada tan solo por dos indicadores globales de carga externa e interna. Futuros estudios deberán incorporar en el análisis un mayor número de variables para dar un conocimiento más profundo acerca de las demandas semanales. Por último, un análisis más pormenorizado de las tareas de entrenamiento utilizadas por los entrenadores en ambas temporadas analizadas puede dar una mejor idea sobre la periodización y programación de los contenidos de entrenamiento por parte de los entrenadores.

9.4. ESTUDIO 4

El uso de tan solo una variable de carga interna como es el sRPE puede limitar la información acerca de la respuesta de los jugadores a la carga de entrenamiento propuesta. La incorporación de variables objetivas como la frecuencia cardíaca, los biomarcadores o indicadores de fatiga neuromuscular pueden dar una idea más completa de la adaptación de los jugadores. Por otro lado, un análisis más detallado de las tareas de entrenamiento propuestas por los entrenadores a lo largo de los diferentes días podría explicar mejor las diferencias en la carga externa entre días y entrenadores.

FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN



10. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

El objetivo de este proyecto ha sido resolver algunas preguntas a partir de la monitorización de la carga de entrenamiento en baloncesto de élite y formativo. Sin embargo, de cada una de las respuestas propuestas han surgido nuevas dudas o cuestiones y, por ello, más investigaciones son necesarias. A pesar de que en los últimos años las publicaciones en baloncesto han ido creciendo, todavía están por detrás de deportes como el fútbol o el rugby. Algunas nuevas ideas para futuras investigaciones a la aplicación de la monitorización de la carga de entrenamiento y competición en baloncesto son las siguientes:

- Sería interesante profundizar en el conocimiento de los ritmos de partido en cuanto a tiempos de juego y de pausa en diferentes contextos como por ejemplo a lo largo de los diferentes momentos de temporada, en partidos más o menos equilibrados o según el nivel de los oponentes.
- Estudios futuros deberán tratar de seguir buscando las variables de entrenamiento que sean la más adecuadas para cada perfil individual de jugador. De esta forma, un sistema de monitorización más válido y eficiente podría llevarse a cabo en el proceso de entrenamiento diario.
- Investigaciones futuras deberán centrarse también en la evolución de la condición física a lo largo de las semanas de competición en el baloncesto de élite, donde el número de partidos por temporada sigue incrementándose.
- Siguiendo el punto anterior, podría ser interesante investigar cuál es la dosis mínima efectiva de entrenamiento para

optimizar la condición física del jugador y reducir su riesgo de lesión.

- Investigaciones innovadoras son necesarias sobre las demandas de carga externa de diferentes tareas de entrenamiento, especialmente su estudio mediante el uso de microtecnología y de las variables inerciales que derivan de ella.
- La comparación entre diferentes estrategias de entrenamiento previas al partido y la distribución de la carga semanal en los diferentes entrenadores y equipos podría aportar información interesante sobre qué cargas son mejor toleradas por los jugadores.
- Más estudios son necesarios sobre los picos en la demanda condicional más exigentes de los partidos y de las diferentes tareas de entrenamiento particularizando por la demarcación específica. Así pues, esta información serviría como límite superior de intensidad a la hora de programar el entrenamiento basado en datos de competición.
- Finalmente, serían necesarios más estudios sobre la relación entre la carga de entrenamiento diario y semanal con el éxito deportivo al ser éste el principal objetivo de cualquier club de élite.

REFERENCIAS



11. REFERENCIAS

- Akenhead, R., & Nassis, G. P. (2016). Training load and player monitoring in high-level football: current practice and perceptions. *International journal of sports physiology and performance*, 11(5), 587-593.
- Akenhead, R., Hayes, P. R., Thompson, K. G., & French, D. (2013). Diminutions of acceleration and deceleration output during professional football match play. *Journal of science and medicine in sport*, 16(6), 556-561.
- Akubat, I., Barrett, S., & Abt, G. (2014). Integrating the internal and external training loads in soccer. *International journal of sports physiology and performance*, 9(3), 457-462
- Alarifı, A., Al-Salman, A., Alsaleh, M., Alnafessah, A., Al-Hadhrami, S., Al-Ammar, M. A., & Al-Khalifa, H. S. (2016). Ultra-wide band indoor positioning technologies: Analysis and recent advances. *Sensors*, 16(5), 707.
- Anderson, L., Triplett-McBride, T., Foster, C., Doberstein, S., & Brice, G. (2003). Impact of training patterns on incidence of illness and injury during a women's collegiate basketball season. *The journal of strength and conditioning research*, 17(4), 734-738.
- Andersson, H. A., Randers, M. B., Heiner-Møller, A., Krstrup, P., & Mohr, M. (2010). Elite female soccer players perform more high-intensity running when playing in international games compared with domestic league games. *The journal of strength and conditioning research*, 24(4), 912-919.
- Anguera, M. T., Blanco-Villaseñor, Á., Hernández-Mendo, A. y Losada, J. L. (2011). Diseños observacionales: ajuste y aplicación en psicología del deporte. *Cuadernos de psicología del deporte*, 11(2), 63-76.
- Atlı, H., Köklü, Y., Alemdaroğlu, U., & Koçak, F. Ü. (2013). A comparison of heart rate response and frequencies of technical actions between half-court and full-court 3-a-side games in high school female basketball players. *The journal of strength and conditioning research*, 27(2), 352-356.
- Bakeman, R., & Quera, V. (2011). Sequential analysis and observational methods for the behavioral sciences. *Cambridge University Press*.
- Bakeman, R., Quera, V. & Gnisci, A. (2009). Observer agreement for timed-event sequential data: A comparison of time-based and event-based algorithms. *Behavior Research Methods*, 41(1), 137-147.

- Banister, E. W., Calvert, T. W., Savage, M. V., & Bach, T. (1975). A systems model of training for athletic performance. *Australian journal of science and medicine in sport*, 7(3), 57-61.
- Barris, S., & Button, C. (2008). A review of vision-based motion analysis in sport. *Sports medicine*, 38(12), 1025-1043.
- Ben Abdelkrim, N., Castagna, C., El Fazaa, S., & El Ati, J. (2010a). The effect of players' standard and tactical strategy on game demands in men's basketball. *Journal of strength and conditioning research*, 24(10), 2652-2662
- 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
- Ben Abdelkrim, N., Castagna, C., Jabri, I., Battikh, T., El Fazaa, S., & El Ati, J. (2010b). Activity profile and physiological requirements of junior elite basketball players in relation to aerobic-anaerobic fitness. *Journal of strength and conditioning research*, 24(9), 2330-2342
- Ben Abdelkrim, N., El Fazaa, S., & El Ati, J. (2007). Time-motion analysis and physiological data of elite under-19-year-old basketball players during competition. *British journal of sports medicine*, 41(2), 69-75.
- Borg, G. (1998). Borg's perceived exertion and pain scales. *Human kinetics*.
- Bosquet, L., Montpetit, J., Arvisais, D., & Mujika, I. (2007). Effects of tapering on performance: a meta-analysis. *Medicine and science in sport and exercise*. 39(8), 1358-1365.
- Bourdon, P. C., Cardinale, M., Murray, A., Gatin, P., Kellmann, M., Varley, M. C., Gabbett, T. J., Coutts, A. J., Burgess, D. J., Gregson, W., & Cable, N. T. (2017). Monitoring athlete training loads: Consensus statement. *International journal of sports physiology and performance*, 12(Suppl 2), S2161-S2170
- Boyd, L. J., Ball, K., & Aughey, R. J. (2011). The reliability of Minimax accelerometers for measuring physical activity in Australian football. *International journal of sports physiology and performance*, 6(3), 311-321.
- Boyd, L. J., Ball, K., & Aughey, R. J. (2013). Quantifying external load in Australian football matches and training using accelerometers. *international journal of sports physiology and performance*, 8(1), 44-51.
- Bredt, S.D., Chagas, M. H., Peixoto, G. H., Menzel, H. J., & de Andrade, A. G. (2020). Understanding Player Load: Meanings and Limitations. *Journal of human kinetics*, 71(1), 5-9.

- Brewer, C., Dawson, B., Heasman, J., Stewart, G., & Cormack, S. (2010). Movement pattern comparisons in elite (AFL) and sub-elite (WAFL) Australian football games using GPS. *Journal of science and medicine in sport*, 13(6), 618-23.
- Brink, M. S., Frencken, W. G., Jordet, G., & Lemmink, K. A. (2014). Coaches' and players' perceptions of training dose: not a perfect match. *International journal of sports physiology and performance*, 9(3), 497-502.
- Caparros, T., Casals, M., Pena, J., Alentorn-Geli, E., Samuelsson, K., Solana, A., & Gabbett, T. J. (2017). The use of external workload to quantify injury risk during professional male basketball games. *Journal of sports science and medicine*, 6(16), 480-488.
- Cardinale, M., & Varley, M. C. (2017). Wearable Training-Monitoring Technology: Applications, Challenges, and Opportunities. *International journal of sports physiology and performance*, 12(Suppl 2), S255-S262.
- Casamichana, D., Castellano, J., Calleja-Gonzalez, J., San Román, J., & Castagna, C. (2013). Relationship between indicators of training load in soccer players. *The journal of strength & conditioning research*, 27(2), 369-374.
- 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 sports sciences*, 29(12), 1329-1336.
- Castellano, J., Casamichana, D., & Lago, C. (2012). The use of match statistics that discriminate between successful and unsuccessful soccer teams. *Journal of human kinetics*, 31, 137-147.
- Castellano, J., & Casamichana, D. (2016). Same players with different coaches, can they play in different way to optimize performance in professional football? *Revista euroamericana de ciencias del deporte*, 5(2), 133-140.
- Castillo, D., Raya-González, J., Clemente, F., Conte, D., & Rodríguez-Fernández, A. (2020). The effects of defensive style and final game outcome on the external training load of professional basketball players. *Biology of sport*. <https://doi.org/10.5114/biolsport.2021.101124>.
- Chambers, R., Gabbett, T. J., Cole, M. H., & Beard, A. (2015). The use of wearable microsensors to quantify sport-specific movements. *Sports medicine*, 45(7), 1065-1081.
- Clemente, F. M., Mendes, B., Bredt, S., Praça, G. M., Silvério, A., Carriço, S., & Duarte, E. (2019). Perceived training load, muscle soreness, stress, fatigue, and sleep quality in professional basketball: A full season study. *Journal of human kinetics*, 67(1), 199-207.

- Cohen J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Hillsdale, NJ: Lawrence Earlbaum Associates
- Conte, D., Favero, T. G., Niederhausen, M., Capranica, L., & Tessitore, A. (2015). Effect of different number of players and training regimes on physiological and technical demands of ball-drills in basketball. *Journal of sports sciences*, 34(8), 780-786.
- Conte, D., Kolb, N., Scanlan, A. T., & Santolamazza, F. (2018). Monitoring training load and well-being during the in-season phase in national collegiate athletic association division I men's basketball. *International journal of sports physiology and performance*, 13(8), 1067-1074
- Coutts, A. J., Crowcroft, S, & Kempton, T. (2017). Developing athlete monitoring systems: theoretical basis and practical applications. In Kellmann M, Beckmann J, eds. *Sport, Recovery and Performance: Interdisciplinary Insights*. Abingdon, UK: Routledge; 19-32.
- Coutts, A., Reaburn, P., Piva, T. J., & Murphy, A. (2007). Changes in selected biochemical, muscular strength, power, and endurance measures during deliberate overreaching and tapering in rugby league players. *International journal of sports medicine*, 28(2), 116-124.
- Cummins, C., Orr, R., O'Connor, H., & West, C. (2013). Global positioning systems (GPS) and microtechnology sensors in team sports: a systematic review. *Sports Medicine*, 43(10), 1025-1042
- De Lacey, J., Brughelli, M., McGuigan, M., Hansen, K., Samozino, P., & Morin, J. B. (2014). The effects of tapering on power-force-velocity profiling and jump performance in professional rugby league players. *The journal of strength & conditioning research*, 28(12), 3567-3570.
- Delextrat, A., & Martinez, A. (2014). Small-sided game training improves aerobic capacity and technical skills in basketball players. *International journal of sports medicine*, 35(5), 385-391.
- Drew, M. K., & Finch, C. F. (2016). The relationship between training load and injury, illness and soreness: A systematic and literature review. *Sports medicine*, 46(6), 861-883.
- Duffield, R., Coutts, A., & Quinn, J. (2009). Core temperature responses and match running performance during intermittent-sprint exercise competition in warm conditions. *The journal of strength and conditioning research*, 23(4), 1238-1244.
- Duffield, R., Reid, M., Baker, J., & Spratford, W. (2010). Accuracy and reliability of GPS devices for measurement of movement patterns in confined spaces for court-based sports. *Journal of science and medicine in sport*, 13(5), 523-525.

- Dupont, G., Blondel, N., & Berthoin, S. (2003). Performance for short intermittent runs: Active recovery vs. passive recovery. *European journal of apply physiology*, *89*(6), 548–554.
- Edwards, S. (1994). *The Heart Rate Monitor Book*. Sacramento, CA.
- Enoka, R. M., & Duchateau, J. (2008). Muscle fatigue: what, why and how it influences muscle function. *The journal of physiology*, *6*(1), 11-23.
- Feroli, D., Bosio, A., Bilsborough, J. C., La Torre, A., Tornaghi, M., & Rampinini, E. (2018a). The preparation period in basketball: training load and neuromuscular adaptations. *International journal of sports physiology and performance*, *13*(8), 991-999.
- Feroli, D., Bosio, A., La Torre, A., Carlomagno, D., Connolly, D. R., & Rampinini, E. (2018b). Different training loads partially influence physiological responses to the preparation period in basketball. *The journal of strength & conditioning research*, *32*(3), 790-797.
- Feroli, D., Rampinini, E., Martin, M., Rucco, D., La Torre, A., Petway, A., & Scanlan, A. (2020a). Influence of ball possession and playing position on the physical demands encountered during professional basketball games. *Biology of sport*, *37*(3), 269-276.
- Feroli, D., Schelling, X., Bosio, A., La Torre, A., Rucco, D., & Rampinini, E. (2020b). Match activities in basketball games: comparison between different competitive levels. *The journal of strength & conditioning research*, *34*(1), 172-182.
- 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.
- Ferreira, A. P., Volossovitch, A., & Sampaio, J. (2014). Towards the game critical moments in basketball: a grounded theory approach. *International journal of performance analysis in sport*, *14*(2), 428-44.
- Fessi, M. S., Zarrouk, N., Di Salvo, V., Filetti, C., Barker, A. R., & Moalla, W. (2016). Effects of tapering on physical match activities in professional soccer players. *Journal of sports sciences*, *34*(24), 2189-2194.
- Foster, C., Florhaug, J. A., Franklin, J., Gottschall, L., Hrovatin, L. A., Parker, S., Doleshal, P., & Dodge, C. (2001a). A new approach to monitoring exercise training. *Journal of strength and conditioning research*, *15*(1), 109–115.
- Foster, J. P., Carl, H., Kara, M., Esten, P. L., & Brice, G. (2001b). Differences in perceptions of training by coaches and athletes. *South African journal of sports medicine*, *8*(2), 3-7.

- Fox, J. L., Conte, D., Stanton, R., McLean, B., & Scanlan, A. T. (2020a). The application of accelerometer-derived moving averages to quantify peak demands in basketball: A comparison of sample duration, playing role, and session type. *Journal of strength and conditioning research*. [in press].
- Fox, J. L., O'Grady, C. J., & Scanlan, A. T. (2020b). The concurrent validity of session-rating of perceived exertion workload obtained face-to-face versus via an online application: A team case study. *International journal of sports physiology and performance*, 15(10), 1476-1479
- Fox, J. L., O'Grady, C. J., & Scanlan, A. T. (2020c). The relationships between external and internal workloads during basketball training and games. *International journal of sports physiology and performance*, 15(8), 1081-1086.
- Fox, J. L., Salazar, H., Garcia, F., & Scanlan, A. T. (2021). Peak External Intensity Decreases across Quarters during Basketball Games. *Montenegrin journal of sports science and medicine*, 10(1), Ahead of Print
- Fox, J. L., Scanlan, A. T., & Stanton, R. (2017). A review of player monitoring approaches in basketball: current trends and future directions. *Journal of strength and conditioning research*, 31(7), 2021–2029.
- Fox, J. L., Stanton, R., & Scanlan, A.T. (2018). A comparison of training and competition demands in semiprofessional male basketball players. *Research quarterly for exercise and sport*, 89(1), 103-111.
- Gabbett, T. J. (2004). Reductions in pre-season training loads reduce training injury rates in rugby league players. *British journal of sports medicine*, 38(6), 743-749.
- Gabbett, T. J. (2016). The training—injury prevention paradox: should athletes be training smarter and harder? *British journal of sports medicine*, 50(5), 273-280.
- Gabbett, T. J., Kennelly, S., Sheehan, J., Hawkins, R., Milsom, J., King, E., Whiteley, R., & Ekstrand, J. (2016). If overuse injury is a 'training load error', should undertraining be viewed the same way? *British journal of sports medicine*, 50(17), 1017-1018.
- García-Rubio, J., Gómez, M. Á., Cañadas, M., & Ibáñez, J. S. (2015). Offensive rating-time coordination dynamics in basketball. Complex systems theory applied to basketball. *International journal of performance analysis in sport*, 15(2), 513-526.
- García, F., Vázquez-Guerrero, J., Castellano, J., Casals, M., & Schelling, X. (2020). Differences in physical demands between game quarters and playing positions on professional basketball players during official competition. *Journal of sports science & medicine*, 19(2), 256-263.
- García, J., Ibáñez, S., Parejo, I., Cañadas, M., & Feu, S. (2010). Análisis de los campeonatos del mundo de baloncesto masculino (2002 y 2006). Diferencias

- entre jugadores con diferentes niveles de experiencia (Senior y Junior). *European journal of human movement*, 24, 133-145.
- Gocentas, A., Jascaniniene, N., Poprzęcki, S., Jaszczanin, J., & Juozulynas, A. (2011). Position-related differences in cardiorespiratory functional capacity of elite basketball players. *Journal of human kinetics*, 30, 145–152.
- Gomes, J. H., Rebello Mendes, R., Almeida, M. B., Zanetti, M. C., Leite, G. D., & Figueira Júnior, A. J. (2017). Relationship between physical fitness and game-related statistics in elite professional basketball players: Regular season vs. playoffs. *Motriz: Revista de educação física*, 23(2), e101626.
- Gómez-Carmona, C. D., Bastida-Castillo, A., García-Rubio, J., Pino-Ortega, J., & Ibáñez, S. J. (2019). Influencia del resultado en las demandas de carga externa en baloncesto masculino de formación durante la competición oficial. *Cuadernos de psicología del deporte*, 19(1), 262-274.
- Gómez, M. A., Lorenzo, A., Jiménez, S., Navarro, R. M., & Sampaio, J. (2015). Examining choking in basketball: effects of game outcome and situational variables during last 5 minutes and overtimes. *Perceptual and motor skills*, 120(1), 111-124.
- Haddad, M., Stylianides, G., Djaoui, L., Dellal, A., & Chamari, K. (2017). Session-RPE method for training load monitoring: validity, ecological usefulness, and influencing factors. *Frontiers in neuroscience*, 11, 612.
- Hernández, D., Casamichana, D., & Sánchez-Sánchez, J. (2017). La cuantificación de la carga de entrenamiento como estrategia básica de prevención de lesiones. *Revista de preparación física en el fútbol*, 24(2), 33-39.
- Hopkins W.G. (2002). A scale of magnitudes for effect statistic. Available from: www.sportscience.org.
- Hopkins, W. G. (2000). A new view of statistics. Internet Society for Sport Science. <http://www.sportsci.org/resource/stats/>.
- Hopkins, W., Marshall, S., Batterham, A., & Hanin, J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Medicine and science in sports and exercise*, 41(1), 3-12.
- Hopkins, W. G. (1991). Quantification of training in competitive sports. *Sports medicine*, 12(3), 161-183.
- Hughes, M., & Franks, I. M. (2004). Notational analysis of sport. Systems for better coaching and performance in sport. London
- Hůlka, K., Cuberek, R., & Bělka, J. (2013). Heart rate and time-motion analyses in top junior players during basketball matches. *Acta gymnica*, 43(3), 27-35.

- Hůlka, K., Cuberek, R., & Svoboda, Z. (2014). Time–motion analysis of basketball players: a reliability assessment of Video Manual Motion Tracker 1.0 software. *Journal of sports sciences*, 32(1), 53-59.
- Impellizzeri, F. M., Marcora, S. M., & Coutts, A. J. (2019). Internal and External Training Load: 15 Years On. *International journal of sports physiology and performance*, 14(2), 270–273.
- Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., & Marcora, S. M. (2005). Physiological assessment of aerobic training in soccer. *Journal of sports sciences*, 23(6), 583-592.
- 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 sports & exercise*, 36(6), 1042-1047.
- Kaiser, H. F. (1960). The application of electronic computers to factor analysis. *Educational and Psychological Measurement*, 20, 141-151.
- Kenttā, G., & Hassmēn, P. (1998). Overtraining and recovery: A conceptual model. *Sports medicine*, 26(1), 1-16.
- Klusemann, M. J., Pyne, D. B., Foster, C., & Drinkwater, E. J. (2012). Optimising technical skills and physical loading in small-sided basketball games. *Journal of sports sciences*, 30(14), 1463–1471.
- Klusemann, M. J., Pyne, D. B., Hopkins, W. G., & Drinkwater, E. J. (2013). Activity profiles and demands of seasonal and tournament basketball competition. *International journal of sports physiology and performance*, 8(6), 623-629.
- Knicker, A. J., Renshaw, I., Oldham, A. R., & Cairns, S. P. (2011). Interactive processes link the multiple symptoms of fatigue in sport competition. *Sports medicine*, 41(4), 307-32
- Leser, R., Baca, A., & Ogris, G. (2011). Local positioning systems in (game) sports. *Sensors*, 11(10), 9778-9797.
- Luteberget, L. S., Holme, B. R., & Spencer, M. (2018). Reliability of wearable inertial measurement units to measure physical activity in team handball. *International journal of sports physiology and performance*, 13(4), 467-473.
- Manzi, V., D'ottavio, S., Impellizzeri, F. M., Chaouachi, A., Chamari, K., & Castagna, C. (2010). Profile of weekly training load in elite male professional basketball players. *The journal of strength & conditioning research*, 24(5), 1399-1406.
- Marrier, B., Robineau, J., Piscione, J., Lacome, M., Peeters, A., Hausswirth, C., Morin, J. B., & Le Meur, Y. (2017). Supercompensation kinetics of physical qualities during a taper in team-sport athletes. *International journal of sports physiology and performance*, 12(9), 1163–1169.

- Martín-García, A., Díaz, A. G., Bradley, P. S., Morera, F., & Casamichana, D. (2018). Quantification of a professional football team's external load using a microcycle structure. *The journal of strength & conditioning research*, 32(12), 3511-3518.
- McCormick, B. T., Hannon, J. C., Newton, M., Shultz, B., Miller, N., & Young, W. (2012). Comparison of physical activity in small-sided basketball games versus full-sided games. *International journal of sports science & coaching*, 7(4), 689-697.
- 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 sciences*, 13(5), 387-397.
- Montgomery, P. G., Pyne, D. B., & Minahan, C. L. (2010). The physical and physiological demands of basketball training and competition. *International journal of sports physiology and performance*, 5(1), 75-86.
- 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. *The journal of strength & conditioning research*, 26(3), 861-866.
- Moreno, E., Gómez, M. A., Lago, C., & Sampaio, J. (2013). Effects of starting quarter score, game location, and quality of opposition in quarter score in elite women's basketball. *Kinesiology*, 45(1), 48-54.
- Narazaki, K., Berg, K., Stergiou, N., & Chen, B. (2009). Physiological demands of competitive basketball. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 19(3), 425-432.
- Nicolella, D. P., Torres-Ronda, L., Saylor, K. J., & Schelling, X. (2018). Validity and reliability of an accelerometer-based player tracking device. *PloS One*, 13(2), e0191823.
- Nunes, J. A., Moreira, A., Crewther, B. T., Nosaka, K., Viveiros, L., & Aoki, M. S. (2014). Monitoring training load, recovery-stress state, immune-endocrine responses, and physical performance in elite female basketball players during a periodized training program. *The journal of strength & conditioning research*, 28(10), 2973-2980.
- O'Grady, C. J., Fox, J. L., Conte, D., Ferioli, D., Scanlan, A. T., & Dalbo, V. J. (2020). Call to Action: Recommendations to Improve the Methodological Reporting of Games-Based Drills in Basketball Research. *International journal of sports physiology and performance*, 1(aop), 1-6.
- Oba, W., & Okuda, T. (2008). A cross-sectional comparative study of movement distances and speed of the players and a ball in basketball game. *International journal of sport and health science*, 6, 203-212.

- Paulauskas, H., Kreivyte, R., Scanlan, A. T., Moreira, A., Siupsinskas, L., & Conte, D. (2019). Monitoring workload in elite female basketball players during the in-season phase: Weekly fluctuations and effect of playing time. *International journal of sports physiology and performance*, 14(7), 941-948.
- Pehar, M., Sekulic, D., Sisic, N., Spasic, M., Uljevic, O., Krolo, A., Milanovic, Z., & Sattler, T. (2017). Evaluation of different jumping tests in defining position specific and performance-level differences in high level basketball players. *Biology of sport*, 34(3), 263-272.
- Petway, A. J., Freitas, T., Calleja-González, J., Medina Leal, D., & Alcaraz, P. E. (2020). Training load and match-play demands in basketball based on competition level: A systematic review. *PLoS One*, 15(3), e0229212.
- Pino-Ortega, J., Rojas-Valverde, D., Gómez-Carmona, C. D., Bastida-Castillo, A., Hernández-Belmonte, A., García-Rubio, J., Nakamura, F. Y., & Ibáñez, S. J. (2019). Impact of contextual factors on external load during a congested-fixture tournament in elite u'18 basketball players. *Frontiers in psychology*, 10, 1100.
- Portes, R., Jiménez, S. L., Navarro, R. M., Scanlan, A. T., & Gómez, M. Á. (2020). Comparing the External Loads Encountered during Competition between Elite, Junior Male and Female Basketball Players. *International journal of environmental research and public health*, 17(4), 1456.
- Puente, C., Abián-Vicén, J., Areces, F., López, R., & Del Coso, J. (2017). Physical and physiological demands of experienced male basketball players during a competitive game. *The journal of strength and conditioning research*, 31(4), 956-962.
- Rabbani, A., & Buchheit, M. (2016). Ground travel-induced impairment of wellness is associated with fitness and travel distance in young soccer players. *Kinesiology*, 48(2), 200-206.
- Rampinini, E., Impellizzeri, F. M., Castagna, C., Abt, G., Chamari, K., Sassi, A., & Marcora, S. M. (2007). Factors influencing physiological responses to small-sided soccer games. *Journal of sports sciences*, 25(6), 659-666.
- Reina, M., García-Rubio, J., Feu, S., & Ibáñez, S. J. (2019). Training and competition load monitoring and analysis of women's amateur basketball by playing position: approach study. *Frontiers in psychology*, 9, 2689.
- Reina, M., García-Rubio, J., & Ibáñez, S. J. (2020). Training and competition load in female basketball: A systematic review. *International journal of environmental research and public health*, 17(8), 2639.
- Rovnáková, J., Svecova, M., Kocur, D., Nguyen, T. T., & Sachs, J. (2008, April). Signal processing for through wall moving target tracking by M-sequence UWB radar. In 2008 18th International Conference Radioelektronika (pp. 1-4). IEEE.

- Russell, J. L., McLean, B. D., Impellizzeri, F. M., Strack, D. S., & Coutts, A. J. (2020). Measuring physical demands in basketball: An explorative systematic review of practices. *Sports medicine*, 51(1), 81-112.
- Salado, J., Bazaco, M.J., Ortega-Toro, E., & Gómez-Ruano, M. A. (2011). Opinion of coaches on the distribution of technical-tactical content and teaching in different categories of basketball training. *Cuadernos de psicología del deporte*, 11(2), 51-62.
- Sampaio, J., Abrantes, C., & Leite, N. (2009). Power, heart rate and perceived exertion responses to 3x3 and 4x4 basketball small-sided games. *Revista de psicología del deporte*, 18(3), 463-467.
- Sampaio, J., Lago-Peñas, C., & Gómez, M. A. (2013). Brief exploration of short and mid-term timeout effects on basketball scoring according to situational variables. *European journal of sport science*, 13(1), 25-30.
- Sampaio, J., McGarry, T., Calleja-González, J., Jiménez Sáiz, S., Schelling, X., & Balciunas, M. (2015). Exploring game performance in the National Basketball Association using player tracking data. *PLoS one*, 10(7), e0132894.
- Sansone, P., Tschann, H., Foster, C., & Tessitore, A. (2020). Monitoring training load and perceived recovery in female basketball: Implications for training design. *Journal of strength and conditioning research*, 34(10), 2929-2936.
- 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(4), 341-347.
- Scanlan, A.T., Dascombe, B., & Reaburn, P. (2011). A comparison of the activity demands of elite and sub-elite Australian men's basketball competition. *Journal of sports sciences*, 29(11), 1153-1160.
- Scanlan, A.T., Dascombe, B.J., & Reaburn, P. (2014a). Development of the basketball exercise simulation test: A match-specific basketball fitness test. *Journal of human sport and exercise*, 9(3), 700-712.
- Scanlan, A. T., Fox, J. L., Milanović, Z., Stojanović, E., Stanton, R., & Dalbo, V. J. (2019). Individualized and fixed thresholds to demarcate playerload intensity zones produce different outcomes. *Journal of strength and conditioning research*. [Volume publish ahead of print] doi: 10.1519/JSC.0000000000003001.
- Scanlan, A. T., Tucker, P. S., Dascombe, B. J., Berkelmans, D. M., Hiskens, M. I., & Dalbo, V. J. (2015). Fluctuations in activity demands across game quarters in professional and semiprofessional male basketball. *The journal of strength & conditioning research*, 29(11), 3006-3015.

- Scanlan, A. T., Wen, N., Tucker, P. S., & Dalbo, V. J. (2014b). The relationships between internal and external training load models during basketball training. *The journal of strength & conditioning research*, 28(9), 2397-2405.
- Schelling, X., & Torres-Ronda, L. (2016). Accelerometer load profiles for basketball-specific drills in elite players. *Journal of sports science & medicine*, 15(4), 585.
- Schelling, X., Calleja González, J., & Terrados, N. (2011). Hormonas y baloncesto. Revisión (I). *Archivos de medicina del deporte*, 28(145), 374-382.
- Scott, M. T., Scott, T. J., & Kelly, V. G. (2016). The validity and reliability of global positioning systems in team sport: A brief review. *Journal of strength and conditioning research*, 30(5), 1470-1490.
- Sirotic, A., Coutts, A., Knowles, H., & Catterick, C. A. (2009). Comparison of match demands between elite and semi-elite rugby league competition. *Journal of sports science*, 27, 203-211.
- 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(1), 111-135.
- Svilar, L., Castellano, J., & Jukić, I. (2018a). Load monitoring system in top-level basketball team: Relationship between external and internal training load. *Kinesiology*, 50(1), 25-33.
- Svilar, L., Castellano, J., & Jukic, I. (2019a). Comparison of 5vs5 training games and match-play using microsensor technology in elite basketball. *The journal of strength & conditioning research*, 33(7), 1897-1903.
- Svilar, L., Castellano, J., Jukic, I., Bok, D. (2019b). Short-term tapering prior to the match: external and internal load quantification in top-level basketball. *Archivos de medicina del deporte*, 36(5), 288-295.
- Svilar, L., Castellano, J., Jukic, I., & Casamichana, D. (2018b). Positional differences in elite basketball: Selecting appropriate training-load measures. *International journal of sports physiology and performance*, 13(7), 947-952.
- Toro, E. O., Andrés, J. M., Gómez, M. A., Ibañez, S. J., Lorenzo, A., & Sampaio, J. (2010). Efecto de la solicitud de tiempos muertos sobre el marcador y el tipo de defensa empleados por los equipos en baloncesto. *European journal of human movement*, 24, 95-106.
- Torres-Ronda, L., Ric, A., Llabres-Torres, I., De las Heras, B., & Schelling, X. (2016). Position-dependent cardiovascular response and time-motion analysis during training drills and friendly matches in elite male basketball players. *The journal of strength & conditioning research*, 30(1), 60-70.

- Trapero, J., Sosa Marín, C., Zhang, S., Portes, R., Gómez-Ruano, M. Á., Bonal, J., & Lorenzo, A. (2019). Comparison of the movement characteristics based on position-specific between semi-elite and elite basketball players. *Revista de psicología del deporte*, 28(3), 140-145.
- Urhausen, A., & Kindermann, W. (2002). Diagnosis of overtraining: what tools do we have? *Sports medicine*, 32(2), 95-102.
- Vaquera, A., Refoyo, I., Villa, J. G., Calleja-Gonzalez, J., Rodríguez-Marroyo, J. A., García-López, J., & Sampedro, J. (2008). Heart rate response to game-play in professional basketball players. *Journal of human sport and exercise*, 3(1), 1-9.
- Vaquera, A., Suárez-Iglesias, D., Guiu, X., Barroso, R., Thomas, G., & Renfree, A. (2018). Physiological responses to and athlete and coach perceptions of exertion during small-sided basketball games. *The journal of strength & conditioning research*, 32(10), 2949-2953.
- Vázquez-Guerrero, J., & Garcia, F. (2020a). Is it enough to use the traditional approach based on average values for basketball physical performance analysis? *European journal of sport science*, 1-8.
- Vázquez-Guerrero, J., Ayala, F., Garcia, F., & Sampaio, J. (2020b). The most demanding scenarios of play in basketball competition from elite Under-18 teams. *Frontiers in psychology*, 11, 552.
- Vázquez-Guerrero, J., Casals, M., Corral-López, J., & Sampaio, J. (2020c). Higher training workloads do not correspond to the best performances of elite basketball players. *Research in sports medicine*, 28(4), 540-552.
- Vazquez-Guerrero, J., Fernández-Valdés, B., Jones, B., Moras, G., Reche, X., & Sampaio, J. (2019a). Changes in physical demands between game quarters of U18 elite official basketball games. *Plos one*, 14(9), e0221818.
- Vázquez-Guerrero, J., Jones, B., Fernández-Valdés, B., Moras, G., Reche, X., & Sampaio, J. (2019b). Physical demands of elite basketball during an official U18 international tournament. *Journal of sports sciences*, 37(22), 2530-2537.
- Vazquez-Guerrero, J., Reche, X., Cos, F., Casamichana, D., & Sampaio, J. (2018a). Changes in external load when modifying rules of 5-on-5 scrimmage situations in elite basketball. *The journal of strength & conditioning research*, 34(11), 3217-3224.
- Vázquez-Guerrero, J., Suarez-Arrones, L., Gómez, D. C., & Rodas, G. (2018b). Comparing external total load, acceleration and deceleration outputs in elite basketball players across positions during match play. *Kinesiology*, 50(2), 228-234.

- Vencúrik, T., Nykodým, J., & Struhár, I. (2015). Heart rate response to game load of U19 female basketball players. *Journal of human sport and exercise*, 10(1), 410-417.
- Weiss, K. J., Allen, S. V., McGuigan, M. R., & Whatman, C. S. (2017). The relationship between training load and injury in men's professional basketball players. *International journal of sports physiology and performance*. 12(9), 1238-1242.
- Wilkerson, G. B., Gupta, A., Allen, J. R., Keith, C. M., & Colston, M. A. (2016). Utilization of practice session average inertial load to quantify college football injury risk. *Journal of strength and conditioning research*, 30(9), 2369-2374.
- Windt, J., Ekstrand, J., Khan, K. M., McCall, A., & Zumbo, B. D. (2018). Does player unavailability affect football teams' match physical outputs? A two-season study of the UEFA champions league. *Journal of science and medicine in sport*, 21(5), 525-532.
- 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.
- Zurutuza, U., Castellano, J., Echeazarra, I., & Casamichana, D. (2017). Absolute and relative training load and its relation to fatigue in football. *Frontiers in psychology*, 8, 878.

ANEXOS



12. ANEXOS

12. 1. ANEXO 1: INFORME FAVORABLE COMITÉ DE ÉTICA



NAZIOARTEKO
BIKANTASUN
CAMPUSA
CAMPUS DE
EXCELENCIA
INTERNACIONAL

IKERKETA SAILEKO ERREKTOREORDETZA
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

GIZAKIEKIN ETA HAUEN LAGIN ETA DATUEKIN
EGINDAKO IKERKETEI BURUZKO ETIKA
BATZORDEAREN (GIEB-UPV/EHU) TXOSTENA

M^a Jesús Marcos Muñoz andreak, Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitateko (UPV/EHU) GIEBeko idazkari gisa,

INFORME DEL COMITÉ DE ÉTICA PARA LAS
INVESTIGACIONES CON SERES HUMANOS, SUS
MUESTRAS Y SUS DATOS (CEISH-UPV/EHU)

M^a Jesús Marcos Muñoz como Secretaria del CEISH de la Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU)

CERTIFICA

Que este Comité de Ética para la Investigación con Seres Humanos, CEISH-UPV/EHU, BOPV 32, 17/2/2014, **Ha evaluado** la propuesta del investigador:

D. Julen Castellano Paulis, M10_2018_027, para la realización del proyecto de investigación: *"Monitorización y evaluación de la carga de entrenamiento en un club profesional de baloncesto"*

ZIURTATZEN DU

Ezen gizakiek in egindako ikerkuntzaren etika batzorde honek, GIEB-UPV/EHU, (2014/2/17ko 32. EHAA)

Balioetsi duela ondoko ikertzailearen proposamen hau:

Julen Castellano Paulis andreak, M10_2018_027, honako ikerketa proiektu hau egiteko: "Monitorización y evaluación de la carga de entrenamiento en un club profesional de baloncesto"

Y considerando que,

Eta aintzat hartuta ezen

1. Ikerketa justifikatuta dago, bere helburuei esker jakintza areagotu eta gizarteari onura ekarriko baitio, ikerlanak lekartzakeen eragozpen eta arriskuak arazoizko izanik.
2. Ikertzaile taldearen gaitasuna eta erabilgarritasun dituzten ballabideak aproposak dira proiektua gauzatzeko.
3. Ikerketaren planteamendua bat dator era honetako ikerkuntza egin ahal izateko baldintza metodologiko eta etikoekin, ikerkuntza zientifikoaren praktika egokien irizpideei jarraiki.
4. Indarreko arauak betetzen ditu, ikerketa egin ahal izateko balmenak, akordioak edo hitzarmenak barne.

1. La investigación está justificada porque sus objetivos permitirán generar un aumento del conocimiento y un beneficio para la sociedad que hace asumibles las molestias y riesgos previsibles.
2. La capacidad del equipo investigador y los recursos disponibles son los adecuados para realizarla.
3. Se plantea según los requisitos metodológicos y éticos necesarios para su ejecución, según los criterios de buenas prácticas de la investigación científica.
4. Se cumple la normativa vigente, incluidas las autorizaciones, acuerdos o convenios necesarios para llevarla a cabo.

Aldeko Txostena eman du 2018ko apirilaren 26 egin duen bileran (100/2018akta) aipatutako ikerketa proiektua ondoko ikertzaileek osatutako taldeak egin dezan:

Ha emitido en la reunión celebrada el 26 de abril de 2018 (acta 100/2018), **INFORME FAVORABLE** a que dicho proyecto de investigación sea realizado, por el equipo investigador:

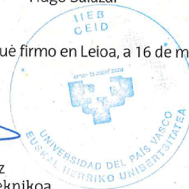
Julen Castellano Paulis
Hugo Salazar

Julen Castellano Paulis
Hugo Salazar

Eta halaxe sinatu du Leioan, 2018ko maiatzaren 16an

Lo que firmo en Leioa, a 16 de mayo de 2018

M^a Jesús Marcos Muñoz
GIEB-UPV/EHUko idazkari teknikoa
Secretaria Técnica del CEISH-UPV/EHU




12.2. ANEXO 2: ESTUDIO 1

E-Balomanano.com: Revista de Ciencias del Deporte / Abrev: Ebm. Recide [es] - Abrev: EBM. JSS [en]
Universidad de Extremadura & Federación Extremeña de Balonmano, España / ISSN: 1885-7019 / Vol. 16, Nº 2 / 2020

Artículo original / Original Article

ANALYSIS OF BASKETBALL GAME: RELATIONSHIP BETWEEN LIVE ACTIONS AND STOPPAGES IN DIFFERENT LEVELS OF COMPETITION

Análisis del juego en Baloncesto: relaciones entre las acciones de balón jugado y balón parado en diferentes niveles de competición

Hugo Salazar ¹ , Julen Castellano Paulis ^{1*} 

¹ University of the Basque Country (UPV/EHU), Faculty of Education and Sport, Spain

* Correspondence: julen.castellano@ehu.es

Recibido: 09/08/2019; Aceptado: 06/04/2020; Publicado: 30/06/2020

Abstract

The purpose of this study was to investigate durations of live-time actions (LA) and stoppages (ST) and to compare the distribution of durations among different levels of competition and quarters. LA and ST have been recorded during 21 official games in four different levels of competition: Under 16-years-old (Spanish U16), 3rd division competition (Spanish LEB), 1st division competition (Spanish ACB) and Euroleague (EUR). One-way analysis of variance, Cohen's d (d) were implement to interpret the magnitude of differences and a sequential analysis was also performed. 72.8% of all ST events lasted less than 44 s and only 1% were longer than 120 s. EUR level has longer ST durations compared with LEB ($d=0.25$) and U16 ($d=0.36$). Fourth quarter exhibit the longest durations of ST ($d=-0.32$) due to a higher number of time outs and free throws events. Sequential analysis showed how short durations of LA (<16 s) were followed by short durations of ST (<14 s), and long ones (>46 s) activated long periods of SP (>38 s). The practical application of these results should be considered for the design of game-based conditioning programs, especially by understanding the most demanding scenario, with applicability in different levels of basketball.

Keywords: Team sport; time analysis; observation; elite; academy.

Resumen

El propósito de este estudio fue investigar la duración de las acciones jugadas y el tiempo de pausa (ST) y comparar la distribución de las duraciones entre los diferentes niveles y cuartos. La duración se ha registrado durante 21 partidos oficiales en cuatro niveles competitivos: Cadetes (U16), 3^a división española (LEB), 1^a división (ACB) y Euroliga (EUR). Se implementó un análisis de variancia, la d de Cohen (d) para interpretar la magnitud de las diferencias y un análisis secuencial. El 72.8% de las ST duraron menos de 44 s y solo el 1% fueron más largos que 120 s. En EUR las ST fueron más largas que en LEB ($d=0.25$) y U16 ($d=0.36$). El último cuarto exhibe las duraciones más largas de ST ($d=-0.32$) debido a un mayor número de tiempos muertos y eventos de tiros libres. El análisis secuencial mostró cómo las duraciones cortas de acciones jugadas (<16 s) fueron seguidas por duraciones cortas de pausa (<14 s), y las largas (>46 s) activaron largos períodos de pausa (>38 s). La aplicación práctica está orientada al diseño de programas de entrenamiento basados en el juego, especialmente para comprender los escenarios más demandantes, con aplicabilidad en diferentes niveles de baloncesto.

Palabras clave: deporte de equipo; análisis temporal; observación; elite; formación.


Fuentes de Financiación / Funding: The authors gratefully acknowledge the support of a Spanish government subproject Mixed method approach on performance analysis (in training and competition) in elite and academy sport [PGC2018-098742-B-C33] (2019-2021) [del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades (MCIU), la Agencia Estatal de Investigación (AEI) y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER)], that is part of the coordinated project New approach of research in physical activity and sport from mixed methods perspective [NARPAS_MM] [SPGC201800X098742C0].

Agradecimientos / Acknowledgments: -

Conflicto de intereses / Conflicts of Interest: Los autores no declaran conflicto de intereses / The authors declare no conflict of interest

Citación / Citation: Salazar, H. & Castellano, J. (2020). Analysis of basketball game: relationship between live actions and stoppages in different levels of competition. *E-balomanano.com Journal Sports Science*, 16(2), 109-118.

Sección / Section: Análisis del rendimiento deportivo / Performance analysis in sport

Editor de Sección / Edited by: Sergio J. Ibáñez, Universidad de Extremadura, España 

Introduction

Basketball is the second sport with the most licenses worldwide (Scanlan, Teramoto, Delforce, & Dalbo, 2016). This popularity among other sports has led researchers and clubs to try to shed the internal logic of the game in search of factors or variables that could understand game's complexity. Such knowledge about the game can lead to the development of strategies for improving the performance of the players and, as a result, in a greater show for the fans.

The timing of the game can be carried out with a temporary limit of 24 s in the possession of the ball by a team. Although, if that time limit is not exhausted, the exchange of possessions will happen continuously until the referee stops the game for a violation of rules. A break by the technical staff in the form of "time out" (TO) or substitutions are also possibilities where game can be stopped. It is this alternation between the ball-in-play and the stoppages (ST) which gives the basketball a character of intermittence, beyond the merely studied during the "live time" (Torres-Ronda, Ric, Llabres-Torres, De las Heras, & Schelling, 2016). The knowledge of the frequency, duration and order of live actions (LA) and stoppages may provide a useful information for practitioners to better understanding demands of the game.

Across the available literature (Stojanović, Stojiljković, Scanlan, Dalbo, Berkelmans, & Milanović, 2018), it is clear that most of the playing time is performed in low- to moderate-intensity activities (23.4-66.3%), while only the 0.4-9.3% is given to high-intensity actions. Although, the knowledge on the total distribution of the load is well-founded, it is not known how the demands of the competition are linked and, in particular, the description of the most demanding scenarios (Gabbett, Kennelly, Sheehan, Hawkins, Milsom, King et al., 2016), what has already begun to be investigated in other team sports such as rugby (Delaney, Duthie, Thornton, Scott, Gay, & Dascombe, 2016) or football (Martín-García, Casamichana, Díaz, Cos, & Gabbett, 2018). The description of playing and rest time may describe the most demanding passages (e.g., large live action periods) that occur during basketball game and therefore, could help coaching staff in developing a better and more efficient training programs.

From a dynamic perspective, the scientific literature focused on sequential analysis on basket is scarce (Anguera & Hernández-Mendo, 2015), and despite the importance in the order of occurrence on decision-making in this sport, very few studies have centre the attention on it. Basically, from this perspective it is promoted the study of the teams as a network, defining players as nodes and ball movements as links (Courel-Ibáñez, Suárez-Cadenas, & Cárdenas-Vélez, 2017). Lag sequential analysis has proven to be a powerful tool for analyzing activation or inhibition between what are known as given and target behaviors (Bakeman & Quera, 2011). From this approach, it could be interesting to predict the existence of particular transition patterns among effective game and break states in basketball.

Situational variables have been analysed in previous studies to distinguish players according to the playing level at which they play showing that senior players performed higher number of fouls during games with similar number of ball possession compared with junior level (García, Ibáñez, Parejo, Cañadas, & Feu, 2010). These episodes of fouls (F), or TO would result in more time of stoppages during the game, allowing short-term recovery periods for players (Ostojic, Markovic, Calleja-Gonzalez, Jakovljevic, Vucetic, & Stojanovic, 2010). Similar results for activity frequency and total distance covered by player have been shown between the four quarters of the game (Abdelkrim, Castagna, El Fazaa, & El Ati, 2010; Scanlan, Dascombe, Reaburn, & Dalbo; Matthew & Delextrat, 2009). Moreover, the time spent in high-intensity activities during the first quarter was longer (Abdelkrim et al., 2010) and significantly decreased in the last quarter (Abdelkrim, El Fazaa, El Ati, & Tabka, 2007).

For all the above, the purpose of the present study is twofold: on one hand, to describe the durations of the effective game live actions and stoppages time, and to investigate diachronic relationships among these states. On the other hand, the aim was to compare the distribution of game durations in different levels of competition. The applications of the results of this study are directly connected to practical application in training process. Information from this study would allow coaches to design and put into practice different strategies that stimulate competition demands, preparing players for the most demanding scenarios of the games.

Method

Design

Among the possible observation designs, taking as a reference the criteria number of units or participants and temporality (Anguera, Blanco, Hernández, & Losada, 2011), the design of the study is located in quadrant III, considering the basic features of: punctual, nomothetic and multidimensional. The location in this quadrant is justified because the fact that there are several units that will be observed (different teams), the record despite being carried out during a season, no follow-up analysis has been applied. Nevertheless, there is within-session (game) sequential following of the events. Since the registered data was sequentially recorded (Castellano, Perea, Alday, & Hernández-Mendo, 2008), it was possible to conduct intensive diachronic study (e.g., synchronic analyses can be used to investigate associations between categorical variables).

Participants

A total of 21 full games have been randomly selected during the 2017-18 and 2018-19 seasons, in the competitive period. The divisions analysed were EURO (Euroleague or elite European League, n = 5 games), ACB (Spanish first division, n = 5 games), LEB (3rd Spanish division, n = 5 games), U16 (Spain U16 championship, n = 6 games). Categories were selected corresponding from an elite Spanish basketball team in which the first team compete at elite level (ACB and Euroleague), second team in LEB and U16 team from academy basketball. All the matches followed the FIBA (International Basketball Federation) standards and were analysed only during competitive period of season. Pre-season and play-off games were excluded. Games were selected with a final result of ± 10 points in order to have a homogeneity sample and were coded on live time in the court where the game was played.

This study has received the approval of the Committee of Ethics in Research involving humans' beings (CEISH) of the University of the Basque Country (UPV/EHU).

Variables: Live actions and Stoppages

The temporal distribution of the events during the game were carried out considering the effective time of live actions (LA) and break time or stoppages (SP). LA was considered since the referee indicated and gave the ball to the player to put it into play. At the moment, in which the referee stopped the game, a SP time was measured until a new LA event started. The SP was divided using a taxonomic system with different exhaustive and mutually exclusive categories (Table 1).

Table 1. Codes and description of the stoppage's categories.

Code	Description
TO	Duration between the referee for the game until it is put back on march having a "time out" within this period. During this time, substitution can occur.
FT	Time elapsed between the signalling of the offense by the referee until the player throws the last free throw corresponding to the infraction. During this time, substitution can occur.
FAUL	Time elapsed between the fault indication by the referee until the referee gave the ball to the player to start the game again. During this time, substitution can occur.
OUT	Time elapsed between when the referee indicates that the ball has left the limits of the field until it starts the game. During this time, substitution can occur.
IQ	Time elapsed between the 1 st and 2 nd quarter and between the 3 rd and 4 th quarter.
HT	Time elapsed between the end of the 2 nd quarter and the 3 rd quarter.
OTHER	Situations of fights, substitutions, foot infringement, end of possession and arrests by the referees for the use of instant replay, conversations with coaches and technical problems.

Procedure

Prior to the registration of all matches, a test of the quality of the data was carried out. The matches were encoded live from the coding tool configured in EasyTag® and was performed by an experienced researcher (more than five year working as analyst). Subsequently, the intra-observer concordance analysis was implemented, estimating Cohen's Kappa coefficient (Cohen, 1988), using the GSEQ 5.1 computer application for Windows (Bakeman, Quera and Gnisci, 2009).

For this analysis, two types of strategy were used, considering the records as event-type data or state-type data. In the sequence of events, only the occurrence of the categories is considered, while the sequence of states also considers the duration of each of the categories (Anguera, Blanco-Villaseñor, Losada and Hernández-Mendo, 2000). In both cases, the value of the Kappa was optimal, 0.91 and 0.70 for the events and the states (with a time window of five seconds), respectively. These results can be considered optimal to carry out the study from this coding tool and with this training of the observers.

Statistical analysis

Data was presented as mean, 95% confident intervals (95%CI) and range done using iNZight version 3.0.3 (released 12 October 2016, <http://www.gnu.org/licenses/gpl-2.0-standalone.html>, the University of Auckland, New Zealand) running in R version 3.2.3. In order to analyse the data, the statistical package SPSS version 24.0 (SPSS Inc., Illinois, USA) for Windows was used for the descriptive analysis and comparison of means. The comparisons were carried out for competition level (EURO, ACB, LEB and U16) and quarters, from first to fourth one (Q1, Q2, Q3 and Q4, respectively).

The sequential analysis program GSEQ 5.1 was also used for Windows (Bakeman et al., 2009) to carry out the sequential analyses. The results of the lag sequential analysis were interpreted by using the adjusted residuals obtained for each of the given behaviours (La and SP grouped according to their duration) in the two first lags studied. Afterwards, an analysis of their relationship with each of the target behaviors (the same grouped categories; e.g., 1st lag = from LA to SP and from SP to LA, and 2nd lag = from LA to LA). Each of the prospective lags (plus one or two) showed whether the target behaviours have an activating or inhibitory effect on the subsequent state (LA or SP grouped). LA and SP were grouped according to divide the duration in quartiles. The grouping for the LA was: LAQ1 = durations of <16 s, LAQ2 = durations between 16 and 28 s, LAQ3 = durations between 28 and 46 s, and LAQ4 duration >46 s. With respect to SP, the groups were: STQ1 = durations of <14 s, STQ2 = durations between 14 and 22 s, STQ3 = durations between 22 and 38 s, and STQ4 duration >38 s.

A one-way ANOVA with Bonferroni post-hoc test was executed in order to compare means of LA and ST event by 1) levels and 2) quarters. The effect size of the differences was calculated and qualitative interpretations were provided as follows: 0-0.19 trivial; 0.2-0.59 small; 0.6-1.19 moderate; 1.2-1.99 large; > 2 very large (Cohen, 1988; Hopkins, 2002). Coefficient of variation (CV) was calculated, standard deviation divided by the mean per 100, for LA and ST variables. Levels of $p < 0.05$ were adopted as an indicator of significance.

Results

Descriptive analysis

A total of 3,093 observations was used for analysis. The number of events per game of LA were (71.4 ± 5.6) being the highest in matches ACB (ACB > LEB [$d = 2.01$, *very large*], > U16 [$d = 1.11$, *moderate*] and > EUR [$d = 1.33$, *large*]) as well as the number of F. For the event OUT: U16 > LEB [$d = 1.17$, *moderate*], > ACB [$d = 1.99$, *large*] and > EUR [$d = 2.62$, *very large*]. As for TL and TM, the ACB is the competition where it occurs most frequently per game assuming 14% and 6% of the shares, respectively.

Salazar, H. & Castellano, J.

In the quarter analysis highlights the increase of TO during the Q4 of the game, assuming 7% of the total shares of the Q4. Lower FT during the Q1 compared with the other three (Q1 < Q2 [$d = 0.74$, *moderate*], <Q3 [$d = 0.67$, *moderate*] and <Q4 [$d = 0.75$, *moderate*]). The number of LA shares increased by Q2 compared to Q4 [$d = 0.04$, *trivial*], Q3 [$d = 0.32$, *small*] and Q1 [$d = 0.51$, *small*].

LA had an average (95%CI) duration of 34.6 s (32.1-37.1 s), while ST was 31.8 s (28.3-34.5) s, obtaining a work / rest ratio of 1.1. Most of LA's actions were concentrated below the 44 s of duration (72.8% of the total of the events) and almost 85% of all are below the minute of duration. Very few balls in play (around 1%) last more than 120 s. In terms of ST events, 75.9% had a duration of less than 39 s, although there was a high percentage of ST events (24.1%, corresponding to FT and TO) above 41 s. Finally, the 13.1% of ST shares have a duration of less than 10 s.

Figure 1 showed mean (95%CI) duration of LA the four different leagues: U16: 34.4 s (31.9-37.0 s), LEB: 36.5 s (34.0-39.1 s), ACB: 33.0 s (30.6-35.4 s) and EUR: 34.4 s (31.7-37.1 s). As well as SP: U16: 27.1 s (24.9-29.4 s), LEB: 30.2 s (27.7-32.7 s), ACB: 33.0 s (30.0-36.0 s) and EUR: 36.9 s (33.7-40.1 s). There were differences in ST between EUR with LEB and U16 ($p < .01$, $d = 0.25$ *small*; $p < .01$, $d = 0.37$ *small*) and ACB with U16 ($p < .01$, $d = 0.21$ *small*).

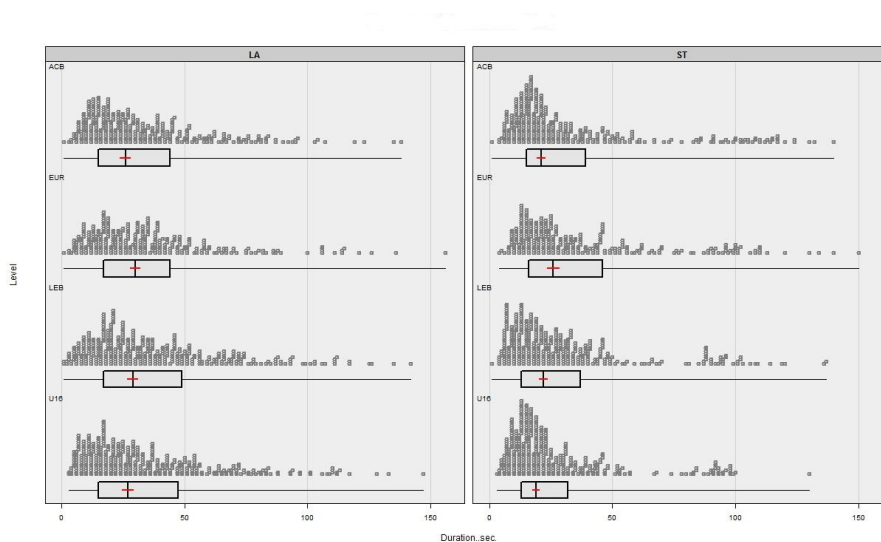


Figure 1. Frequency of the durations of live-actions (LA) and Stoppages (ST) in EURO (Euroleague or elite European League), ACB (Spanish first division), LEB (3rd Spanish division) and U16 (Spain U16 championship).

Mean (95%CI) duration for LA between quarters were as follows: Q1: 37.1 s (34.2-40.1), Q2: 33.1 s (30.7-35.5 s), Q3: 35.2 s (32.6-37.7 s) and Q4: 33.6 s (31.3-36.0 s). For ST event, significant differences were found between Q1 with Q2 and Q4 ($p < .01$: $d = -0.25$ *small*; $p < .01$: $d = -0.32$ *small*), respectively (Figure 2).

Analysis of basketball game: relationship between live actions and stoppages in different levels of competition

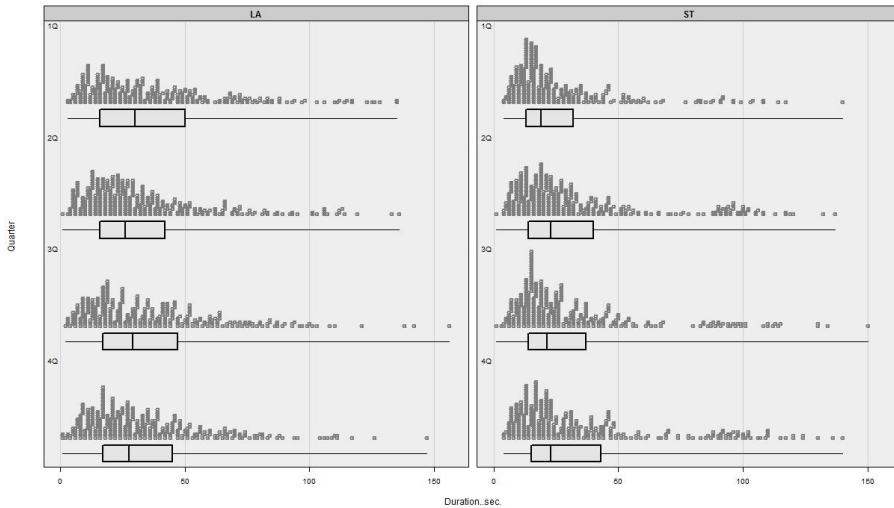


Figure 2. Frequency of the durations of live-actions (LA) and Stoppages (ST) by quarters. 1Q is first quarter, 2Q is the second quarter, 3Q is the third quarter and 4Q is the fourth quarter.

Sequential analysis

In Table 2, the results of adjusted residuals (RSAJ) are shown for three types of analysis. Firstly, as the lag +1, LA was taken as a function of the duration and considering as conditioned variables the four sub-categories of ST. For interpretation, values above 1.96 or below -1.96 significantly highlight the activation or inhibition, respectively, of these categories with respect to the criterion category (Bakeman et al., 2009).

As can be appreciated, short ball durations in play triggered the presence of short stopped ball durations (STQ1) and inhibited the long stopped ball durations (STQ3 and STQ4). On the same line, longer duration balls brought with it a later presence of long-term stopped balls for the lag +1. This same tendency also occurred for the second of the delays, that is to say, with the next ball in play once it was resumed, being that again the presence of short ball durations in game (LAQ1) was inhibited and the presence of durations was activated long (STQ4) of ball in play. On the other hand, when the ST variables were considered as focal behaviour, no significant transitions were found towards periods of less or longer duration, with the exception of the STQ1-LAQ3 pattern.

Table 2. Values of adjusted residuals of the sequential analysis.

Given variables	Target variables							
	lag +1				lag +2			
	SPQ ₁	SPQ ₂	SPQ ₃	SPQ ₄	LAQ ₁	LAQ ₂	LAQ ₃	LAQ ₄
LAQ ₁	7.08*	0.36	-2.58*	-4.76*	0.67	0.46	-1.42	0.23
LAQ ₂	1.23	-0.52	-0.49	-0.18	1.50	0.22	-0.13	-1.59
LAQ ₃	-2.61*	1.30	-0.23	1.49	-0.12	0.05	1.60	-1.43
LAQ ₄	-5.67*	-1.07	3.21*	3.44*	-2.00*	-0.71	0.00	2.68*
Given variables	LAQ ₁	LAQ ₂	LAQ ₃	LAQ ₄				
SPQ ₁	0.30	-0.92	1.98#	-1.27				
SPQ ₂	-0.27	0.08	0.57	-0.34				
SPQ ₃	1.21	0.08	-1.85	0.46				
SPQ ₄	-1.24	0.73	-0.62	1.10				

Note: * is $p < .01$, # is $p < .05$. LAQ1 = durations of <16 s, LAQ2 = durations between 16 and 28 s, LAQ3 = durations between 28 and 46 s, and LAQ4 duration > 46 s. SPQ1 = durations of <14 s., SPQ2 = durations between 14 and 22 s, SPQ3 = durations between 22 and 38 s, and SPQ4 duration > 38 s.

Discussion

The present study evaluated the time in which basketball players were actually playing, and time when the game was stopped with a specific perspective to event's durations and sequential patterns between them. The main results of the study indicated that regardless of the competitive level and the games' quarters, the average duration of activity and break is around 30 s (35 and 31 s for LA and SP, respectively), however, there is a high variability in both states ($CV = 75\%$). This high variability encompasses scenarios of prolonged demands (e.g., long duration) where the duration of LA is greater than 120 s of continuous play along with ultra-short passages that do not exceed 5 s of activity. Considering the sequential aspect of events, as has been previously proposed (Fernandez, Camerino, Anguera, & Jonsson, 2009), the estimated patterns showed probabilities of transition between events over those estimated by random. It should be noted, for example, that reduced live periods also activated SP of short duration, while longer durations of LA time implied the later presence (lag +1) of longer periods of SP. However, same patterns did not happen when the SP were considered as focal or criteria category, where it practically did not activate the presence of any particular LA time, with the exception of STQ1 with LAQ3.

In all categories and quarters, the competition showed that 85% of LA action were below one-minute duration and breaks were shorter than 39" in the 75,9% of cases. These data were in contrast with previous values recorded in seasonal and tournament Australian games where mean playing time and break periods were longer (Klusemann, Phyne, Hopkins & Drinkwater, 2013). These data indicate that short conditioning intervals (20- to 50 s) with work to rest ratio of 1 may be more specific for basketball game-based training. Furthermore, basketball players need a high metabolic capacity in order to be prepared for worse scenarios during games with durations above 120 s of playing time and short breaks times (10-to 20 s).

Considering the competitive level of the games, the results showed that as the level was higher, SPs had a longer average duration. There are many factors that can justify these results, from tactical decisions, such as the type of defence (e.g. individual, zone...) or the use of TO strategically by coaching staff (e.g. breaking the opponent's winning streak) that can influence the dynamics of the game and, therefore, the scoreboard (Toro, Andrés, Gómez, Godoy, Lorenzo, & Sampaio, 2010), although it does not seem to affect the player's physical response (Sampaio, Leser, Baca, Calleja-Gonzalez, Coutinho, Gonçalves et al., 2016). The importance of the competitive level seems to have an impact on the decisions made in the game and, therefore, on the dynamics involved within it. In the same way, referee's decisions have a great impact, which is why normally referees are more likely to review dubious plays with more thoroughness. This favours the recovery of the players, because during the ST the player is passively standing or performing a very low intensity activity (walking) that promotes a short-medium passive recovery of the athlete, which could help them to maintain high intensity levels for longer periods of time when the ball is in play (Dupont, Blondel, & Berthoin, 2003). The results found were in contrast to previous studies where no differences were found in the duration of ST in junior international vs. national players (Ben Abdelkrim et al., 2010), or in professional versus semi-professional (Scanlan, Tucker, Dascombe, Berkelmans, Hiskens, & Dalbo, 2015). In the present work, these differences exist in the duration of the SP between different competitive levels. Studies in soccer have shown that a higher competitive level is usually linked to a greater weight of the stopped ball, being in many cases a goal to set pieces what elucidates the winner of the match (Castellano, Casamichana, & Lago, 2012).

Regarding the number of sub-events, a greater number of FT and TO were observed in the higher-level leagues (EUR and ACB). This fact can be justified that in higher level of competition, quality of the players was greater and, therefore, the level of play increases, producing more fouls on the opponent (e.g., playing at the limit of the regulation), which carries with it a greater number of free throws (García et al., 2010). In addition, it should be noted that in elite basketball, some of the TO are predetermined by televisions for the advertising during games. In other cases, it is the coaches themselves who use all the TOs allowed to stop rival streaks or correct and propose improvements in the team itself (Sampaio, Lago-Peñas, & Gómez, 2013). Regarding the OUT sub-event, the lower level of the players in the U16

and LEB leagues means that there is a greater number of times the ball goes out of the field in opposition to the higher-level players, who have greater control of possession of the ball (Abdelkrim et al., 2007), not accumulating so many turnovers.

According to the comparison between game quarters, the results showed that Q1 and Q3 were the ones that had the longest average effective game time. Conversely, Q2 and Q4 had more time of ST, which can be explained by the deterioration of the conditional capacity of the players as the quarters of the game pass (Brewer, Dawson, Heasman, Stewart, & Cormack, 2010). In the study by Scanlan and colleagues (2015) they observed a detriment in the duration of the high intensity actions as the quarters go on. This could be aligned to the results of the present work, where it has been found that during the last quarter of the game, the LA periods were of shorter duration, coinciding nevertheless with the high intensity actions (Scanlan et al., 2015). There are numerous physiological factors that can explain this fall in performance over the course of the game, mainly the depletion of muscle glycogen, the increase in body temperature, dehydration or muscle damage (Duffield, Coutts, & Quinn, 2009; Sirotic, Coutts, Knowles, & Catterick, 2009). During a game of basketball, Q1 and Q3 are preceded by warm-up and half-time break, respectively, which suggests that the player is more rested and, therefore, can be used to the maximum without causing or incurring stoppages. The conditional aspect is accompanied by the strategic value that marks the periods before the break (Q2) and, especially, at the end of the game (Q4), where the result is acquiring a key weight in the dynamics of the game and where they begin to use strategies adapted to the momentary needs of the teams (e.g. make quick fouls, ask for time-out) (García-Rubio, Gómez, Cañadas, & Ibáñez, 2015).

In team sports, different tactical responses have been proposed as a means of influencing the duration of actions during the match (Andersson, Randers, Heiner-Møller, Krstrup, & Mohr, 2010). In basketball, even matches can be defined by strategic issues mainly carried out in the last part of the game. A greater number of sub-events of FT and TO, causes that the game stops in a greater number of times, and that mentioned actions are of greater duration in the 2nd and 4th quarter. The importance of these last actions in the final outcome means that the player is under great psychological pressure (Ferreira, Volossovitch, & Sampaio, 2014; Gómez, Lorenzo, Jiménez, Navarro, & Sampaio, 2015), which will lead them to take more time on the execution and increase the duration.

Although the study does not seek a broad generalization of the results but rather provide relevant information on the dynamics of the game, there are a number of limitations that need to be considered when attempting to interpret the results. It should be noted, for example, that the result has not been included in the score, instantaneous and final, which probably would have allowed to refine the description of how the teams handle this dynamic of LA and ST. A recent study (Gómez, Bastida-Castillo, García-Rubio, Pino-Ortega, & Ibáñez, 2019) suggests that when the result is not adjusted there is a greater physical demand, which, although it seemed illogical at first (e.g., less physical exigency in an equal match), must be interpreted in the sense that when there is a clear difference in the score between the teams, they seem to be involved in a more 'permissive' dynamic and, as a consequence, with fewer interruptions during the game. Another of the limitations encountered may be the regular differentiation of the games according to their importance or the moment of the season, since league or playoff matches could affect the duration of the actions (Gomes, Rebello-Mendes, Almeida, Zanetti, Leite, & Figueira, 2017; Moreno, Gómez, Lago, & Sampaio, 2013).

Conclusion

The main conclusion of the study was that the live actions and stoppages have a similar average duration - close to 30 seconds each one. Nevertheless, there is a high variability in the durations of LA and ST, regardless of the level of competition and the game's period (i.e. quarter). However, there were some differences between them that could be considered to propose specific intervention strategies for training in youth and elite teams. The second conclusion of the present work was that, although the duration of LA and ST is highly random since the dynamics of the game is altered by a multitude of factors, there is a certain relationship where short LA durations activate short rest periods. The same would occur with long durations. However, this relationship is more variable when we take the SP as the main period.

References

- Abdelkrim, N. B., Castagna, C., El Fazaa, S., & El Ati, J. (2010). The effect of players' standard and tactical strategy on game demands in men's basketball. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24, 2652–2662.
- Abdelkrim, N. B., El Fazaa, S., El Ati, J., and Tabka, Z. (2007). Time-motion analysis and physiological data of elite under-19-year-old basketball players during competition. *British Journal of Sports Medicine*, 41, 69–75.
- Andersson, H., Randers, M., Heiner-Møller, A., Krstrup, P., & Mohr, M. (2010). Elite female soccer players perform more high-intensity running when playing in international games compared with domestic league games. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24, 912–919.
- Anguera, M. T. & Hernández-Mendo, A. (2015). Técnicas de análisis en estudios observacionales en ciencias del deporte. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 15(1), 13-30.
- Anguera, M. T., Blanco-Villaseñor, Á., Hernández-Mendo, A. y Losada, J. L. (2011). Diseños observacionales: ajuste y aplicación en psicología del deporte. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 11(2), 63-76.
- Anguera, M. T., Blanco-Villaseñor, Á., Losada, J. L. y Hernández-Mendo, A. (2000). La metodología observacional en el deporte: conceptos básicos. *Lecturas: EF y Deportes. Revista Digital*, 24, [Consultado el 10 de abril de 2018 desde <http://www.efdeportes.com/efd24b/obs.htm>].
- Bailey, S. W., & Bodenheimer, B. (2012, August). A comparison of motion capture data recorded from a Vicon system and a Microsoft Kinect sensor. In *Proceedings of the ACM Symposium on Applied Perception* (pp. 121-121). ACM.
- Bakeman, R., & Quera, V. (2011). *Sequential analysis and observational methods for the behavioral sciences*: Cambridge University Press.
- Bakeman, R., Quera, V. y Gnisci, A. (2009). Observer agreement for timed-event sequential data: A comparison of time-based and event-based algorithms. *Behavior Research Methods*, 41(1), 137-147.
- Brewer, C., Dawson, B., Heasman, J., Stewart, G., & Cormack, S. (2010). Movement pattern comparisons in elite (AFL) and sub-elite (WAFL) Australian football games using GPS. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13, 618–623.
- Castellano, J., Casamichana, D., & Lago, C. (2012). The use of match statistics that discriminate between successful and unsuccessful soccer teams. *Journal of Human Kinetics*, 31, 137-147.
- Castellano, J., Perea, A., Alday, L. and Hernández-Mendo, A. (2008). Measuring and Observation Tool in Sports. *Behavior Research Methods*, 40(3), 898-903.
- Cohen J. *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Hillsdale: Lawrence. Erlbaum; 1988.
- Courel-Ibáñez, J., Suárez-Cadenas, E. and Cárdenas-Vélez, D. (2017). Transiciones de balón del juego interior en función de la posición específica de los jugadores en baloncesto NBA. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, vol. 17, 3, 239-248
- Delaney, J. A., Duthie, G. M., Thornton, H. R., Scott, T. J, Gay, D, & Dascombe, B. J. (2016). Acceleration-Based Running Intensities of Professional Rugby League Match Play. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11, 802-809.
- Duffield, R., Coutts, A., & Quinn, J. (2009). Core temperature responses and match running performance during intermittent-sprint exercise competition in warm conditions. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23, 1238–1244.
- Dupont, G., Blondel, N., & Berthoin, S. (2003). Performance for short intermittent runs: active recovery vs. passive recovery. *European Journal of Applied Physiology*, 89, 548–554.
- Fernandez, J., Camerino, O., Anguera, M.T. & Jonsson, G. K. (2009). Identifying and analyzing the construction and effectiveness of offensive plays in basketball. *Behavior Research Methods*, 41(3), 719–730.
- Ferreira, A. P., Volossovitch, A., & Sampaio, J. (2014). Towards the game critical moments in basketball: a grounded theory approach. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 14, 428-44.
- Gabbett, T. J., Kennelly, S., Sheehan, J., Hawkins, R., Milsom, J., King, E., Whiteley, R., & Ekstrand, J. (2016). If overuse injury is a 'training load error', should undertraining be viewed the same way? *British Journal of Sports Medicine*, 50, 1017-1018.
- García-Rubio, J., Gómez, M. Á., Cañadas, M., and Ibáñez, J. S. (2015). Offensive Rating- Time coordination dynamics in basketball. Complex systems theory applied to Basketball. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 15, 513–526.
- García, J., Ibáñez, S. J., Parejo, I., Cañadas, M., and Feu, S. (2010). Análisis de los campeonatos del mundo de baloncesto masculino (2002 y 2006): diferencias entre jugadores con diferentes niveles de experiencia (sénior y

- júnior). *European Journal of Human Movement*, 24, 53–58.
- Gomes, J. H., Rebello Mendes, R., Almeida, M. B. D., Zanetti, M. C., Leite, G. D. S., & Figueira Júnior, A. J. (2017). Relationship between physical fitness and game-related statistics in elite professional basketball players: Regular season vs. playoffs. *Motriz: Revista de Educação Física*, 23(2).
- Gómez-Carmona, C. D., Bastida-Castillo, A., García-Rubio, J., Pino-Ortega, J., & Ibáñez, S. J. (2019). Influencia del resultado en las demandas de carga externa en baloncesto masculino de formación durante la competición oficial. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 19(1), 262-274.
- Gómez, M. A., Lorenzo, A., Jiménez, S., Navarro, R. M., & Sampaio, J. (2015). Examining choking in basketball: effects of game outcome and situational variables during last 5 minutes and overtimes. *Perceptual and Motor Skills*, 120, 111-124.
- Hopkins W. A Scale of Magnitudes for Effect Statistic. 2002; Available from: www.sports-science.org
- Klusemann, M. J., Pyne, D. B., Hopkins, W. G., & Drinkwater, E. J. (2013). Activity profiles and demands of seasonal and tournament basketball competition. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 8(6), 623-629.
- Martín-García, A., Casamichana, D., Díaz, A. G., Cos, F., & Gabbett, T. J. (2018). Positional Differences in the Most Demanding Passages of Play in Football Competition. *Journal of Sport Science and Medicine*, 17(4), 563–570.
- Matthew, D., & Delextrat, A. (2009). Heart rate, blood lactate concentration, and time–motion analysis of female basketball players during competition. *Journal of Sports Sciences*, 27(8), 813-821.
- Moreno, E., Gómez, M. A., Lago, C., & Sampaio, J. (2013). Effects of starting quarter score, game location, and quality of opposition in quarter score in elite women's basketball. *Kinesiology*, 45(1), 48-54.
- Ostojic, S. M., Markovic, G., Calleja-Gonzalez, J., Jakovljevic, D. G., Vucetic, V., & Stojanovic, M. D. (2010). Ultra short-term heart rate recovery after maximal exercise in continuous versus intermittent endurance athletes. *European Journal of Applied Physiology*, 108(5), 1055-1059.
- Sampaio, J., Lago-Peñas, C., & Gómez, M. A. (2013). Brief exploration of short and mid-term timeout effects on basketball scoring according to situational variables. *European Journal of Sport Science*, 13(1), 25-30.
- Sampaio, J., Leser, R., Baca, A., Calleja-Gonzalez, J., Coutinho, D., Gonçalves, B., & Leite, N. (2016). Defensive pressure affects basketball technical actions but not the time-motion variables. *Journal of Sport and Health Science*, 5(3), 375-380.
- 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(4), 341-347.
- Scanlan, A. T., Tucker, P. S., Dascombe, B. J., Berkelmans, D. M., Hiskens, M. I., & Dalbo, V. J. (2015). Fluctuations in activity demands across game quarters in professional and semiprofessional male basketball. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(11), 3006-3015.
- Scanlan, T. A., Teramoto, M., Delforce, M., & Dalbo, J. V. (2016). Do better things come in smaller packages? Reducing game duration slows game pace and alters statistics associated with winning in basketball. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 16(1), 157-170.
- Sirotic, A., Coutts, A., Knowles, H., & Catterick, C.A. (2009). Somparison of match demands between elite and semi-elite rugby league competition. *Journal of Sports Science*, 27, 203–211.
- 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(1), 111-135.
- Toro, E. O., Andrés, J. M. P., Gómez, M. A., Godoy, S. J. I., Lorenzo, A., & Sampaio, J. E. (2010). Efecto de la solicitud de tiempos muertos sobre el marcador y el tipo de defensa empleados por los equipos en baloncesto. *European Journal of Human Movement*, (24), 95-106.
- Torres-Ronda, L., Ric, A., Llabres-Torres, I., de las Heras, B., & i del Alcazar, X. S. (2016). Position-dependent cardiovascular response and time-motion analysis during training drills and friendly matches in elite male basketball players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(1), 60-70.

12.3. ANEXO 3: ESTUDIO 2



Journal of Human Kinetics volume 75/2020, 257-266 DOI: 10.2478/hukin-2020-0054
Section III – Sports Training

257

sciendo

Differences in External Load Variables Between Playing Positions in Elite Basketball Match-Play

by

Hugo Salazar^{1,2}, Julen Castellano¹, Luka Svilar²

The purpose of this study was to describe the specific demands and structure of interrelationships of external load variables in order to generate a position-related time motion profile in elite basketball. Seventeen professional players from three different playing positions (6 guards, 4 forwards, and 7 centers) were analyzed in five friendly games. Player load per minute (PLmin) was used as an indicator of intensity to compare positions. Furthermore, high and total external variables of jumping (hJUMP and tJUMP), acceleration (hACC and tACC), deceleration (hDEC and tDEC) and change of direction (hCOD and tCOD), respectively, were used for the principal component analysis (PCA). The Kaiser criterion (eigenvalue > 1) was applied, and the Varimax rotation mode was used to extract multiple principal components. PCA showed that all positions had three or four principal components, but the configuration of each factor was different: tCOD, hCOD, hDEC and hJUMP for guards, hCOD, tCOD, tACC and hDEC for forwards, and tJUMP, hJUMP, hDEC and tACC for centers were specifically demanded in match-play. For guards and forwards, a significant correlation was found between COD variables, while for centers tCOD and PLmin had the strongest correlation. When monitoring the external load via tri-axial accelerometers in basketball match-play, each playing position showed specific physical demands. Therefore, these variables must be prioritized in load monitoring programs.

Key words: playing position, team sport, time motion, basketball, PCA, game load.

Introduction

In professional sports, the use of match performance analysis helps coaches investigate and analyze team and players' activities for the purpose of enhancing the training process (Hughes and Franks, 2004). Nevertheless, there is a lack of research that investigated game demands in elite players during official games, especially through the application of micro-technology. The use of data collected in games must be considered a priority when selecting training loads, especially when planning specific training drills (Svilar et al., 2018) that replicate the demands of a basketball game (e.g. 5 vs 5. training games).

New micro-technologies (e.g., accelerometer, gyroscope, and magnetometer) can register a high amount of data, enabling practitioners to quantify training loads (Bucheit

and Simpson, 2017). There are still not enough data to compare external training demands between basketball players (Stojanović et al., 2017). However, in the last year, steps are being taken in the study of basketball through the use of microtechnology (Vázquez-Guerrero et al., 2018). Due to the huge amount of data available per second of activity during a game, for describing player-dependent, game-related physical demands, some strategy is required. The principal component analysis (PCA) is a useful option to remove the redundancy in variables used to monitor loads (Weaving et al., 2014). Svilar et al. (2018) studied the training process of an elite team and concluded each position had its particularity regarding acceleration, deceleration, jumps and change of direction. However, to date, limited

¹ - Department of Education and Sport, University of the Basque Country (UPV/EHU), Vitoria-Gasteiz, Spain.

² - Basketball Club Baskonia, Vitoria-Gasteiz, Spain.

Authors submitted their contribution to the article to the editorial board.

Accepted for printing in the Journal of Human Kinetics vol. 75/2020 in October 2020.

studies focused on basketball game demands and position-dependent characteristics of the elite basketball match-play using micro-technologies have been published (Montgomery et al., 2010; Vázquez-Guerrero et al., 2018; Puente et al., 2016).

Therefore, the purpose of the current study was to investigate the structure of interrelationships among the physical demands expressed in microtechnology variables and to determine how these parameters vary among different positions in elite basketball. Identifying position-dependent variables based on the inertial movement patterns of each playing position in elite basketball games could be useful for designing training strategies in order to prepare players to face specific demands of competition.

Methods

Participants

Seventeen elite male professional basketball players volunteered to participate in the study. Playing positions were: guards (age: 27.5 ± 6 years; body height: 188.0 ± 1.0 cm; body mass: 86.3 ± 10.1 kg; body fat: $9.6 \pm 0.7\%$), forwards (age: 26.7 ± 2.5 years; body height: 193.9 ± 5.5 cm; body mass: 92.9 ± 7.5 kg; body fat: $10.7 \pm 0.6\%$) and centers (age: 23.1 ± 2.0 years; body height: 209.0 ± 4.2 cm; body mass: 107.3 ± 6.8 kg; body fat: $10.8 \pm 2.2\%$). The weekly schedule consisted of 4 to 6 strength and team technical-tactical sessions, and one or two pre-season games in week 3, 4 and 5. The data were anonymized, and institutional approval was given for the study.

Measures

The external training load (eTL) included: Player Load (PL, using the formula from Barret et al., 2014), changes of direction (COD), jumps (JUMP), decelerations (DEC) and accelerations (ACC). The COD variable comprised two variables; tCOD as the total inertial movements registered in a rightward/leftward lateral vector, and; hCOD which was the total inertial movements registered in a rightward/leftward lateral vector within the high-intensity threshold ($>3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$). The time interval during which acceleration is measured can significantly affect the data (Bucheit et al., 2017). The dwell time or minimum effort duration (MED) in the present study was set to 0.4 s, since Varley et al. (2017) concluded that it was difficult to provide an

appropriate MED with acceleration efforts. Jumps were registered as total jumps (tJUMP) and high-intensity jumps (hJUMP, over 0.4 m) (Spangler et al., 2018). The DEC and ACC variables were defined as inertial movements registered in forward deceleration and acceleration vectors, respectively. tDEC and tACC were described as the total amount of DEC and ACC, respectively, while hDEC and hACC referred only to the ones above the high-intensity threshold ($>3.5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$). Furthermore, all aforementioned variables were assessed with respect to their frequency and normalized by duration (minutes of play) which have been previously used in elite basketball investigations (Svilar et al., 2018). Variables such as ACC/DEC (Varley et al., 2012) and COD (Meylan et al., 2016) have been previously investigated as part of micro-technology-derived data validity and reliability studies.

Design and Procedures

Elite-level basketball players were monitored for five match-days played during the pre-season period. Players were assigned to one of the three positional groups: guards (6), forwards (4), and centers (7). Five game observations were undertaken with a range of 5-18 quarter games per player. Quarter observations ($n = 183$) for each positional category were 78, 37 and 68 for guards, forwards and centers, respectively. Games were based on basketball standard rules of competition with 4 quarters of 10 minutes, with 2 minutes of rest between quarters and 15 minutes between the second and third quarters.

Monitoring system T6 devices (Catapult®, Canberra, Australia) were used to monitor the eTL. These recorded inertial movement analysis (IMA) based data through internal accelerometer, gyroscope and magnetometer sensors, with a sampling frequency of 100 Hz. This kind of technology was previously confirmed as valid and reliable (Luteberget et al., 2018). After each game, all data were downloaded and processed with *Openfield v1.14.0* software (Catapult®, Canberra, Australia). Only data from the live period were selected and rest periods between quarters (2 min), halves (15 min) and timeouts were excluded from the analysis. Finally, the full data matrix was exported to IBM-SPSS Statistic software (IBM SPSS, Version 24.0. Armonk, NY: IBM Corp.) for statistical analysis.

Statistical Analysis

Descriptive analyses were performed for all variables. The differences were assessed using Cohen's *d* effect size (ES) (Cohen, 1988): trivial < 0.2, small = 0.2 < 0.5, moderate = 0.5 < 0.8, and large > 0.8. Principal Component Analysis (PCA) was used to extract the most important components. The Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) values for the three different playing positions (guards, forwards and centers) were 0.72, 0.47 and 0.68, respectively, showing that the dataset was suitable for PCA (Kaiser, 1960). In order to identify components that were not highly correlated, the PCA was applied with a *VariMax* rotation. For each extracted component, only the original variables that possessed a PC loading greater than 0.7 were retained for interpretation. The correlation among eTL variables was measured for each playing position. According to Hopkins (2000): trivial = 0–0.09, small = 0.1–0.29, moderate = 0.3–0.49, large = 0.5–0.69, very large = 0.7–0.89, nearly perfect = 0.9–0.99, and perfect. The IBM-SPSS Statistic software version 24.0 (Armonk, NY: IBM Corp.) was used to conduct the analysis.

Results

The PLmin ranged from 10.5 to 12.1 arbitrary units (AU) for all positions (Figure 1). Guards presented the highest values (12.1 ± 2.0 AU; ES = 0.73 vs. centers; ES = 0.90 vs. forwards), then there were forwards (10.5 ± 1.5 AU; ES = 0.12 vs. center) and finally centers (10.7 ± 1.8 AU).

As it can be observed, out of the four eTL movements presented, the COD was the most frequent in a basketball game, followed by DEC, ACC and JUMP variables, respectively (Table 1).

Table 2 shows the PCA for the three playing positions and the total explained variance. For the three playing positions, PCs components explained $\approx 75\%$ of the total variance, but with a different distribution of the external variables for each component. From the eight eTL metrics, the majority of eTL information (1st PC: from 24 to 40%) for the players' position could be explained by either tACC and hACC for centers and guards, or tCOD and hCOD for forwards and guards. The third PC was the same for the three playing positions and only forwards showed the fourth PC.

Table 1
Means and standard deviation (sd), and effect size (ES) of external training load measures according to the playing position.

Variables (n/min)	Guards (n = 78)		Forwards (n = 37)		Centers (n = 68)		G vs. F ES	G vs. C ES	F vs. C ES
	Mean	sd	Mean	sd	Mean	sd			
tACC	2.1	0.7	1.8	0.6	2.6	0.9	0.46	0.62	1.05
hACC	0.3	0.2	0.2	0.1	0.4	0.2	0.63	0.50	1.26
tDEC	2.4	0.6	2.5	0.6	2.3	0.6	0.16	0.16	0.33
hDEC	0.3	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.49	1.26	0.63
tCOD	11.4	3.5	11.2	3.2	10.2	2.6	0.05	0.38	0.34
hCOD	0.8	0.5	0.8	0.3	0.6	0.3	0.00	0.48	0.66
tJUMP	0.9	0.5	1.3	0.4	1.2	0.5	0.88	0.59	0.22
hJUMP	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.00	0.00	0.00

Note: tACC is total forward acceleration, hACC is high intensity acceleration ($>3.5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$), tDEC is total deceleration, hDEC is high intensity deceleration ($<-3.5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$), tJUMP is total jumps, hJUMP is high intensity jumps (above 0.4 m), tCOD is total rightward/leftward lateral movements, hCOD is high intensity movements registered in a rightward/leftward lateral vector ($>3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$). G: guards; F: forwards; C: centers.

Table 2
Results of the Principal Components (PC) analysis, showing the eigenvalue, percentage of variance explained (% of V.), and the cumulative % of variance explained (C.V.%) by each PC for each playing position. Also showing the rotated load metrics component loadings for each PC extracted.

		PC							
Playing position		1	2	3	4	5	6	7	8
Guards	Eigenvalue	3.21	1.51	1.06	.66	.54	.38	.33	.28
	% of V.	40.23	18.93	13.27	8.30	6.76	4.82	4.12	3.53
	C. V. %	40.23	59.16	72.44	80.74	87.51	92.33	96.46	100.00
	tACC	.75	.32	.08					
	hACC	.75	-.09	.09					
	tDEC	.00	.30	.78					
	hDEC	.15	-.04	.86					
	tCOD	.85	-.03	.08					
	hCOD	.81	.19	.01					
	tJUMP	.50	.67	.14					
hJUMP	-.05	.92	.16						
Forwards	Eigenvalue	1.94	1.75	1.25	1.07	.75	.59	.34	.27
	% of V.	24.26	21.96	15.67	13.47	9.48	7.41	4.32	3.39
	C. V. %	24.26	46.23	61.90	75.38	84.86	92.27	96.60	100.00
	tACC	.01	.89	.10	-.03				
	hACC	-.22	.69	-.09	.20				
	tDEC	.31	.45	.69	-.22				
	hDEC	-.19	-.10	.88	.14				
	tCOD	.86	-.17	-.04	.05				
	hCOD	.89	.00	.02	-.06				
	tJUMP	.29	-.07	.41	.61				
hJUMP	-.13	.14	-.08	.82					
Centers	Eigenvalue	2.86	1.48	1.00	.84	.59	.50	.42	.28
	% of V.	35.79	18.60	12.53	10.50	7.40	6.33	5.25	3.55
	C. V. %	35.79	54.40	66.93	77.44	84.85	91.18	96.44	100.00
	tACC	.83	.04	.11					
	hACC	.72	-.09	.28					
	tDEC	.44	.59	.03					
	hDEC	.11	.16	.90					
	tCOD	.65	.28	-.34					
	hCOD	.65	.19	.00					
	tJUMP	.24	.82	.09					
hJUMP	-.16	.85	.05						

Note: tACC is total forward acceleration, hACC is high-intensity acceleration (>3.5 m·s⁻²), tDEC is total deceleration, hDEC is high-intensity deceleration (<-3.5 m·s⁻²), tJUMP is total jumps, hJUMP is high-intensity jumps (above 0.4 m), tCOD is total rightward/leftward lateral movements, hCOD is high-intensity movements registered in a rightward/leftward lateral vector (>3 m·s⁻²).

Table 3
Pearson correlations among external load variables for each playing position.

	tJUMP	hJUMP	tACC	hACC	tDEC	hDEC	tCOD	hCOD	
Guards	PLmin	.294**	.211	.535**	.305**	.379**	.282'	.252'	.277'
	tJUMP		.491**	.507**	.287*	.198	.271'	.382**	.527**
	hJUMP			.230'	-.016	.335**	.072	-.024	.103
	tACC				.509**	.223	.136	.564**	.563**
	hACC					.082	.150	.515**	.450**
	tDEC						.416**	.097	.086
	hDEC							.174	.156
	tCOD								.652**
Forwards	PLmin	.204	-.059	.341*	-.108	.512**	.005	.427**	.557**
	tJUMP		.153	-.013	.021	.156	.254	.198	.158
	hJUMP			.117	.123	-.109	.093	.100	-.116
	tACC				.382*	.423**	-.017	-.194	.026
	hACC					.077	.001	-.178	-.232
	tDEC						.385*	.146	.264
	hDEC							-.102	-.089
	tCOD								.628**
Centers	PLmin	.423**	.106	.472**	.246*	.484**	.009	.854**	.491**
	tJUMP		.540**	.315**	.157	.516**	.190	.293*	.231
	hJUMP			-.080	-.062	.292'	.124	.094	.126
	tACC				.556**	.389**	.124	.361**	.439**
	hACC					.266'	.175	.272'	.278'
	tDEC						.146	.358**	.225
	hDEC							.009	.183
	tCOD								.470**

Note: tACC is total forward acceleration, hACC is high-intensity acceleration (>3.5 m·s⁻²), tDEC is total deceleration, hDEC is high-intensity deceleration (<-3.5 m·s⁻²), tJUMP is total jumps, hJUMP is high intensity jumps (above 0.4 m), tCOD is total rightward/leftward lateral movements, hCOD is high intensity movements registered in a rightward/leftward lateral vector (>3 m·s⁻²), PLmin is player load per minute. In bold large or very large qualitative correlation descriptor. Correlations had a significant value at *p < 0.05 and **p < 0.01 level.

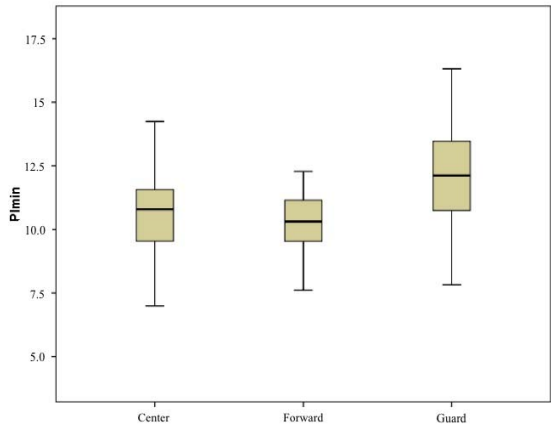


Figure 1
Player load per minute (PLmin) per position during match-play.

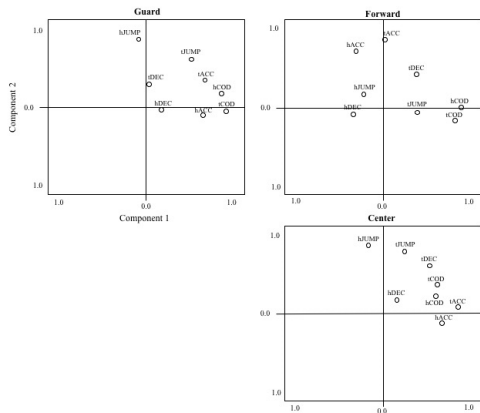


Figure 2
Two principal rotated components for the three playing positions
Note: tACC is total forward acceleration, hACC is high-intensity acceleration (>3.5 m·s⁻²), tDEC is total deceleration, hDEC is high-intensity deceleration (<-3.5 m·s⁻²), tJUMP is total jumps, hJUMP is high-intensity jumps (above 0.4 m), tCOD is total rightward/leftward lateral movements, hCOD is high-intensity movements registered in a rightward/leftward lateral vector (>3 m·s⁻²).

Figure 2 illustrates a rotated PC for each playing position. Only the two main factors were plotted to visually represent playing position differences.

Finally, Pearson correlations between eTL variables for each playing position are presented in Table 3. There was a strong and positive correlation between COD variables ($r = 0.652, p < 0.01$) and tACC with tCOD ($r = 0.564, p < 0.01$) for guards. Similarly to guards, forwards showed the highest correlation between COD variables, as well as between hCOD and PLmin ($r = 0.557, p < 0.001$). For centers, tCOD with PLmin ($r = 0.854, p < 0.01$) and ACC variables ($r = 0.556, p < 0.01$) presented the highest correlations.

Discussion

The main finding of the present study showed a different weight of eTL variables for the three different playing positions defined during match-play, based on the identification of a structure with three or four PCs summarizing several physical demands.

Since PL calculation takes into account the volume and intensity of movements (Bredt et al., 2019), PLmin is higher in guards than in the other two positions. Recent research corroborates this result (Vázquez-Guerrero et al., 2018). However, values differ between studies due to divergence in the calculation of the Player Load.

More sprints per minute and a number of ACC/DEC ratio per minute were performed by guards during the 20 min non-official games recorded with GPS technology (Puente et al., 2016). Usually, coaches ask centers to perform rebounding, screening and short-middle range shooting. Actions like boxing out and screening are static efforts that are not likely to be detected by accelerometry (Schelling and Torres-Ronda, 2016) and consequently are not considered for PL calculation. However, centers have higher values of PLmin than forwards, although this position is usually characterized by playing in more reduced areas of the court and covering less total distance and high-intensity distance (Puente et al., 2016). This study showed that PL, regardless of the playing position, is a variable sensitive to all specific types of movements (ACC, DEC or JUMP). Due to the aforementioned, the results in this study support the fact that PL is a good indicator of the external load (Bredt et al.,

2019). Previous findings reported no differences in the relative frequency of movements (Torres-Ronda et al., 2016). However, regarding the intensity of movements, Svilar et al. (2018) found significant difference for hACC between match-play and training games (match play > training game), which was explained by mental factors that may motivate players to perform at higher intensity when playing against real opponents. The correlations of the PLmin with different variables depending on the playing position showed that, although there were practically no differences in the PLmin between players, guards' PLmin correlated with tACC, forwards' with tDEC and hCOD and finally centers' with tCOD.

ACC dimension was expressed as the first component for guards and centers, while tACC appeared in the second component for forwards. The forward position was the playing position that had particularly different statistical results compared to guards and centers (e.g., four principal components, very low correlations, or low KMO value). It seems that this playing position has the greatest performance variability and on the court forwards play a mixed role between centers and guards, what makes the interpretation of game-based demands difficult for this specific playing role. Furthermore, for guards, ACC correlates with COD variables. The anthropometric profile is known to be the main factor that defines court positions in basketball. Guards are smaller with less body mass, which allows them to accelerate faster than their teammates of a higher stature (Torres-Ronda et al., 2016). Moreover, as previous research has pointed (Hulka et al., 2013), smaller players have a greater playing zone, covering more distance and making it easier to perform a higher number of accelerations and achieve greater movement velocity. This fact could explain why ACC and COD variables are the first components in their profile. Additionally, the physical characteristics of the centers in modern basketball are changing. They now have a much greater coordination capacity and are capable of making fast and accurate movements in both small spaces and open court. Besides, they show the worst results among the three playing positions in explosive tasks (Pehar et al., 2017).

The variables involving COD seem to play an important role in basketball physical

performance because it appears as the first component for both guards and forwards. Basketball is an indoor team sport with a small court, enabling players to use the court in a horizontal way inside the three-point line with small movements looking for the free space to shoot, dribble or pass. In contrast with the training sessions where tCOD seemed to be the first component for all positions (Svilar et al., 2018), the profile of centers did not show it during games. Training drills during practice may demand different physical requirements from centers than what actually occurs in games.

As a previous study has described, centers are the players who perform the highest number of jumps during the game (Abdelkrin et al., 2007). In this study, hJUMP was representative for centers and guards as the second component, while for forwards it was the fourth component. In addition, tJUMP was only representative for centers as the second component. This finding, together with the training data (Svilar et al., 2018), could indicate that jumps are a movement pattern that is not as frequent in basketball as it was thought to be, especially when compared with accelerations and changes of direction.

Decelerations only appeared as the third component for all playing positions, contrary to the previous training data where DEC appeared as the first component for forwards and centers (Svilar et al., 2018). This variable may not be as significant as the first component, but still plays an important role, which is why strength and conditioning coaches should take it into account in order to teach good deceleration technique independent of the player's position. Regarding the relationship between decelerations and other variables, the strongest relation was found with

PLmin for forwards and tJUMP for centers. The present study showed that hCOD for guards and forwards as well as hACC for centers could be interesting variables to assess the intensity of the load for these three positions. Nevertheless, a combination of external training load variables is required to describe positional demands in elite basketball games. This study presents a new external load profiling that can be used to describe a basketball game considering three playing positions. Future research should focus more on the implementation of objective micro-technology and the analysis of external load variables in elite basketball competition and training.

The results of this study should be interpreted with caution. First of all, due to a small sample size in the current study (one team) only five games were recorded. Secondly, a low value of KMO, the need for the fourth PC in their profile and the small number of significant correlations found can be explained by the low ($n = 4$) number of forwards included in the study. In the future, it could be more reliable to include a greater number of players and games, in order to avoid the influence of contextual variables such as the location (home/away), rival quality, type of competition, etc.

To conclude, COD and ACC variables can define the physical profile during games for elite basketball players. Furthermore, JUMP variable seems to play a secondary role in centers and guards. These results should help coaches to manage the load monitoring process, focusing on variables which better describe individual profiles of elite players for game demands.

Acknowledgements

The authors would like to thank the coaching staff and players of the basketball club Saski Baskonia S.A.D. for their participation in this study. Furthermore, we gratefully acknowledge the support of the Spanish government project "The role of physical activity and sport in the promotion of healthy lifestyle habits: the evaluation of sport behavior using non-intrusive methods" during the period 2016-2018 [Grant number DEP2015-66069-P, MINECO/FEDER, UE].

References

- Barret S, Midgley A, Lovell R. *PlayerLoad*: Reliability, convergent validity, and influence of unit position during treadmill running. *Int J Sport Physiol*, 2014; 9: 945-952
- Bredt S, Chagas M, Peixoto G, Menzel H, Andrade A. Understanding Player Load: Meanings and Limitations. *J Hum Kinet*, 2019; doi: 10.2478/hukin-2019-0072

- Buchheit M, Simpson BM. Player tracking technology: Half-Full or half-empty glass? *Int J Sport Physiol*, 2017; 12: 35-41
- Cohen J. *Statistical power analysis for the behavioral sciences (2nd ed.)*. Hillsdale, NJ: Lawrence Earlbaum Associates; 1988
- Hopkins WG. *A new view of statistics*. Internet Society for Sport Science. <http://www.sportsci.org/resource/stats/2000>
- Hughes M, Franks IM. *Notational analysis of sport. Systems for better coaching and performance in sport*. London: Routledge; 2004
- Hulin BT, Gabbett TJ, Lawson DW, Caputi P, Sampson JA. The acute: chronic workload ratio predicts injury: high chronic workload may decrease injury risk in elite rugby league players. *Br J Sports Med*, 2015; 50: 231-236
- Hulka K, Cuberek R, Belka J. Heart rate and time-motion analyses in top junior players during basketball matches. *Acta Gymnica*, 2013; 43: 27-35
- Kaiser HF. The application of electronic computers to factor analysis. *Educ Psychol Meas*, 1960; 20: 141-151
- Luteberget LS, Spencer M, Gilgien M. Validity of the catapult clearSky T6 local positioning system for team sports specific drills, in indoor conditions. *Front Physiol*, 2018; 9: 115
- Meylan CM, Trewin J, McKean K. Quantifying explosive actions in international woman's soccer. *Int J Sport Physiol*, 2016; 12: 310-315
- Montgomery PG, Pyne DB, Minahan CL. The physical and physiological demands of basketball training and competition. *Int J Sports Physiol*, 2010; 5: 75-86
- Pehar M, Sekulic D, Sisc N, Spasic M, Uljevic O, Krolo A, Milanovic Z, Sattler T. Evaluation of different jumping tests in defining position-specific and performance-level differences in high level basketball players. *Biol Sport*, 2017; 34: 263-272
- Puente C, Abián-Vicén J, Areces F, López R, Del Coso J. Physical and physiological demands of experienced male basketball players during a competitive game. *J Strength Cond Res*, 2017; 31: 956-962
- Scanlan AT, Dascombe BJ, Reaburn PA. Comparison of the activity demands of elite and sub-elite Australian men's basketball competition. *J Sports Sci*, 2011; 29: 1153-60
- Scanlan AT, Dascombe BJ, Reaburn PA, Dalbo VJ. The physiological and activity demands experienced by Australian female basketball players during competition. *J Sci Med Sport*, 2012; 15: 341-347
- Schelling X, Torres-Ronda L. Accelerometer load profiles for basketball-specific drills in elite players. *J Sports Sci Med*, 2016; 15: 585-591
- Spangler R, Rantalainen T, Gastin PB, Wundersitz D. Inertial sensors are a valid tool to detect and consistently quantify jumping. *Int J Sports Med*, 2018; 39: 802-808
- Stojanović E, Stojiljković N, Scanlan AT, Dalbo VJ, Berkelmans DM, Milanović Z. The activity demands and physiological responses encountered during basketball match-play: A Systematic Review. *Sports Med*, 2017; 48: 111-135
- Svilar L, Castellano J, Jukić I, Casamichana D. Positional differences in elite basketball: Selecting appropriate training-load measures. *Int J Sport Physiol*, 2018; 13: 947-952
- Svilar L, Castellano J, Jukić I. Comparison of 5vs5 training games and match-play using micro-sensor technology in elite basketball. *J Strength Cond Res*, 2018; [Epub ahead of print]
- Svilar L, Castellano J, Jukić I. Load monitoring system in top-level basketball team: relationship between external and internal training load. *Kinesiology*, 2018; 50: 25-33
- Torres-Ronda L, Ric A, Llabres-Torres I, De las Heras B, Schelling X. Position-dependent cardiovascular response and time-motion analysis during training drills and friendly matches in elite male basketball players. *J Strength Cond Res*, 2016; 30: 60-70
- Varley MC, Fairweather IH, Aughey RJ. Validity and reliability of GPS for measuring instantaneous velocity during acceleration, deceleration, and constant motion. *J Sports Sci*, 2012; 30: 121-127
- Varley MC, Jaspers A, Helsen WF, Malone JJ. Methodological considerations when quantifying high-intensity efforts in team sport using global positioning system technology. *Int J Sport Physiol*, 2017; 12: 1-25
- Vazquez-Guerrero J, Reche X, Cos F, Casamichana D, Sampaio J. Changes in external load when modifying rules of 5-on-5 scrimmage situations in elite basketball. *J Strength Cond Res*, 2018; [Epub ahead of print]

- Vázquez-Guerrero J, Suarez-Arrones L, Casamichana D, Rodas G. Comparing external total load, acceleration and deceleration outputs in elite basketball players across positions during match play. *Kinesiol*, 2018; 50(2): 228-234
- Weaving D, Marshall P, Earle K, Nevill A, Abt GA. Combination of internal and external training load measures explains the greatest proportion of variance in certain training modes in professional rugby league. *Int J Sport Physiol*, 2014; 9: 905-12
- Ziv G, Lidor R. Physical attributes, physiological characteristics, on-court performances and nutritional strategies of female and male basketball players. *Sports Med*, 2009; 39: 547-568

Corresponding author:**Hugo Salazar**

Department of Education and Sport, University of the Basque Country (UPV/EHU), Vitoria-Gasteiz (Spain)

Phone number: 0034 638122383

E-mail: hsalazar002@gmail.com

12.4. ANEXO 4: ESTUDIO 3



International Journal of
*Environmental Research
and Public Health*



Article

Differences in Weekly Load Distribution Over Two Euroleague Seasons with a Different Head Coach

Hugo Salazar ^{1,2,*}, Luka Svilar ², Ane Aldalur-Soto ³ and Julen Castellano ^{1,2}

¹ Department of Physical Education and Sport, University of the Basque Country (UPV/EHU), 01007 Vitoria-Gasteiz, Spain; julen.castellano@ehu.eus

² Sports Performance Department, Kirolbet Baskonia, 01013 Vitoria-Gasteiz, Spain; luka_svilar@yahoo.com

³ Lactiker Research group, University of the Basque Country (UPV/EHU), 01006 Vitoria-Gasteiz, Spain; aldalurane@gmail.com

* Correspondence: hsalazar002@gmail.com or hsalazar@baskonia.com

Received: 23 March 2020; Accepted: 17 April 2020; Published: 19 April 2020



Abstract: The weekly training management and competition loads are important aspects to optimize the performance of professional basketball players. The objectives of the study were (a) to describe the weekly external load (EL), as well as the internal response (IR), of elite basketball players over two consecutive seasons with a different head coach and (b) to compare weekly loads of different competitive densities. The data were collected from 27 elite players from the same team competing in the Spanish first division league (ACB) and EuroLeague during 2017–2018 and 2018–2019 seasons. EL was measured using microsensor technology to determine PlayerLoad values, expressed in arbitrary units (AU). Session rating of perceived exertion (sRPE) was used for IR quantification. Comparisons between the two seasons and of weeks with different competitive densities were made. The inter-week load variability was moderate-high for both seasons. The highest EL values were measured during the weeks with three games (W3) ($W3 > W0 > W2 > W1$), while the most demanding week for players' IR was observed during weeks with no competition (W0). Additionally, higher EL ($d = 0.31$) and IR ($d = 0.37$) values were observed in season 2018–2019 compared to 2017–2018. The results obtained in this study contributed new data on the internal and external load required by professional basketball players in weeks with different number of games and showed that different coaching strategies may demand a different external and internal workload in consecutive seasons. Furthermore, the results highlighted the need to carry out an adequate load management program.

Keywords: monitoring; training load; basketball; inertial movement sensor; team sport

1. Introduction

Leading European teams usually participate simultaneously in two competitions, a national or regional one (e.g., ACB League in Spain or VTB League in the Baltic countries) and an international one (e.g., EuroLeague, EuroCup or Champions League) during the season. This means that during nine months, a team reaching the play-offs in EuroLeague and domestic finals could play around 80 games in one season. This, together with the frequent travelling all over Europe, could negatively affect the individual and team performance during the games. Sometimes teams have to play at congested periods of four or five games in ten days [1] and therefore, an adequate load distribution strategy is essential [2]. It is important to follow an adequate load distribution strategy together with an appropriate recovery process to have the maximum players available for each game and to reduce injury risk [3].

The number of games played in a week largely determines the accumulation of load on players in team sports during the competitive period [4] and seems to cause fluctuations in the weekly loads

that players accumulate [5]. However, according to several authors, the more games played within a week does not necessarily mean a higher load [4,6,7]. Conte et al. [6] reported a greater workload on university players in weeks playing just one game, while Manzi et al. [4] observed higher internal load values when the number of games per week was one instead of two. However, a recent work by Clemente et al. [7] showed that there were no differences between normal (just one official match) and congested (with at least two matches) weeks on perceived exertion. One of the possible reasons for the differences observed among these studies could be due to the length of the period analyzed. Therefore, it would be interesting to carry out studies for longer periods of time (i.e., full seasons), which would avoid the seasonal variability that exists in team sports with a long competitive period [8].

There are numerous methods to quantify training load. To date, the most common ones were focused on the internal load derived from the heart rate, recovery-stress status, immuno-endocrine response or subjective perception of effort [9,10]. The latter is perhaps the most frequent one in basketball due to its accessibility and ease of use both in elite and academy players. To complement the information of the internal response and to have a more global approach of the training load, there is a need to encompass objective indicators of external load [11]. Even though microtechnology is a reliable and effective tool to measure the external load in basketball [12], the scientific information available in elite basketball is scarce [13]. The results obtained in this study will contribute to have reference average values on the accumulated load for each week during a complete season contextualized in elite basketball, as well as to know how the load varies depending on the number of official games played in competitive weeks.

The present study aims to describe the weekly external demands and the internal response from the effort made by players to address two goals: (a) to compare two different training strategies carried out on the same team during two consecutive seasons and (b) to compare weeks with different competitive densities (e.g., number of matches within a week). Our main hypothesis states that a higher competitive density will result in a higher external demand and an increased effort perception by the players.

2. Materials and Methods

2.1. Subjects

A total of 27 players from the same team participated in the study (age: 24.8 ± 3.2 years; height: 201.3 ± 9.4 cm; weight: 97.7 ± 11.1 kg) during two consecutive seasons (2017–2018 (S17–18) and 2018–2019 (S18–19)) and a time gap of two months between them (off-season period from June to August). The team participated simultaneously in the EuroLeague and the Spanish first division league (ACB) and it had a different head coach in each season. A total of 1041 training sessions and matches were recorded (528 in S17–18 and 513 in S18–19). All the players were familiar with the external and internal load monitoring tools. Players who did not complete 75% of the weekly training duration with the team during a given week were excluded from the analysis. All the players were notified of the purpose, investigation procedures and requirements of the study, as well as the benefits and risks before consenting, in accordance with the Declaration of Helsinki [14]. All the players gave their approval to include their data in the study. This data was analyzed anonymously and with the approval of the Ethics Committee of University of Basque Country (UPV/EHU).

2.2. Design

An observational and longitudinal study was carried out in this investigation and the researchers did not interfere at any time in the weekly training plan. The recording of the external load and internal response of the players was monitored every week, including during pre-season and in-season, in two consecutive years ($n = 43$ and $n = 41$ for seasons 2017–2018 and 2018–2019, respectively). Each week was classified according to the number of matches played by the team (W0, W1, W2 and W3 for weeks with 0, 1, 2 and 3 official matches, respectively).

2.3. Procedures

At the time when the study was carried out, two different head coaches were in charge of the team in each of the seasons analyzed. The coaches accumulated 17.5 ± 3.5 years of experience in professional basketball. During pre-season, players carried out team strength and power training sessions and played seven friendly matches. During the in-season period, each coach followed his own training strategy. For S17–18, team practices were mainly focused on tactical preparation with non-contact drills together with game-based drills on half court with or without transition (full court was rarely used). Second coach had an opposite strategy that focused on the use of small sided games (e.g., 2×2 , 3×3 , 2×1 , 3×2) together with regular 5×5 format of play performed on half court with a single transition. Only team practices and matches were included in the analysis. The load derived from strength training (performed in the weight room), individual training, recovery or injury treatment were discarded from the analysis.

The external load was measured by the PlayerLoad[®] (PL, Catapult, Melbourne, Australia) variable, which determines the mechanical load and has previously been validated in basketball [15], using the Catapult T6 (Catapult Innovations, Melbourne, Australia) portable devices. These devices include an accelerometer, a gyroscope and a magnetometer providing inertial data with a sampling frequency of 100 Hz (dwell time was 0.5 seconds). The devices were placed on the upper back part of the players (interscapular zone) using a specific harness for them. The external load data during training were collected from the beginning of the warm-up until the end of the session, including rest periods, fluid replacement, coaching and other usual training activities. Non-official matches played during pre-season were considered as training sessions. Since the usage of portable devices is not allowed in official matches, the PL during the official games was estimated using individual PL values per played minute (PL/min) and multiplying this value by the time played during the game by each player. The individual PL values were calculated for each player as the average PL value recorded during the seven non-official pre-season games. The average individual PL value for the team was 12.8 ± 1.9 AU/min. Furthermore, 250 AU was added to the estimated PL value in the official games corresponding to the external load during the warm-up period. This value was chosen since a standardized warm-up period of 25 minutes previously recorded during the non-official games was 254.1 ± 24.3 AU. The external load data collected by the devices was downloaded using OpenField software version 1.17 (Catapult, Melbourne, Australia) and exported to an Excel spreadsheet (Microsoft Excel version 16, Microsoft Corporation, Redmond, WA, USA).

Regarding the internal response, the subjective scale of perception of effort CR-10 was used [16]. This scale has been previously validated in team sports [17] and in basketball in particular [10]. As suggested by Singh et al. [18], the players were asked about their perception of the effort fifteen to thirty minutes after the training session or the game. The value of the CR-10 scale was multiplied by the total duration of the session to obtain a variable that encompassed the total training or competition load (sRPE) in arbitrary units (AU).

2.4. Statistical Analysis

All the data are presented using the mean and standard deviation (SD). The differences between weeks with different competitive densities (W0, W1, W2 and W3) and between seasons (2017–2018 and 2018–2019) were analyzed using one-way ANOVA and the size of the differences was calculated using the standard differences of the means (Cohen's *d*), with its respective limits at 90% of the confidence interval. The interpretation of the effect size (ES) was followed according to Hopkins et al. (2009) [19]: <0.2 is trivial, 0.2 – 0.6 is small, 0.6 – 1.2 is moderate, 1.2 – 2.0 is large and >2.0 is very large. The coefficient of variation (CV, in %) was also calculated dividing the standard deviation by the mean. All analyses were carried out using Microsoft Excel and the statistical analysis software JASP version 0.9.2 (University of Amsterdam, <https://jasp-stats.org/>, Amsterdam, The Netherlands). The level of significance was set at $p < 0.05$.

3. Results

The mean PL values measured during seasons S17–18 and S18–19 were 3023 ± 855 AU and 3323 ± 1119 AU, respectively, while the average sRPE values observed were 2703 ± 887 AU and 3096 ± 1227 AU, respectively. The variability of the external load and internal response in different weeks, expressed as the CV, was moderate-high for PL (16% and 15%) and sRPE (24% and 19%) in seasons 2017–2018 and 2018–2019, respectively. Figure 1 shows the weekly distribution of the accumulated external load in the two consecutive seasons analyzed. The mean weekly external load measured was higher in S18–19 compared to S17–18, although the effect size was small ($ES = 0.31$).

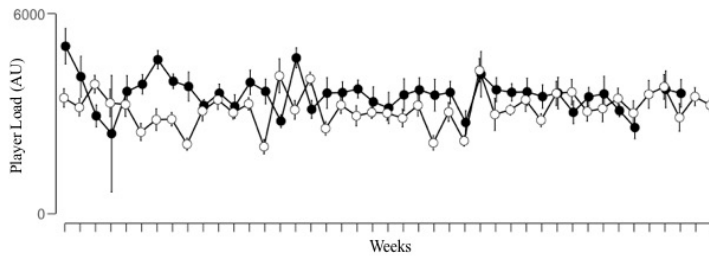


Figure 1. Distribution of the weekly accumulated PlayerLoad in arbitrary units (AU) for the seasons 2017–2018 (o) and 2018–2019 (●).

Figure 2 plots the weekly distribution of the accumulated internal response of the players during the two seasons analyzed. The sRPE parameter showed significantly higher values for the season S18–19 than for S17–18, even though the effect size was small ($ES = 0.39$).

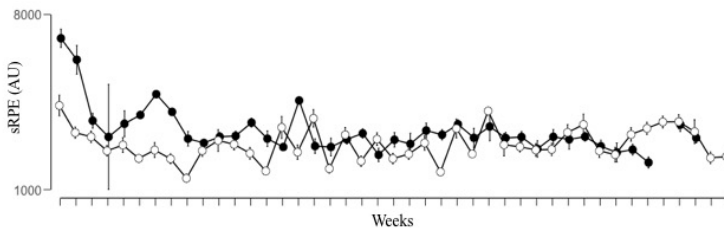


Figure 2. Distribution of the weekly accumulated internal load of subjective perception of effort (sRPE) in arbitrary units (AU) for the seasons 2017–2018 (o) and 2018–2019 (●).

The average external load by the number of games played within a week is presented in Figure 3. The number of weeks analyzed for each of the groups was very similar between the seasons 2017–18 and 2018–19: 7 and 6 weeks for W0, 6 and 6 weeks for W1, 22 and 24 weeks for W2 and 8 and 7 weeks for W3, respectively. The weeks without competition corresponded to the pre-season period. During the 2017–2018 season, the weeks with more external load were W2 compared to W1 ($ES = 0.57$), W3 ($ES = 0.02$) and W0 ($ES = 0.01$).

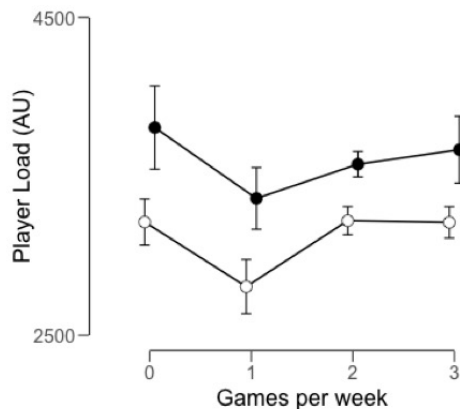


Figure 3. Average PlayerLoad values in arbitrary units (AU) by the number of games played within a week and for the seasons 2017–2018 (o) and 2018–2019 (●). Error bars represent the SD of each of the four groups separately.

However, the players perceived a greater internal load in W1, although this difference was only significant compared to W3 (ES = 1.09) (Figure 4). Weeks with two games per week for the 2017–2018 season and weeks without a game in 2018–2019 had the largest external load. The players described a greater internal load in the weeks without a pre-season game in 2018–2019. As for the external load of the 2018–2019 season, the highest values were reached at W0 followed by W3 (ES = 0.16), W2 (ES = 0.31) and W1 (ES = 0.49). The same results were obtained for the internal load, with W0 weeks being the ones with the highest AU followed by W1 (ES = 1.35), W2 (ES = 1.70) and W3 (ES = 1.64).

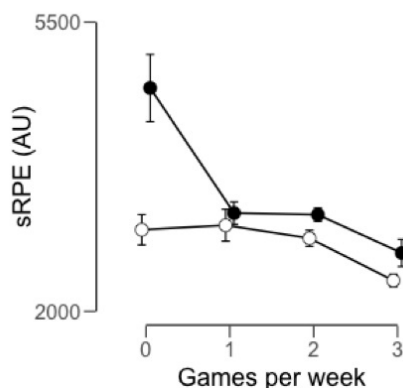


Figure 4. Average session rating of perceived exertion (sRPE) in arbitrary units (AU) by the number of games played within a week and for the seasons 2017–2018 (o) and 2018–2019 (●).

4. Discussion

The results obtained in this study showed that the external load and internal response were higher based on the weekly competitive density, although the external load did not increase proportionally when the competitive density was higher. Additionally, the distribution of the external load during

training and competition was different for seasons S17–18 and S18–19. The external load measured in S18–19 was significantly higher than in S17–18 and, consequently, the players perceived it as more demanding.

Coaches in all kind of team sports adopt different training strategies regarding quantity (e.g., training duration), quality (e.g., type of drills) or tactical strategies to promote short-term team adaptations and achieve the best possible performance [20]. In spite of the similar competitive context (during both seasons, the team competed in three competitions, two national and one international), the average load accumulated during the weeks, regardless of the number of games per week, was higher for the 2018–2019 season compared to the 2017–2018 season (3323 ± 1119 AU vs. 3023 ± 855 AU). Training drill selection and format of play are therefore key elements that should be considered by coaching staff for practice planning and periodization in weeks with congested competition, in order to maintain the optimal training loads. When designing training drills, variables such as court size, work/rest ratios and level of opposition play an important role in the level of workload that a training task may have. Furthermore, coach encouragement, as well as training formats and court size, may enhance physical demands during trainings [21]. During S18–19, the training strategy used by the coach was based on small-format games with reduced number of players (i.e., 2×2 , 3×3 games) along with regular 5×5 games using the full court. This coaching style may explain the higher workload experienced by players during S18–19 as previous research supported that small formats as well as full court drills provide a higher internal and external workload [22,23].

The relationship between external and internal loads has been previously studied in elite basketball showing a positive moderate-high correlation between them [11,24]. The greater variability observed in different weeks for the internal response parameter during both seasons suggests several ideas. First, it is essential to know how a player responds not only to the external demands of training and competition, but also to accumulated fatigue caused by the games on the road [25]. Second, it is also known that the same stimuli could have a different response on players of the same team [2]. Third, the integrated use of external and internal load variables, their relationship and evolution over time could be very interesting in order to control the adjustment of the players to the training and competition load demands [11]. Although previous studies did not show the inter-week variability data in detail [5], the data observed in the present study suggests that the variability in the workload over the weeks of a competitive season in professional basketball is rather high. Avoiding high-load peaks with differences higher than 20%–30% between weeks would reduce the injury risk of the players [26]. Therefore, technical staff should develop adequate strategies to reduce as far as possible the differences in the external load in different weeks, paying special attention to the starting lineup and bench players, thus avoiding defective load management, by default or in excess, which could lead to a loss of form during the season [27].

Elite teams in collective sports (e.g., football, handball and rugby) usually participate in a minimum of two competitions (a national and an international one), which involves playing two games per week. However, this competitive density is even higher in basketball, where the number of games within a week, in many cases, reaches up to three matches in the same microcycle (this happened in 19% of the weeks analyzed in the present study). It is worth to highlight that to play just a single game per week in elite basketball is rather unusual (14% of the weeks in the monitored seasons). Due to the high competitive density of elite basketball, coaches and trainers should design different strategies to optimize the physical condition of the players so that they are able to perform at their highest level in every game [28].

The weekly accumulated internal load values observed for the team in the present study (~3150 AU) were higher than the 2520 AU of the Lithuanian female players [5], similar to the 3200 AU of professional players [7] and lower than the Brazilian female team, where values above 4000 AU were reported [12]. A comparison with collage and Italian professional players showed that the sRPE values were lower than the results shown in this study for W1 and W2 in both seasons [4,6]. This difference may be due to

the competitive level of the players analyzed, since the training load in weeks with one or two games for EuroLeague players (the most important European competition) is higher than for other athletes.

In relation to the comparison of the internal load in weeks with different competitive densities, the results obtained in the present study for the season 2018–2019 were similar to those reported by Manzi et al. [4] and Clemente et al. [7], where no differences were found in the effort perceived by players in weeks with one or two games. The lack of consensus on the differences regarding the cumulative load in weeks with different competitive densities may be due to the fact that the data shown by Conte et al. [7] and Manzi et al. [4] were not collected throughout a whole season, but only for a specific period of time within a season. Teams use different load strategies during a season depending on the importance of the moment [4], and this would explain the different results obtained among the studies. Finally, it should be noted that, as in other team sports, a greater external load and internal response was accumulated during the first weeks of training (pre-season), as it is a key period to physically prepare the players [29]. This pattern was repeated in the two seasons analyzed in this study, especially in season 2018–2019, with values exceeding the weeks with official competition [30].

This study is not without its limitations, which should be considered when extrapolating the data to other teams or different competitive levels. Firstly, although the team monitored may be representative of a top-level club in the European arena, only one team and the training strategies of two coaches during two consecutive seasons were analyzed. As a greater number of in-depth studies on load management are available, the training and competition load values measured in this work could be used as a guideline for professional basketball teams. Secondly, the monitoring of the training load was only performed based on global indicators of external load (PL) and internal response (SRPE). These indicators only provide a general idea of training and competition, so for future studies it would be interesting to include representative variables of movement (e.g., distances traveled) and inertia (e.g., acceleration, changes of direction, jumps and impacts), as well as internal adaptation variables of the players, such as heart rate and hormonal markers [31]. Finally, it is important to note that future research should focus on a deeper analysis of training drills used by head coaches, as it may help practitioners to better understand periodization, especially the variability between the weeks with different number of games.

5. Conclusions

This study indicates that the external load and internal response values of the weekly workload could be used as a guideline in elite basketball during a complete competitive season. Additionally, different head coaches could manage weekly loads with different magnitudes regardless of the number of games per week. The distribution of the workload over the weeks is based on the competitive density of a microcycle, which should be considered by coaching staff in order to (a) implement recovery strategies, mostly in periods with a greater number of games per week [32], (b) manage training workload in weeks with no competition as the players perceived higher levels of tiredness on these weeks and (c) provide enough rest to players with high volume of minutes during games. Additionally, before competition periods starts, players should be trained in order to achieve high chronic weekly loads. This would enhance players' fitness level and protect players from possible injuries in congested competitive periods where spikes in weekly load can happen [33].

Author Contributions: Conceptualization, H.S. and J.C.; methodology, J.C.; software, H.S.; validation, H.S., L.S. and J.C.; formal analysis, J.C.; investigation, H.S.; resources, H.S.; data curation, J.C.; writing—original draft preparation, H.S.; writing—review and editing, A.A.-S., L.S. & J.C.; visualization, H.S.; supervision, J.C.; project administration, J.C.; funding acquisition, J.C. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: The authors gratefully acknowledge the support of a Spanish government subproject Mixed method approach on performance analysis (in training and competition) in elite and academy sport [PGC2018-098742-B-C33] (2019-2021) [del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades (MCIU), la Agencia Estatal de Investigación (AEI) y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER)], that is part of the coordinated project New approach of research in physical activity and sport from mixed methods perspective (NARPAS_MM) [SPGC201800X098742CV0].

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

References

- McLean, B.D.; Strack, D.; Russell, J.; Coutts, A.J. Quantifying Physical Demands in the National Basketball Association—Challenges Around Developing Best-Practice Models for Athlete Care and Performance. *Int. J. Sports. Physiol. Perform.* **2019**, *14*, 414–420. [[CrossRef](#)]
- Impellizzeri, F.M.; Marcora, S.M.; Coutts, A.J. Internal and external training load: 15 years on. *Int. J. Sports. Physiol. Perform.* **2019**, *14*, 270–273. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- Weiss, K.J.; Allen, S.V.; McGuigan, M.R.; Whatman, C.S. The relationship between training load and injury in men’s professional basketball. *Int. J. Sports. Physiol. Perform.* **2017**, *12*, 1238–1242. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- Manzi, V.; D’ottavio, S.; Impellizzeri, F.M.; Chaouachi, A.; Chamari, K.; Castagna, C. Profile of weekly training load in elite male professional basketball players. *J. Strength. Cond. Res.* **2010**, *24*, 1399–1406. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- Paulauskas, H.; Kreivyte, R.; Scanlan, A.T.; Moreira, A.; Siupsinskas, L.; Conte, D. Monitoring workload in elite female basketball players during the in-season phase: Weekly fluctuations and effect of playing time. *Int. J. Sports. Physiol. Perform.* **2019**, *14*, 941–948. [[CrossRef](#)]
- Conte, D.; Kolb, N.; Scanlan, A.T.; Santolamazza, F. Monitoring training load and well-being during the in-season phase in national collegiate athletic association division I men’s basketball. *Int. J. Sports. Physiol. Perform.* **2018**, *13*, 1067–1074. [[CrossRef](#)]
- Clemente, F.M.; Mendes, B.; Bredt, S.; Praça, G.M.; Silvrio, A.; Carrico, S.; Duarte, E. Perceived Training Load, Muscle Soreness, Stress, Fatigue, and Sleep Quality in Professional Basketball: A Full Season Study. *J. Hum. Kinet.* **2019**, *67*, 199–207. [[CrossRef](#)]
- Morgans, R.; Anderson, L.; Drust, B. Principles and practices of training for soccer. *J. Sport. Health. Sci.* **2014**, *3*, 251–257. [[CrossRef](#)]
- Freitas, C.G.; Aoki, M.S.; Arruda, A.F.; Nakamura, F.Y.; Moreira, A. Training load, stress tolerance and upper respiratory tract infection in basketball players. *Rev. Bras. Cineantropom. Desempenho Hum.* **2013**, *15*, 49–59.
- Nunes, J.A.; Moreira, A.; Crewther, B.T.; Nosaka, K.; Viveiros, L.; Aoki, M.S. Monitoring training load, recovery-stress state, immune-endocrine responses, and physical performance in elite female basketball players during a periodized training program. *J. Strength. Cond. Res.* **2014**, *28*, 2973–2980. [[CrossRef](#)]
- Svilar, L.; Castellano, J.; Jukic, I. Load monitoring system in top-level basketball team: Relationship between external and internal training load. *Kinesiol.* **2018**, *50*, 25–33. [[CrossRef](#)]
- Aoki, M.S.; Ronda, L.T.; Marcelino, P.R.; Drago, G.; Carling, C.; Bradley, P.S.; Moreira, A. Monitoring training loads in professional basketball players engaged in a periodized training program. *J. Strength. Cond. Res.* **2017**, *31*, 348–358. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- Svilar, L.; Castellano, J.; Jukic, I.; Casamichana, D. Positional differences in elite basketball: Selecting appropriate training-load measures. *Int. J. Sports. Physiol. Perform.* **2018**, *13*, 947–952. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- Harris, D.; MacSween, A.; Atkinson, G. Ethical standards in sport and exercise science research: 2020 update. *Int. J. Sport. Med.* **2019**, *40*, 813–817. [[CrossRef](#)]
- Fox, J.L.; Scanlan, A.T.; Stanton, R. A review of player monitoring approaches in basketball: Current trends and future directions. *J. Strength. Cond. Res.* **2017**, *31*, 2021–2029. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- Borg, G. *Perceived exertion and pain scales*; Human Kinetics: Champaign, IL, USA, 1998.
- Wallace, L.K.; Slattery, K.M.; Coutts, A.J. A comparison of methods for quantifying training load: Relationships between modelled and actual training responses. *Eur. J. App. Physiol.* **2014**, *114*, 11–20. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- Singh, F.; Foster, C.; Tod, D.; McGuigan, M.R. Monitoring different types of resistance training using session rating of perceived exertion. *Int. J. Sports. Physiol. Perform.* **2007**, *2*, 34–45. [[CrossRef](#)]
- Hopkins, W.G.; Marshall, S.W.; Batterham, A.M.; Hanin, J. Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Med. Sci. Sports Exerc.* **2009**, *41*, 3–13. [[CrossRef](#)]
- Castellano, J.; Casamichana, D. Same players with different coaches, can they play in different way to optimize performance in professional football? *Rev. Euroamer. Cien. Deporte.* **2016**, *5*, 133–140. [[CrossRef](#)]
- Rampinini, E.; Impellizzeri, F.M.; Castagna, C.; Castagna, G.; Castagna, K.; Castagna, A.; Castagna, S.M. Factors influencing physiological responses to small-sided soccer games. *J. Sport. Sci. Sports Sci.* **2007**, *25*, 659–666. [[CrossRef](#)]

22. Castagna, C.; Impellizzeri, F.; Chaouachi, A.; Ben Abdelkrim, N.; Manzi, V. Physiological responses to ball-drills in regional level male basketball players. *J. Sports. Sci.* **2011**, *29*, 1329–1336. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
23. Klusemann, M.J.; Pyne, D.B.; Foster, C.; Drinkwater, E.J. Optimizing technical skills and physical loading in small-sided basketball games. *J Sports Sci.* **2012**, *30*, 1463–1471. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
24. Scanlan, A.; Neal, W.; Tucker, P.; Dalbo, V. The Relationships Between Internal and External Training Load Models During Basketball Training. *J. Strength. Cond. Res.* **2014**, *28*, 2397–2405. [[CrossRef](#)]
25. Rabbani, A.; Bucheit, M. Ground travel-induced impairment of wellness is associated with fitness and travel distance in young soccer players. *Kinesiology* **2017**, *48*, 200–206. [[CrossRef](#)]
26. Drew, M.K.; Finch, C.F. The relationship between training load and injury, illness and soreness: A systematic and literature review. *Sports. Med.* **2016**, *46*, 861–883. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
27. Caterisano, A.; Patrick, B.T.; Edenfield, W.L.; Batson, M.J. The effects of a basketball season on aerobic and strength parameters among college men: Starters vs. reserves. *J. Strength. Cond. Res.* **1997**, *11*, 21–24. [[CrossRef](#)]
28. Caparros, T.; Casals, M.; Pena, J.; Alentorn-Geli, E.; Samuelsson, K.; Solana, A.; Gabbett, T.J. The use of external workload to quantify injury risk during professional male basketball games. *J. Sports. Sci. Med.* **2017**, *16*, 480–488.
29. Campos-Vazquez, M.A.; Toscano-Bendala, F.J.; Mora-Ferrera, J.C.; Suarez-Arrones, L.J. Relationship between internal load indicators and changes on intermittent performance after the preseason in professional soccer players. *J. Strength. Cond. Res.* **2017**, *31*, 1477–1485. [[CrossRef](#)]
30. Fox, J.L.; Stanton, R.; Scanlan, A.T. A comparison of training and competition demands in semiprofessional male basketball players. *Res. Q. Exercise. Sport.* **2018**, *89*, 103–111. [[CrossRef](#)]
31. Vanrenterghem, J.; Nedergaard, N.J.; Robinson, M.A.; Drust, B. Training Load Monitoring in Team Sports: A novel framework separating physiological and biomechanical load-adaptation pathways. *Sports. Med.* **2017**, *47*, 21–35. [[CrossRef](#)]
32. Calleja-González, J.; Terrados, N.; Mielgo-Ayuso, J.; Delextrat, A.; Jukic, I.; Vaquera, A.; Torres, L.; Schelling, X.; Stojanovic, M.; Ostojic, S.M. Evidence-based post-exercise recovery strategies in basketball. *Phys. Sportsmed* **2016**, *44*, 74–78.
33. Hulin, B.T.; Gabbett, T.J.; Lawson, D.W.; Caputi, P.; Sampson, J.A. The acute: Chronic workload ratio predicts injury: High chronic workload may decrease injury risk in elite rugby league players. *Bri. J. Sports. Med.* **2016**, *50*, 231–236. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]



© 2020 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

12.5. ANEXO 5: ESTUDIO 4

External and internal load in Euroleague

Training demands in elite basketball: external and internal load perspectives from different coaches before an Euroleague game.

Submission type: Original investigation

Corresponding author:

Hugo Salazar^{1,2}

E-mail: hsalazar002@gmail.com

Co-authors:

Julen Castellano¹

Luka Svilar²

Jordan L. Fox^{3,4}

¹Department of Physical Education and Sport, University of the Basque Country (UPV/EHU), Vitoria-Gasteiz, Spain

²Sports Performance Department, Kirolbet Baskonia, Vitoria-Gasteiz, Spain

³School of Health, Medical, and Applied Sciences, Central Queensland University, Rockhampton, Australia

⁴Human Exercise and Training Laboratory, Central Queensland University, Rockhampton, Australia

Running head: External and internal load in Euroleague

External and internal load in Euroleague

Abstract

The purpose of this study was to compare micro-sensor-derived external load and session rate of perceived exertion (sRPE) in elite basketball over 3-days prior to a Euroleague game and between three different head coaches. Twenty-seven professional male basketball players were monitored during three consecutive seasons. External physical demands were analyzed using micro-sensors to determine PlayerLoad™ (PL), high-intensity accelerations and decelerations (hACC, hDEC), and changes of direction (COD) at total (t) and high intensity thresholds (h), while internal load was registered via sRPE. Total Quality of Recovery Test Questionnaire (TQR) was used to evaluate player's readiness. Two-way ANOVA and effect sizes (ES) were used to compare training load variables and TQR scores among the three training days and coaches. Results showed a moderate effect on duration, RPE and sRPE (MD-3<MD-2>MD-1) among training days. Training intensity (hCOD, hDEC and hACC) remained constant with trivial differences across days. Additionally, comparison among coaches' load management showed very large and large effects on PL and duration, respectively. In conclusion, coaches prescribed high-intensity training sessions on all days while reducing volume prior to competition. This approach appears effective given it led to good to very good physical readiness for players. Moreover, presented data can serve as reference for elite basketball teams and their load management strategies.

Key Words: Basketball, Monitoring, External Load, Team sport, Player load.

External and internal load in Euroleague

Introduction

Success in team sports is influenced by many factors including playing level, tactical approach and performance of the opponent, along with extrinsic factors such as the home court advantage and supporter's engagement (Castellano, Álvarez, Figueira, Coutinho, & Sampaio, 2013; O' Donogue, 2010). Furthermore, coaching style appears to be a significant predictor of team performance (Lago-Ballesteros & Lago-Peñas, 2010).

Congested fixtures in elite European basketball represents a significant challenge for coaching staff with respect to long and short-term periodization when seeking to promote improvements in physical and tactical performance, as well as keeping players injury-free in order to participate in every game of the season. In Europe, the highest level of basketball competition is the Euroleague. Teams who participate in this competition also play in their domestic (e.g. Maccabi in Israel or Baskonia in Spain) or regional (e.g. CSKA in VTB league) leagues concurrently. Euroleague games are always scheduled during weekdays, while domestic/regional games normally take part on weekends. Furthermore, most of the weeks (66%) in a regular part of the Euroleague season consist of one game that is played on Thursday or Friday, while congested weeks include games played from Tuesday-Thursday or Wednesday-Friday (34%). This demanding schedule means that player monitoring is particularly important in avoiding negative consequences for players associated with excessive workload stimuli or insufficient recovery (e.g. illness, injury, and diminished performance).

In recent years, numerous studies have focused on describing external and internal load in team sports (Bradley et al., 2015; Gaudino et al., 2013). However, there is still limited information about training loads encountered by elite basketball players, especially with respect to the use of micro-sensors. Previous research using this technology has described official game demands (Vázquez-Guerrero, Suarez-Arrones, Casamichana, & Rodas, 2018), training sessions, or friendly games (Svilar, Castellano, & Jukic, 2019b). However, as wearable-based load monitoring systems are often cost-prohibitive to teams, the session rating of perceived exertion (sRPE) method is still the most frequently used approach for quantifying internal load in basketball players (Lupo et al., 2019). Even though sRPE is a reliable method to quantify internal load demands in basketball, there are several factors (e.g. age, sex, expertise level, fitness level) which can influence overall scores (Haddad, Stylianides, Djaoui, Dellal, & Chamari, 2017). Therefore, a combination of external and internal measures provide a more complete insight regarding the demands imposed on players during training.

External and internal load in Euroleague

Besides load monitoring, an integrative approach to players load-readiness continuum is also important when developing comprehensive insights regarding players physical status (Saw, Main, & Gustin, 2016). There are numerous methods which have been used to assess the physical readiness of players such as, fatigue-related blood parameters (Moreira et al., 2014) or physical testing (Scalan et al., 2018). However, outcomes related to player well-being are most commonly captured using a subjective questionnaire which can be easily administered to players on a daily basis. A common questionnaire used to assess player well-being is the Total Quality of Recovery Scale (TQR) which possesses acceptable reliability (Zurutuza, Castellano, Echeazarra, & Casamichana, 2017) and has been previously utilized in professional basketball (Svilar et al., 2019a).

Despite the importance of monitoring training load and well-being, a comprehensive long-term investigation on load distribution during training days in congested weeks and how this affects wellbeing in elite basketball players is currently lacking in the literature. Previous work assessed differences between training days based on internal load measures (Manzi et al., 2010), as well as presented relationships between internal load and recovery-stress status or readiness in preparation for the match-day (Clemente et al., 2019; Svilar et al., 2019a); however, no work has assessed how external and internal loads influence wellbeing in basketball players. Furthermore, coaching style can also have a significant impact on associations between load and player wellbeing, but differences in load distribution between coaches remains unexplored in elite basketball. Having a detailed understanding the training loads being administered to players is important for all practitioners and may assist in developing an understanding of factors influencing load and periodization, as well as how they may impact wellbeing and recovery status. Therefore, the purpose of this investigation was to (a) compare external and internal training load of an elite basketball team in relation to Euroleague game (b) examine the differences in load management strategy by three head coaches on the days before a match day and (c) evaluated if the different 3-days load management period would positively affect players' recovery status.

Methods

Subjects

A total of 27 professional male basketball players (age: 25.7 ± 3.6 y.o; height: 200.1 ± 10.2 cm; body mass: 96.9 ± 10.7 kg) who played for the same basketball club

External and internal load in Euroleague

during three seasons, volunteered to participate in this study. During the study, the team competed in two basketball leagues, ACB and Euroleague (National and European competition respectively). Data was anonymized and procedures were approved by Human Research Ethics Committee from XXX (removed to facilitate blinded peer review). Furthermore, all of the players were verbally informed of the study requirements and provided written consent before the study commenced, all in accordance with the Declaration of Helsinki.

Design

This study followed a descriptive longitudinal approach. Data was obtained during three consecutive Euroleague seasons (from 2016-17 to 2018-19). Three different head coaches were in charge of every season analyzed. The three head coaches in charge of the team at the time of the study had 18 ± 9.6 yr of experience coaching at the professional level and 3 ± 1.7 seasons in the Euroleague competition. Throughout the three seasons, players participated in three to eight training sessions and one to three basketball games per week. On every training session, players' external and internal loads were collected using micro-sensors and sRPE, respectively. The total number of samples collected during each session leading into MD, under each head coach, is detailed in Table 1.

-INSERT TABLE 1 AROUND HERE-

Type of training session

Three different training sessions were classified according to previous research terminology (Martín-García, Díaz, Bradley, Morera, & Casamichana, 2018) based on their proximity to the first match (MD) of the week, from one to three days before MD (MD-1, MD-2 and MD-3). MD-1 were training days the day before game, MD-2 was two days before MD and MD-3 was three days before MD. A brief description of the activities completed during training and when they were completed relative to MD is provided in Table 2. All weeks included in the analysis followed the same weekly pattern with MD-4 scheduled as a day off for the team, MD-3, MD-2 and MD-1 scheduled training sessions performed at home court, and MD always corresponding with a Euroleague game. All weeks selected had two games per week but only the approach to the first game (Euroleague game) was considered for analysis. A total of 11, 8 and 8 weeks were included in analysis according to mentioned criteria for coach A, B and C respectively.

External and internal load in Euroleague

Only players who were able to perform full training session without any physical restriction were included in the analysis.

-INSERT TABLE 2 AROUND HERE-

External and internal training load variables

Micro-sensors (T6; Catapult Innovations, Melbourne, Australia) which included accelerometer, gyroscope and magnetometer sensors were used in order to monitor external load demands. As used by previous research (Svilar, Castellano, & Jukić, 2018), Player Load (PL), total (tCOD) and high intensity (hCOD) changes of direction, high intensity accelerations (hACC) ($>3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$) and high intensity deceleration (hDEC) ($>3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$) were included in analysis for external load variables together with total duration of training sessions. PL was calculated based on the player's three-planar movement and integrated in the establish formula (Boyd, Ball, & Aughey, 2011). Metrics derived from the inertial sensors are proprietary measures of the micro-sensors determined based on the orientation and direction travelled of the players. Specifically, ACC (-45° to 45°), DEC (-135° to 135°), and COD (-135° to 45° [left] and 45° to 135° [right]) were determined in total and at high intensities ($>3\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$). The reliability of PL and inertial movement analysis variables (e.g. COD, ACC, DEC) have been previously supported in team sport athletes (Luteberget, Holme, & Spencer, 2018). Inertial variables are reported as absolute (PL) and relative (tCOD $\cdot\text{min}^{-1}$, hCOD $\cdot\text{min}^{-1}$, hACC $\cdot\text{min}^{-1}$, hDEC $\cdot\text{min}^{-1}$) variables to determine volume and intensity, respectively. Practice duration was selected as total time from the beginning of team warm-up until the end of the last practice drill.

The perceived internal load was assessed using the session-RPE method (sRPE), previously confirmed as a reliable tool for measuring internal load in basketball (Nunes et al., 2014). The 1-10 RPE grading scale was obtained 15-30 minutes after the conclusion of training by asking players "How hard was practice?". Raw RPE scores were multiplied by the training duration to determine sRPE.

Monitoring of physical readiness

In order to assess players' physical condition on the morning of a game day, the TQR questionnaire was used. All players were familiar with questionnaire procedures and all answers from the questionnaires were collected in a customized Excel spreadsheet

External and internal load in Euroleague

(Microsoft Excel for Mac, v.16.11.16) for analysis. TQR questions were verbally asked to players in the morning corresponding with the MD to grade their current physical condition and readiness on a scale from 1 to 10 (where 1 means very, very poor and 10 very, very good). TQR results were classified as: <6 = an alarming state; 6.1-7.5 = a good state; 7.6-9 = a very good state; and >9.1 = an excellent state (Svilar et al., 2019a).

Statistical analysis

Data from all training sessions is presented using the mean and standard deviation (SD). All data analysis was carried out using Microsoft Excel 2016 (Data analysis option) and JASP v0.9.2 statistical software (University of Amsterdam, <https://jasp-stats.org/>). The data was screened for normality of distribution and homogeneity of variances using Shapiro-Wilk and Levene's tests, respectively. Differences between dependent variables in the sub-groups (MD and Coach) were analyzed using two-way Analysis of Variance (ANOVA), followed by Tukey's post hoc test. Cohen's d effect size analysis was used for pairwise comparisons. Thresholds for effect size (ES) statistics were <0.2 , *trivial*; <0.6 , *small*; <1.2 , *moderate*; <2.0 , *large* (Hopkins, Marshall, Batterham & Hanin, 2009). Statistical significance was established at $p < 0.05$.

Results

Table 3 (mean, SD and significant difference) shows external and internal load variables for all training sessions between days and coaches and Cohen's d effect size analysis is display in Figures 1 and 2.

-INSERT TABLE 3 AROUND HERE-

With regards to training days, duration and sRPE showed the highest values on MD-2 (84.9 \pm 14.5 min and 637.3 \pm 154.8 AU, respectively) with moderate effects between MD-1 and MD-2 ($p < 0.01$; ES=0,88 and 1,06, respectively), between MD-1 and MD-3 ($p < 0.01$; ES=0,86 and 0,93, respectively). Secondly, a significant difference was found for PL (MD-3 $<$ MD-2 $>$ MD-1) between MD-1 and MD-2 (ES= 0,64) and MD-1 with GD-3 (ES=0,52). Differences between training days hCOD, hACC, and hDEC were trivial and non-significant ($p > 0.05$).

In addition to differences between training days, coach B showed the highest values for duration compare to coach A ($p < 0.01$; ES=-1.27) and coach C ($p < 0.05$; ES= 1.15). PL

External and internal load in Euroleague

also presented significant differences among other two coaches with very large effects for all comparisons. When comparing training days, high intensity variables (hACC, hCOD and hDEC) only revealed trivial to small effects with no significant differences between the three coaches. Regarding internal load, Coach C showed the highest values on sRPE (636.9 ± 101.6 AU) followed by Coach B ($p=0.71$; $ES=0.07$) and Coach C ($p<0.01$; $ES=-1.15$). sRPE reported a significant difference with a moderate effect for coach A comparing with coach B (<0.01 ; $ES=0.90$) and coach C (<0.01 ; $ES=0.85$).

-INSERT FIGURE 1 AROUND HERE-

-INSERT FIGURE 2 AROUND HERE-

Average TQR scores for the three coaches is presented in Figure 3. Mean TQR score for all coaches was 7.7 ± 1.1 AU. The highest mean values were for Coach B (very good), which was significantly higher than coach A ($p<0.01$; $ES=0.64$; *good state*) and coach C ($p=0.00$; $ES=0.18$; *very good state*).

-INSERT FIGURE 3 AROUND HERE-

Discussion

The present study aimed to compare external and internal training load of an elite basketball team in relation to an official competition and examine the differences in load management strategies by three head coaches. A novel finding that can help to understand the load distribution prior to competition in elite basketball was variables relating to training volume using external and internal measures (Duration, PL, tCOD, sRPE) as well as RPE increased from MD-3 to MD-2 and decrease the day before MD (MD-1). However, parameters representing training intensity (hACC, hDEC and hCOD) remained consistent for all training days.

Training load monitoring in basketball can enhance effectiveness of a training program, exposing players to an optimal load in order to increase performance or reduce the risk of injury (Anderson, Triplett-McBride, Foster, Doberstein, & Brice, 2003). Therefore, the control of training volume and intensity may affect the outcomes of a specific load periodization program, especially during short periods like team sports tapering (De Lacey et al., 2014; Coutts A., Reaburn, Piva, & Murphy, 2007). A decrease in training volume with a maintenance or increased of intensity appears to have the

External and internal load in Euroleague

strongest effect on sport performance prior to an important competition (De Lacey et al., 2014; Coutts et al., 2007), with this approach successfully implemented within the present study. This investigation opposes previous research (Svilar et al., 2019a) which showed a linear decrease in all external load variables among training days (MD-3 > MD-2 > MD-1) with respect to absolute and relative values. These differences may be partly explained by the differences in the days analyzed. In the present study, MD-3 corresponded with the day after players' day off so coaches typically prescribed lower loads than during MD-2. However, in past work (Svilar et al., 2019a), the activity completed on MD-4 was not reported making it difficult to precisely compare periodization strategies used. The effect of fatigue after a basketball game depends mainly on energy depletion and metabolite accumulation (Enoka & Duchateau, 2008), whereas, residual fatigue effect on players may be from 36 to 72 hours (corresponding to MD-3), which could explain why coach B and C performed lighter session on MD-3. For the internal response, this study presents similar load distribution to Clemente et al (2019), who also reported an increase in sRPE values from MD-3 to MD-2 on congested weeks. Additionally, results corroborated with previous research in basketball where a significant decrease in internal training load from MD-2 to MD-1 was evident (Manzi et al., 2010; Clemente et al., 2019; Svilar et al., 2019a). A reduction on training load by decreasing training monotony during taper phase is associated with an improvement on players physical performance during games (Fessi et al., 2016). In basketball competitive season, due to congested weeks, a shorter load management periods (2-day or daily) should therefore be considered by coaches.

During demanding weeks (i.e. congested schedules), the use of a short-term tapering strategy before the first weekly match may be beneficial since it would reduce the total weekly training load, especially for those players who demand a higher match load. This investigation analyzed three consecutive seasons with three different coaches and all coaches reduced training load leading into MD, without compromising training intensity. The reduction in training volume during the days before competition which was implemented by each coach appears to be evidence based as it has been reported to enhance physiological condition and performance of players by eliminating residual fatigue on the game day (Bosquet, Montpetit, Arvisais, & Mujika, 2007; Marrier et al., 2017). Additionally, while there were some variations between the loads prescribed by each coach, elite head coaches might prepare the team quite similarity from a load management and periodization perspective.

External and internal load in Euroleague

To assess the appropriateness of the training prescription with respect to player readiness, a simple TQR questionnaire was used to evaluate players' physical condition on MD. For all coaches, scores fell between 7.2 and 8, which corresponds to a good to very good physical condition and readiness. In past work, TQR values were negatively influenced by training load in semi-professional basketball players (Sansone, Tschan, Foster, & Tessitore, 2018); however, in the present investigation, the best result on physical readiness (Coach B) was not encountered by the coach who prescribed lower training load (Coach A). One rationale for the aforementioned differences could be the fact that highly trained individuals may not be as strongly affected by changes in training load during short term periodization (Gabbett, 2016). This effect could be very important from a practical point of view because during congested periods, players can still maintain good physical status and higher fitness levels across the season despite being exposed to demanding schedules. Therefore, as the three analyzed training load distributions averaged in a "good-very good" state, authors may conclude that for elite basketball, the training load periodization applied by the three coaches appears appropriate.

In interpreting the findings of the present study, there are some limitations which should consider. Firstly, the authors acknowledge that the use of RPE is a perceptual measure of internal load only. As such, objective measures such as heart rate, blood markers, or hormonal parameters should be considered for future research to provide a more comprehensive understanding of internal responses of players during congested schedules. Secondly, training distribution success was not examined with the real outcome such a win or loss on MD as team sports performance success is multifactorial and not dictated solely by training load, meaning that while coaching and periodization strategies appear appropriate, the impact on overall performance remains unclear. Third, a deeper analysis of training drills used by coaches may help to understand daily workloads.

Conclusion

Training load monitoring and management is a key component that leads to an optimal physical condition during congested schedules in basketball competition. The findings from the present study indicate that volume-based external training load and internal load parameters are significantly different between training days prior to MD. Alternatively, high-intensity training sessions were prescribed by coaches on all days leading into competition. Within the same club, different head coaches presented different

External and internal load in Euroleague

load management strategies on the day before MD but all three administered high training intensity on every training day. This periodization approach appears effective given that besides differences in TQR scores, all strategies performed by coaches have resulted in a good to very good physical readiness prior an official match. Therefore, these results may be used as a practical reference for prescribing training loads for elite basketball teams.

Acknowledgements

The authors gratefully acknowledge the support of a Spanish government subproject Integration ways between qualitative and quantitative data, multiple case development, and synthesis review as main axis for an innovative future in physical activity and sports research[PGC2018-098742-B-C31] (2019-2021) (Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, Programa Estatal de Generación de Conocimiento y Fortalecimiento Científico y Tecnológico del Sistema I+D+i), that is part of the coordinated project New approach of research in physical activity and sport from mixed methods perspective (NARPAS_MM) [SPGC201800X098742CV0].

Disclosure Statement

No potential conflict of interest was reported by the authors

References

1. Anderson, L., Triplett-McBride, T., Foster, C., Doberstein, S., & Brice, G. (2003). Impact of training patterns on incidence of illness and injury during a women's collegiate basketball season. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(4), 734-738.
2. Bosquet, L., Montpetit, J., Arvisais, D., & Mujika, I. (2007). Effects of tapering on performance: a meta-analysis. *Medicine and Science in Sport and Exercise*. 39(8):1358-1365.
3. Boyd, L. J., Ball, K., & Aughey, R. J. (2011). The Reliability of MinimaxX Accelerometers for Measuring Physical Activity in Australian Football. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 6(3), 311-321.
4. Bradley, W. J., Cavanagh, B. P., Douglas, W., Donovan, T. F., Morton, J. P., & Close, G. L. (2015). Quantification of training load, energy intake, and physiological adaptations during a rugby preseason: a case study from an elite European rugby union squad. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(2), 534-544.

External and internal load in Euroleague

5. Castellano, J., Álvarez, D., Figueira, B., Coutinho, D., & Sampaio, J. (2013). Identifying the effects from the quality of opposition in a Football team positioning strategy. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 13(3), 822-832.
6. Clemente, F. M., Mendes, B., Bredt, S., Praça, G. M., Silvério, A., Carriço, S., & Duarte, E. (2019). Perceived training load, muscle soreness, stress, fatigue, and sleep quality in professional basketball: A full season study. *Journal of Human Kinetics*, 67(1), 199-207.
7. Coutts, A., Reaburn, P., Piva, T. J., & Murphy, A. (2007). Changes in selected biochemical, muscular strength, power, and endurance measures during deliberate overreaching and tapering in rugby league players. *International Journal of Sports Medicine*, 28(2), 116-124.
8. De Lacey, J., Brughelli, M., McGuigan, M., Hansen, K., Samozino, P., & Morin, J. B. (2014). The effects of tapering on power-force-velocity profiling and jump performance in professional rugby league players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(12), 3567-3570.
9. Enoka, R. M., & Duchateau, J. (2008). Muscle fatigue: what, why and how it influences muscle function. *The Journal of Physiology*, 6(1), 11-23.
10. Fessi, M. S., Zarrouk, N., Di Salvo, V., Filetti, C., Barker, A. R., & Moalla, W. (2016). Effects of tapering on physical match activities in professional soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 34(24), 2189-2194.
11. Gabbett, T. J. (2016). The training—injury prevention paradox: should athletes be training smarter and harder? *British Journal of Sports Medicine*, 50(5), 273-280.
12. Gaudino, P., Iaia, F. M., Alberti, G., Strudwick, A. J., Atkinson, G., & Gregson, W. (2013). Monitoring training in elite soccer players: systematic bias between running speed and metabolic power data. *International Journal of Sports Medicine*, 34(11), 963-968.
13. Haddad, M., Stylianides, G., Djaoui, L., Dellal, A., & Chamari, K. (2017). Session-RPE method for training load monitoring: Validity, ecological usefulness, and influencing factors. *Frontiers in Neuroscience*, 11, 612.
14. Hopkins, W. G., Marshall, S.W., Batterham, A. M., & Hanin, J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Medicine and Science in Sports Exercise*. 41, 3–13.
15. Lago-Ballesteros, J., & Lago-Peñas, C. (2010). Performance in team sports: Identifying the keys to success in soccer. *Journal of Human Kinetics*, 25(1), 85-91.

External and internal load in Euroleague

16. Lupo, C., Ungureanu, A. N., Frati, R., Panichi, M., Grillo, S., & Brustio, P. R. (2019). Player Session Rating of Perceived Exertion: A more valid tool than coaches' ratings to monitor internal training load in elite youth female basketball. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 1(aop), 1-6.
17. Luteberget, L. S., Holme, B. R., & Spencer, M. (2018). Reliability of wearable inertial measurement units to measure physical activity in team handball. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13(4), 467-473.
18. Manzi, V., D'ottavio, S., Impellizzeri, F. M., Chaouachi, A., Chamari, K., & Castagna, C. (2010). Profile of weekly training load in elite male professional basketball players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(5), 1399-1406.
19. Marrier, B., Robineau, J., Piscione, J., Lacombe, M., Peeters, A., Hausswirth, C., et al. (2017). Supercompensation kinetics of physical qualities during a taper in team-sport athletes. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(9), 1163-1169.
20. Martín-García, A., Díaz, A. G., Bradley, P. S., Morera, F., & Casamichana, D. (2018). Quantification of a professional football team's external load using a microcycle structure. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 32(12), 3511-3518.
21. Moreira, A., Nosaka, K., Nunes, J. A., Viveiros, L., Jamurtas, A. Z., & Aoki, M. S. (2014). Changes in muscle damage markers in female basketball players. *Biology of Sport*, 31(1), 3-7.
22. Nunes, J. A., Moreira, A., Crewther, B. T., Nosaka, K., Viveiros, L., & Aoki, M. S. (2014). Monitoring training load, recovery-stress state, immune-endocrine responses, and physical performance in elite female basketball players during a periodized training program. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(10), 2973-2980.
23. O'Donoghue, P. *Research Methods for Sports Performance Analysis*. London: Routledge. 2010.
24. Osiecki, R., Rubio, T. B., Coelho, R., Novack, L. F., Conde, J. H. S., Alves C. G., et al. (2015). The Total Quality Recovery Scale (TQR) as a proxy for determining athletes' recovery state after a professional soccer Match. *Journal of Exercise Physiology*, 18(3), 27-32.
25. Sansone, P., Tschan, H., Foster, C., & Tessitore, A. (2018). Monitoring training load and perceived recovery in female basketball: Implications for training design. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, DOI: 10.1519/jsc.0000000000002971.

External and internal load in Euroleague

26. Saw, A. E., Main, L. C., & Gustin, P. B. (2016). Monitoring the athlete training response: Subjective self-reported measures trump commonly used objective measures: a systematic review. *British Journal of Sports Medicine*, 50(5), 281-291.
27. Scanlan, A. T., Fox, J. L., Borges, N. R., Delextrat, A., Spiteri, T., Dalbo, V. J., et al. (2018). Decrements in knee extensor and flexor strength are associated with performance fatigue during simulated basketball game-play in adolescent, male players. *Journal of Sports Sciences*, 36(8), 852-860.
28. Svilar, L., Castellano, J., & Jukić, I. (2018). Load monitoring system in top-level basketball team: relationship between external and internal training load. *Kinesiology*, 50(1), 25-33.
29. Svilar, L., Castellano, J., & Jukic, I. (2019b). Comparison of 5vs5 training games and match-play using microsensor technology in elite basketball. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 33(7), 1897-1903.
30. Svilar, L., Castellano, J., Jukic, I., Bok, D. (2019a). Short-term tapering prior to the match: external and internal load quantification in top-level basketball. *Archivos de Medicina del Deporte*, 36(5), 288-295
31. 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.
32. Zurutuza, U., Castellano, J., Echeazarra, I., & Casamichana, D. (2017). Absolute and relative training load and its relation to fatigue in football. *Frontiers in Psychology*, 8, 878-886.

External and internal load in Euroleague

TABLES AND FIGURES

Table 1. Number of records for each of the days prior to game day under each head coach.

Table 2. Description and periodization of training tasks using by coaches.

Table 3. Mean \pm standard deviation (SD) of all training variables for training days and coaches.

Figure 1. Effect sizes (Cohen's d) and the 90% CI between training days for external and internal parameters.

Figure 2. Effect sizes (Cohen's d) and the 90% CI between coaches for external and internal parameters.

Figure 3. Median \pm standard deviation, 95% confidence interval for Total Quality of Recovery test (TQR) scores for all coaches.

Table 1. Number of records for each of the days prior to game day under each head coach.

Coach	MD-3	MD-2	MD-1	Total
A	116	119	115	350
B	86	93	92	271
C	91	93	91	275
Total	293	305	298	896

Note: MD-3 = training session 3 days before game day, MD-2 = training 2 days before game day, MD-1 = training session the day before game day.

Table 1. Description and periodization of training tasks using by coaches.

Task	Description	Court Size	Coach A	Coach B	Coach C
Activation	Warm-up, myo-fascial release, mobility and stretching exercises together with easy running drills to prepare player for training demands	HC	MD-3, MD-2, GD-1	MD-3, MD-2, MD-1	MD-3, MD-2, MD-1
5x0	No-contact play using mostly for offensive tactical purposes	HC	MD-3, GD-1	MD-3, MD-2, MD-1	MD-1
5x5	Game-based training drill where two teams are competing between each other	FC	MD-3, MD-2, MD-1	MD-2	MD-3, MD-2, MD-1
4x4	Contact small sided game for mastering offensive or defensive goals.	FC	MD-3, MD-2, MD-1	MD-3, MD-2	MD-2
Superiorities	Contact small sided game usually played in transition phase on un-balance situation 2x1, 3x2, 3x1 or 4x3	FC	MD-3	MD-2	MD-3
3x3	Contact small sided game for learning offensive or defensive goals.	HC	MD-2	MD-3, MD-2	MD-3, MD-2
Shooting	Spot-up shooting drills in groups or pairs.	FC	MD-3, MD-2, MD-1	MD-3, MD-2, MD-1	MD-3, MD-2, MD-1
Coach Encouragement level			Moderate	Low	High

Note: HC = half court, FC = full court, MD-3 = three days prior the match, MD-2 = two days prior the match, MD-1 = one day prior the match.

Table 1. Mean \pm standard deviation (SD) of all training variables for training days and coaches.

Coaches	Duration (min)	PL (AU)	hDEC (n/min)	hACC (n/min)	iCOD (n/min)	hCOD (n/min)	sRPE (AU)	RPE (AU)
MD-3	83.6 \pm 12.1 ‡	502.7 \pm 120.1 ‡	0.2 \pm 0.1	0.2 \pm 0.1	5.8 \pm 2.1 ‡	0.4 \pm 0.5	606.8 \pm 132.0 ‡ †	7.2 \pm 0.9 ‡ †
MD-2	84.9 \pm 14.5 ‡	525.8 \pm 142.6 ‡	0.2 \pm 0.2	0.2 \pm 0.2	5.8 \pm 2.5 ‡	0.4 \pm 0.9	637.3 \pm 154.8 ‡ † *	7.4 \pm 0.8 ‡ † *
MD-1	71.7 \pm 15.4 ‡ † *	430.9 \pm 152.1 ‡ † *	0.1 \pm 0.2	0.1 \pm 0.3	5.2 \pm 2.5 ‡ † *	0.3 \pm 0.9	463.0 \pm 175.0 ‡ † *	6.2 \pm 1.3 ‡ † *
Total	80.1 \pm 15.3	486.7 \pm 144.7	0.2 \pm 0.2	0.1 \pm 0.2	5.6 \pm 2.4	0.4 \pm 0.8	569.3 \pm 172.6	6.9 \pm 1.2
MD-3	81.5 \pm 11.7	441.0 \pm 95.8	0.2 \pm 0.1	0.1 \pm 0.0	6.0 \pm 1.5	0.4 \pm 0.1	633.8 \pm 109.7	7.7 \pm 0.5
MD-2	73.0 \pm 11.1	404.0 \pm 79.2	0.2 \pm 0.1	0.1 \pm 0.1	5.7 \pm 1.2	0.3 \pm 0.1	509.7 \pm 94.5	6.9 \pm 0.8
MD-1	56.0 \pm 7.95	279.0 \pm 52.4	0.1 \pm 0.1	0.1 \pm 0.1	4.8 \pm 1.3	0.3 \pm 0.1	269.6 \pm 50.0	4.9 \pm 1.2
Total	70.2 \pm 14.8 § †	375.2 \pm 103.9 § †	0.2 \pm 0.1	0.1 \pm 0.1 §	5.5 \pm 1.5	0.4 \pm 0.1 §	472.0 \pm 174.5 § †	6.5 \pm 1.5 § †
MD-3	86.9 \pm 14.7	519.1 \pm 132.0	0.1 \pm 0.2	0.1 \pm 0.2	5.5 \pm 3.2	0.4 \pm 1.0	559.2 \pm 174.5	6.2 \pm 1.1
MD-2	96.8 \pm 11.4	593.1 \pm 125.2	0.2 \pm 0.4	0.2 \pm 0.3	6.2 \pm 4.0	0.6 \pm 1.6	739.7 \pm 144.5	7.5 \pm 0.8
MD-1	82.0 \pm 11.8	517.3 \pm 116.7	0.2 \pm 0.4	0.2 \pm 0.5	5.8 \pm 4.0	0.5 \pm 1.1	575.2 \pm 124.3	6.9 \pm 0.6
Total	88.6 \pm 14.1 ¶ †	543.9 \pm 129.2 ¶ †	0.2 \pm 0.3	0.2 \pm 0.3 ¶	5.9 \pm 3.8	0.5 \pm 1.5 ¶ †	626.6 \pm 169.3 ¶ †	6.9 \pm 1.0 ¶ †
MD-3	83.1 \pm 8.9	566.0 \pm 97.2	0.1 \pm 0.1	0.2 \pm 0.0	5.7 \pm 1.4	0.3 \pm 0.1	617.4 \pm 96.0	7.3 \pm 0.4
MD-2	88.1 \pm 8.6	614.4 \pm 108.4	0.1 \pm 0.0	0.1 \pm 0.1	5.7 \pm 1.5	0.3 \pm 0.1	698.2 \pm 107.0	7.8 \pm 0.6
MD-1	81.3 \pm 7.0	535.7 \pm 104.3	0.1 \pm 0.1	0.1 \pm 0.0	5.2 \pm 1.4	0.3 \pm 0.1	593.8 \pm 66.2	7.2 \pm 0.3
Total	84.2 \pm 8.7 ¶ §	572.4 \pm 108.1 ¶ §	0.1 \pm 0.1	0.1 \pm 0.1	5.6 \pm 1.5	0.4 \pm 0.1 §	636.9 \pm 101.6 ¶ §	7.5 \pm 0.5 ¶ §

Note: sRPE = session-RPE, RPE = rating of perceived exertions, PL = PlayerLoad, hDEC = high intensity decelerations (>3 m·s⁻²), hACC = high intensity accelerations (>3 m·s⁻²), iCOD = total rightward/leftward lateral movements, hCOD = high intensity movements registered in a rightward/leftward lateral vector (>3 m·s⁻²), MD-3 = three days prior the match, MD-2 = two days prior the match, MD-1 = one day prior the match. Significant differences (SD) are shown as followed: * = SD with MD-2, † = SD with MD-3, ‡ = SD with MD-1, ¶ = SD with Coach A, § = SD with Coach B, † = SD with Coach C

Figure 1. Effect sizes (Cohen's d) and the 90% CI between training days for external and internal parameters.

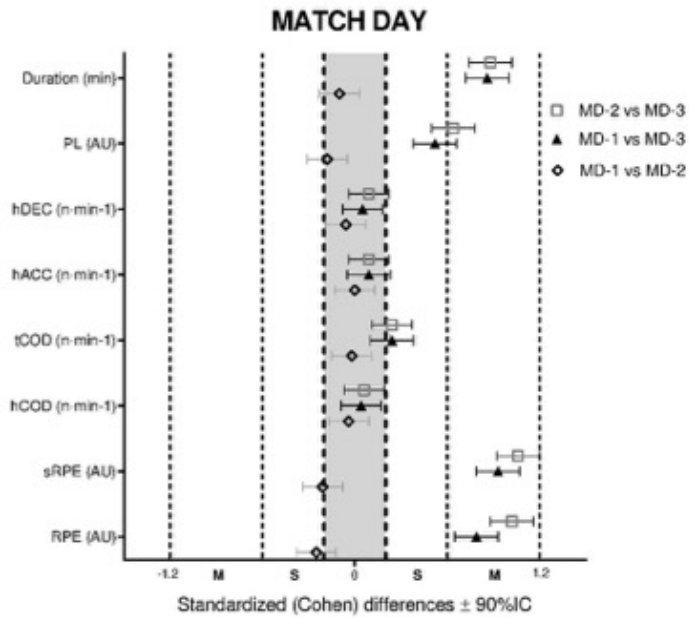


Figure 2. Effect sizes (Cohen's d) and the 90% CI between coaches for external and internal parameters.

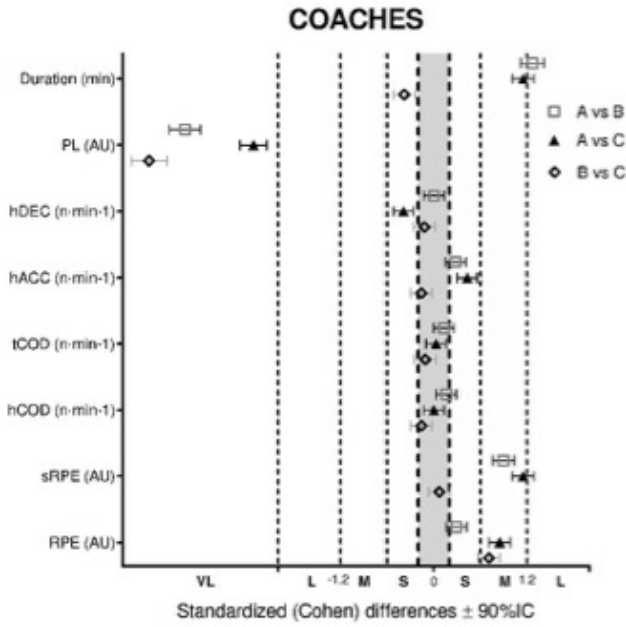
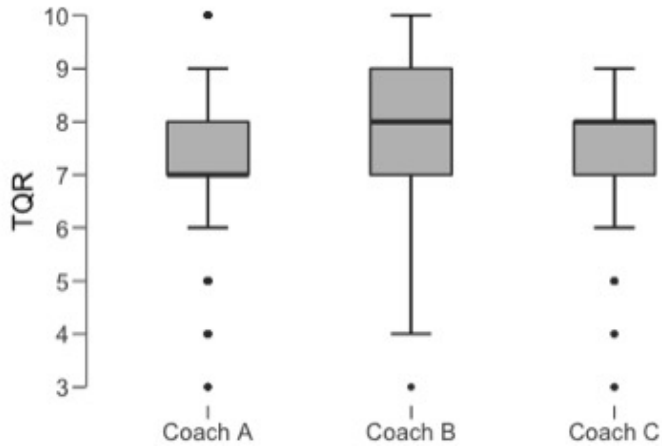


Figure 3. Median \pm standard deviation, 95% confidence interval for Total Quality of Recovery test (TQR) scores for all coaches.



enon le zabal zaizu



Universidad
del País Vasco

Euskal Herriko
Unibertsitatea