



UNIVERSITAT DE  
BARCELONA

# El RPE como indicador ecológico para el control de la carga en el baloncesto masculino y femenino

Aitor Piedra González



Aquesta tesi doctoral està subjecta a la llicència **Reconeixement 4.0. Espanya de Creative Commons.**

Esta tesis doctoral está sujeta a la licencia **Reconocimiento 4.0. España de Creative Commons.**

This doctoral thesis is licensed under the **Creative Commons Attribution 4.0. Spain License.**

TESIS DOCTORAL

El RPE como indicador ecológico para el control  
de la carga en el baloncesto masculino y  
femenino

Aitor Piedra González

Toni Caparrós Pons  
Javier Peña López



UNIVERSITAT DE  
BARCELONA

inefc

# El RPE como indicador ecológico para el control de la carga en el baloncesto masculino y femenino

Memoria presentada para optar al grado de doctor por la

Universidad de Barcelona

Programa de doctorado en Actividad Física, Educación Física y Deporte

Autor: Aitor Piedra Gonzalez

Directores: Toni Caparrós Pons y Javier Peña López

Tutor: Joan Solé Fortó

Lugar donde se ha llevado a cabo la tesis



UNIVERSITAT DE  
BARCELONA

inefc

*Se pueden  
Llenar los siete mares de valientes  
Y nunca llegaría a parecerse  
Ni a un cuarto del valor que tú sostienes*

Antonio Orozco

## **Agradecimientos**

Me gustaría comenzar agradeciendo a todos los jugadores y jugadoras que han participado como muestra en los estudios de esta tesis ya que sin ellos y ellas hubiera sido imposible recoger la gran cantidad de datos durante los periodos de registro.

A Toni Caparrós, por haber sido un magnífico guía y sobre todo un referente. Desde que le conozco he intentado empaparme de él y uno de los mayores aprendizajes que me llevo de estos años es haber trabajado codo con codo en proyectos junto a él. Agradezco su humildad y manera de ser, e intentaré como mínimo acercarme un poco al gran profesional que es.

A Xavi Peña, pues considero que si no llegamos a contactar con él no hubiera sido tan sencillo realizar esta tesis. Su perfil investigador y académico nos ha hecho poder llegar hasta donde estamos. Por otro lado, agradezco que haya confiado en mí y me haya otorgado oportunidades que nunca pensaba que podrían llegar.

A mis padres Juanjo e Isabel, ya que gracias a la educación y valores que me han enseñado he podido realizar todo este camino, así como gracias por haberme apoyado cuando las cosas no iban tan bien.

A mis abuelos Curro y Curra, porque siempre han sido un ejemplo de trabajo y empeño y me han acompañado en todos los acontecimientos importantes de mi vida.

A mi pareja Jessica, que me ha soportado de principio a fin durante el proceso y estoy convencido de que se sabe casi mejor que yo todos los trabajos realizados. Sin alguien en quien apoyarte y sin tener un pilar tan importante es muy complicado realizar una tesis, y por suerte yo lo he tenido.

A mi hermana Ainhoa, porque seguramente no tiene ni idea de todo lo que hace su hermano, pero el discutir va bien para soltar adrenalina.

A mi prima Vero, ya que es la mayor, una referente y un espejo en el que fijarse.

A Miguel, Guillermo, Adri e Isabel, porque habéis sido imprescindibles estos años, hemos buscado y creado planes que quedarán para siempre en nuestros recuerdos.

A Victor Ciavattini porque me dio la gran oportunidad de aprender de él y adentrarme en el baloncesto profesional. Soy el profesional que soy gracias a él.

A mis colegas del mundo del baloncesto: Marc Olmos, Adri Sánchez, Fran Santana, Jordi Amigó, Arnau Martínez y Enric Orozco, porque siempre se aprende de ellos, y gran parte de mis aprendizajes han sido a su lado.

A Cala, ya que sin saber de preparación física, cargas, datos, etc., se ha empapado de mí y ha generado una herramienta brutal para el control de la carga mediante medios ecológicos. Además, es una persona de 10 y un apasionado del mundo del baloncesto.

A todos los entrenadores y entrenadoras que han formado parte de una manera u otra durante esta etapa: Fabian Téllez, Gloria Estopà, Cesar Aneas, Enric Cervera, Toni Saez, Jordi Periz, Juanjo Campos, Dani José, Xavi Pardina, Mario Del Campo, Juan Couto, Gerard Solá, Carles Fusté, Mateo Rubio, Claudio Jorquera. Simplemente gracias por haberme hecho crecer a nivel personal y profesional.

Al Club Bàsquet Cornellà, en el que llevo 20 años vinculado, pues hemos crecido de la mano. Soy lo que soy gracias a este club y siempre estaré agradecido por todo lo que ha hecho por mí.

Al Femení Sant Adriá, porque he pasado 4 años fantásticos donde he conseguido logros espectaculares como Campeonatos de España, ascenso a Liga Femenina 1 y ascenso a Liga Challenge.

Seguro que me dejo personas por nombrar, así que muchas gracias a todas las que de una forma u otra han participado en esta etapa.

# Índice

<b>1</b>	<b>RESUMEN</b> .....	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>ABSTRACT</b> .....	<b>11</b>
<b>3</b>	<b>PREÁMBULO</b> .....	<b>12</b>
<b>4</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>13</b>
<b>5</b>	<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>15</b>
5.1	NIVEL DE LOS JUGADORES .....	19
5.1.1	<i>Élite</i> .....	19
5.1.2	<i>Sub-élite</i> .....	22
5.1.3	<i>Jugadores jóvenes</i> .....	24
5.2	REGISTRO DE DATOS .....	26
5.2.1	<i>Monitorización tecnológica</i> .....	26
5.2.2	<i>Monitorización ecológica</i> .....	28
5.3	TIPO DE REGISTRO .....	30
5.4	RENDIMIENTO Y LESIONABILIDAD .....	33
5.5	RPE .....	35
5.6	FATIGA NEUROMUSCULAR .....	36
<b>6</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>39</b>
6.1	OBJETIVO GENERAL .....	39
6.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	39
6.3	OBJETIVOS ESTUDIO 1 .....	39
6.4	OBJETIVOS ESTUDIO 2 .....	40
6.5	OBJETIVOS ESTUDIO 3 .....	40
6.6	OBJETIVOS ESTUDIO 4 .....	40
<b>7</b>	<b>PARTICIPANTES</b> .....	<b>41</b>
7.1	ESTUDIO 2 .....	41
7.2	ESTUDIO 3 .....	42
7.3	ESTUDIO 4 .....	42
<b>8</b>	<b>REGISTRO DE VARIABLES</b> .....	<b>44</b>
8.1	ESTUDIO 2 .....	44
8.2	ESTUDIO 3 .....	45
8.3	ESTUDIO 4 .....	46
<b>9</b>	<b>ANÁLISIS ESTADÍSTICO</b> .....	<b>48</b>
9.1	ESTUDIO 2 .....	48
9.2	ESTUDIO 3 .....	48
9.3	ESTUDIO 4 .....	49
<b>10</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>51</b>
10.1	ESTUDIO 2 .....	51
10.2	ESTUDIO 3 .....	54
10.3	ESTUDIO 4 .....	56
<b>11</b>	<b>DISCUSIÓN</b> .....	<b>59</b>
11.1	ESTUDIO 2 .....	59
11.2	ESTUDIO 3 .....	61
11.3	ESTUDIO 4 .....	65



<b>12</b>	<b>CONCLUSIONES DE LOS ESTUDIOS</b> .....	<b>69</b>
12.1	ESTUDIO 2 .....	69
12.2	ESTUDIO 3 .....	69
12.3	ESTUDIO 4 .....	69
<b>13</b>	<b>CONCLUSIONES GENERALES</b> .....	<b>71</b>
<b>14</b>	<b>APLICACIONES PRÁCTICAS DE LOS ESTUDIOS</b> .....	<b>72</b>
14.1	ESTUDIO 1 .....	72
14.2	ESTUDIO 2 .....	74
14.3	ESTUDIO 3 .....	75
14.4	ESTUDIO 4 .....	75
<b>15</b>	<b>LIMITACIONES DE LOS ESTUDIOS</b> .....	<b>77</b>
15.1	ESTUDIO 2 .....	77
15.2	ESTUDIO 3 .....	77
15.3	ESTUDIO 4 .....	78
<b>16</b>	<b>FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN</b> .....	<b>79</b>
16.1	ESTUDIO 2 .....	79
16.2	ESTUDIO 4 .....	79
<b>17</b>	<b>REFERENCIAS</b> .....	<b>80</b>
<b>18</b>	<b>ANEXOS</b> .....	<b>111</b>

## Índice de Tablas

<i>Tabla 1: Distribución de la tecnología según su coste monetario y el tipo de variables registradas</i> .....	27
<i>Tabla 2: Valores (promedios y SD) del índice de Esfuerzo Percibido (RPE) y carga de entrenamiento por jugadora durante una temporada</i> .....	51
<i>Tabla 3: Total de entrenamientos, partidos, horas de exposición y número de total de lesiones por jugadora durante una temporada</i> .....	52
<i>Tabla 4: Correlaciones de Spearman (Rho) significativas de valores de entrenamiento, partidos, tiempo de exposición y lesiones TL</i> .....	53
<i>Tabla 5: Resultados del análisis de regresión lineal simple que explica las lesiones TL en función del tiempo de exposición a entrenamiento</i> .....	54
<i>Tabla 6 : Media (desviación estándar) de las variables de carga y rendimiento, resultados totales de las variables de rendimiento y lesionabilidad y correlaciones Rho de Spearman de las variables de carga con las de rendimiento y lesionabilidad, para dos equipos</i> .....	56
<i>Tabla 7: Coeficientes del modelo para la pérdida del 10 % del salto con contramovimiento posterior a la sesión (PLOSS 10 %), incluyendo el sRPE y las aceleraciones y desaceleraciones totales como covariables.</i> .....	58

## Índice de Figuras

<i>Figura 1: Evolución del RPE promedio semanal de los equipos</i> .....	54
<i>Figura 2: Asociación entre una disminución del 10 % en CMJ y sRPE</i> .....	65
<i>Figura 3: Asociación entre una disminución del 10 % en el CMJ y las aceleraciones y desaceleraciones totales</i> .....	66
<i>Figura 4: Cronograma sugerido para la monitorización de carga tecnológica</i> .....	73
<i>Figura 5: Cronograma sugerido para la monitorización de carga ecológica</i> .....	74

## 1 Resumen

En la actualidad, en el mundo de la preparación física en el baloncesto ha cobrado mucha importancia el control de la carga de entrenamiento para optimizar el rendimiento, reducir el riesgo de lesión y poder tomar decisiones sobre el proceso de entrenamiento. Ante la imposibilidad de muchos equipos para disponer de medios objetivos, que muchas veces comportan un alto coste económico, se deben buscar alternativas validas y fiables que nos permitan obtener información válida, fiable, clara y útil. El objetivo principal de esta tesis es conocer si el índice de esfuerzo percibido, comúnmente conocido por su acrónimo en inglés RPE, es un buen indicador ecológico para el control de la carga en baloncesto masculino y femenino.

En primer lugar, se realizó una revisión narrativa estudiando los métodos más habituales para controlar la carga de entrenamiento en el baloncesto. Por otro lado, se realizaron tres estudios donde participaron 11 jugadoras de baloncesto profesional (Liga femenina 1) con una edad media de  $23 \pm 3$  años, una altura de  $182 \pm 10$  cm y un peso de  $79 \pm 14$  Kg, 10 jugadores de baloncesto semiprofesional (Liga EBA) con una edad media de  $26 \pm 5$  años, una altura de  $196 \pm 9$  cm y un peso de  $91 \pm 9$  kg y 11 jugadores de baloncesto amateur (Copa Cataluña, cuarta división estatal) con una edad media de  $25 \pm 5$  años, una altura de  $194 \pm 5$  cm y un peso de  $87 \pm 8$  kg.

Los resultados de los diferentes estudios presentados demostraron que existen diferentes variables que posibilitan el control de la carga tanto interna como externa en baloncesto y que no disponer de medios tecnológicos no debería de ser un impedimento para monitorizar a nuestros deportistas. Para una mayor utilidad, se debe educar a los miembros de los cuerpos técnicos y a las personas deportistas sobre la aplicabilidad y utilidad de los diferentes medios. El RPE se revela como una herramienta útil, válida y ecológica para gestionar la carga tanto en baloncesto masculino como femenino y es un indicador que se asocia al rendimiento, a la lesionabilidad y a la aparición de fatiga neuromuscular evaluada de forma objetiva cuando se usa de forma correcta.

A pesar de que el RPE es un buen indicador ecológico para el control de la carga en el baloncesto masculino y femenino, para un conocimiento más holístico de las adaptaciones al entrenamiento, se debe complementar su uso con otros indicadores y con una correcta educación de los agentes implicados en el proceso de entrenamiento.

**Palabras clave:** Monitorización, Deportes de equipo, Rendimiento, Lesionabilidad, Medios ecológicos

## 2 Abstract

In the world of physical preparation in basketball, appropriate management of training loads has become essential to optimize performance, reduce injury risk, and make informed decisions about the training process. Given the impossibility of many teams to use objective means, which often entail a high economic cost, valid and reliable alternatives must be sought to obtain valid, reliable, precise, and valuable information. The main objective of this thesis is to know if the index of perceived exertion, commonly known by its acronym in English RPE, is an excellent ecological indicator for load control in men's and women's basketball.

In the first place, a narrative review was carried out studying the most common methods to control training loads in basketball. On the other hand, three studies were carried out involving 11 female professional basketball players (League 1) with a mean age of  $23 \pm 3$  years, a height of  $182 \pm 10$  cm, and a weight of  $79 \pm 14$  Kg, 10 male semi-professional basketball players (EBA League) with a mean age of  $26 \pm 5$  years, a height of  $196 \pm 9$  cm and a weight of  $91 \pm 9$  kg and 11 male amateur basketball players (Catalonia Cup, national fourth division) with a mean age of  $25 \pm 5$  years, a height of  $194 \pm 5$  cm and a weight of  $87 \pm 8$  kg.

The results of the studies presented showed that different variables make it possible to control both the internal and external load in basketball and that not using technology should not be an obstacle to monitor our athletes. For greater utility, staffs and athletes should be educated about the applicability and usefulness of the different monitoring systems. RPE reveals as a useful, valid, and ecological tool to manage the load in men's and women's basketball, being an indicator associated with performance, injury, and the onset of neuromuscular fatigue evaluated objectively when appropriately used.

Although RPE is an excellent ecological indicator for load control in men's and women's basketball, for a more holistic understanding of training adaptations, its use should be complemented with other indicators and proper education of all the agents involved in the training process.

**Keywords:** Monitoring, Team sports, Performance, Injury, Ecological tools

### 3 Preámbulo

El trabajo que se presenta se ajusta a la normativa de la Universidad de Barcelona como «tesis por compendio de publicaciones», cuya normativa puede ser encontrada en:

[https://inefc.gencat.cat/web/.content/02\\_barcelona/recerca\\_doctorat/Normativa-tesi-per-compendi-publicacions\\_programa-HDK02\\_.pdf](https://inefc.gencat.cat/web/.content/02_barcelona/recerca_doctorat/Normativa-tesi-per-compendi-publicacions_programa-HDK02_.pdf)

Piedra, A., Peña, J., & Caparrós, A. (2021). Monitoring Training Loads in Basketball: A Narrative Review and Practical Guide for Coaches and Practitioners. *Strength & Conditioning Journal*. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000620>

Piedra, A., Peña, J., Ciavattini, V., & Caparrós, T. (2020). Relationship between injury risk, workload, and rate of perceived exertion in professional women's basketball. *Apunts Sports Medicine*. <https://doi.org/10.1016/j.apunsm.2020.02.004>

Piedra, A., Peña, J., Sánchez, A., & Caparrós, T. (2021). Uso del índice de esfuerzo percibido en contextos competitivos de baloncesto femenino y masculino. *Revista Andaluza de Medicina Del Deporte*, 14(4), 204–209. <https://doi.org/10.33155/J.RAMD.2020.07.003>

Piedra, A., Caparrós, T., Vicens-Bordas, J., & Peña, J. (2021). Internal and External Load Control in Team Sports through a Multivariable Model. *Journal of Sports Science and Medicine*, 20(4), 751–758. <https://doi.org/10.52082/JSSM.2021.751>

## 4 Introducción

Actualmente el control de la carga de entrenamiento se ha convertido en un elemento muy importante dentro del entrenamiento, ya que una buena gestión de esta permite optimizar el proceso de entrenamiento y reducir el riesgo de lesión. En un deporte colectivo como el baloncesto, en el que se compite cada semana, conocer en qué estado se encuentran los jugadores y poder tomar decisiones es fundamental para el rendimiento individual y colectivo. Existen muchas variables de carga externa (cualquier estímulo externo aplicado al deportista) como de carga interna (respuesta individual a ese estímulo) que se pueden controlar en situación deportiva. En función de los recursos de cada club se podrá acceder a unas u otras ya que en muchas ocasiones se precisa de soluciones tecnológicas para obtener ciertas variables. La gran mayoría de preparadores físicos de baloncesto no pueden acceder a medios con un alto coste económico ya que los clubs no pueden destinar recursos a ellos, por este motivo debemos buscar alternativas validas y fiables para tomar decisiones sobre la preparación de nuestros/as deportistas.

En este proyecto se ha revisado de forma extensa la literatura existente sobre los métodos de control existentes para facilitar alternativas en función de las necesidades de cada club. Una vez conocido todo el abanico de posibilidades se ha buscado profundizar y poder contestar a la siguiente pregunta:

¿Es el RPE un buen indicador ecológico para el control de la carga en baloncesto masculino y femenino?

Para ello se han realizado 4 estudios para responder a nuestra pregunta desde diferentes perspectivas complementarias.

A continuación, se presenta un esquema del compendio de publicaciones:

## 1. REVISIÓN NARRATIVA

Conocer las publicaciones existentes en baloncesto sobre el control de la carga de entrenamiento. Permite establecer una visión de los medios de control, momentos de registro, relación con rendimiento y lesiones y crear cronogramas de monitorización en función de los recursos disponibles



## 2. RELACIÓN ENTRE LESIONABILIDAD, CARGA DE ENTRENAMIENTO Y PERCEPCIÓN DEL ESFUERZO EN EL BALONCESTO FEMENINO PROFESIONAL

Valorar la aplicabilidad del RPE durante una temporada completa en un equipo de baloncesto femenino

## 3. USO DEL ÍNDICE DE ESFUERZO PERCIBIDO EN CONTEXTOS COMPETITIVOS DE BALONCESTO FEMENINO Y MASCULINO

Valorar la aplicabilidad del RPE en diferentes géneros durante una temporada completa



## 4. CONTROL DE CARGA INTERNA Y EXTERNA A TRAVÉS DE UN MODELO MULTIVARIABLE

Conocer si el RPE continúa siendo un parámetro de interés cuando se complementa con otras métricas de diferente naturaleza y se buscan asociaciones entre todas ellas y una variable respuesta

## 5 Marco Teórico

El entrenamiento es el proceso de realizar ejercicio de forma sistemática para adquirir habilidades deportivas específicas y para mejorar las habilidades físicas (Hopkins, 2002). Cuando se entrena de manera adecuada, los ejercicios inducen una respuesta adaptativa funcional. Estas adaptaciones funcionales son las que aportan cambios en el rendimiento físico, la resistencia a las lesiones o la salud. El ejercicio induce una respuesta psicofisiológica, y es esta respuesta la que proporciona el estímulo para la adaptación (Booth & Thomason, 1991). Un solo ejercicio puede generar un estímulo que provoca una respuesta adaptativa aguda transitoria, mientras que la repetición sistemática de este estímulo y la respuesta asociada a este son necesarias para provocar adaptaciones crónicas (Fan & Evans, 2017). Los estímulos de entrenamiento deben aplicarse en períodos de tiempo suficientes y ser de una magnitud adecuada para evitar la desaparición de estas adaptaciones antes de la competición (Mujika & Padilla, 2000).

El baloncesto es un deporte intermitente con acciones cortas e intensas, normalmente inferiores a 3 segundos, con períodos más largos de actividad moderada y de recuperación (Ben Abdelkrim et al., 2007). En este contexto, la carga de entrenamiento se ha descrito como la variable que gestionada de forma adecuada ayuda a obtener la respuesta de entrenamiento deseada (Impellizzeri et al., 2019). Su control tiene como objetivo optimizar este proceso, facilitando la toma de decisiones del cuerpo técnico y la reducción de factores de riesgo de lesión (Sánchez et al., 2019). La carga se define como la suma de la carga externa (CE) y la carga interna (CI) (Impellizzeri et al., 2019). El término "carga externa" se refiere a cualquier estímulo externo aplicado al deportista y dará como resultado respuestas fisiológicas y psicológicas diferentes en cada individuo, después de una interacción con otros factores biológicos y ambientales (Borresen & Ian Lambert, 2009). La respuesta individual a esta interacción con estresores biológicos impuestos



sobre el deportista durante el entrenamiento y la competición se conoce como "carga interna" (Soligard et al., 2016).

Una adecuada monitorización de los deportistas debe permitir, por ejemplo, definir la posible relación entre carga y el riesgo de lesiones. El control y el análisis preciso tanto de las cargas deportivas como de las no deportivas también puede ser un elemento de vital importancia para controlar el rendimiento de los deportistas y su bienestar emocional (Pyne & Martin, 2011). La monitorización del entrenamiento puede también aumentar la comprensión de las respuestas de entrenamiento, revelar momentos de alta fatiga y detectar necesidades de recuperación (Sansone, Gasperi, et al., 2021), así como retroalimentar la planificación deportiva, ayudando a la toma de decisiones en los programas de entrenamiento. El control de la carga es un elemento de importancia también gestionando los recursos humanos para adaptarse a los calendarios de competición, así como para asegurar niveles terapéuticos de carga que minimicen el riesgo de lesiones y enfermedades (Soligard et al., 2016).

La medición de la CE implica cuantificar la carga de entrenamiento o competición de un deportista a partir de variables como: el tiempo de entrenamiento o de competición (segundos, minutos, horas o días) (Gabbett, 2003), frecuencia de entrenamiento o competición (por ejemplo sesiones o competiciones por día, semana, mes) (Dupont et al., 2010), tipo de entrenamiento o competición (Bengtsson, Ekstrand, Waldén, et al., 2013), análisis de datos posicionales (por ejemplo, con sistemas de posicionamiento global por satélite) (Aughey, 2011), potencia de salida/velocidad/aceleración (Jobson et al., 2009), función neuromuscular (Twist & Highton, 2013), recuento de repeticiones de movimientos (lanzamientos, saques y saltos, cambios de dirección) (Lyman et al., 2002) o distancia (kilómetros recorridos corriendo, en bicicleta o nadando) (Macera, 1992). El

control de otros factores externos como eventos de la vida, problemas diarios o viajes, pueden ser igualmente importantes (Borresen & Ian Lambert, 2009).

La CI se mide evaluando la respuesta fisiológica y psicológica a una determinada CE (Impellizzeri et al., 2005), e incluye variables como la percepción del esfuerzo (RPE) (Robinson et al., 1991), la valoración del esfuerzo percibido durante la sesión (sRPE) (Duración de la sesión (min)  $\times$  RPE) (Foster et al., 2001), cuestionarios psicológicos como el perfil de estados de ánimo (POMS) (Morgan et al., 1987), el cuestionario de estrés de recuperación para atletas (REST-Q-Sport) (Kallus et al., 2016), el análisis diario de las demandas de vida de los atletas (DALDA) (Rushall, 1990) y la escala de calidad de la recuperación (TQR) (Kenttä & Hassmén, 1998). También se consideran factores que permiten determinar la carga interna el sueño (calidad y duración) (Halsón, 2014), las evaluaciones bioquímicas/hormonales/inmunológicas (Meeusen et al., 2013), la velocidad psicomotora (Nederhof et al., 2006), la frecuencia cardíaca (FC) (Hopkins, 1991), relación FC/RPE (Martin & Andersen, 2000), la variabilidad de la frecuencia cardíaca (HRV) (Plews et al., 2013), el impulso de entrenamiento (TRIMP) (Banister & Calvert, 1980), las concentraciones de lactato en sangre (Beneke et al., 2011) y la proporción entre lactato en sangre y RPE (Snyder et al., 1993).

Ganar en el baloncesto requiere de la combinación óptima de un entrenamiento deportivo específico para optimizar el rendimiento y de la limitación de la exposición de los deportistas a escenarios de riesgo de lesiones (Fuller et al., 2012). El análisis de estas variables se orienta a obtener información de los dos objetivos: el rendimiento y la lesionabilidad. En deportes de equipo se obtiene un mejor rendimiento y se disminuye el riesgo de lesión cuando los cambios semanales en la carga son relativamente pequeños respecto a cuando se producen muchas fluctuaciones de carga (Hulin et al., 2014).

Siempre que el atleta alcance un nivel de carga deseado de forma gradual y controlada, las regularidad en la aplicación de cargas y el entrenamiento complementario parecen ofrecer un efecto protector contra las lesiones, debido al efecto mediador en la adaptación y el desarrollo de cualidades físicas (Caparrós et al., 2018). En cambio, aumentos excesivos y rápidos en la carga a la que se expone a un deportista, excediendo la capacidad de asumir cargas de entrenamiento para la que este está preparado, es uno de los principales motivos por el cual los jugadores pueden aumentar su riesgo de lesión y disminuir su rendimiento (Anderson et al., 2003). Grandes cambios en la aplicación de cargas en fase aguda (aumentos rápidos de intensidad, duración o frecuencia) se relacionan también con un riesgo mayor de que se produzcan lesiones deportivas (Gabbett, 2016). En este contexto, la relación entre carga aguda y crónica sirve para modelar los cambios entre carga y riesgo de lesión (Gabbett, 2016). Habitualmente, la carga aguda se define como la carga de la última semana y la carga crónica es la acumulada de las cuatro últimas semanas (Gabbett et al., 2016), todo y que se han descrito en la literatura otras propuestas para esta proporción. Si la carga crónica se incrementa progresivamente a niveles elevados y la carga aguda presenta un nivel ajustado, se está bien preparado para la competición (Hulin, Gabbett, Lawson, et al., 2016). Por otro lado, si la carga aguda excede la carga crónica, se considera al jugador bajo un mayor riesgo de lesión (Hulin, Gabbett, Caputi, et al., 2016).

El control de la carga de entrenamiento se puede realizar mediante medios tanto ecológicos como tecnológicos. Los primeros son aquellos que no conllevan ningún gasto económico y que han sido validados en cuanto a su fiabilidad (Saw et al., 2016). Además, todos los miembros del cuerpo técnico pueden ayudar en la recogida de datos ya que los procedimientos de recogida de los indicadores son sencillos de implementar (Soligard et al., 2016). No obstante, la tecnología proporciona información más objetiva del proceso

de entrenamiento y por ello muchos entrenadores y deportistas están optando por el uso de medios tecnológicos para el control de su entrenamiento (Halson, 2014). El control de la carga de entrenamiento se realiza a todos los niveles de actividad deportiva, aunque con diferente complejidad. Estos procesos se llevan a cabo tanto en equipos de élite (deportistas que se dedican profesionalmente al deporte) (Ritchie et al., 2016), como en equipos de sub-élite (deportistas universitarios o deportistas de ligas menores que complementan el deporte con otros trabajos) (Fox, Stanton, & Scanlan, 2018), destacando el control que se realiza en jóvenes jugadores (hasta 18 años) dada la alta relación existente entre los altos volúmenes de entrenamiento en la adolescencia, la lesionabilidad y el abandono de la práctica deportiva (Huxley et al., 2014). En todos los casos descritos anteriormente, la carga se monitoriza y se gestiona tanto en el entrenamiento como en la competición (Reina et al., 2019). Existen ejemplos en la literatura de control en situación de entrenamiento monitorizando toda la sesión de entrenamiento (Svilar, Castellano, & Jukic, 2018), tareas de competición simuladas (Scanlan et al., 2017) o juegos reducidos empleados como elemento optimizador del juego (Sansone et al., 2019). Además, en estos momentos con los medios tecnológicos existentes también se pueden controlar los esfuerzos propios de la competición oficial, siempre y cuando los elementos que se utilicen no incumplan el reglamento de la competición y estén aprobados por las correspondientes asociaciones de jugadores y la patronal (Pino-Ortega et al., 2019).

## **5.1 Nivel de los jugadores**

### **5.1.1 Élite**

En el baloncesto de elite los entrenadores deberían trabajar en equipo para adaptar al máximo los entrenamientos a las necesidades de la competición (Aoki et al., 2017). En este proceso, toma mucha importancia un adecuado control de la CE (Reina et al., 2017).

Una de las variables más sencillas de registrar y por ello más utilizadas es el tiempo total de la sesión (Svilar, Castellano, Jukic, et al., 2018), aportando información cuantitativa acerca del estímulo que están recibiendo nuestros jugadores (Moreira et al., 2012). En partidos, registrar el número de minutos jugados (Caparrós et al., 2018) y conocer el porcentaje de tiempo de juego respecto al tiempo total de partido, permite tener información de la contribución de cada jugador (Oliveira-Da-Silva et al., 2013). No obstante, las variables de registro de CE con mayor presencia en la literatura son el número de aceleraciones y desaceleraciones (Vazquez-Guerrero et al., 2018), el número de aceleraciones de alta intensidad ( $>2\text{m/s}$ ), el número de desaceleraciones de alta intensidad ( $<-2\text{ m/s}$ ) (Vazquez-Guerrero et al., 2018), la distancia recorrida (Caparrós et al., 2018), el número de saltos y los cambios de dirección (Moreira et al., 2012; Nunes et al., 2014; Svilar, Castellano, & Jukic, 2018). Otra medida con gran importancia es el denominado “Player Load” (PL) o “Body Load”. Esta métrica es una magnitud vectorial expresada como la raíz cuadrada de la suma de las tasas de cambio instantáneas al cuadrado en la aceleración en cada uno de los 3 planos dividido por 100 (Sansone et al., 2019), el pico de velocidad ( $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ ) y el pico de aceleración ( $\text{m}\cdot\text{s}^2$ ) (Vazquez-Guerrero et al., 2018). Conocer los diferentes tipos de desplazamientos que se producen durante el juego: caminar ( $<6\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ), trote ( $6\text{-}12\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ), carrera ( $12,1\text{-}18\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ), desplazamientos de alta intensidad ( $18,1\text{-}24\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ) y sprints ( $>24,1\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ), define de forma bastante fiable la realidad de las demandas del deporte (Oliveira-Da-Silva et al., 2013). Los jugadores de élite de baloncesto recorren menos distancias totales (entre 1991 y 6310 m) que los de otros niveles competitivos y esto podría ser debido a un mayor dominio del juego y una optimización de los esfuerzos (Schelling & Torres-Ronda, 2013). En los partidos de baloncesto el total de aceleraciones oscila entre 43 y 145, el total de aceleraciones de alta intensidad entre 1 y 15, el total de desaceleraciones entre 24 y 95 y

las desaceleraciones de alta intensidad entre 4 y 40 (Vázquez-Guerrero et al., 2018). En entrenamientos, el total de aceleraciones se encuentra entre 16,9 y 59,8, las aceleraciones de alta intensidad entre 1,9 y 7,2, el total de desaceleraciones entre 16,4 y 93 y el total de desaceleraciones de alta intensidad entre 1.6 y 12 (Schelling & Torres, 2016; Svilar, Castellano, & Jukic, 2018; Svilar, Castellano, Jukic, et al., 2018). En el baloncesto de élite se han utilizado también otras variables como la “mechanical load” (mide el cambio de velocidad de un jugador a lo largo del partido, cada nivel incluye un factor de ponderación para tener en cuenta la gravedad de la aceleración y desaceleración) (Aoki et al., 2017), “physiological load” (masa·velocidad media·distancia), “physiological intensity” (“physiological load”/minutos jugados), “mechanical intensity” (“mechanical load”/minutos jugados), “walking maximal speed” (0-20% de la velocidad máxima), “run maximal speed” (40-60% de la velocidad máxima), “sprinting maximal speed” (60-80% de la velocidad máxima), “maximal speed” (>80% de la velocidad máxima), velocidad ofensiva promedio (velocidad promedio de carrera en ataque (ml/h)), velocidad defensiva promedio (velocidad promedio de carrera en defensa (ml/h)) (Caparrós et al., 2018), el ratio de aceleraciones/desaceleraciones (Vázquez-Guerrero et al., 2018) y la carga externa total (unidades arbitrarias (UA)/min) (Vázquez-Guerrero et al., 2018).

Las variables más utilizadas de CI en jugadores de élite de baloncesto son el RPE y el sRPE (Aoki et al., 2017; Arruda et al., 2013; Freitas et al., 2013; Moreira et al., 2012; Nunes et al., 2011, 2014; Svilar, Castellano, & Jukic, 2018; Svilar, Castellano, Jukic, et al., 2018), a los que hay que añadir una serie de cuestionarios psicológicos de carácter cuantitativo como son el “Recovery-Stress Questionnaire” (REST-Q 76) (Nunes et al., 2014), el análisis diario de las demandas de vida para los atletas (DALDA) y el “Wisconsin Upper Respiratory Symptom Survey-21” (WURSS-21) (Freitas et al., 2013). El total de sRPE semanal oscila entre 2250 y 5058 Unidades Arbitrarias (UA) y tanta

diferencia se podría deber a la variabilidad entre el número de sesiones de entrenamiento y la duración de las mismas (Scanlan et al., 2014). Desde una orientación más fisiológica, también se ha utilizado la saliva (Moreira et al., 2012; Nunes et al., 2014; Sansone et al., 2019), así como otros marcadores inmunológicos (Nunes et al., 2014). Las expresiones cardíacas de carga más habituales son: FC (Aoki et al., 2017), Banister TRIMPS (Aoki et al., 2017), frecuencia cardíaca máxima (FC<sub>máx</sub>) (Sansone et al., 2019) y el sumatorio de zonas de frecuencia cardíaca (SHRZ) (Nunes et al., 2011), han sido muy utilizadas hasta la llegada de tecnologías “Global Positioning System” (GPS). La FC<sub>máx</sub> oscila entre 187 y 198 latidos por minuto (lpm) y la media de frecuencia cardíaca (FC<sub>med</sub>) se encuentra entre 150 y 170 lpm en los partidos de baloncesto profesional (López-Laval et al., 2016). Además, el valor promedio de lactato obtenido en los partidos es de  $5,1 \pm 1,3$  milimoles (mmol) (Ben Abdelkrim et al., 2007).

### 5.1.2 Sub-élite

En el baloncesto de nivel sub-élite la variable de CE más utilizada es la duración de la sesión (Berkelmans et al., 2018; Conte et al., 2018; Fox, Stanton, & Scanlan, 2018; Heishman et al., 2018; Moreno-Pérez et al., 2019; Reina et al., 2019; Sansone et al., 2020). El número de impactos, saltos y pasos también son variables utilizadas en esta tipología de jugadores (Reina et al., 2019) así también como el PL (Heishman et al., 2018; Reina et al., 2019). Las aceleraciones y desaceleraciones en el baloncesto de sub-élite de nivel 1-2 son de baja intensidad y las aceleraciones y desaceleraciones de nivel 3-4 son de alta intensidad. Las aceleraciones (A-1) abarcan entre (0,50 m / s<sup>2</sup>, 0,99 m / s<sup>2</sup>), las A-2 entre (1,00 m/s<sup>2</sup>, 1,99 m/s<sup>2</sup>), las A-3 entre (2,00 m/s<sup>2</sup>, 2,99 m/s<sup>2</sup>), las A-4 entre (3,00 m/s<sup>2</sup>, 50,00 m/s<sup>2</sup>), las desaceleraciones (D-1) abarcan entre (-0,50 m/s<sup>2</sup>, -0,99 m/s<sup>2</sup>), las D-2 entre (-1,00 m/s<sup>2</sup>, -1,99 m/s<sup>2</sup>), las D-3 entre (-2,00 m/s<sup>2</sup>, -2,99 m/s<sup>2</sup>), las D-4 entre (-3,00 m/s<sup>2</sup>, -50,00 m/s<sup>2</sup>) (Sánchez et al., 2019). También se ha registrado el PL absoluto y

relativo y la distancia equivalente absoluta y relativa estimada que representa la distancia recorrida a una intensidad de trote para alcanzar la salida de PL resultante (Fox, Stanton, & Scanlan, 2018). La distancia total recorrida en los partidos oscila entre 3722 y 6208 m (Fox, Stanton, & Scanlan, 2018; Scanlan et al., 2015). Evidentemente, estas variables se pueden monitorizar cuando se dispone de tecnología adecuada para ello.

En referencia a la CI, el sRPE es la variable que predomina en jugadores de nivel sub-élite (Conte et al., 2018; Marcelino et al., 2013; Moreno-Pérez et al., 2019; Sansone et al., 2020; Scanlan et al., 2014), seguido del RPE (Conte et al., 2018; Fox, Stanton, & Scanlan, 2018; Moreno-Pérez et al., 2019). A nivel de cuestionarios de carácter cuantitativos tenemos constancia del uso del TQR (Sansone et al., 2020) y cuestionarios de bienestar (“Wellness”) (Moreno-Pérez et al., 2019) en esta tipología de deportistas. También se utilizan las diferentes expresiones de frecuencia cardiaca: FC (Batalla et al., 2018), TRIMPS (Heishman et al., 2018; Scanlan et al., 2014), FCmed, FCmáx, %FCmáx, (Reina et al., 2019) y el SHRZ (Berkelmans et al., 2018; Fox, Stanton, & Scanlan, 2018; Reina et al., 2019; Scanlan et al., 2014). Además se ha constatado que el uso de SHRZ 2,5 en este nivel de competición proporciona una visión novedosa sobre la CI y puede tener una mayor sensibilidad para la detección de respuestas desadaptativas y adaptativas al entrenamiento (Scanlan et al., 2018). En partidos la FCmáx oscila entre 192 y 195 lpm, y la FCmed se encuentra entre 168 y 169 lpm (López-Laval et al., 2016). El uso de estrategias no invasivas para controlar el estrés interno es una herramienta valiosa para identificar la fatiga y el estrés del jugador de nivel sub-élite (Heishman et al., 2018). Se recomienda monitorizar simultáneamente el entrenamiento y la recuperación con el método sRPE y la escala TQR para diseñar programas de entrenamiento (Sansone et al., 2020).



### 5.1.3 Jugadores jóvenes

En jugadores jóvenes de baloncesto la duración de la sesión (Cruz et al., 2018; Lupo et al., 2017, 2019; Miloski et al., 2015) destaca sobre los demás indicadores usados para monitorizar el entrenamiento. Los minutos de juego durante el partido también se registran de forma frecuente (Vallés-Ortega et al., 2017). La distancia total recorrida (Gómez-Carmona et al., 2019; Hulka et al., 2013; Stojanović et al., 2019), la distancia relativa (m/min) (Arede et al., 2020) y la distancia recorrida a alta intensidad (velocidad superior a 16 km/h) (Gómez-Carmona et al., 2019), el PL, el total de aceleraciones y desaceleraciones (Arede et al., 2020; Gómez-Carmona et al., 2019), así como la frecuencia de aceleraciones y desaceleraciones (Stojanović et al., 2019) también podrían ser indicadores usados en esta población cuando se dispone de medios para ello. En partidos la distancia recorrida aproximadamente es de 7558 m en jugadores jóvenes (Ben Abdelkrim et al., 2010). El número de impactos medido mediante la fuerza  $g$  (baja intensidad 3-5g, media intensidad 5-8g y alta intensidad +8g), saltos y pasos (Ghali et al., 2019; Gómez-Carmona et al., 2019; Reina, García-Rubio, Antúnez, et al., 2020), han sido también utilizados por diferentes investigadores para conocer las demandas de la competición. En jugadores jóvenes también se han registrado variables como: la medición de velocidades medias de esprint (Scanlan et al., 2017), “high-intensity running” (HIR, % total de distancia recorrida a más de 16 km/h) (Pino-Ortega et al., 2019), pico de velocidad ( $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ ) y pico de aceleración ( $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ ) (Arede et al., 2020; Pino-Ortega et al., 2019), velocidad (m/s) (Hulka et al., 2013), ratio de trabajo y descanso (Hulka et al., 2013) y la potencia metabólica (vatios/kilogramo) (Gómez-Carmona et al., 2019).

Por lo que respecta a la CI, el RPE (Cruz et al., 2018; Ghali et al., 2019; Koyama et al., 2022; Lupo et al., 2017, 2019; Miloski et al., 2015; Sánchez-Sánchez et al., 2018; Sansone, Ceravolo, et al., 2021; Stojanović et al., 2019; Vallés-Ortega et al., 2017;

Vaquera et al., 2018) y el sRPE (Cruz et al., 2018; Ghali et al., 2019; Lupo et al., 2017; Vaquera et al., 2018) vuelven a ser las métricas que con más frecuencia se han registrado en la literatura cuando hablamos de jugadores jóvenes de baloncesto. Los cuestionarios cuantitativos más empleados en este tipo de población son el DOMS (Arede et al., 2020), TQR (Cruz et al., 2018) (Vallés-Ortega et al., 2017), POMS (Miloski et al., 2015), los de “Wellness” y la valoración subjetiva del rendimiento pospartido (Vallés-Ortega et al., 2017). También se han analizado en jugadores jóvenes el lactato (Stojanović et al., 2019) y la saliva (Miloski et al., 2015) y con esta información se constata que el programa de entrenamiento puede individualizarse para permitir una mejor adaptación las cargas de entrenamiento. La expresiones de FC utilizadas en jóvenes han sido: SHRZ (Hulka et al., 2013; Lupo et al., 2017, 2019; Reina, García-Rubio, Antúnez, et al., 2020), FC (Reina, García-Rubio, Antúnez, et al., 2020; Stojanović et al., 2019; Vaquera et al., 2018), TRIMPS y TRIMPS de LUCIA (Scanlan et al., 2017), FCmed, FCmáx, %FCmáx (Reina, García-Rubio, Antúnez, et al., 2020), pico de FC y % de tiempo en Zona de FC 4 y 5 (Sánchez-Sánchez et al., 2018). También se ha analizado la intensidad máxima (duración de la sesión a 90–100% FCmáx) para conocer el tiempo que se pasa en las zonas altas durante la competición y poder adaptarlo al entrenamiento (Lupo et al., 2019). En partidos la FCmáx media es de 199 lpm, y la FCmed se encuentra entre 167 y 172 lpm (López-Laval et al., 2016).

## 5.2 Registro de datos

### 5.2.1 Monitorización tecnológica

En los últimos años el control de la carga de entrenamiento ha tomado mayor importancia para los profesionales del deporte (Bourdon et al., 2017). La tecnología que se utiliza evoluciona constantemente y los registros más comunes de CE que se registran en la actualidad son: la potencia de salida, velocidad, aceleración, análisis del movimiento (TMA), parámetros del sistema de GPS y parámetros registrados mediante acelerómetro. En cuanto a las medidas de CI más frecuentes se incluye la FC, el consumo de oxígeno y la concentración de lactato (Portes et al., 2019).

Para monitorizar la CE y la CI se presenta el Polar Team2 Pro (Hulka et al., 2013; Sánchez et al., 2019; Scanlan et al., 2014, 2017; Stojanović et al., 2019) como dispositivo más predominante. Para el control de la CE, el WIMU PRO (Arede et al., 2020; Berkelmans et al., 2018; Castillo et al., 2021; Gómez-Carmona et al., 2019; Portes et al., 2020; Reina et al., 2019; Reina, García-Rubio, Antúnez, et al., 2020; Vazquez-Guerrero et al., 2018) y el Catapult OptimEye S5 (Fox, Stanton, & Scanlan, 2018; Heishman et al., 2018; Roell et al., 2020; Sansone et al., 2019; Scanlan et al., 2018; Svilar, Castellano, & Jukic, 2018; Svilar, Castellano, Jukic, et al., 2018) son los dispositivos más citados (aunque el primero de ellos también permite el control de la CI). No obstante, hallamos otros artículos que consiguen sus datos de CE a través de sistemas de “Player tracking” ópticos (Caparrós et al., 2018), el acelerómetro ADXL326 (Vázquez-Guerrero et al., 2018), el acelerómetro X8-mini (Schelling & Torres, 2016) y el acelerómetro VERT (Ghali et al., 2019). Por el contrario, para controlar CI encontramos evidencia práctica usando sensores de FC, como el GarminTM (Reina et al., 2019; Reina, García-Rubio, Antúnez, et al., 2020), Suunto Memory Belts (Batalla et al., 2018; Vaquera et al., 2018), Polar H7 (Lupo et al., 2017,

2019; Sansone et al., 2019), Polar T31 (Fox, Stanton, & Scanlan, 2018; Scanlan et al., 2018) y otros modelos de la solución Polar Team (Nunes et al., 2011; Sánchez-Sánchez et al., 2018). También se han utilizado analizadores de lactato (Scanlan et al., 2017; Stojanović et al., 2019) y tecnología Omegawave (Heishman et al., 2018). La tecnología Omegawave evalúa el estrés interno del atleta, la preparación para el desempeño y la función neurológica y las evaluaciones de variabilidad del ritmo cardíaco (Heishman et al., 2018) (Tabla 1).

Tabla 1: Distribución de la tecnología según su coste monetario y el tipo de variables registradas

<b>Tecnología</b>	<b>Coste</b>	<b>Carga Externa</b>	<b>Carga Interna</b>
Polar Team2 Pro	***	x	X
Catapult OptimEye S5	****	x	
WIMU PRO	*****	x	
Player tracking óptico	****	x	
ADXL326	***	x	
X8-mini	**	x	
VERT	*	x	
GarminTM	*		X
Suunto Memory Belts	*		X
Polar H7	*		X
Polar T31	*		X
Lactate analyzer	***		X
Omegawave technology	****		X

Tecnología: Tecnología que se ha utilizado para monitorear las cargas de entrenamiento; Coste: Orientación del coste monetario de cada tecnología \* bajo \*\* moderado \*\*\* medio \*\*\*\* alto \*\*\*\*\* muy alto; Carga externa: Variables de carga externa; Carga interna: variables de carga interna.

En la actualidad, existen numerosas aplicaciones que nos ayudan a gestionar datos de entrenamientos, rendimiento deportivo, test físicos, médicos y de carácter administrativo en una única solución. Además, estas aplicaciones nos permiten gestionar las variables de “Wellness” más fácilmente. Athlete Monitoring (Gazzano, 2019), Readiness (*Readiness: Wellness Monitoring by Carlos Balsalobre*, n.d.), Elite HRV (*Elite HRV - Top Heart Rate Variability App, Monitors, and Training*, n.d.), Quanter (*Monitorización*

*de Deportistas y Jugadores Para Deportes de Equipo y Individuales*, n.d.) y MyCoach RPE (*Página de Inicio - MyCoach RPE*, n.d.) son ejemplos de algunas de las que podemos encontrar en el mercado.

En los estudios analizados también se ha empleado otro tipo de tecnología para analizar el rendimiento de los jugadores o para obtener datos de utilidad para la investigación que se ha llevado a cabo. Encontramos células fotoeléctricas (Nunes et al., 2014; Sansone et al., 2020), luces de temporización electrónicas (Scanlan et al., 2017), la báscula con análisis corporal por segmentos Tanita BC-601 (Gómez-Carmona et al., 2019) y plataformas de contacto (Cruz et al., 2018; Moreno-Pérez et al., 2019; Nunes et al., 2014; Vallés-Ortega et al., 2017). Con las plataformas de contacto y mediante el salto en contramovimiento (CMJ) máximo, podríamos detectar la fatiga neuromuscular de nuestros jugadores y conocer cómo se encuentran para iniciar la sesión y también conocer las diferencias al final de la sesión (Arede et al., 2020; Claudino et al., 2017; Cruz et al., 2018; Garrett et al., 2019; Jiménez-Reyes et al., 2019; Moran et al., 2019). Además, se han utilizado cámaras de filmación (Batalla et al., 2018; Hulka et al., 2013; Oliveira-Da-Silva et al., 2013; Sánchez-Sánchez et al., 2018) y softwares de análisis de video como Kinovea (Batalla et al., 2018) y Match Vision (Sánchez-Sánchez et al., 2018) en otros estudios.

### 5.2.2 Monitorización ecológica

Una buena monitorización de la carga de entrenamiento no necesariamente se debe realizar mediante tecnología sino que existen elementos de ningún o bajo coste que se rebelan como útiles, fiables (Saw et al., 2016) y ecológicos.

El RPE es una herramienta ecológica sin ningún coste que nos da información de cómo el jugador ha percibido el estímulo de entrenamiento o de la competición (Lupo et al.,

2017, 2019; Reina, García-Rubio, & Ibáñez, 2020). Normalmente se utiliza al final de la sesión y se pregunta al jugador entre 10 y 30 minutos después de finalizar la práctica (Cruz et al., 2018; Fox, Stanton, & Scanlan, 2018; Nunes et al., 2014). En algunos estudios se pregunta el RPE antes y después de la sesión para evaluar la fatiga (Marcelino et al., 2013). Además, el sRPE parece ser una herramienta viable para monitorizar la CI, y los resultados son útiles para proporcionar una mejor comprensión de la CI impuesta por el entrenamiento y la competición de baloncesto (Moreira et al., 2012). Con todo, al multiplicarse el RPE por la duración de la sesión este resultado está más influenciado por el volumen de la sesión que por la intensidad del entrenamiento (Lupo et al., 2019). Al ser tan sencillo de utilizar, es el método de control de la carga más utilizado en la literatura (Arruda et al., 2013; Freitas et al., 2013; Ghali et al., 2019; Moreno-Pérez et al., 2019; Nunes et al., 2011; Stojanović et al., 2019).

La duración de la sesión de entrenamiento se puede controlar simplemente con un cronometro, proporcionándonos un dato de CE relevante (Conte et al., 2018; Heishman et al., 2018). Es importante conocer la diferencia entre el tiempo real y el tiempo total de la sesión ya que cambiará la carga soportada por el jugador (Oliveira-Da-Silva et al., 2013). Este parámetro se puede recoger en un cuaderno o documento de ordenador de forma muy sencilla (Berkelmans et al., 2018; Cruz et al., 2018; Lupo et al., 2019; Moreno-Pérez et al., 2019; Svilar, Castellano, & Jukic, 2018). El registro de los minutos que disputa cada jugador nos aporta también mucha información para adaptar o modificar la planificación de la semana (Vallés-Ortega et al., 2017).

Los cuestionarios cuantitativos que más se han utilizado en el baloncesto son: TQR, (Cruz et al., 2018; Reina, García-Rubio, & Ibáñez, 2020; Sansone et al., 2020; Vallés-Ortega et al., 2017), REST-Q-Sport (Nunes et al., 2014), POMS (Miloski et al., 2015), los de

“Wellness” (Moreno-Pérez et al., 2019; Vallés-Ortega et al., 2017) y la valoración subjetiva después del partido (Vallés-Ortega et al., 2017), DALDA o el WURSS-21.

Otras herramientas de alta ecología para evaluar el estado de nuestros jugadores son la escala de DOMS (Arede et al., 2020) o el tipo de tarea usada en el entrenamiento. Sabemos que no todas las tareas provocan las mismas demandas sobre los jugadores y podemos utilizar la evaluación de las tareas usadas en el entrenamiento para obtener sinergias con otros aspectos de la preparación de los deportistas para obtener rendimiento (Lupo et al., 2019).

### **5.3 Tipo de registro**

El examen de las CI y CE impuestas a los jugadores tanto en el entrenamiento como en la competición proporciona un contexto para que el practicante cree un entorno de entrenamiento óptimo. Tener el conocimiento de las demandas de estrés del jugador durante la competición ayudará a dictar el volumen y la dosis de carga para las adaptaciones deseables en el régimen de entrenamiento del jugador (Ferioli et al., 2020; Petway et al., 2020).

La monitorización de la carga durante la competición nos proporciona información de lo que sucede en la pista y nos informa de cómo adaptar el proceso de entrenamiento a las demandas de la competición (Khoramipour et al., 2021; Pino-Ortega et al., 2019). Durante un partido se producen más desaceleraciones máximas que aceleraciones en todas las posiciones de juego y la relación aceleración-desaceleración ( $>3\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ ) es significativamente menor en jugadores exteriores (bases y aleros) que en jugadores interiores (ala pívots y pívots) (Vázquez-Guerrero et al., 2018). La diferencia de puntos que se produce al final de cada uno de los períodos de juego es también un elemento determinante en la CE que soportan los jugadores durante los partidos (Gómez-Carmona

et al., 2019) y también se ha observado que esta diferencia en el marcador tiene un importante impacto en las demandas fisiológicas (Batalla et al., 2018). En competición, se recomienda una combinación de análisis de FC y de los movimiento realizados por los jugadores (Hulka et al., 2013). La monitorización de la CI puede ayudar al cuerpo técnico a planificar y programar futuras cargas de entrenamiento (Nunes et al., 2011) y es necesario reproducir estas situaciones durante los entrenamientos para someter a los jugadores a estímulos físico-técnicos-tácticos de igual o superior volumen e intensidad a los que se producen en la competición (Gómez-Carmona et al., 2019). Cada posición de juego mostró demandas físicas específicas (Salazar, Castellano, et al., 2020). Se deberían enfatizar los movimientos de desaceleración máxima en jugadores exteriores y reducir la CE total en jugadores interiores para preparar mejor a los jugadores para las demandas de partido (Vázquez-Guerrero et al., 2018), y además se ha observado que la utilización de acciones específicas de baloncesto, adaptadas en intensidad y volumen a las exigencias reales, tendría que ser el medio de entrenamiento principal, ya que garantiza la especificidad del estímulo (Oliveira-Da-Silva et al., 2013). El personal técnico debe estudiar al oponente para diseñar la carga física que exige sesiones de entrenamiento de acuerdo con su nivel de calidad (un componente de nivel superior: más volumen de demandas; un oponente de nivel inferior: más acciones de alta intensidad) (Pino-Ortega et al., 2019). También se debe considerar que los jugadores titulares experimentan valores más elevados de carga que los suplentes (Russell et al., 2021).

En algunas investigaciones, se han simulado competiciones para entender lo que sucede en el juego y se ha observado que las demandas físicas se pueden modular cambiando las reglas, el tamaño de la pista o la diferencia de puntos, y este factor se debe de tener en cuenta al diseñar ejercicios de entrenamiento y al ajustar la periodización (Fernández-Leo et al., 2020; Vazquez-Guerrero et al., 2018).



En entrenamientos, se observa que la aceleración y el cambio de dirección son las variables más determinantes para los pivots; la desaceleración y los saltos altos para los bases y el total de desaceleraciones y cambios de dirección para los aleros (Svilar, Castellano, Jukic, et al., 2018). Además, se debería tener en cuenta que la oposición puede tener una relación en el número de aceleraciones y desaceleraciones de alta intensidad producidas por minuto. Sin embargo, debemos tener en cuenta que jugar sin oposición, con una CE de menor calidad, puede ser igual o incluso más intenso en términos de aceleraciones y desaceleraciones de alta intensidad que el juego con oposición en media pista o en pista completa (5 vs. 5) (Sánchez et al., 2019). El 3 vs. 3 y 5 vs. 5 en toda la pista son los ejercicios que muestran la CE más alta (Schelling & Torres, 2016). También, existen diferencias de CE entre las actividades realizadas con y sin balón. Con lo cual se deben considerar estas diferencias al diseñar los entrenamientos (Pernigoni et al., 2021). Los jugadores deben trabajar en áreas altas de FC durante el entrenamiento, principalmente en Z4 (80–90% FC<sub>máx</sub>) y Z5 (90–100% FC<sub>máx</sub>) (Reina et al., 2019) y esto se podría lograr mediante ejercicios de intervalo sin recuperación completa, para trabajar en el umbral apropiado (Reina et al., 2019). En el baloncesto, habitualmente las demandas del entrenamiento exceden las demandas de la competición (Fox, Stanton, & Scanlan, 2018). Los escoltas y los aleros experimentan cargas más altas que el resto del equipo, lo cual se debería de tener en cuenta a la hora de adaptar el programa de entrenamiento en estas posiciones (Reina et al., 2019). Además, cuanto más pequeño es el jugador, mayor es la carga de aceleración que soporta (Schelling & Torres, 2016).

La utilización de juegos reducidos para preparar a los jugadores de baloncesto para la competición parece presentar beneficios en el rendimiento (Sansone et al., 2019). Los juegos que constan de 1–3 jugadores provocan un perfil de actividad intermitente, promoviendo la utilización extensiva de las vías de metabolismo anaeróbico y aeróbico

(Stojanović et al., 2019). El formato 2 vs. 2 parece ser el que tiene una carga mayor. Además, realizar juegos reducidos con estímulos genera una mayor carga fisiológica en los jugadores (Sánchez-Sánchez et al., 2018). Por otro lado, modificar los condicionantes de la tarea y los espacios utilizados modifican la demanda condicional (Bredt et al., 2020; Suárez-Iglesias et al., 2020).

#### **5.4 Rendimiento y lesionabilidad**

Para valorar el rendimiento en el baloncesto, las pruebas más utilizadas en la literatura han sido el test de salto CMJ (Arede et al., 2020; Conte et al., 2018; Cruz et al., 2018; Heishman et al., 2018; Lukonaitienė et al., 2020; Moreno-Pérez et al., 2019; Sansone et al., 2020) y el Yo-Yo Intermittent Recovery Test Level 1 (YO-YO IR1) como test aeróbico (Aoki et al., 2017; Berkelmans et al., 2018; Miloski et al., 2015; Sánchez-Sánchez et al., 2018; Sansone et al., 2019, 2020). El Squat Jump (SJ) (Aoki et al., 2017; Nunes et al., 2014) y el Yo-Yo Intermittent Recovery Test Level 2 (YO-YO IR2) (Marcelino et al., 2013; Nunes et al., 2014) han sido utilizados en menor medida. También, se han empleado tests de agilidad como el Lane Agility test (Sansone et al., 2020), 505 Agility test (Sansone et al., 2020) (Arede et al., 2020), el T test (Miloski et al., 2015), test de velocidad de 20m de esprint (Heishman et al., 2018) o el test de sprints repetidos (Aoki et al., 2017). Otros test aeróbicos utilizados son el 5'-5' Submaximal run test (Aoki et al., 2017; Arede et al., 2020) y test incrementales (Marcelino et al., 2013). Por último, encontramos que se han utilizado otras medidas de rendimiento como los valores de Press Banca y Squat (Nunes et al., 2014), el lower limb asymmetry index (ASI) (Arede et al., 2020) o la dorsiflexión de tobillo (Moreno-Pérez et al., 2019). Por otro lado, la estadística del partido y los valores que proporciona cada jugador, han sido también utilizados para conocer el rendimiento de los jugadores (Arede et al., 2020; Nunes et al., 2014; Sánchez-Sánchez et al., 2018). Además, valores de estadística avanzada como el

Player Efficiency Rating (PER) y el Usage Percentage (Usg%) también se han utilizado (Caparrós et al., 2018) así como la diferencia de puntos en el marcador, que también se ha considerado como una variable de rendimiento (Gómez-Carmona et al., 2019). Las variables de CI y CE también correlacionan con el rendimiento y distinguen entre actuaciones exitosas y no exitosas (Coyne et al., 2021).

La monitorización de la carga de entrenamiento nos ayuda también a prevenir lesiones (Svilar, Castellano, & Jukic, 2018). El aumento del tiempo de entrenamiento y de los partidos está relacionado con un mayor rendimiento del equipo, pero también aumenta el número de lesiones. Sin embargo, mayores tasas de lesiones no se asocian con un peor rendimiento general del equipo (Caparrós et al., 2016). Es importante no obstante, controlar la exposición de los jugadores ya que podría reducir el riesgo de lesión por la afectación individual que tienen, aunque las lesiones no afecten al rendimiento global del equipo (Caparrós et al., 2016). Además, se observa que los jugadores con un número menor de desaceleraciones y la distancia total cubierta en partido podrían tener un mayor riesgo de lesiones. El aumento de la CE parecería entonces, reducir el riesgo de lesiones (Caparrós et al., 2018). Los atletas con una CE más baja deben ser identificados para que las estrategias de prevención apropiadas puedan aplicarse individualmente para evitar lesiones (Caparrós et al., 2018). Por lo tanto, la planificación de la temporada se debe realizar de acuerdo con la duración mínima y potencialmente máxima de la misma conociendo el número de entrenamientos y el número de partidos (Caparrós et al., 2016). El RPE no está asociado con lesiones sin contacto y no puede usarse para predecir lesiones (Ferioli et al., 2021). En el baloncesto de élite, el promedio por equipo de lesiones durante la temporada es de 23 y los datos sugieren que se producen un mayor número de lesiones en entrenamientos (media de 13 lesiones por temporada) que en partidos (media de 10 lesiones por temporada). Además, se ha observado que el promedio por temporada de

incidencia lesional (número de lesiones por cada 1000h) es de 5, siendo de 3 en entrenamientos y de 40 en partidos (Caparrós et al., 2016).

## **5.5 RPE**

El RPE es un método rápido, económico y ecológico y puede ser muy útil y práctico para que entrenadores/as y preparadores/as físicos puedan supervisar y controlar la CI para diseñar estrategias de periodización tanto en baloncesto (Svilar, Castellano, & Jukic, 2018) como en otros deportes colectivos, proporcionando una mejor comprensión de la CI de manera individualizada en las sesiones de entrenamiento y en las competiciones de baloncesto (Moreira et al., 2012). Esta herramienta es aplicable independientemente de la duración de la sesión y las secciones de la sesión de entrenamiento (Lupo et al., 2017). Los jugadores de baloncesto son capaces de cuantificar la carga de entrenamiento interna de los entrenamientos mejor que sus entrenadores, fortaleciendo la validez del RPE como una herramienta para monitorizar el entrenamiento en los deportes de equipo (Lupo et al., 2019) y como elemento de soporte para diseñar y controlar el proceso de entrenamiento de manera efectiva (Salazar, Svilar, et al., 2020; Svilar, Castellano, & Jukic, 2018). El control de la carga de entrenamiento se presenta, por tanto, como un recurso adaptable a medios ecológicos, que no conllevan un gran gasto económico, siendo útiles, fiables (Scott et al., 2013) y permitiendo un proceso de registro de datos sencillo (Soligard et al., 2016; Williams et al., 2021).

La aplicación de estos recursos se orienta a dos objetivos. Por un lado, las medidas de carga de entrenamiento mediante RPE tienen una asociación con el rendimiento del jugador (Fox, Stanton, Sargent, et al., 2018). Para valorar este rendimiento, la estadística del partido y los valores que proporciona de cada jugador han sido utilizados para conocer el rendimiento de los jugadores (Arede et al., 2020). También se ha considerado en algunos estudios la diferencia de puntos en el marcador como otra variable de rendimiento

(Gómez-Carmona et al., 2019). Además, en deportes como el fútbol australiano y el voleibol existe una asociación entre RPE y estadísticas relacionadas con el juego (Horta et al., 2019). A su vez, el aumento del tiempo de entrenamiento y de los partidos está relacionado tanto con un mejor rendimiento del equipo como con un mayor número de lesiones (Caparrós et al., 2016).

Ahora bien, existen posicionamientos en los cuales el RPE no se considera un método válido para el control de cargas, debido a que muestra bajos niveles de fiabilidad evaluando la CI de entrenamiento (Scott et al., 2013). Parece pues, que el tipo de entrenamiento también influye en cómo los jugadores perciben la intensidad, independientemente de cómo responden fisiológicamente, cuando otros modelos están menos influenciados por factores externos como la ansiedad (y, por lo tanto, la percepción del esfuerzo), y podrían ofrecernos información más correcta (Fox et al., 2017). Durante la competición es posible que la percepción del esfuerzo esté influenciada por factores psicológicos como el estrés y la ansiedad (Moreira et al., 2012). Los valores de RPE informados tienen fluctuaciones en función del contexto (Brito et al., 2016) y este hecho se podría relacionar con la variable de género, ya que hay evidencias de las diferencias de género en la sensibilidad al dolor y la respuesta analgésica. Sin embargo, debido a la gran validez de la medida mediante RPE en diferentes intensidades de ejercicio junto con la naturaleza sencilla y no invasiva de este método, se sugiere que el RPE es un método válido para cuantificar las cargas de entrenamiento en deportes de equipo intermitentes de alta intensidad (Scott et al., 2013).

## **5.6 Fatiga Neuromuscular**

Conocer la respuesta de fatiga al entrenamiento es fundamental para maximizar la adaptación del jugador minimizando el riesgo de lesión y evitando cualquier sobrecarga.

La monitorización permite definir la fatiga neuromuscular a corto plazo, normalmente de origen metabólico, y a más largo plazo (Wu et al., 2019). La fatiga metabólica es una capacidad disminuida para generar esfuerzo muscular en respuesta al ejercicio físico que ha superado la tasa de reemplazo de ATP. Sus efectos comienzan a disminuir después de cinco minutos y generalmente se cree que desaparece después de tres horas (Layzer, 1990). Por el contrario, la fatiga neuromuscular se define como una disminución prolongada de la capacidad del músculo para generar fuerza o potencia después de un período de recuperación. La fatiga neuromuscular puede estar presente durante más de 48 horas y puede identificarse como un sistema complejo de origen central y periférico (Overton, 2013). Esta fatiga aparece cuando la capacidad de un jugador para producir fuerza o potencia se deteriora (Collins et al., 2018). El uso del rendimiento del salto vertical como herramienta de monitorización de la fatiga neuromuscular está muy extendido en los deportes de alto rendimiento (Edwards et al., 2018) y, más específicamente, en el CMJ (Komi, 2000). La evaluación del rendimiento de CMJ se ha vuelto popular cuando se investigan los procesos de recuperación de los jugadores después de períodos de competencia regulares y congestionados. El seguimiento de esta relación actividad / recuperación proporciona un indicador del volumen y la intensidad de la sesión para reducir el desgaste físico del jugador y el riesgo de lesión resultante de un control neuromuscular insuficiente (Spiteri et al., 2013). Metodológicamente, algunos artículos han utilizado valores de salto promedio, aunque se ha observado que seleccionar los valores más altos proporciona mejores resultados (Gathercole et al., 2015a; Gorostiaga et al., 2010; Johnston et al., 2016). El CMJ sin balanceo de brazos parece ser el movimiento estándar cuando se rastrea el estado neuromuscular (Heishman et al., 2020; Malone et al., 2015). También se han descrito relaciones entre la carga de entrenamiento monitoreada longitudinalmente, las variables de fatiga y las lesiones (Jones et al., 2017),

destacando la evaluación de la altura máxima del salto como una variable asociada con la fatiga (Claudino et al., 2017).

La posibilidad de tener un método de control de fatiga con base científica para individualizar la prescripción de carga, utilizando una variable que exprese deterioro en el rendimiento y su relación con la respuesta fisiológica podría ayudar a tomar decisiones en el proceso de entrenamiento (Jiménez-Reyes et al., 2019). El uso de una prueba simple y sin fatiga, como el CMJ, permite monitorizar las sesiones de entrenamiento sin la necesidad de medir las concentraciones de lactato en sangre o amoníaco y sería más preciso que registrar los tiempos de entrenamiento (Gathercole et al., 2015b; Thorpe et al., 2017). Se observaron relaciones casi perfectas entre las concentraciones de lactato y amoníaco en sangre y la pérdida de altura de CMJ (Morcillo et al., 2015). Estos datos permitirían evaluar con precisión la fatiga neuromuscular inducida durante una sesión (Sánchez-Medina & González-Badillo, 2011). Una pérdida del 8-10% de la altura del salto corresponde a aproximadamente unos acúmulos de 8-10 mmol·l<sup>-1</sup> y 70-80 μmol·l<sup>-1</sup> de lactato y amonio en la sangre, respectivamente, lo que representa el inicio de la inestabilidad metabólica (Jimenez-Reyes et al., 2016).

Por lo tanto, una pérdida superior al 10% en CMJ podría ser una medida indirecta valiosa y robusta de los cambios mecánicos y metabólicos inducidos durante una sesión de entrenamiento permitiendo tomar decisiones sobre ese jugador (Jiménez-Reyes et al., 2019).

## **6 Objetivos**

### **6.1 Objetivo general**

Conocer si el RPE es un buen indicador para el control de la carga en baloncesto masculino y femenino, valorando su ecología

### **6.2 Objetivos específicos**

Describir los diferentes medios de control de la carga de entrenamiento en el baloncesto

Controlar la carga de entrenamiento durante la temporada con diferentes medios

Determinar las posibles relaciones entre la carga de entrenamiento y la fatiga neuromuscular local

Relacionar las fluctuaciones de la carga de entrenamiento con las lesiones y con el rendimiento deportivo

Valorar la utilidad de los instrumentos de control de carga de entrenamiento como favorecedores de la recuperación de los jugadores y como reductores del riesgo de aparición de lesiones durante la temporada

Establecer pautas específicas para mejorar el entrenamiento en el baloncesto

### **6.3 Objetivos Estudio 1**

Conocer las publicaciones existentes en baloncesto sobre el control de la carga de entrenamiento para establecer una visión de los medios de control, momentos de registro, relación con rendimiento y lesiones y crear cronogramas de monitorización en función de los recursos disponibles.



#### **6.4 Objetivos Estudio 2**

Comprender mejor las posibles relaciones entre la aplicación de cargas de entrenamiento y el riesgo de lesión en el baloncesto femenino profesional.

#### **6.5 Objetivos Estudio 3**

Determinar la utilidad del RPE como herramienta para el control de la carga interna en baloncesto femenino y masculino, valorando su asociación con el rendimiento individual y colectivo de un equipo y las diferencias de género en el uso de este indicador.

#### **6.6 Objetivos Estudio 4**

Determinar si un modelo multivariable puede ayudar a controlar mejor las cargas de entrenamiento en un equipo de baloncesto masculino semiprofesional, determinando asociaciones entre las variables de respuesta de carga interna y externa observadas en situaciones de entrenamiento y la aparición significativa de fatiga neuromuscular local detectada mediante un procedimiento objetivo.

## 7 Participantes

### 7.1 Estudio 2

Tomaron parte en el estudio once jugadoras integrantes de un equipo femenino de baloncesto profesional de máximo nivel estatal (Liga femenina 1) durante la temporada 2017-2018. Dichas jugadoras presentaban una edad media de  $23 \pm 3$  años, una altura de  $182 \pm 10$  cm y un peso de  $79 \pm 14$  kg.

Todas las jugadoras, entrenadores, y directivos adjuntos al equipo fueron informados sobre el protocolo de investigación, y firmaron un consentimiento informado antes de que comenzara el estudio.

El uso de estos datos atendió los estándares de la Declaración de Helsinki de 1964, revisada en Fortaleza en 2013.

A las jugadoras se les asignó un código de identificación individual para ocultar su identidad, garantizando la protección de los datos de carácter personal de acuerdo con el Reglamento General de Protección de Datos (RGPD) del Parlamento Europeo

La temporada tuvo una duración total de 32 semanas, y su planificación se dividió en 3 fases. La primera de ellas, la pretemporada, tuvo una duración de 6 semanas. Atendiendo a los objetivos competitivos del equipo, esta primera fase tenía como objetivo la mejora condicional específica para iniciar la competición en un estado óptimo de forma. Posteriormente, se estructuró una segunda fase de 13 semanas correspondiente a toda la primera vuelta de la competición, con el objetivo de mantener estado de forma competitivo, y una tercera fase de 13 semanas durante la segunda vuelta de la competición, asumiendo estados óptimos de forma deportiva al final de esta.

La duración total del estudio fue de 32 semanas, el total de la temporada.

## **7.2 Estudio 3**

Veintidós deportistas, integrantes de un equipo de baloncesto femenino y de un equipo de baloncesto masculino participaron en el estudio. Las 11 jugadoras del equipo femenino (Liga Femenina 1, máxima división estatal) presentaron una edad media de  $23 \pm 3$  años, una altura de  $182 \pm 10$  cm y un peso de  $79 \pm 14$  kg. Los 11 jugadores del equipo masculino (Copa Cataluña, 4ª división estatal) tenían una edad media de  $25 \pm 5$  años, una altura de  $194 \pm 5$  cm y un peso de  $87 \pm 8$  kg. Todos los procedimientos de la investigación siguieron los estándares de la Declaración de Helsinki y sus revisiones posteriores. Los datos se recogieron dentro de la actividad diaria de los equipos, y las jugadoras y jugadores fueron informados de que se usaban con fines deportivos y también en un contexto científico. A las jugadoras y jugadores se les asignó un código de identificación individual para ocultar su identidad, garantizando la protección de los datos de carácter personal de acuerdo con el Reglamento General de Protección de Datos (RGPD) del Parlamento Europeo (14/04/2016).

El equipo femenino realizaba 5 sesiones de pista obligatorias, 2 sesiones de preparación física y competía una vez a la semana. Además, un grupo de jugadoras realizaba una sesión de tiro y técnica individual por la mañana. Por su parte, el equipo masculino realizaba 3 sesiones de pista, 2 sesiones de preparación física y un partido. Ambos equipos realizaban sus respectivos entrenamientos a partir de las 20.00h de la tarde. Se hizo un registro durante toda la temporada.

## **7.3 Estudio 4**

Diez deportistas que formaban parte de un equipo semiprofesional de baloncesto masculino (Liga EBA), con una edad media de  $26 \pm 5$  años, una altura de  $196 \pm 9$  cm y un peso de  $91 \pm 6$  kg, participaron en el estudio durante 15 semanas de la segunda fase

del período de competencia (enero-abril) en la temporada 2018-2019. Los datos se obtuvieron de 141 registros de las sesiones de entrenamiento. El equipo participó en tres sesiones de entrenamiento en pista (simulacros técnicos y tácticos, juegos en espacios reducidos, simulacros de juego 5 vs. 5 y competencias simuladas), dos sesiones de fuerza y acondicionamiento y una competición por semana. Los entrenamientos siempre comenzaban a las 20:00h. La recolección de datos se realizó diariamente y las pruebas de saltos se realizaron todos los lunes y miércoles. Todos los procedimientos de investigación siguieron las normas de la Declaración de Helsinki y sus revisiones posteriores. Los datos se recopilaron dentro de la actividad diaria del equipo, y se informó a los jugadores que eran utilizados con fines deportivos y científicos. A los jugadores se les asignó un código de identificación individual para ocultar su identidad, garantizando la protección de datos personales bajo el Reglamento General de Protección de Datos de la UE (GDPR) (14/04/2016).

## 8 Registro de variables

### 8.1 Estudio 2

Este estudio incluyó 4 parámetros principales: el tiempo de exposición, lesión, RPE y sRPE. El tiempo de exposición de las jugadoras se midió de manera individualizada con las siguientes variables: número y horas de competición y número y horas de entrenamiento totales. Se realizó este seguimiento desde el inicio hasta el final de la temporada. El tiempo de partido se definió como las horas que cada jugadora jugó en esos partidos, y el tiempo de entrenamiento se refiere a las sesiones tanto matinales como vespertinas del equipo en pista. De cada jugadora se anotaba también su trabajo individualizado para recoger al máximo detalle el tiempo de exposición. Para registrar las lesiones se empleó la metodología de recogida propuesta en el consenso de la Unión Europea de fútbol (UEFA) para la definición de lesión y para la recogida de datos de las lesiones que se produjeron durante el estudio (Hägglund et al., 2005). Una lesión “*time-loss*” (TL) fue definida como cualquier lesión que ocurría durante un entrenamiento o partido que causara una ausencia para por lo menos la siguiente sesión o partido. Cada dato individual se registró diariamente después de cada entrenamiento y partido por los preparadores físicos del equipo. La pérdida de tiempo de las lesiones asociadas se clasificó de forma retrospectiva basándose en su severidad, determinada por el número de días de ausencia en la participación. El registro del RPE se realizaba 30 minutos después de finalizar cada sesión de entrenamiento de manera individual. Una vez acabada la sesión se enviaba mediante la aplicación de mensajería *Whatsapp Messenger versión 2.19.134* (Facebook Inc., California, USA) un mensaje de recordatorio a cada jugadora y ellas enviaban el RPE por mensaje privado. Una vez recibido se registraba en la base de datos. La escala utilizada para la clasificación del esfuerzo fue la de Borg CR-10, donde 1 es un esfuerzo muy suave y 10 supone un esfuerzo máximo. El RPE se ha revelado en

estudios anteriores como un método válido para cuantificar cargas de entrenamiento en deporte de equipo intermitente de alta intensidad (Scott et al., 2013). El sRPE se calculó multiplicando la intensidad percibida (RPE) por la duración de la sesión o el partido (min). La carga de trabajo, se expresó en unidades arbitrarias (UA) (Foster et al., 2001).

## **8.2 Estudio 3**

Se registraron individualmente la totalidad de entrenamientos de ambos equipos durante una temporada completa. Los datos recogidos para este estudio incluyeron los siguientes parámetros principales: Tiempo de exposición, RPE, sRPE, el rendimiento y la lesión. La exposición se define como el total de minutos de entrenamiento y competición, es una variable de carga externa (Soligard et al., 2016). El registro del RPE se realizaba 30 minutos después de finalizar cada sesión de entrenamiento de manera individual. Una vez acabada la sesión se enviaba mediante la aplicación de mensajería Whatsapp Messenger versión 2.19.134 (Facebook Inc, California, USA) un mensaje de recordatorio a cada jugador y jugadora y ellos enviaban la RPE por mensaje privado. Una vez recibido se registraba en la base de datos. La escala utilizada fue la de Borg CR-10, donde 1 es un esfuerzo muy suave y 10 es un esfuerzo máximo. El sRPE se calculó multiplicando el RPE por la duración de la sesión o el partido (min). La carga de trabajo se expresa en AU. El rendimiento se categorizó usando valoración estadística individual extraída de la estadística oficial del partido que sigue la fórmula  $RKG = (SP + R + A + ST + T + BM) - (MS + T + FC)$  y si el partido se ganó (1) o si el partido se perdió (0). Además, se diferenciaba entre jugadores titulares (1) y jugadores suplentes (0). Para registrar las variables epidemiológicas y para la recogida de datos de las lesiones que se produjeron durante el estudio, se usó la metodología del consenso de la Unión Europea de fútbol (UEFA). Una lesión de tipo TL fue definida como cualquier lesión que ocurría durante un entrenamiento o partido que causara una ausencia como mínimo en la siguiente sesión o partido. Una

lesión “physio attention” (PA) se definía como aquella en la que el/la deportista acudía al fisioterapeuta con alguna molestia que no causaba baja del entrenamiento/partido. Por último, la categoría “medical attention” (MA) definía las lesiones en las que se acudía al médico y en las que se realizaban cualquier prueba de diagnóstico (habitualmente por imagen). Cada dato individual se registró diariamente después de cada entrenamiento y partido por los preparadores físicos de los equipos. La pérdida de tiempo de las lesiones asociadas se clasificó de forma retrospectiva basándose en la severidad, determinada por el número de días de ausencia en la participación.

### **8.3 Estudio 4**

El proceso de toma de datos comenzó cuando los jugadores llegaron a las instalaciones, después de un calentamiento estandarizado del equipo. Todos los participantes realizaron un calentamiento supervisado de 12 minutos que incluyó estiramientos activos, ejercicios de carrera, esprint progresivo y cambio de dirección. Los valores pre-CMJ (tiempo de vuelo) fueron recogidos después de esta activación fisiológica inicial (Jiménez-Reyes et al., 2019), donde realizaron tres saltos máximos y se seleccionó el mejor registro de salto como valor de referencia inicial (Gonzalez-Badillo et al., 2017). Durante la sesión, se registró todo el esfuerzo durante el entrenamiento utilizando el software Polar Team Pro (Boyd et al., 2011) y se controló el tiempo de entrenamiento (Piedra et al., 2021). También se obtuvieron variables de HRV de la sesión (Zamora et al., 2021). Al finalizar la sesión se realizó otra toma de datos usando CMJ, repitiendo el proceso inicial, seleccionando el mejor salto (J. G. Claudino et al., 2012). La pérdida del 10% se calculó con la fórmula: pérdida de salto (%) =  $100 * (\text{post-salto} - \text{pre-salto}) / \text{pre-salto}$  (Gonzalez-Badillo et al., 2017). Treinta minutos después de la sesión, se envió el cuestionario RPE a los jugadores a través de la aplicación de mensajería WhatsApp Messenger versión 2.19.134 (Facebook Inc, California, EE. UU.) (Foster, 1998; Fox et al., 2020).

Se utilizó la tecnología Polar Team Pro (Hulka et al., 2013; Sánchez et al., 2019; Scanlan et al., 2017; Stojanović et al., 2019) para registrar el SHRZ, la RMSSD, una variable de HRV y las variables de acelerometría (aceleraciones y desaceleraciones totales). Para realizar las pruebas de salto se utilizó la plataforma de contacto de salto Chronojump (Cruz et al., 2018; Moreno-Pérez et al., 2019; Nunes et al., 2014; Vallés-Ortega et al., 2017). Esta plataforma ha sido validada para evaluar saltos verticales (De Blas et al., 2012). El cuestionario RPE y la anotación de duración también se utilizaron en la investigación (Lupo et al., 2019).

Se analizaron las siguientes variables: (a) disminución del 10% en el salto posterior al previo al entrenamiento, utilizando una variable binaria, donde 1 es una pérdida mayor al 10% y 0 es una pérdida menor al 10%, (b) edad del jugador, (c) altura del jugador, (d) peso del jugador, (e) sRPE, (f) SHRZ, (g) RMSSD y (h) total de aceleraciones y desaceleraciones del entrenamiento.



## **9 Análisis estadístico**

### **9.1 Estudio 2**

Se realiza un análisis descriptivo inicial expresado a través de los valores mínimos, máximos, media y desviación típica de todas las variables. Posteriormente, y después del estudio de la normalidad de los datos, se lleva a cabo una correlación de Pearson con las variables numéricas obtenidas durante el registro. Se realiza también una prueba de contraste de hipótesis *ANOVA de una sola vía* para determinar la diferencia entre grupos en relación con su lesionabilidad. Los resultados promedio de tiempo de exposición, lesiones, RPE y sRPE se correlacionan usando la prueba Rho de Spearman atendiendo al tamaño de la muestra ( $N=11$ ). Finalmente, se realiza un análisis de regresión lineal para determinar la posible asociación entre variables. En todos los casos el coeficiente osciló entre  $-1$  y  $+1$ , y el nivel de significación establecido para todos los análisis fue de  $p < 0,05$ .

### **9.2 Estudio 3**

Se realiza un análisis descriptivo de tendencia central y se determina que la muestra no seguía una distribución de probabilidad normal mediante la prueba Kolmogorov-Smirnov. Atendiendo a los resultados, se valora la independencia de las variables mediante la prueba U de Mann-Whitney. También se explora con esta prueba las posibles diferencias entre las variables en relación con los deportistas titulares y no titulares, así como en función del resultado final (victoria o derrota). Posteriormente, se determinan las posibles relaciones entre variables mediante el coeficiente de correlación de rangos de Spearman (Rho). En todos los casos el coeficiente osciló entre  $-1$  y  $+1$ , y el nivel de significación establecido para todos los análisis fue de  $p < 0,05$ .

Las correlaciones se interpretaron como: trivial: 0-0,09; baja: 0,10-0,29; moderada: 0,30-0,49; grande: 0,50-0,69; muy grande: 0,70-0,89; casi perfecta 0,90-0,99; perfecta 1. El análisis de todos los datos se llevó a cabo mediante el software JASP Team (2019). JASP (Version 0.11.1)

### 9.3 Estudio 4

Se realiza un análisis de tendencia central, y posteriormente un análisis inferencial utilizando una regresión logística binaria paso a paso (Peña et al., 2013) con una pérdida mayor al 10% (fatiga neuromuscular) como variable dependiente (Jiménez-Reyes et al., 2019). Previamente se realiza un diagnóstico de multicolinealidad para encontrar intercorrelaciones entre variables predictivas. Una vez reconsiderados los datos incluidos en el modelo, evitando variables altamente intercorrelacionadas, se analizan diferentes variables mediante una técnica de regresión logística. Para evaluar la "bondad de ajuste", se llevaron a cabo las pruebas Nagelkerke  $R^2$  y Mc Fadden  $R^2$ . Las regresiones logísticas permiten probar modelos para predecir los resultados de una variable dependiente binaria basada en una o más variables predictoras usando la siguiente fórmula, donde  $p$  es probabilidad y  $e$  es una constante matemática igual a aproximadamente 2,71828:

$$p = \frac{e^z}{1+e^z} \text{ o } p = \frac{1}{1+e^{-z}}$$

$Z$  es la combinación lineal de:

$$Z = B_0 + B_1X_1 + B_2X_2 + \dots + B_pX_p,$$

donde  $B$  es el coeficiente estimado por el modelo y  $X$  es la variable independiente. El nivel de significancia para las variables de la ecuación se estableció como  $p \leq 0,05$ .

Después del análisis, las variables estadísticamente significativas se incluyeron en el

modelo de regresión logística final. Todos los análisis estadísticos se realizaron con el paquete de software estadístico JASP para Windows (Versión 0.11.1, Universidad de Ámsterdam, Países Bajos, 2020).

## 10 Resultados

### 10.1 Estudio 2

La duración media de los entrenamientos de las mañanas era de  $85,40 \pm 16,07$  minutos y la de las tardes de  $100,26 \pm 18,71$  minutos. El RPE promedio del equipo después del entrenamiento de la mañana fue de  $3,5 \pm 1,1$  y el de la tarde de  $6,0 \pm 1,5$  (Tabla 2).

Tabla 2: Valores (promedios y SD) del índice de Esfuerzo Percibido (RPE) y carga de entrenamiento por jugadora durante una temporada

	RPE (CR-10)	RPE Mañana (CR-10)	RPE Tarde (CR-10)	CARGA (RPE x min)	Carga Mañana (RPE x min)	Carga Tarde (RPE x min)
Jugadora 1	5,1 ( $\pm 2,0$ )	3,3 ( $\pm 0,7$ )	5,8 ( $\pm 1,4$ )	487,4 ( $\pm 214,6$ )	270,6 ( $\pm 90,1$ )	570,2 ( $\pm 167,7$ )
Jugadora 2	4,9 ( $\pm 1,9$ )	3,5 ( $\pm 1,2$ )	5,2 ( $\pm 1,4$ )	483,9 ( $\pm 194,9$ )	305,5 ( $\pm 150,2$ )	518,1 ( $\pm 159,9$ )
Jugadora 3	5,8 ( $\pm 1,8$ )	4,0 ( $\pm 1,3$ )	5,9 ( $\pm 1,6$ )	597,9 ( $\pm 190,7$ )	351,3 ( $\pm 144,0$ )	614,9 ( $\pm 180,6$ )
Jugadora 4	6,5 ( $\pm 2,0$ )	3,9 ( $\pm 1,0$ )	7,2 ( $\pm 1,4$ )	639,1 ( $\pm 203,3$ )	313,2 ( $\pm 127,9$ )	725,7 ( $\pm 162,2$ )
Jugadora 5	5,4 ( $\pm 2,0$ )	3,0 ( $\pm 0,9$ )	6,4 ( $\pm 1,5$ )	530,8 ( $\pm 204,5$ )	247,2 ( $\pm 99,6$ )	642,9 ( $\pm 162,0$ )
Jugadora 6	6,3 ( $\pm 2,5$ )	4,8 ( $\pm 1,2$ )	7,0 ( $\pm 0,9$ )	615,6 ( $\pm 263,3$ )	409,3 ( $\pm 166,1$ )	709,8 ( $\pm 134,2$ )
Jugadora 7	6,2 ( $\pm 2,2$ )	3,6 ( $\pm 0,9$ )	7,3 ( $\pm 1,4$ )	635,9 ( $\pm 232,2$ )	307,3 ( $\pm 112,2$ )	769,5 ( $\pm 171,6$ )
Jugadora 8	4,9 ( $\pm 1,4$ )	2,8 ( $\pm 0,8$ )	5,0 ( $\pm 1,4$ )	476,3 ( $\pm 170,8$ )	274,2 ( $\pm 107,5$ )	486,6 ( $\pm 170,2$ )
Jugadora 9	4,6 ( $\pm 1,9$ )	3,1 ( $\pm 0,9$ )	5,1 ( $\pm 1,3$ )	433,3 ( $\pm 199,1$ )	246,2 ( $\pm 77,4$ )	498,1 ( $\pm 151,9$ )
Jugadora 10	5,6 ( $\pm 2,1$ )	4,0 ( $\pm 1,3$ )	6,1 ( $\pm 1,2$ )	547,2 ( $\pm 201,9$ )	330,9 ( $\pm 124,6$ )	612,2 ( $\pm 132,4$ )
Jugadora 11	4,4 ( $\pm 1,5$ )	2,4 ( $\pm 0,6$ )	5,0 ( $\pm 1,2$ )	422,9 ( $\pm 145,1$ )	196,5 ( $\pm 73,2$ )	486,0 ( $\pm 118,4$ )
<b>TOTAL</b>	5,4 ( $\pm 2,2$ )	3,5 ( $\pm 1,1$ )	6,0 ( $\pm 1,5$ )	533,7 ( $\pm 224,3$ )	295,6 ( $\pm 126,5$ )	603,1 ( $\pm 175,3$ )

RPE: Promedio de Rpe; RPE mañana; Promedio de Rpe de mañana; RPE tarde; Promedio de Rpe de tarde; Carga: promedio de Carga; Carga Mañana: Promedio de Carga de la mañana; Carga Tarde: Promedio de Carga de la tarde

Se registraron un total de 83 lesiones de las cuales 36 fueron clasificadas atendiendo a su diagnóstico como dolor muscular (S). De estas, 38 lesiones requirieron la atención del fisioterapeuta del equipo (FA) y 9 fueron consideradas lesiones TL. Para clasificar más detalladamente las lesiones de tipo TL, estas fueron divididas en función de su severidad. 2 lesiones se clasificaron como “*minimal*” (1-3 días de baja), 3 como “*mild*” (4-7 días de baja), 2 como “*moderate*” (8-28 días de baja) y 2 como “*severe*” (+ 28 días de baja). 31

lesiones fueron recurrentes y 16 se ocasionaron por contacto con compañeras y/o adversarias (Tabla 3).

Tabla 3: Total de entrenamientos, partidos, horas de exposición y número de total de lesiones por jugadora durante una temporada

	Número de entrenos	Número de entrenos mañana	Número de entrenos tarde	Número de partidos	Horas de exposición totales (h)	Horas de exposición a partidos (h)	Horas de exposición a entrenos (h)	Horas de exposición a entrenos mañana (h)	Horas de exposición a entrenos tarde (h)	Número de lesiones	Lesiones (TL)	Lesiones (FA)	Lesiones (S)
<b>Jugadora 1</b>	181	50	131	30	331	34	297	69	228	6	0	5	1
<b>Jugadora 2</b>	112	18	94	20	215	29	186	26	161	7	2	0	5
<b>Jugadora 3</b>	124	8	116	27	256	41	215	12	203	11	1	3	7
<b>Jugadora 4</b>	162	34	128	30	311	40	271	48	223	12	0	4	8
<b>Jugadora 5</b>	180	51	129	30	336	43	293	70	223	8	0	4	4
<b>Jugadora 6</b>	134	42	92	22	256	30	226	62	164	9	4	4	1
<b>Jugadora 7</b>	180	52	128	31	354	53	301	76	225	9	0	6	3
<b>Jugadora 8</b>	124	6	118	28	244	31	213	10	202	9	2	1	6
<b>Jugadora 9</b>	171	44	127	30	317	32	285	63	222	1	0	1	0
<b>Jugadora 10</b>	143	33	110	28	278	39	239	49	190	7	0	7	0
<b>Jugadora 11</b>	133	29	104	27	284	36	248	38	210	4	0	3	1
<b>TOTAL</b>	1644	367	1277	303	3182	408	2774	523	2251	83	9	38	36

Número de entrenamientos totales; número de entrenamientos de mañana; Número de entrenamientos de tarde; número de partidos; Total de horas de exposición; Total de horas de partidos; Horas de exposición entrenamientos de mañana; Horas de exposición entrenamientos de tarde; Total de lesiones, Total de lesiones *Time loss*, Total de lesiones *physio attention*; Total de lesiones *soreness*.

El hemicuerpo que registró más lesiones fue el derecho con 29 registros. La localización anatómica más frecuente fue el tobillo (25), seguida del muslo (16) y la rodilla (10).

Atendiendo a su tipología, se registraron 30 lesiones en forma de calambres, 14

contusiones y hematomas y 8 esguinces. La causa más importante de pérdida de actividad de las jugadoras participantes (entrenamiento o partido) fue la lesión deportiva.

Durante el registro, 68 lesiones fueron en entrenamientos y 15 en partidos.

La posición que sufrió más lesiones TL fue la de pívot con 7 episodios, seguida de los aleros con 2 lesiones registradas.

Mediante la prueba *ANOVA de una sola vía*, se observa diferencias entre la RPE de la mañana ( $F=5,0811$ ;  $p=0,032$ ), el sRPE de la mañana ( $F=7,3585$ ;  $p=0,010$ ) y el tiempo total de exposición ( $F=3,5055$ ;  $p=0,064$ ) para las variables lesionarse o no lesionarse.

Después de realizar la prueba Rho de Spearman con los resultados promedio, se observan relaciones negativas muy significativas entre el número de entrenamientos y lesiones TL ( $\rho=-0,719$ ;  $p=0,013$ ), partidos jugados y lesiones TL ( $\rho=-0,741$ ;  $p=0,009$ ) y horas de practica y lesiones TL ( $\rho=-0,797$ ;  $p=0,003$ ) (Tabla 4).

Tabla 4: Correlaciones de Spearman (Rho) significativas de valores de entrenamiento, partidos, tiempo de exposición y lesiones TL

<b>VARIABLES</b>	<b>RHO</b>	<b>P</b>
Número de entrenos	-0,719*	0,01
Número de entrenos mañana	-0,560	0,07
Número de entrenos tarde	-0,646*	0,03
Número de partidos	-0,741**	0,009
Horas de exposición totales (h)	-0,829**	0,002
Horas de exposición a partidos (h)	-0,634*	0,03
Horas de exposición a entrenos (h)	-0,797**	0,003
Horas de exposición a entrenos mañana (h)	-0,560	0,07
Horas de exposición a entrenos tarde (h)	-0,745**	0,009

Número de entrenamientos totales; número de entrenamientos de mañana; Número de entrenamientos de tarde; número de partidos; Total de horas de exposición; Total de horas de partidos; Horas de exposición entrenamientos de mañana; Horas de exposición entrenamientos de tarde; Nivel de significación a “\*\*p < 0,01” y “\*p < 0,05”

A partir del estudio de regresión lineal, se observa una posible causalidad moderada entre el tiempo de exposición y las lesiones TL que se produjeron durante el estudio ( $R^2=0,645$ ) (Tabla 5).

Tabla 5: Resultados del análisis de regresión lineal simple que explica las lesiones TL en función del tiempo de exposición a entrenamientos

**Resumen del modelo de regresión**

Modelo	R	R <sup>2</sup>	Adjusted R <sup>2</sup>	RMSE
1	0,80	0,65	0,60	0,84

Variable predictora: tiempo de exposición a entrenamientos

Variable dependiente: lesiones TL

**ANOVA de la ecuación**

Modelo		Suma de cuadrados	df	Media de cuadrados	F	p
1	Regresión	11,37	1	11,37	16,32	0,003
	Residual	6,27	9	0,69		
	Total	17,36	10			

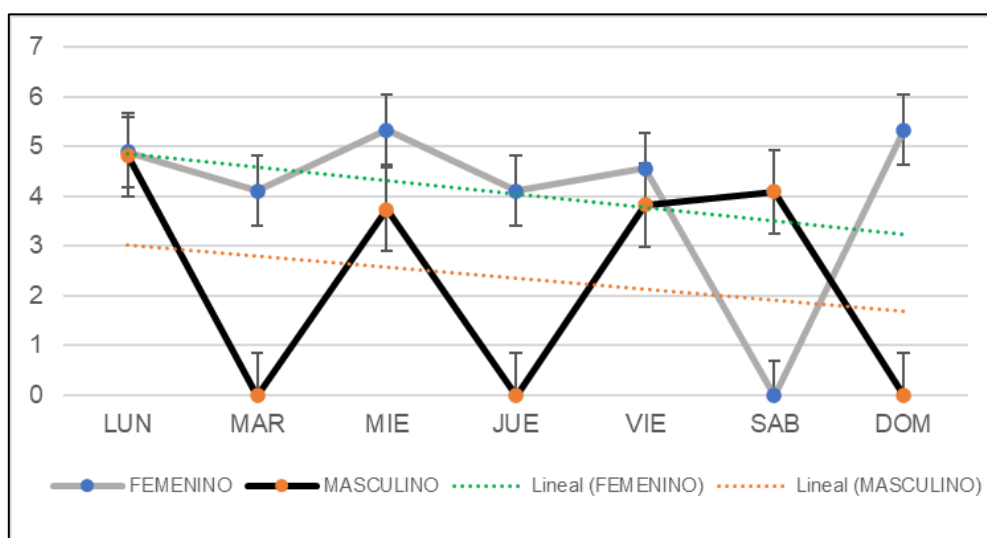
**Coefficientes de la ecuación**

Modelo		No estandarizado	Error Estandar	Estandarizado	t	p
1	(Constante)	9,22	2,27		4,37	0,002
	Tiempo de exposición a entrenamiento	-0,04	0,11	-0,80	-4,04	0,003

**10.2 Estudio 3**

La duración media del tiempo de exposición para el equipo femenino fue de  $100,26 \pm 18,71$  minutos y para el equipo masculino  $90,57 \pm 28,21$  minutos. La media para la RPE en el equipo femenino fue de  $4,8 \pm 1,52$  y para el equipo masculino  $4,24 \pm 2,23$  (Figura 1).

Figura 1: Evolución del RPE promedio semanal de los equipos



La media de sRPE en el equipo femenino fue  $488,74 \pm 274,10$  y en el masculino  $439,24 \pm 231,77$ . Los jugadores titulares tenían un promedio de RPE de  $5,69 \pm 1,92$  y los jugadores suplentes  $4,54 \pm 2,17$ .

Para las variables de rendimiento, la valoración promedio del equipo femenino fue de  $6,3 \pm 7,30$  puntos; y  $7,75 \pm 7,49$  puntos en el equipo masculino. El balance victorias-derrotas del equipo femenino fue de 12 victorias y 15 derrotas (-3), y el del masculino de 18 victorias por 8 derrotas (+10). Respecto a las lesiones, en el equipo femenino se registraron 38 eventos PA, 0 MA y un total de 9 lesiones TL. En el caso del equipo masculino hubo 13 lesiones PA, 2 MA par un total de 7 lesiones TL.

Las variables relativas a carga, rendimiento y lesionabilidad se comportaron de manera independiente en todos los casos entre los 2 equipos: RPE ( $W=1,462e+6$ ;  $p=0,001$ ;  $SE=-0,022$ ), sRPE ( $W=1,809$ ;  $p=0,033$ ;  $SE=-0,04$ ), y MIN ( $W=1,783e+6$ ;  $p<0,001$ ;  $SE=-0,054$ ), VAL ( $W=1,797e+6$ ;  $p<0,01$ ;  $SE=-0,046$ ) y TL ( $W=1,865E+6$ ;  $p<0,01$ ;  $SE=-0,01$ ). A su vez, se observan diferencias entre titulares y no titulares de los 2 equipos, tanto en el RPE ( $W=28401$ ;  $p<0,001$ ;  $SE=-0,295$ ), sRPE ( $W=26174$ ;  $p<0,001$ ;  $SE=-0,35$ ) y lesión ( $W=39309$ ;  $p=0,046$ ;  $SE=-0,035$ ). Con relación a los resultados en caso de victoria o derrota, se obtuvieron diferencias en el RPE ( $W=34605$ ;  $p=0,014$ ;  $SE=-0,119$ ) y sRPE ( $W=29298$ ;  $p<0,001$ ;  $SE=-0,254$ ).

Finalmente, se observaron relaciones significativas de diferentes magnitudes entre las variables de ambos equipos. Entre RPE y tiempo de exposición fueron grandes para el equipo femenino ( $\rho=0,615$ ;  $p<0,01$ ) y moderada para el masculino ( $\rho=0,333$ ;  $p<0,01$ ). Las relaciones entre RPE y la valoración fueron bajas en ambos casos: ( $\rho=0,288$ ;  $p<0,01$ ) para el femenino y, para el masculino ( $\rho=0,118$ ;  $p<0,01$ ). RPE y victoria en el equipo femenino tuvo una relación moderada ( $\rho=0,369$ ;  $p<0,01$ ) y en el masculino ( $\rho=0,058$ ;  $p=0,023$ ) una relación trivial. Por último, sRPE y valoración, para el



femenino ( $\rho = 0,224$ ;  $p < 0,01$ ), y para el masculino ( $\rho = -0,239$ ;  $p < 0,01$ ) fueron también bajas. Se observaron correlaciones triviales para el equipo femenino entre el RPE y la lesión PA ( $\rho = 0,083$ ,  $p < 0,01$ ) y para el equipo masculino solo se observó una relación trivial entre RPE y lesión TL ( $\rho = -0,080$ ,  $p = 0,002$ ).

Tabla 6 : Media (desviación estándar) de las variables de carga y rendimiento, resultados totales de las variables de rendimiento y lesionabilidad y correlaciones Rho de Spearman de las variables de carga con las de rendimiento y lesionabilidad, para dos equipos

	<b>Femenino</b>	<b>Masculino</b>
	<b>Mean</b>	<b>Mean</b>
<b>TE</b>	100,3 ± (18,7)	90,6 ± (28,2)
<b>RPE</b>	4,8 ± (1,4)	4,2 ± (2,2)
<b>SRPE</b>	488,7 ± (274,1)	439,2 ± (231,8)
<b>Valoración</b>	6,3 ± (7,3)	7,8 ± (7,5)
	<b>Total</b>	<b>Total</b>
<b>Victoria</b>	12	18
<b>Derrota</b>	15	6
<b>FA</b>	38	13
<b>MA</b>	0	2
<b>TL</b>	9	7
<b>RPE-TE</b>	Rho= 0,615**; $p < 0,01$	Rho= 0,333**; $p < 0,01$
<b>RPE-Valoración</b>	Rho= 0,288**; $p < 0,01$	Rho= 0,118**; $p < 0,01$
<b>RPE-Victoria</b>	Rho= 0,369**; $p < 0,01$	Rho= 0,058*; $p = 0,02$
<b>sRPE-Valoración</b>	Rho= 0,224**; $p < 0,01$	Rho= -0,239**; $p < 0,01$
<b>RPE-FA</b>	Rho= 0,083**; $p < 0,01$	Rho= -0,011; $p = 0,671$
<b>RPE-TL</b>	Rho= 0,031; $p = 0,675$	Rho= -0,080**; $p = 0,002$

TE: tiempo de exposición de los entrenamientos; RPE: percepción subjetiva del esfuerzo; sRPE; carga de entrenamiento de la sesión; Valoración; puntuación de la estadística del partido; Victoria: ganar el partido; Derrota: perder el partido FA: Physical attention; MA: medical attention; TL: lesion time-loss; Nivel de significación a “\*\*\* $p < 0,01$ ” y “\*\* $p < 0,05$ ”

### 10.3 Estudio 4

La duración media de los entrenamientos fue de  $67,80 \pm 10,90$  minutos y el RPE medio de las sesiones fue de  $6,90 \pm 1,74$ . Los valores medios de sRPE fueron  $472,99 \pm 157,15$  AU, los valores medios de SHRZ fueron  $164,81 \pm 65,19$  UA y RMSSD fueron  $109,51 \pm 75,50$  ms. Se realizó un promedio de  $1093,30 \pm 253,21$  aceleraciones y desaceleraciones de cualquier intensidad por sesión de entrenamiento, lo que representa 16,31 por minuto.

Los valores obtenidos para la prueba R cuadrado de Nagelkerke fueron 0,417 y 0,460 para la prueba R cuadrado de Mc Fadden. El área bajo la curva ROC (AUC) presentó un valor de 0,946, y la precisión se ubicó en un valor de 1,00, con solo cuatro casos mal pronosticados por el modelo. El cinco por ciento de los casos analizados mostró un 10% o más de pérdida de salto y fueron codificados como "1" en la base de datos.

Todos los registros (141) se incluyeron en el análisis, con 0 casos excluidos. Las variables (b) edad del jugador, (c) altura del jugador, (d) peso del jugador, (f) SHRZ, (g) RMSSD se consideraron no significativas y se excluyeron del modelo final. Los índices de probabilidad indicaron que la probabilidad de observar fatiga neuromuscular en el estudio fue 1,008 veces mayor con cada UA adicional en el sRPE, y el número total de aceleraciones y desaceleraciones aumentó en 1,005 veces la probabilidad de observar niveles más altos de fatiga neuromuscular. con cada esfuerzo adicional realizado por los jugadores. Por tanto, estas dos variables (sRPE, total de aceleraciones y desaceleraciones) se incluyeron en el modelo.

Los intervalos de confianza del 95% para las razones de probabilidad se ajustaron para las variables sRPE y aceleraciones y desaceleraciones totales, lo que indica que las razones de probabilidad de generar fatiga neuromuscular son correctas (Tabla 7).

Tabla 7: Coeficientes del modelo para la pérdida del 10 % del salto con contramovimiento posterior a la sesión (PLOSS 10 %), incluyendo el sRPE y las aceleraciones y desaceleraciones totales como covariables.

**Coefficients**

Parameter	Estimate	Standard Error	Odds Ratio	z	Wald Test			95% Confidence interval (odds ratio scale)	
					Wald Statistic	df	p	Lower bound	Upper bound
(Intercept)	-13,221	3,801	1,811e -6	-3,478	12,098	1	<,001	0,000	0,003
sRPE	0,008	0,004	1,008	1,998	3,993	1	0,046	1,000	1,016
ACC+DEC	0,004	0,002	1,005	1,847	3,412	1	0,065	1,000	1,009

Note. PLOSS 10% level '1' coded as class 1.

Con los datos descritos anteriormente, la regresión logística podría estimar la probabilidad (de 0 a 1) de aumento de la fatiga neuromuscular en el equipo de baloncesto masculino semiprofesional durante la temporada 2018-2019 utilizando las constantes y coeficientes del modelo con los siguientes cálculos:

$$Z = \text{CONSTANTE} + 0,008 (\text{sRPE}) + 0,004 (\text{aceleraciones y desaceleraciones totales})$$

Por ejemplo, un jugador con un sRPE de 1200 UA y un total de 1800 aceleraciones y desaceleraciones tendrá un valor Z de 3,579:

$$Z = -13,221 + 0,008(1200) + 0,004(1800) = 3,579$$

La probabilidad de que un jugador experimente fatiga neuromuscular con este valor Z sería 0,9728544085:

$$p = 1 / (1 + e^{-Z})$$

$$e^{-Z} = e^{-3,579} = 0,0279035879$$

$$p = 1 / (1 + 0,0279035879) = 0,9728544085$$

## **11 Discusión**

### **11.1 Estudio 2**

El hallazgo más importante del presente estudio es la asociación entre tiempo de exposición y una reducción en la incidencia de lesiones TL. Este factor se muestra relación tanto con la RPE como con la sRPE de los entrenamientos matutinos.

Durante la temporada las jugadoras con mayor exposición a la carga de entrenamiento específica fueron las que menos contratiempos en forma de lesiones padecieron. El aumento progresivo de la carga crónica, asumiendo los objetivos de adaptación de la jugadora parece mostrar pues, un efecto de protección respecto a las lesiones deportivas en general y de sobreuso en particular (Gabbett, 2016). Cabe reseñar que, durante el estudio, solo 5 jugadoras no sufrieron ninguna lesión que les apartase del entrenamiento o de la competición. Estos datos son consistentes con investigaciones anteriores en baloncesto femenino profesional que afirman que la incidencia de lesiones es mayor incluso que en el baloncesto masculino (Deitch et al., 2006).

A pesar de que otros estudios previos han analizado el número de lesiones por la imposición de cargas de entrenamiento excesivas sobre los deportistas (Caparrós et al., 2016; Gabbett & Ullah, 2012), un adecuado manejo de las cargas de entrenamiento y del tiempo de exposición parecen reducir el riesgo de lesión (Drew & Finch, 2016). Las recomendaciones actuales derivadas de la evidencia científica son que, en pretemporada, se aumente el tiempo de exposición de los jugadores a la actividad deportiva de forma progresiva, y siguiendo una progresión creciente (Windt et al., 2017).

No obstante, un adecuado manejo de la carga de entrenamiento es un elemento relevante en cualquier fase de la temporada (Caparrós et al., 2018; Drew & Finch, 2016). Cargas crónicas con un perfil muy poco demandante también tienen un efecto negativo,

umentando el riesgo de lesión. En el presente estudio, los hallazgos son consistentes con esta última afirmación, observando que las jugadoras con mayor tiempo de exposición fueron las que menos lesiones TL padecieron ( $p=0,003$ ). Las demandas más altas de carga impuestas sobre las deportistas se controlaron adecuadamente y se trataron de forma individualizada (Bengtsson, Ekstrand, & Hägglund, 2013).

Durante el estudio se registraron 9 lesiones TL, de las cuales 2 fueron severas, llevando a la jugadora a estar más de un mes de baja. La severidad más recurrente en el estudio fue la calificada como “*slight*”, con muchas situaciones que precisaron atención fisioterapéutica, pero sin causar baja de la sesión (74 ocasiones). Este hecho, muy común en deporte profesional se debe conocer, para una adecuada interpretación del análisis estadístico. La lesión en deporte profesional presenta una dimensión sumamente multifactorial, que puede verse influenciada por multitud de factores (Colby et al., 2017) y a menudo, el interés de los deportistas por no perder tiempo de actividad pese a presentar molestias, no ayuda a detectar de forma adecuada la relación entre factores de riesgo internos, externos y los eventos que desencadenan lesiones posteriores de mayor gravedad (Bahr & Holme, 2003).

El tiempo de recuperación entre entrenamientos y competiciones es otro aspecto relevante que merece ser estudiado. Una recuperación óptima puede reducir el riesgo de que se produzca una lesión (Aicale et al., 2018). En la literatura se afirma que los jugadores se lesionan por cuatro motivos principales: el sobreentrenamiento, estar sobrepotenciados, por falta de preparación y por falta de recuperación (Fullagar et al., 2015; Williams et al., 2017).

Atendiendo a los resultados obtenidos en esta investigación, se constata que el RPE de la mañana ( $p=0,032$ ) y el sRPE de la mañana ( $p=0,01$ ) influyen el hecho de que se

produzca una lesión. En el equipo estudiado, los entrenamientos de la tarde acababan a las once de la noche y se acudía a entrenar a las diez de la mañana. El hecho de no disponer de un margen de recuperación adecuado es un aspecto que debería ser valorado y gestionado adecuadamente como medida preventiva. Un descanso óptimo no solo es una variable beneficiosa en la salud de los jugadores, sino que permite a los jugadores alcanzar su rendimiento atlético máximo (Mah et al., 2011), hecho que nos lleva a pensar que en deporte de alta competición la recuperación es una de las más partes importantes de un régimen de entrenamiento (Calleja-González et al., 2016).

En el presente estudio, se optó por analizar el tiempo de exposición de cada jugadora para evitar que la interpretación de los resultados pudiera ser sesgada por el número de entrenamientos. Esta es una de las limitaciones más importantes del trabajo, ya que una jugadora que ha estado de baja no participa en los entrenamientos. Conociendo el tiempo de exposición, se puede relacionar ese tiempo con la lesión de manera más clara, y por ello se procedió a registrar los valores de cada jugadora de manera individual y modificando su exposición siempre que se variaba algo del plan establecido. También se tuvo en cuenta a las jugadoras que disputaron partidos con su selección nacional, casos en los que su tiempo de exposición se vio afectado. Por poner algunos ejemplos concretos dentro de la muestra, la jugadora 7 presentó un total de 354 horas de exposición y durante este tiempo no sufrió lesión alguna que le obligara a causar baja. Por otro lado, la jugadora 9 realizó un total de 318 horas y tampoco sufrió ninguna lesión de gravedad. En cambio, otras jugadoras que tuvieron menos horas de exposición como es el caso de la jugadora 2 (215 horas) y la 8 (244 horas) sufrieron en ambos casos 2 lesiones TL.

### **11.2 Estudio 3**

El principal hallazgo en este estudio es que la RPE podría ser una herramienta útil para el control de la CI en baloncesto femenino y masculino, asociado al rendimiento y

lesionabilidad de los equipos. Los resultados, independientes para cada uno de los equipos, presentan relaciones grandes para el equipo femenino ( $\rho= 0,615$ ;  $p<0,01$ ) y moderadas para el masculino ( $\rho= 0,333$ ;  $p<0,01$ ) entre RPE y tiempo de exposición. Estos valores elevados de CE pueden estar relacionados con mejor rendimiento, pero también con mayor lesionabilidad (Caparrós et al., 2016). Se han observado relaciones bajas entre el RPE y la valoración del partido ( $\rho= 0,288$ ;  $p<0,01$ ) para el femenino y, para el masculino ( $\rho=0,118$ ;  $p<0,01$ ). A pesar de la evidencia limitada para respaldar la precisión del RPE para predecir resultados de rendimiento (Fox, Stanton, Sargent, et al., 2018), en este estudio el RPE y la victoria final del partido en el equipo femenino tuvo una relación moderada ( $\rho= 0,369$ ;  $p<0,01$ ) y en el masculino ( $\rho=0,058$ ;  $p=0,023$ ) una relación trivial. Estas magnitudes son mayores en el equipo femenino profesional y esto podría ser porque hay más conocimiento o hábito de trabajo con esta metodología de control. En la literatura encontramos numerosos equipos profesionales que controlan el RPE junto a otras variables de carga (Moreira et al., 2012; Svilar, Castellano, Jukic, et al., 2018).

Adecuar a cada jugador el tiempo de exposición o duración del entrenamiento puede reducir el riesgo de lesión (Caparrós et al., 2018). Es importante reproducir las situaciones que se producen en el partido, adaptando las tareas a situaciones específicas de competición (Fox, Stanton, & Scanlan, 2018), por ejemplo, diferenciando en la CE aceleraciones y desaceleraciones de calidad (alta intensidad) y aceleraciones y desaceleraciones de cantidad (media y baja intensidad) (Sánchez et al., 2019) o añadiendo condicionantes en las tareas para aumentar o disminuir la complejidad de estas, como se ha observado que situaciones de desventaja en el marcador influyen en el aumento de la CE (Gómez-Carmona et al., 2019). Cabe contextualizar que no se debería cometer el error de asociar una tarea que presenta una CE por minuto baja no pueda ser perjudicial para

los jugadores, ya que, a parte de su inespecificidad (Fox, Stanton, Sargent, et al., 2018), si el tiempo de exposición de esa tarea es alto podría suponer una carga de entrenamiento superior a la esperada. Por ejemplo, un volumen muy elevado de una tarea de tiro o 5x0 podría suponer una carga mayor que tareas más específicas como un 5c5 durante un menor tiempo de trabajo (Sánchez et al., 2019). Esto podría tener relación con el carácter del esfuerzo, se pueden realizar tareas con unas demandas físicas muy altas, pero con un carácter del esfuerzo bajo para evitar excesos de fatiga y poder dar más calidad al entrenamiento (Soligard et al., 2016).

La clasificación del esfuerzo se debería realizar de forma independiente a otras sensaciones relacionadas con el mismo ejercicio realizado, y por ello los preparadores físicos deben prestar especial atención en su recogida de datos para evitar interferencias de otras sensaciones en su calificación de esfuerzo (Pageaux, 2016). En este contexto, las definiciones de RPE y su apuntalamiento neurofisiológico están en continua discusión (Abbiss et al., 2015). En la literatura se pueden encontrar definiciones bajo el mismo paradigma de la RPE, aunque pueden estar abordando diferentes percepciones. La RPE se define como la cantidad de energía mental o física que se le da a una tarea (Abbiss et al., 2015). Las medidas subjetivas de la carga de entrenamiento pueden reflejar la carga mental, que parece ser un moderador importante de la relación de la carga de entrenamiento con el rendimiento y las lesiones (Coyne et al., 2018). A su vez, las jugadoras y jugadores pueden expresar también diferentes percepciones de fatiga relativa a la carga fisiológica (frecuencia cardíaca) o a una carga más mecánica (músculo-esquelética) y no expresar bien los valores globales de RPE (Barrett et al., 2018). Si la RPE se utiliza de manera adecuada nos puede ofrecer información muy valiosa del estado de nuestros jugadores (Piedra et al., 2020), por lo que familiarizamos estas pautas con nuestros deportistas. En este contexto, los valores reportados de RPE tienen fluctuaciones



(Brito et al., 2016) y esto se podría relacionar con el género, si bien, a conocimiento de los autores, hasta la fecha ha sido el primer estudio que ha valorado si mujeres y hombres reportaban valores de RPE bajo el mismo método. Factores contextuales tienen una gran influencia en las demandas impuestas a los jugadores (Lago-Peñas, 2012), tales como la ubicación del partido, las bajas anticipadas durante el partido, la densidad de los partidos, la realización de entrenos matutinos, la calidad de la oposición o el resultado del partido, como se ha observado en este estudio. El RPE informado fue más elevado después de perder ( $W=34605$ ;  $p=0,014$ ;  $SE=-0,119$ ). Esta tendencia se ha observado también en otros deportes como el fútbol, con valores de carga de entrenamiento informados más altos después de una derrota o empate que después de una victoria (Brito et al., 2016).

También se han observado relaciones entre RPE y lesiones TL y PA. Un mayor RPE podría tener relación con un aumento del número de PA ( $\rho=0,083$ ;  $p<0,01$ ) en ambas modalidades. Obtener información específica de la calidad (intensidad) del entrenamiento podría ayudar a gestionar su efecto protector sobre los jugadores minimizando el riesgo de lesión (Caparrós et al., 2018). A su vez, se observaron relaciones negativas entre el RPE y lesión TL ( $\rho=-0,08$ ;  $p>0,01$ ). Tanto un exceso de carga de entrenamiento como exposiciones crónicas a cargas de entrenamiento de baja exigencia pueden aumentar el riesgo de lesión de los jugadores (Gabbett & Whiteley, 2017).

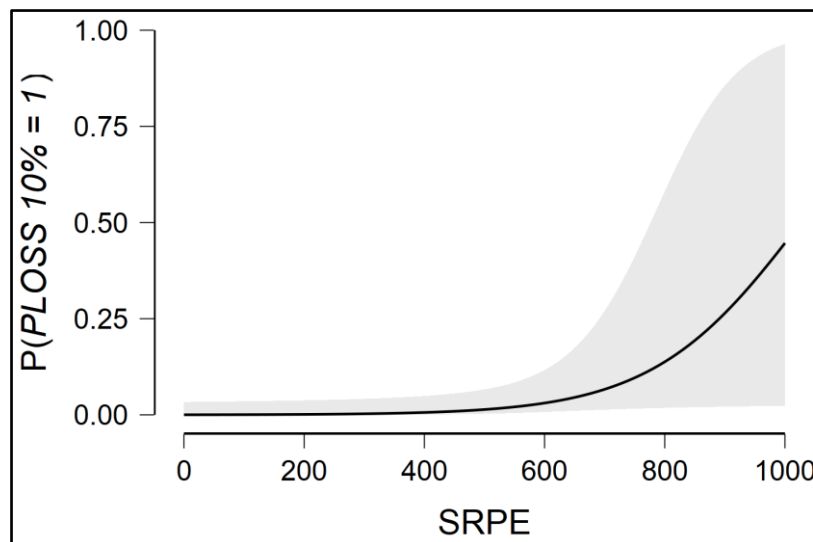
Finalmente, los jugadores titulares tenían mayores valores de RPE ( $5,69 \pm 1,92$ ) que los jugadores suplentes ( $4,54 \pm 2,17$ ). Esto hecho se había observado anteriormente cuando los jugadores titulares experimentaron una carga semanal total más alta y un estado de bienestar similar en comparación con los jugadores suplentes (Conte et al., 2018). En un estudio de baloncesto universitario femenino, se observó que los jugadores titulares que disputaban más minutos de competición mejoraban la fuerza y la potencia de la parte inferior del cuerpo a pesar de la disminución de la energía, la concentración y el estado

de alerta (Gonzalez et al., 2013). Además, un mayor tiempo de juego se ha relacionado con un mejor rendimiento del salto vertical y mejores sensaciones de fatiga y alerta con la progresión de la temporada (Gonzalez et al., 2013). Es por ello, y teniendo en cuenta los efectos positivos del tiempo de juego en el baloncesto, es plausible que los entrenadores de baloncesto incluyan estímulos de entrenamiento basados en la simulación de la competición para jugadores suplentes en planes de entrenamiento periodizados e individualizados (Gonzalez et al., 2013).

### 11.3 Estudio 4

El presente estudio destaca que algunos marcadores fisiológicos están relacionados con la aparición de fatiga neuromuscular local en el baloncesto masculino. Nuestros resultados reflejan que cada UA de sRPE aumenta las posibilidades de observar fatiga neuromuscular en 1,008 veces y los valores de sRPE de 700 a 1000 UA redujeron la capacidad de salto en mayor medida (Figura 2).

Figura 2: Asociación entre una disminución del 10 % en CMJ y sRPE

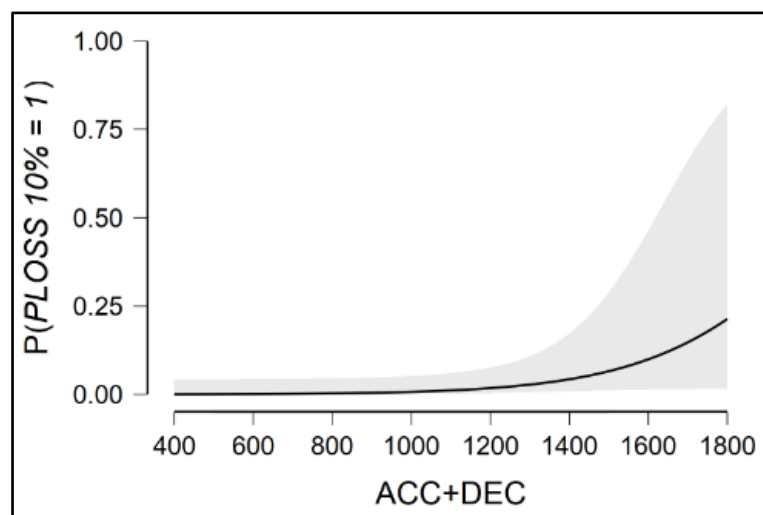


Así, se espera que diseñar prácticas similares a las competiciones reales, y por tanto, con simulacros de 5 vs.5 y simulacros de juego, pueda generar valores de carga superiores (Vazquez-Guerrero et al., 2018). En baloncesto, las demandas de entrenamiento suelen

superar a las de la competición (Fox, Stanton, & Scanlan, 2018). El RPE debe registrarse entonces independientemente de otras percepciones relacionadas con el mismo ejercicio y, por lo tanto, se debe prestar especial atención al recopilar estos datos (Pageaux, 2016). Las medidas subjetivas de carga de entrenamiento pueden reflejar la carga mental que parece ser un moderador significativo de la relación de la carga de entrenamiento con el rendimiento y la lesión (Coyne et al., 2018). Si el RPE se contextualiza adecuadamente, podría proporcionar información individualizada de gran relevancia (Piedra et al., 2020).

En este estudio, también se ha observado que, si aumenta el número total de aceleraciones y desaceleraciones, los jugadores generan un esfuerzo adicional que aumenta la probabilidad de observar fatiga neuromuscular en 1,005 veces. Cuando se realizaron más de 1000 aceleraciones y desaceleraciones por sesión (Figura 3), cada aumento de volumen generó menos producción de salto final y, por lo tanto, más fatiga local.

Figura 3: Asociación entre una disminución del 10 % en el CMJ y las aceleraciones y desaceleraciones totales



Esta asociación se puede utilizar para proponer cargas de entrenamiento individualizadas, protocolos de recuperación y adaptar mejores prácticas. El uso de un modelo multivariable para identificar las variables de respuesta apropiadas puede ser útil para que los científicos y practicantes del deporte controlen adecuadamente las cargas de

entrenamiento. Estos modelos estadísticos están bien documentados y se han utilizado previamente en los deportes. La detección de parámetros que muestran una asociación con un nivel más alto de fatiga neuromuscular local también puede ayudar a identificar ejercicios con diferentes respuestas adaptativas a nivel individual y grupal.

La metodología propuesta en esta investigación puede ser utilizada para controlar la fatiga de forma ecológica y no invasiva en deportes de equipo, dado que varias variables de CI y CE muestran asociaciones con un aumento de la fatiga neuromuscular local detectada a través de la prueba CMJ. La determinación de valores que revelen el estado fisiológico individual es esencial al monitorear el rendimiento y la fatiga de los jugadores (Atkinson & Nevill, 1998; Weir, 2005). Como se indicó en investigaciones anteriores, el CMJ es una prueba prometedora que puede proporcionar información de manera óptima en situaciones de entrenamiento debido a su facilidad de uso y replicabilidad (Claudino et al., 2012). En el presente estudio, y a diferencia de otras investigaciones, registramos el mejor salto en cada set ya que indicaba el mejor rendimiento que el jugador podía generar en ese momento. Este valor parece estar relacionado no solo con la capacidad de saltar verticalmente, sino con el cambio de dirección y el rendimiento específico del baloncesto (Claudino et al., 2012; Edwards et al., 2018). La pérdida de CMJ puede informar a los miembros del cuerpo técnico una métrica eficiente, no invasiva, que no requiere tiempo y de bajo coste correlacionada con la fatiga fisiológica objetiva. La monitorización objetiva de la fatiga se puede combinar con otras formas de intentar cuantificar la fatiga, como la FC o las mediciones del RPE (Arcos et al., 2015).

Las mediciones basadas en los saltos durante el entrenamiento podrían aproximarse a un ajuste y prescripción más precisos de las cargas de entrenamiento (Gabbett & Domrow, 2007; Jiménez-Reyes et al., 2019). En el presente estudio, nuestra propuesta

metodológica fue probada en un entorno de baloncesto semiprofesional. El manejo adecuado de la carga de entrenamiento es un elemento relevante en cualquier fase de la temporada (Drew & Finch, 2016), y monitorear cómo esta carga impuesta afecta a los jugadores podría ayudar a la toma de decisiones dentro del proceso (Piedra et al., 2021). El uso de acciones específicas de baloncesto, adaptadas en intensidad y volumen a las demandas reales, debe ser el contenido principal del entrenamiento ya que garantiza la especificidad del estímulo (Oliveira-Da-Silva et al., 2013).

Hasta la fecha, y hasta donde sabemos, este es el primer estudio que ha buscado la asociación entre los valores de RPE y la fatiga neuromuscular en jugadores de baloncesto semiprofesionales. Esta investigación es un estudio preliminar cuya metodología podría aplicarse a entornos competitivos, teniendo en cuenta la validez de los resultados obtenidos. La posibilidad de detectar la fatiga a través del CMJ muestra resultados prometedores, aunque debería verificarse con más eventos registrados, con seguimiento longitudinal, y debería probarse en otros contextos competitivos (p. Ej., deportistas de élite, mujeres). En conclusión, en este contexto específico, el aumento de sRPE y un mayor número de aceleraciones y desaceleraciones, podrían estar asociados con un aumento de la fatiga neuromuscular local detectada mediante la prueba CMJ, utilizando tiempos de vuelo.

## **12 Conclusiones de los estudios**

### **12.1 Estudio 2**

Se intuye que cuando aumenta el tiempo de exposición al entrenamiento específico podría reducirse el riesgo que se produzcan lesiones TL.

El RPE se perfila como una herramienta útil, válida y ecológica para la gestión de la carga de entrenamiento en el baloncesto femenino profesional.

### **12.2 Estudio 3**

En los contextos deportivos analizados, la RPE, se relaciona con el tiempo de exposición de los entrenamientos y con la lesionabilidad (TL, PA). El RPE también tiene una asociación con el rendimiento deportivo, en este caso baja, para la valoración individual, así como una relación con el rendimiento colectivo (victoria/derrota), moderada para el equipo femenino y trivial con el masculino. Por lo tanto, un valor más elevado de RPE podría estar asociado a un mejor rendimiento deportivo, aunque también a un mayor riesgo de lesión. Las jugadoras y jugadores titulares son los que muestran valores más elevados de RPE y sRPE. Además, se hallan valores superiores de RPE y sRPE en caso de derrota. Atendiendo a la independencia de los resultados, y a pesar de los diferentes grados de intensidad y de presentar relaciones coincidentes con las mismas variables, la RPE se presenta como herramienta aplicable para el control de la carga interna tanto en baloncesto femenino como masculino, asociado al rendimiento y la lesionabilidad.

### **12.3 Estudio 4**

Es posible controlar las cargas de forma eficaz y ecológica en los deportes de equipo. Sin embargo, es necesario considerar diferentes variables de CI y CE y utilizar modelos estadísticos avanzados para observar realidades complejas. Un modelo multivariable

parece ser una herramienta confiable, sensible y prometedora para monitorear cargas en entornos de baloncesto semiprofesional.

## **13 Conclusiones generales**

Tras los estudios de la presente tesis podemos concluir que:

1. El proceso de control de carga puede adaptarse a los medios disponibles
2. El RPE se presenta como una herramienta útil, válida y ecológica para gestionar la carga tanto en baloncesto masculino como femenino
3. El RPE es un indicador que podría asociarse al rendimiento, a la lesionabilidad y a la aparición de fatiga neuromuscular evaluada de forma objetiva
4. El proceso de gestión de carga debería considerar diferentes variables de carga interna y externa y el uso de modelos estadísticos avanzados



## **14 Aplicaciones prácticas de los estudios**

### **14.1 Estudio 1**

Con una variedad de medidas de CI y CE, los entrenadores o entrenadoras de fuerza deben monitorizar la carga de entrenamiento de sus deportistas. Este control de las cargas de trabajo debe realizarse en todos los niveles del baloncesto, optimizando el proceso de entrenamiento y reduciendo el posible riesgo de lesiones. Para lograrlo, tenemos que educar a los cuerpos técnicos y a los jugadores sobre la importancia de implementar estos métodos de seguimiento.

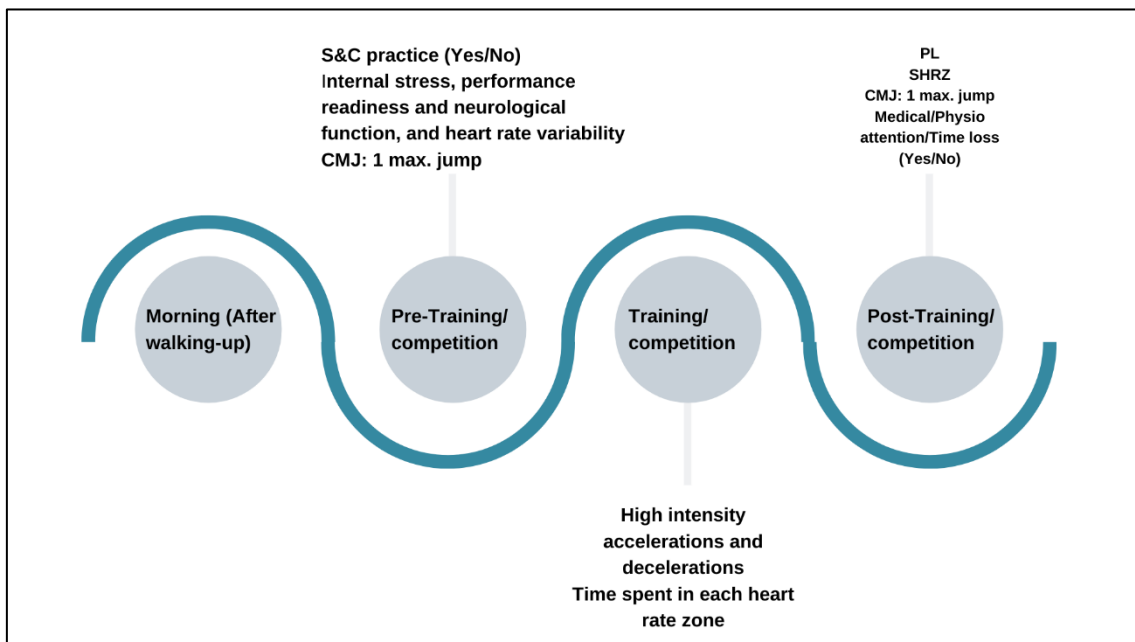
Considerando el abanico de propuestas aquí presentadas, y la aplicabilidad de los métodos ecológicos, la no disponibilidad de medios tecnológicos no debería ser un impedimento para el seguimiento de nuestros deportistas.

La planificación debe dirigirse de microciclo a microciclo y ajustarse de acuerdo con la respuesta de los jugadores. En este contexto, establecer un horario adecuado para monitorizar la carga de trabajo de nuestros jugadores día a día puede ser muy beneficioso como una forma de optimizar el rendimiento y prevenir lesiones. A la luz de los resultados obtenidos, se proponen dos escenarios para la aplicación del control de carga: el primero es mediante el uso de tecnología y el segundo es por medios ecológicos.

Si la tecnología está disponible (Figura 4), nos permitirá obtener información objetiva sobre el estado de nuestros deportistas y conocer su nivel de preparación para la sesión de entrenamiento o la competición. A la llegada a las instalaciones de entrenamiento, se propone que se utilice Omegawave para determinar el nivel de estrés interno del jugador, la preparación para la sesión de entrenamiento, las evaluaciones de la función neurológica y la variabilidad de la FC, y se debe realizar un CMJ máximo. Durante la sesión, se propone que los dispositivos WIMU PRO se utilicen para monitorizar la CE y Polar Team

para rastrear la CI. Las variables de CE que podemos observar durante el entrenamiento son las aceleraciones y desaceleraciones de alta intensidad, y en términos de CI, cuánto tiempo está cada jugador en cada zona de FC. Con esta información podemos tomar decisiones en tiempo real. Al final de la sesión podemos observar el PL para conocer la CE de los jugadores durante el entrenamiento, y en términos de CI podemos calcular el SHRZ y así conocer los valores de carga. También se podría realizar otro CMJ máximo. Además, las lesiones que surjan deben registrarse y clasificarse como TL, PA y MA.

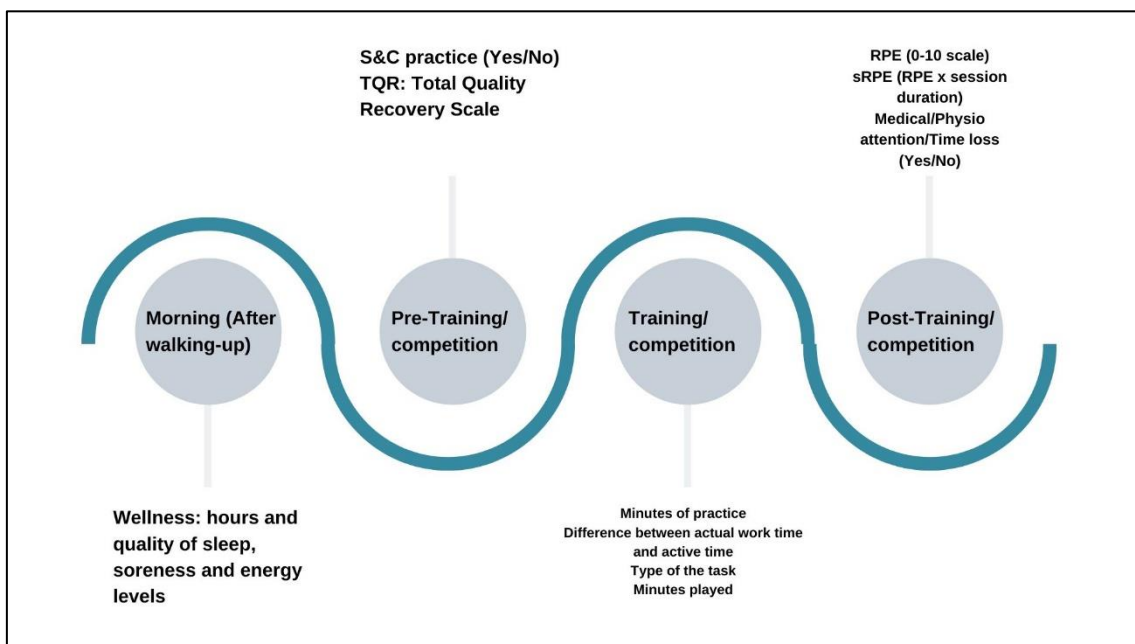
Figura 4: Cronograma sugerido para la monitorización de carga tecnológica



Si solo se dispone de medios ecológicos (Figura 5), se puede realizar un seguimiento igualmente completo del proceso de formación, ya que tenemos las variables que necesitamos para programar y adaptar las sesiones de formación. Al comienzo del día podemos administrar un cuestionario de “Wellness”, que nos proporciona información sobre la calidad del sueño, nivel de estrés, fatiga y dolores musculares. Esto nos muestra la percepción de cada jugador sobre lo preparado que está para afrontar la sesión de entrenamiento o el partido. Antes de iniciar la sesión, se propone que en primer lugar se

lleve un registro de si se realiza o no alguna preparación física. Si es así, se debe registrar todo el trabajo realizado, ya que esto también representará una carga para el jugador, y también se le debe administrar el TQR. Durante la sesión, en términos de CE, se debe monitorizar el tiempo de exposición de la sesión, la diferencia entre el tiempo real de trabajo y el tiempo activo, ya que nos brindará información sobre cómo fue la sesión, y el tipo de tarea, ya que, dependiendo del propósito de la sesión, será mejor realizar un tipo de tarea en lugar de otra. En el caso de competición, la principal variable a monitorizar es el número de minutos jugados por cada jugador. Al final de la sesión podemos recoger el RPE, del que también podemos obtener el sRPE, y registrar las lesiones que se producen, clasificándolas como TL, PA y MA.

Figura 5: Cronograma sugerido para la monitorización de carga ecológica



## 14.2 Estudio 2

La planificación de la temporada debería de realizarse atendiendo a todas las variables que pueden afectar al hecho de que se produzca una lesión deportiva. Se deben incorporar

herramientas de control y valoración que sean útiles, ecológicas y que a su vez permitan una correcta monitorización de las sesiones.

Es vital favorecer una óptima recuperación, controlando por ejemplo los horarios de inicio de los entrenamientos, o mejorando la gestión de los viajes. La falta de descanso podría producir un efecto negativo en el proceso de entrenamiento y favorecer las lesiones.

Identificar a las jugadoras con menor carga de entrenamiento y proporcionarles trabajos complementarios individualizados debería ser un elemento básico para la prevención de lesiones.

### **14.3 Estudio 3**

Monitorizar el proceso de entrenamiento permite optimizar este proceso y mejorar la prevención de lesiones. La falta de recursos económicos o tecnológicos no debería de ser una excusa para no controlar la carga de entrenamiento, pues con metodologías sencillas y ecológicas se pueden obtener resultados fiables, familiarizando desde edades tempranas a las jugadoras y jugadores con este método. Se deberían de establecer medidas de recuperación individualizadas a la carga soportada, así como a la gestión de las dinámicas de entrenamiento colectivo, independientemente del resultado obtenido en la competición. El RPE, atendiendo a su relación con el tiempo de exposición, podría ser también útil y aplicable para la gestión de la CE durante el entrenamiento tanto en baloncesto femenino como masculino.

### **14.4 Estudio 4**

La detección de los valores de fatiga neuromuscular local mediante la realización de la prueba CMJ en los jugadores permitiría diseñar y aplicar estrategias de recuperación individualizadas para optimizar su rendimiento. La gestión de la carga de entrenamiento con variables como aceleraciones y desaceleraciones de los ejercicios y sRPE, nos

permitiría proponer valores óptimos de carga y modular la fatiga neuromuscular de los jugadores durante el entrenamiento. El uso de grandes agregados de datos permite generar modelos multivariados en los que, a través de una o varias variables de respuesta, facilitan diagnosticar estados de fatiga muscular local ecológicamente significativos. Utilizando esta metodología, podemos entender mejor qué prácticas y contenidos generan mayores niveles de fatiga, cómo los jugadores se adaptan a las cargas propuestas, e hipotéticamente, prevenir lesiones controlando adecuadamente este factor.

## **15 Limitaciones de los estudios**

### **15.1 Estudio 2**

El presente estudio solo contempla una temporada deportiva y una muestra de 11 jugadoras. La sesión de entrenamiento de la mañana influye en los valores reportados durante el de la tarde (Ullah et al., 2014). Este aspecto debe ser tenido en cuenta si se toman decisiones usando estos indicadores subjetivos.

Es necesario siempre un periodo de familiarización de las jugadoras con la escala RPE ya que variaciones muy significativas en los valores comunicados por las deportistas pueden llevarnos a conclusiones erróneas en la fase de análisis de estos.

### **15.2 Estudio 3**

La principal limitación es que los datos se han obtenido por dos profesionales diferentes en cada equipo, con lo cual podría ocasionar algunos errores o discordancia. Es por ello por lo que se minimizó la complejidad del proceso de registro. A su vez, las jugadoras y jugadores de los equipos estaban familiarizados con la RPE así como los profesionales a los que informaban de los índices. Tanto la investigación como el proceso de gestión de carga en el ámbito del deporte competitivo pueden verse afectados por situaciones propias de este contexto, por lo que es necesario educar a los integrantes de los equipos (jugadores y cuerpo técnico) en la utilidad y gestión de la RPE, ya que de no hacerlo se podrían condicionar las respuestas proporcionadas por los deportistas. Se han utilizado únicamente los datos de los entrenamientos de la tarde ya que solo un grupo reducido ( $n=7$ ) de jugadoras entrenaba alguna mañana. Es necesario contextualizar también que la relación hallada entre RPE y tiempo de exposición está parcialmente condicionada por el hecho que dichas variables son colineales.

### **15.3 Estudio 4**

El presente estudio se realizó en un contexto de competición específico, por lo que la interpretación de los resultados debe limitarse a este grupo específico de jugadores, teniendo en cuenta que el análisis realizado es un análisis de grupo. Sin embargo, la metodología también se puede utilizar para estudiar respuestas individuales. El estudio se llevó a cabo con una muestra pequeña, un período limitado y con fatiga expresada como un 10% de pérdida de salto ocurriendo en un porcentaje bajo de casos. Sin embargo, considerando la ecología de los datos obtenidos y la alta aplicabilidad del modelo, de fácil aplicación en el deporte profesional y amateur, los resultados permiten abrir nuevas líneas de investigación. La altura del salto o el tiempo de vuelo también pueden malinterpretarse en los cálculos, y otras variables, como la fuerza o la potencia, pueden ser más informativas sobre la función neuromuscular. Para obtener estas otras métricas, la tecnología, como las plataformas de fuerza, es más cara, pesada y necesita una calibración adecuada. Este aspecto debe tenerse en cuenta al usarlo en entornos aplicados.

## **16 Futuras líneas de investigación**

### **16.1 Estudio 2**

El deporte necesita ciencia aplicada para seguir mejorando (Balagué et al., 2019). Conocer el efecto del entrenamiento en el desarrollo del deportista, así como el manejo de las cargas optimas nos permitirá seguir avanzando en el campo de la optimización del rendimiento y la prevención de lesiones (Caparrós et al., 2017). Existen en la actualidad algunos modelos que permiten esta monitorización que pueden ser útiles en contextos como el del estudio.

### **16.2 Estudio 4**

En futuras investigaciones se podrá emplear el uso de modelos mixtos, ya que presentan interesantes ventajas a la hora de considerar las diferencias interindividuales en el tiempo y la variabilidad entre jugadores. Posteriores estudios pueden confirmar los resultados aquí presentados, ampliar el conocimiento sobre qué variables de carga interna y externa se pueden asociar a un mayor nivel de fatiga neuromuscular en cada período y contexto para optimizar la periodización de los procesos de entrenamiento y recuperación.



## 17 Referencias

- Abbiss, C. R., Peiffer, J. J., Meeusen, R., & Skorski, S. (2015). Role of Ratings of Perceived Exertion during Self-Paced Exercise: What are We Actually Measuring? In *Sports Medicine* (Vol. 45, Issue 9, pp. 1235–1243). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0344-5>
- Aicale, R., Tarantino, D., & Maffulli, N. (2018). Overuse injuries in sport: A comprehensive overview. In *Journal of Orthopaedic Surgery and Research* (Vol. 13, Issue 1). BioMed Central Ltd. <https://doi.org/10.1186/s13018-018-1017-5>
- 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. In *National Strength & Conditioning Association Res* (Vol. 17, Issue 4).
- Aoki, M. S., Ronda, L. T., Marcelino, P. R., Drago, G., Carling, C., Bradley, P. S., & Moreira, A. (2017). Monitoring training loads in professional basketball players engaged in a periodized training program. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(2), 348–358. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001507>
- Arcos, A. L., Martínez-Santos, R., Yanci, J., Mendiguchia, J., & Méndez-Villanueva, A. (2015). Negative associations between perceived training load, volume and changes in physical fitness in professional soccer players. *Journal of Sports Science and Medicine*, 14(2), 394–401. <http://www.jssm.org>
- Arede, J., Ferreira, A. P., Esteves, P., Gonzalo-Skok, O., & Leite, N. (2020). Train Smarter, Play More: Insights about Preparation and Game Participation in Youth National Team. *Research Quarterly for Exercise and Sport*.

<https://doi.org/10.1080/02701367.2019.1693012>

- Arruda, A. F. S., Aoki, M. S., Freitas, C. G., Coutts, A., & Moreira, A. (2013). Planning and monitoring training loads during an in-season basketball period. *Revista Andaluza de Medicina Del Deporte*, 6(2), 85–89. [https://doi.org/10.1016/S1888-7546\(13\)70040-6](https://doi.org/10.1016/S1888-7546(13)70040-6)
- Atkinson, G., & Nevill, A. M. (1998). Statistical methods for assessing measurement error (reliability) in variables relevant to sports medicine. *Sports Medicine*, 26(4), 217–238. <https://doi.org/10.2165/00007256-199826040-00002>
- Aughey, R. J. (2011). Applications of GPS technologies to field sports. In *International Journal of Sports Physiology and Performance* (Vol. 6, Issue 3, pp. 295–310). Human Kinetics Publishers Inc. <https://doi.org/10.1123/ijsp.6.3.295>
- Bahr, R., & Holme, I. (2003). Risk factors for sports injuries - A methodological approach. In *British Journal of Sports Medicine* (Vol. 37, Issue 5, pp. 384–392). <https://doi.org/10.1136/bjsem.37.5.384>
- Balagué, N., Pol, R., & Guerrero, I. (2019). Ciència o pseudociència de l'activitat física i l'esport? *Apunts. Educació Física i Esports*, 2(136), 129–136. <https://www.raco.cat/index.php/ApuntsEFE/article/view/353518>
- Banister, E. W., & Calvert, T. W. (1980). Planning for future performance: implications for long term training. *Canadian Journal of Applied Sport Sciences. Journal Canadien Des Sciences Appliquees Au Sport*, 5(3), 170–176.
- Barrett, S., McLaren, S., Spears, I., Ward, P., & Weston, M. (2018). The Influence of Playing Position and Contextual Factors on Soccer Players' Match Differential Ratings of Perceived Exertion: A Preliminary Investigation. *Sports*, 6(1), 13.

<https://doi.org/10.3390/sports6010013>

Batalla, A., Bofill, A. M., Montoliu, R., & Corbi, F. (2018). Relación entre la frecuencia cardíaca y el marcador durante una fase de descenso Relationship between Heart Rate and the Scoreboard during a Relegation Playoff. *Apunts. Educació Física i Esports*, 132, 110–122. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2018/2\).132.08](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2018/2).132.08)

Ben Abdelkrim, N., Castagna, C., Jabri, I., Battikh, T., El Fazaa, S., & El Ati, J. (2010). 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. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181e381c1>

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; discussion 75. <https://doi.org/10.1136/bjism.2006.032318>

Beneke, R., Leithäuser, R. M., & Ochentel, O. (2011). Blood lactate diagnostics in exercise testing and training. In *International Journal of Sports Physiology and Performance* (Vol. 6, Issue 1, pp. 8–24). Human Kinetics Publishers Inc. <https://doi.org/10.1123/ijsp.6.1.8>

Bengtsson, H., Ekstrand, J., & Häggglund, M. (2013). Muscle injury rates in professional football increase with fixture congestion: an 11-year follow-up of the UEFA Champions League injury study. *British Journal of Sports Medicine*, 47(12), 743–747. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-092383>

Bengtsson, H., Ekstrand, J., Waldén, M., & Häggglund, M. (2013). Match injury rates in

professional soccer vary with match result, match venue, and type of competition.

*The American Journal of Sports Medicine*, 41(7), 1505–1510.

<https://doi.org/10.1177/0363546513486769>

Berkelmans, D. M., Dalbo, V. J., Fox, J. L., Stanton, R., Kean, C. O., Giamarelos, K. E.,

Teramoto, M., & Scanlan, A. T. (2018). The influence of different methods to determine maximum heart rate on training load outcomes in basketball players.

*Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(11), 1–25.

<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002291>

Booth, F. W., & Thomason, D. B. (1991). Molecular and cellular adaptation of muscle

in response to exercise: Perspectives of various models. In *Physiological Reviews* (Vol. 71, Issue 2, pp. 541–585). American Physiological Society Bethesda, MD .

<https://doi.org/10.1152/physrev.1991.71.2.541>

Borresen, J., & Ian Lambert, M. (2009). The quantification of training load, the training

response and the effect on performance. In *Sports Medicine* (Vol. 39, Issue 9, pp.

779–795). <https://doi.org/10.2165/11317780-000000000-00000>

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, 161–170.

<https://doi.org/10.1123/IJSPP.2017-0208>

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.

<https://doi.org/10.1123/ijspp.6.3.311>

Bredt, S. G. T., Torres, J. O., Diniz, L. B. F., Praça, G. M., Andrade, A. G. P., Morales, J. C. P., Rosso, T. L. N., & Chagas, M. H. (2020). Physical and physiological demands of basketball small-sided games: the influence of defensive and time pressures. *Biology of Sport*, *37*(2), 131.

<https://doi.org/10.5114/BIOLSPORT.2020.93038>

Brito, J., Hertzog, M., & Nassis, G. P. (2016). Do match-related contextual variables influence training load in highly trained soccer players? *Journal of Strength and Conditioning Research*, *30*(2), 393–399.

<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001113>

Calleja-González, J., Terrados, N., Mielgo-Ayuso, J., Delextrat, A., Jukic, I., Vaquera, A., Torres, L., Schelling, X., Stojanovic, M., & Ostojic, S. M. (2016). Evidence-based post-exercise recovery strategies in basketball. *The Physician and Sportsmedicine*, *44*(1), 74–78. <https://doi.org/10.1080/00913847.2016.1102033>

Caparrós, T., Alentorn-Geli, E., Myer, G. D., Capdevila, L., Samuelsson, K., Hamilton, B., & Rodas, G. (2016). The Relationship of Practice Exposure and Injury Rate on Game Performance and Season Success in Professional Male Basketball. *Journal of Sports Science & Medicine*, *15*(3), 397–402.

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27803617>

Caparrós, T., Casals, M., Solana, Á., & Peña, J. (2018). Low external workloads are related to higher injury risk in professional male basketball games. *Journal of Sports Science and Medicine*, *17*(2), 289–297.

Caparrós, T., Pujol, M., & Salas, C. (2017). Pautas generales en el proceso de

readaptación al entrenamiento después de una lesión deportiva. *Apunts Medicina de l'Esport*, 52(196), 167–172. <https://doi.org/10.1016/j.apunts.2017.02.002>

Castillo, D., Raya-González, J., Clemente, F. M., Conte, D., & Rodríguez-Fernández, A. (2021). The effects of defensive style and final game outcome on the external training load of professional basketball players. *Biology of Sport*, 38(3), 483–490. <https://doi.org/10.5114/BIOLSPORT.2021.101124>

Claudino, J., Cronin, J., Mezêncio, B., McMaster, D., McGuigan, M., Tricoli, V., Amadio, A., & Serrão, J. (2017). The countermovement jump to monitor neuromuscular status: A meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 20(4), 397–402. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2016.08.011>

Claudino, J. G., Mezncio, B., Soncin, R., Ferreira, J. C., Couto, B. P., & Szmuchrowski, L. A. (2012). Pre vertical jump performance to regulate the training volume. *International Journal of Sports Medicine*, 33(2), 101–107. <https://doi.org/10.1055/s-0031-1286293>

Colby, M. J., Dawson, B., Peeling, P., Heasman, J., Rogalski, B., Drew, M. K., Stares, J., Zouhal, H., & Lester, L. (2017). Multivariate modelling of subjective and objective monitoring data improve the detection of non-contact injury risk in elite Australian footballers. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 20(12), 1068–1074. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2017.05.010>

Collins, B. W., Pearcey, G. E. P., Buckle, N. C. M., Power, K. E., & Button, D. C. (2018). Neuromuscular fatigue during repeated sprint exercise: Underlying physiology and methodological considerations. In *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism* (Vol. 43, Issue 11, pp. 1166–1175). Canadian Science Publishing.

<https://doi.org/10.1139/apnm-2018-0080>

- 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. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2017-0689>
- Coyne, J. O. C., Coutts, A. J., Newton, R. U., & Haff, G. G. (2021). Relationships Between Different Internal and External Training Load Variables and Elite International Women's Basketball Performance. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *16*(6), 871–880. <https://doi.org/10.1123/IJSPP.2020-0495>
- Coyne, J. O. C., Gregory Haff, G., Coutts, A. J., Newton, R. U., & Nimphius, S. (2018). The current state of subjective training load monitoring—A practical perspective and call to action. *Sports Medicine - Open*, *4*(1). <https://doi.org/10.1186/s40798-018-0172-x>
- Cruz, I. de F., Pereira, L. A., Kobal, R., Kitamura, K., Cedra, C., Loturco, I., & Abad, C. C. C. (2018). Perceived training load and jumping responses following nine weeks of a competitive period in young female basketball players. *PeerJ*, *2018*(7). <https://doi.org/10.7717/peerj.5225>
- De Blas, X., Padullés, J. M., Del Amo, J. L. L., & Guerra-Balic, M. (2012). Creación y validación de Chronojump-Boscosystem: un instrumento libre para la medición de saltos verticales. *RICYDE: Revista Internacional de Ciencias Del Deporte*, *8*(30), 334–356. <https://doi.org/10.5232/ricyde2012.03004>
- Deitch, J. R., Starkey, C., Walters, S. L., & Moseley, J. B. (2006). Injury risk in

- professional basketball players: a comparison of Women's National Basketball Association and National Basketball Association athletes. *The American Journal of Sports Medicine*, 34(7), 1077–1083. <https://doi.org/10.1177/0363546505285383>
- 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. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0459-8>
- Dupont, G., Nedelec, M., McCall, A., McCormack, D., Berthoin, S., & Wisløff, U. (2010). Effect of 2 soccer matches in a week on physical performance and injury rate. *The American Journal of Sports Medicine*, 38(9), 1752–1758. <https://doi.org/10.1177/0363546510361236>
- Edwards, T., Spiteri, T., Piggott, B., Bonhotal, J., Haff, G. G., & Joyce, C. (2018). Monitoring and Managing Fatigue in Basketball. *Sports*, 6(1), 19. <https://doi.org/10.3390/sports6010019>
- Elite HRV - Top Heart Rate Variability App, Monitors, and Training*. (n.d.). Retrieved March 31, 2020, from <https://elitehrv.com/>
- Fan, W., & Evans, R. M. (2017). Exercise Mimetics: Impact on Health and Performance. In *Cell Metabolism* (Vol. 25, Issue 2, pp. 242–247). Cell Press. <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2016.10.022>
- Feroli, D., La Torre, A., Tibiletti, E., Dotto, A., & Rampinini, E. (2021). Determining the relationship between load markers and non-contact injuries during the competitive season among professional and semi-professional basketball players. *Research in Sports Medicine (Print)*, 29(3), 265–276. <https://doi.org/10.1080/15438627.2020.1808980>



- Ferioli, D., Rampinini, E., Martin, M., Rucco, D., la Torre, A., Petway, A., & Scanlan, A. (2020). Influence of ball possession and playing position on the physical demands encountered during professional basketball games. *Biology of Sport*, 37(3), 269–276. <https://doi.org/10.5114/BIOLSPORT.2020.95638>
- 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). <https://doi.org/10.3390/IJERPH17041193>
- Foster, C. (1998). Monitoring training in athletes with reference to overtraining syndrome. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30(7), 1164–1168. <https://doi.org/10.1097/00005768-199807000-00023>
- Foster, C., Florhaug, J. A., Franklin, J., Gottschall, L., Hrovatin, L. A., Parker, S., Doleshal, P., & Dodge, C. (2001). A new approach to monitoring exercise training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 15(1), 109–115. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11708692>
- Fox, J. L., O’Grady, C. J., & Scanlan, A. T. (2020). 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. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2019-0908>
- Fox, J. L., Scanlan, A. T., & Stanton, R. (2017). A Review of Player Monitoring Approaches in Basketball: Current Trends and Future Directions. In *Journal of Strength and Conditioning Research* (Vol. 31, Issue 7, pp. 2021–2029). NSCA National Strength and Conditioning Association.

<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001964>

Fox, J. L., Stanton, R., Sargent, C., Wintour, S. A., & Scanlan, A. T. (2018). The Association Between Training Load and Performance in Team Sports: A Systematic Review. In *Sports Medicine* (Vol. 48, Issue 12, pp. 2743–2774). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0982-5>

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. <https://doi.org/10.1080/02701367.2017.1410693>

Freitas, C., Aoki, M. S., Arruda, A. F., Nakamura, F. Y., & Moreira, A. (2013). *Carga interna, tolerância ao estresse e infecções do trato respiratório superior em atletas de basquetebol*. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, 15(1). <https://sci-hub.tw/10.5007/1980-0037.2013v15n1p49>

Fullagar, H. H. K., Duffield, R., Skorski, S., Coutts, A. J., Julian, R., & Meyer, T. (2015). Sleep and Recovery in Team Sport: Current Sleep-Related Issues Facing Professional Team-Sport Athletes. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 10(8), 950–957. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2014-0565>

Fuller, C. W., Junge, A., & Dvorak, J. (2012). Risk management: FIFA's approach for protecting the health of football players. *British Journal of Sports Medicine*, 46(1), 11–17. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2011-090634>

Gabbett, T. J. (2003). Incidence of injury in semi-professional rugby league players. *British Journal of Sports Medicine*, 37(1), 36–43. <https://doi.org/10.1136/bjism.37.1.36>

- 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. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095788>
- Gabbett, T. J., & Domrow, N. (2007). Relationships between training load, injury, and fitness in sub-elite collision sport athletes. *Journal of Sports Sciences*, *25*(13), 1507–1519. <https://doi.org/10.1080/02640410701215066>
- Gabbett, T. J., Hulin, B. T., Blanch, P., & Whiteley, R. (2016). High training workloads alone do not cause sports injuries: How you get there is the real issue. In *British Journal of Sports Medicine* (Vol. 50, Issue 8, pp. 444–445). BMJ Publishing Group. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095567>
- Gabbett, T. J., & Ullah, S. (2012). Relationship Between Running Loads and Soft-Tissue Injury in Elite Team Sport Athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *26*(4), 953–960. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182302023>
- Gabbett, T. J., & Whiteley, R. (2017). Two Training-Load Paradoxes: Can We Work Harder and Smarter, Can Physical Preparation and Medical Be Teammates? *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *12*(Suppl 2), S2-50-S2-54. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2016-0321>
- Garrett, J., Graham, S. R., Eston, R. G., Burgess, D. J., Garrett, L. J., Jakeman, J., & Norton, K. (2019). A novel method of assessment for monitoring neuromuscular fatigue in Australian rules football players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *14*(5), 598–605. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-0253>
- Gathercole, R. J., Sporer, B. C., Stellingwerff, T., & Sleivert, G. G. (2015a).

Comparison of the capacity of different jump and sprint field tests to detect neuromuscular fatigue. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(9), 2522–2531. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000912>

Gathercole, R. J., Sporer, B., Stellingwerff, T., & Sleivert, G. (2015b). Alternative countermovement-jump analysis to quantify acute neuromuscular fatigue. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 10(1), 84–92. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2013-0413>

Gazzano, F. (2019). *WORKLOAD MANAGEMENT A Practical Guide to Workload Management & Injury Prevention in Sport*.

Ghali, B. M., Owoeye, O. B. A., Stilling, C., Palacios-Derflingher, L., Jordan, M., Pasanen, K., & Emery, C. A. (2019). Internal and External Workload in Youth Basketball Players Who Are Symptomatic and Asymptomatic for Patellar Tendinopathy. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 1–24. <https://doi.org/10.2519/jospt.2020.9094>

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 durante la competición oficial en baloncesto formación. *Cuadernos de Psicología Del Deporte*. <https://revistas.um.es/cpd/article/view/344041>

Gonzalez-Badillo, J. J., Sanchez-Medina, L., Pareja-Blanco, & Rodriguez-Rosell, D. (2017). *Fundamentals of velocity-based resistance training*.

Gonzalez, A. M., Hoffman, J. R., Rogowski, J. P., Burgos, W., Manalo, E., Weise, K., Fragala, M. S., & Stout, J. R. (2013). Performance Changes in NBA Basketball Players Vary in Starters vs. Nonstarters Over a Competitive Season. *Journal of*

*Strength and Conditioning Research*, 27(3), 611–615.

<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31825dd2d9>

Gorostiaga, E. M., Asiáin, X., Izquierdo, M., Postigo, A., Aguado, R., Alonso, J. M., & Ibáñez, J. (2010). Vertical jump performance and blood ammonia and lactate levels during typical training sessions in elite 400-m runners. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(4), 1138–1149.

<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181cf769f>

Hägglund, M., Waldén, M., Bahr, R., & Ekstrand, J. (2005). Methods for epidemiological study of injuries to professional football players: developing the UEFA model. *British Journal of Sports Medicine*, 39(6), 340–346.

<https://doi.org/10.1136/bjism.2005.018267>

Halson, S. L. (2014). Monitoring Training Load to Understand Fatigue in Athletes. *Sports Medicine*, 44(S2), 139–147. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0253-z>

Heishman, A. D., Curtis, M. A., Saliba, E., Hornett, R. J., Malin, S. K., & Weltman, A. L. (2018). Noninvasive assessment of internal and external player load: Implications for optimizing athletic performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(5), 1280–1287.

<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002413>

Heishman, A. D., Daub, B. D., Miller, R. M., Freitas, E. D. S., & Bembem, M. G. (2020). Monitoring External Training Loads and Neuromuscular Performance for Division I Basketball Players over the Preseason. *Journal of Sports Science & Medicine*, 19(1), 204–212. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000560595.64671.b6>

Hopkins, W. G. (1991). Quantification of Training in Competitive Sports: Methods and

Applications. In *Sports Medicine* (Vol. 12, Issue 3, pp. 161–183).

<https://doi.org/10.2165/00007256-199112030-00003>

Hopkins, W. G. (2002). A scale of magnitudes for effect statistics. In *Exercise and Sport Science* (pp. 67–95).

Horta, T. A. G., Bara Filho, M. G., Coimbra, D. R., Miranda, R., & Werneck, F. Z.

(2019). Training Load, Physical Performance, Biochemical Markers, and Psychological Stress During a Short Preparatory Period in Brazilian Elite Male Volleyball Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(12), 3392–3399. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002404>

Hulin, B. T., Gabbett, T. J., Blanch, P., Chapman, P., Bailey, D., & Orchard, J. W.

(2014). Spikes in acute workload are associated with increased injury risk in elite cricket fast bowlers. *British Journal of Sports Medicine*, 48(8), 708–712. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-092524>

Hulin, B. T., Gabbett, T. J., Caputi, P., Lawson, D. W., & Sampson, J. A. (2016). Low

chronic workload and the acute:chronic workload ratio are more predictive of injury than between-match recovery time: a two-season prospective cohort study in elite rugby league players. *British Journal of Sports Medicine*, 50(16), 1008–1012. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095364>

Hulin, B. T., Gabbett, T. J., Lawson, D. W., Caputi, P., & Sampson, J. A. (2016). The

acute:chronic workload ratio predicts injury: high chronic workload may decrease injury risk in elite rugby league players. *British Journal of Sports Medicine*, 50(4), 231–236. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-094817>

Hulka, K., Cuberek, R., & Belka, J. (2013). Heart rate and time-motion analyses in top

junior players during basketball matches. *Acta Gymnica*, 43(3), 27–35.

<https://doi.org/10.5507/ag.2013.015>

Huxley, D. J., O'Connor, D., & Healey, P. A. (2014). An examination of the training profiles and injuries in elite youth track and field athletes. *European Journal of Sport Science*, 14(2), 185–192. <https://doi.org/10.1080/17461391.2013.809153>

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. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-0935>

Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., & Marcora, S. M. (2005). Physiological assessment of aerobic training in soccer. *Journal of Sports Sciences*, 23(6), 583–592. <https://doi.org/10.1080/02640410400021278>

Jimenez-Reyes, P., Pareja-Blanco, F., Cuadrado-Peñafiel, V., Morcillo, J. A., Párraga, J. A., & González-Badillo, J. J. (2016). Mechanical, Metabolic and Perceptual Response during Sprint Training. *International Journal of Sports Medicine*, 37(10), 807–812. <https://doi.org/10.1055/s-0042-107251>

Jiménez-Reyes, P., Pareja-Blanco, F., Cuadrado-Peñafiel, V., Ortega-Becerra, M., Párraga, J., & González-Badillo, J. J. (2019). Jump height loss as an indicator of fatigue during sprint training. *Journal of Sports Sciences*, 37(9), 1029–1037. <https://doi.org/10.1080/02640414.2018.1539445>

Jobson, S. A., Passfield, L., Atkinson, G., Barton, G., & Scarf, P. (2009). The analysis and utilization of cycling training data. In *Sports Medicine* (Vol. 39, Issue 10, pp. 833–844). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.2165/11317840-000000000-00000>

- Johnston, M. J., Cook, C. J., Drake, D., Costley, L., Johnston, J. P., & Kilduff, L. P. (2016). The Neuromuscular, Biochemical, and Endocrine Responses to a Single-Session Vs. Double-Session Training Day in Elite Athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *30*(11), 3098–3106. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001423>
- Jones, C. M., Griffiths, P. C., & Mellalieu, S. D. (2017). Training Load and Fatigue Marker Associations with Injury and Illness: A Systematic Review of Longitudinal Studies. *Sports Medicine*, *47*(5), 943–974. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0619-5>
- Kallus, K. W., Kellmann, M., Kallus, M. K. W., & Kellmann, M. (2016). *The Recovery-Stress Questionnaires: User Manual RESTQ RECOVERY-STRESS QUESTIONNAIRES: USER MANUAL*. [www.pearsonassessment.de](http://www.pearsonassessment.de)
- Kenttä, G., & Hassmén, P. (1998). Overtraining and recovery. A conceptual model. In *Sports Medicine* (Vol. 26, Issue 1, pp. 1–16). <https://doi.org/10.2165/00007256-199826010-00001>
- Khoramipour, K., Gaeini, A. A., Shirzad, E., Gilany, K., Chashniam, S., & Sandbakk, Ø. (2021). Metabolic load comparison between the quarters of a game in elite male basketball players using sport metabolomics. *European Journal of Sport Science*, *21*(7), 1022–1034. <https://doi.org/10.1080/17461391.2020.1805515>
- Komi, P. V. (2000). Stretch-shortening cycle: A powerful model to study normal and fatigued muscle. *Journal of Biomechanics*, *33*(10), 1197–1206. [https://doi.org/10.1016/S0021-9290\(00\)00064-6](https://doi.org/10.1016/S0021-9290(00)00064-6)
- Koyama, T., Rikukawa, A., Nagano, Y., Sasaki, S., Ichikawa, H., & Hirose, N. (2022).



High-Acceleration Movement, Muscle Damage, and Perceived Exertion in Basketball Games. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 17(1), 16–21. <https://doi.org/10.1123/IJSP.2020-0963>

Lago-Peñas, C. (2012). The role of situational variables in analysing physical performance in soccer. *Journal of Human Kinetics*, 35(1), 89–95. <https://doi.org/10.2478/v10078-012-0082-9>

Layzer, R. B. (1990). Muscle metabolism during fatigue and work. *Bailliere's Clinical Endocrinology and Metabolism*, 4(3), 441–459. [https://doi.org/10.1016/S0950-351X\(05\)80064-3](https://doi.org/10.1016/S0950-351X(05)80064-3)

López-Laval, I., Legaz-Arrese, A., George, K., Serveto-Galindo, O., González-Rave, J. M., Reverter-Masia, J., & Munguía-Izquierdo, D. (2016). Cardiac troponin i release after a basketball match in elite, amateur and junior players. *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine*, 54(2), 333–338. <https://doi.org/10.1515/cclm-2015-0304>

Lukonaitienė, I., Kamandulis, S., Paulauskas, H., Domeika, A., Pliauga, V., Kreivytė, R., Stanislovaitienė, J., & Conte, D. (2020). Investigating the workload, readiness and physical performance changes during intensified 3-week preparation periods in female national Under18 and Under20 basketball teams. *Journal of Sports Sciences*, 38(9), 1018–1025. <https://doi.org/10.1080/02640414.2020.1738702>

Lupo, C., Tessitore, A., Gasperi, L., & Gomez, M. (2017). Session-RPE for quantifying the load of different youth basketball training sessions. *Biology of Sport*, 34(1), 11–17. <https://doi.org/10.5114/biolSport.2017.63381>

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*, 1–6.

<https://doi.org/10.1123/ijsp.2019-0248>

Lyman, S., Fleisig, G. S., Andrews, J. R., & Osinski, E. D. (2002). Effect of pitch type, pitch count, and pitching mechanics on risk of elbow and shoulder pain in youth baseball pitchers. *American Journal of Sports Medicine*, 30(4), 463–468.

<https://doi.org/10.1177/03635465020300040201>

Macera, C. A. (1992). Lower Extremity Injuries in Runners: Advances in Prediction.

*Sports Medicine: An International Journal of Applied Medicine and Science in*

*Sport and Exercise*, 13(1), 50–57. [https://doi.org/10.2165/00007256-199213010-](https://doi.org/10.2165/00007256-199213010-00005)

00005

Mah, C. D., Mah, K. E., Kezirian, E. J., & Dement, W. C. (2011). The Effects of Sleep Extension on the Athletic Performance of Collegiate Basketball Players. *Sleep*,

34(7), 943–950. <https://doi.org/10.5665/SLEEP.1132>

Malone, J. J., Murtagh, C. F., Morgans, R., Burgess, D. J., Morton, J. P., & Drust, B.

(2015). Countermovement jump performance is not affected during an in-season training microcycle in elite youth soccer players. *Journal of Strength and*

*Conditioning Research*, 29(3), 752–757.

<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000701>

Marcelino, P. R., De Arruda, A. F. S., De Oliveira, R., Saldanha Aoki, M., Freitas, C.

G., & Moreira, A. (2013). O nível de condicionamento físico afeta a magnitude da carga interna de treinamento em jovens jogadores de basquetebol? *Revista*

*Andaluza de Medicina Del Deporte*, 6(3), 115–119. [https://doi.org/10.1016/S1888-7546\(13\)70045-5](https://doi.org/10.1016/S1888-7546(13)70045-5)

Martin, D. T., & Andersen, M. B. (2000). Heart rate-perceived exertion relationship during training and taper. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 40(3), 201–208. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11125762>

Meeusen, R., Duclos, M., Foster, C., Fry, A., Gleeson, M., Nieman, D., Raglin, J., Rietjens, G., Steinacker, J., & Urhausen, A. (2013). Prevention, diagnosis, and treatment of the overtraining syndrome: Joint consensus statement of the european college of sport science and the American College of Sports Medicine. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 45(1), 186–205. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318279a10a>

Miloski, B., Aoki, M. S., De Freitas, C. G., Schultz De Arruda, A. F., De Moraes, H. S., Drago, G., Borges, T. O., & Moreira, A. (2015). Does testosterone modulate mood states and physical performance in young basketball players? *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(9), 2474–2481. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000883>

*Monitorización de deportistas y jugadores para deportes de equipo y individuales.*

(n.d.). Retrieved March 31, 2020, from <https://www.quanter.io/es.html>

Moran, L. R., Hegedus, E. J., Bleakley, C. M., & Taylor, J. B. (2019). Jump load: capturing the next great injury analytic. *British Journal of Sports Medicine*, 53(1), 8–9. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-099103>

Morcillo, J. A., Jimenez-Reyes, P., Cuadrado-Penafiel, V., Lozano, E., Ortega-Becerra, M., & Parraga, J. (2015). Relationships between repeated sprint ability, mechanical

parameters, and blood metabolites in professional soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(6), 1673–1682.

<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000782>

Moreira, A., McGuigan, M. R., Arruda, A. F., Freitas, C. G., & Aoki, M. S. (2012). Monitoring Internal Load Parameters During Simulated and Official Basketball Matches. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(3), 861–866.

<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31822645e9>

Moreno-Pérez, V., Del Coso, J., Raya-González, J., Nakamura, F. Y., & Castillo, D. (2019). Effects of basketball match-play on ankle dorsiflexion range of motion and vertical jump performance in semi-professional players. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.19.09918-3>

Morgan, W. P., Brown, D. R., Raglin, J. S., O'Connor, P. J., & Ellickson, K. A. (1987). Psychological monitoring of overtraining and staleness. *British Journal of Sports Medicine*, 21(3), 107–114. <https://doi.org/10.1136/bjism.21.3.107>

Mujika, I., & Padilla, S. (2000). Detraining: Loss of training induced physiological and performance adaptation. Part I. Short term insufficient training stimulus. *Sports Medicine*, 30(2), 79–87. <https://doi.org/10.2165/00007256-200030020-00002>

Nederhof, E., Lemmink, K. A. P. M., Visscher, C., Meeusen, R., & Mulder, T. (2006). Psychomotor speed: Possibly a new marker for overtraining syndrome. In *Sports Medicine* (Vol. 36, Issue 10, pp. 817–828). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.2165/00007256-200636100-00001>

Nunes, J. A., Costa, E. C., Viveiros, L., Moreira, A., & Aoki, M. S. (2011). Monitoramento da carga interna no basquetebol. *Revista Brasileira de*

*Cineantropometria e Desempenho Humano*, 13(1), 67–72.

<https://doi.org/10.5007/1980-0037.2011v13n1p67>

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. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(10), 2973–2980. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000499>

Oliveira-Da-Silva, L., Sedano-Campo, S., & Redondo-Castán, J. C. (2013).

Características del esfuerzo en competición en jugadoras de baloncesto de élite durante las fases finales de la Euroliga y el Campeonato del Mundo. *RICYDE: Revista Internacional de Ciencias Del Deporte*, 9(34), 360–376.

<https://doi.org/10.5232/ricyde2013.03405>

Overton, A. (2013). Neuromuscular Fatigue and Biomechanical Alterations during High-Intensity, Constant-Load Cycling. *Theses: Doctorates and Masters*.

<https://ro.ecu.edu.au/theses/612>

Pageaux, B. (2016). *European Journal of Sport Science Perception of effort in Exercise Science: Definition, measurement and perspectives*.

<https://doi.org/10.1080/17461391.2016.1188992>

*Página de inicio - MyCoach RPE*. (n.d.). Retrieved March 31, 2020, from

<http://www.mycoachrpe.com/?lang=es>

Peña, J., Rodríguez-Guerra, J., Buscá, B., & Serra, N. (2013). Which skills and factors better predict winning and losing in high-level men's volleyball? *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(9), 2487–2493.

<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31827f4dbe>

Pernigoni, M., Ferioli, D., Butautas, R., La Torre, A., & Conte, D. (2021). Assessing the External Load Associated With High-Intensity Activities Recorded During Official Basketball Games. *Frontiers in Psychology, 12*.

<https://doi.org/10.3389/FPSYG.2021.668194>

Petway, A. J., Freitas, T. T., Calleja-González, J., Leal, D. M., & Alcaraz, P. E. (2020). Training load and match-play demands in basketball based on competition level: A systematic review. *PloS One, 15*(3).

<https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0229212>

Piedra, A., Peña, J., & Caparrós, A. (2021). Monitoring Training Loads in Basketball: A Narrative Review and Practical Guide for Coaches and Practitioners. *Strength & Conditioning Journal*. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000620>

Piedra, A., Peña, J., Ciavattini, V., & Caparrós, T. (2020). Relationship between injury risk, workload, and rate of perceived exertion in professional women's basketball. *Apunts Sports Medicine*. <https://doi.org/10.1016/j.apunsm.2020.02.004>

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*(MAY). <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01100>

Plews, D. J., Laursen, P. B., Stanley, J., Kilding, A. E., & Buchheit, M. (2013). Training adaptation and heart rate variability in elite endurance athletes: Opening the door to effective monitoring. In *Sports Medicine* (Vol. 43, Issue 9, pp. 773–781). Springer

International Publishing. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0071-8>

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).

<https://doi.org/10.3390/IJERPH17041456>

Portes, R., Navarro, R. M., Sosa, C., Trapero, J. J., & Jiménez, S. L. (2019). Monitoring

and Interpreting External Load in Basketball: A Narrative Review. *Psicología Del Deporte*, 28, 119–131. <https://www.rpd-online.com/article/view/v28-n3-portes-navarro-sosa-et-al>

Pyne, D. B., & Martin, D. T. (2011). *Fatigue - insights from individual and team sports* (pp. 177–186). Nova Publishers.

*Readiness: Wellness monitoring by Carlos Balsalobre*. (n.d.). Retrieved March 31, 2020, from <https://appadvice.com/app/readiness-wellness-monitoring/1437719482>

Reina, M., García-Rubio, J., Antúnez, A., & Ibáñez, S. J. (2020). Comparison of internal and external load in official 3 vs . 3 and 5 vs . 5 female basketball competitions. *Retos: Nuevas Perspectivas de Educación Física, Deporte y Recreación*, 2041, 400–405.

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(JAN).

<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.02689>

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). <https://doi.org/10.3390/IJERPH17082639>
- Reina, M., Mancha, D., Feu, S., & Ibáñez, S. J. (2017). ¿Se entrena como se compite? Análisis de la carga en baloncesto femenino. *Journal of Sport Psychology*, 26, 9–13.
- Ritchie, D., Hopkins, W. G., Buchheit, M., Cordy, J., & Bartlett, J. D. (2016). Quantification of Training and Competition Load Across a Season in an Elite Australian Football Club. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(4), 474–479. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0294>
- Robinson, D. M., Robinson, S. M., Hume, P. A., & Hopkins, W. G. (1991). Training intensity of elite male distance runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 23(9), 1078–1082. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1943629>
- Roell, M., Helwig, J., Gollhofer, A., & Roecker, K. (2020). Duration-Specific Peak Acceleration Demands During Professional Female Basketball Matches. *Frontiers in Sports and Active Living*, 2. <https://doi.org/10.3389/FSPOR.2020.00033>
- Rushall, B. S. (1990). A tool for measuring stress tolerance in elite athletes. *Journal of Applied Sport Psychology*, 2(1), 51–66. <https://doi.org/10.1080/10413209008406420>
- Russell, J. L., McLean, B. D., Stolp, S., Strack, D., & Coutts, A. J. (2021). Quantifying Training and Game Demands of a National Basketball Association Season. *Frontiers in Psychology*, 12. <https://doi.org/10.3389/FPSYG.2021.793216>
- 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>

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). <https://doi.org/10.3390/IJERPH17082812>

Sánchez-Medina, L., & González-Badillo, J. J. (2011). Velocity loss as an indicator of neuromuscular fatigue during resistance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 43(9), 1725–1734. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e318213f880>

Sánchez-Sánchez, J., Carretero, M., Valiente, J., Gonzalo-Skok, O., Sampaio, J., & Casamichana, D. (2018). Heart rate response and technical demands of different small-sided game formats in young female basketballers. *RICYDE: Revista Internacional de Ciencias Del Deporte*, 14(51), 55–70. <https://doi.org/10.5232/ricyde2018.05105>

Sánchez, A., Abruñedo, J., & Caparrós, T. (2019). Acelerometría en baloncesto. Estudio de la carga externa durante los entrenamientos. *Apunts Educación Física y Deportes*, 135, 100–117. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2019/1\).135.07](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2019/1).135.07)

Sansone, P., Ceravolo, A., & Tessitore, A. (2021). External, Internal, Perceived Training Loads and Their Relationships in Youth Basketball Players Across Different Positions. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 1–7. <https://doi.org/10.1123/IJSPP.2020-0962>

Sansone, P., Gasperi, L., Tessitore, A., & Gomez, M. A. (2021). Training load, recovery and game performance in semiprofessional male basketball: influence of individual

characteristics and contextual factors. *Biology of Sport*, 38(2), 207–217.

<https://doi.org/10.5114/BIOLSPORT.2020.98451>

Sansone, P., Tessitore, A., Paulauskas, H., Lukonaitiene, I., Tschan, H., Pliauga, V., & Conte, D. (2019). Physical and physiological demands and hormonal responses in basketball small-sided games with different tactical tasks and training regimes.

*Journal of Science and Medicine in Sport*, 22(5), 602–606.

<https://doi.org/10.1016/j.jsams.2018.11.017>

Sansone, P., Tschan, 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.

<https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000002971>

Saw, A. E., Main, L. C., & Gatin, P. B. (2016). Monitoring the athlete training response: Subjective self-reported measures trump commonly used objective measures: A systematic review. In *British Journal of Sports Medicine* (Vol. 50, Issue 5, pp. 281–291). BMJ Publishing Group. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-094758>

Scanlan, A. T., Fox, J. L., Borges, N. R., Dascombe, B. J., & Dalbo, V. J. (2017).

Cumulative training dose's effects on interrelationships between common training-load models during basketball activity. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(2), 168–174. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0708>

Scanlan, A. T., Fox, J. L., Poole, J. L., Conte, D., Milanović, Z., Lastella, M., & Dalbo,

V. J. (2018). A comparison of traditional and modified Summated-Heart-Rate-

Zones models to measure internal training load in basketball players. *Measurement*

in *Physical Education and Exercise Science*, 22(4), 303–309.

<https://doi.org/10.1080/1091367X.2018.1445089>

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.

<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000967>

Scanlan, A. T., Wen, N., Tucker, P. S., & Dalbo, V. J. (2014). The Relationships Between Internal and External Training Load Models During Basketball Training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(9), 2397–2405.

<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000458>

Schelling, X., & Torres-Ronda, L. (2013). Conditioning for basketball: Quality and quantity of training. *Strength and Conditioning Journal*, 35(6), 89–94.

<https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000018>

Schelling, X., & Torres, L. (2016). Accelerometer Load Profiles for Basketball-Specific Drills in Elite Players. *Journal of Sports Science & Medicine*, 15(4), 585.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5131211/>

Scott, T. J., Black, C. R., Quinn, J., & Coutts, A. J. (2013). Validity and Reliability of the Session-rpe Method for Quantifying Training in Australian Football: A Comparison of the Cr10 and Cr100 Scales. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(1), 270–276. <https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e3182541d2e>

Snyder, A., Jeukendrup, A., Hesselink, M., Kuipers, H., & Foster, C. (1993). A Physiological/Psychological Indicator of Over-Reaching during Intensive Training.

*International Journal of Sports Medicine*, 14(01), 29–32. <https://doi.org/10.1055/s-2007-1021141>

Soligard, T., Schweltnus, M., Alonso, J. M., Bahr, R., Clarsen, B., Dijkstra, H. P., Gabbett, T., Gleeson, M., Hägglund, M., Hutchinson, M. R., Janse Van Rensburg, C., Khan, K. M., Meeusen, R., Orchard, J. W., Pluim, B. M., Raftery, M., Budgett, R., & Engebretsen, L. (2016). How much is too much? (Part 1) International Olympic Committee consensus statement on load in sport and risk of injury. *British Journal of Sports Medicine*, 50(17), 1030–1041. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096581>

Spiteri, T., Nimphius, S., Wolski, A., & Bird, S. (2013). Monitoring neuromuscular fatigue in female basketball players across training and game performance. *ECU Publications 2013*. <https://ro.ecu.edu.au/ecuworks2013/286>

Stojanović, E., Stojiljković, N., Stanković, R., Scanlan, A. T., Dalbo, V. J., & Milanović, Z. (2019). Recreational Basketball Small-Sided Games Elicit High-Intensity Exercise With Low Perceptual Demand. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 1. <https://doi.org/10.1519/JSC.00000000000003306>

Suárez-Iglesias, D., Dehesa, R., Scanlan, A. T., Rodríguez-Marroyo, J. A., & Vaquera, A. (2020). Defensive Strategy and Player Sex Impact Heart-Rate Responses During Games-Based Drills in Professional Basketball. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 16(3), 360–366. <https://doi.org/10.1123/IJSP.2019-0736>

Svilar, L., Castellano, J., & Jukic, I. (2018). Load monitoring system in top-level basketball team: Relationship between external and internal training load.

*Kinesiology*, 50(1), 25–33. <https://doi.org/10.26582/k.50.1.4>

Svilar, L., Castellano, J., Jukic, I., & Casamichana, D. (2018). Positional differences in elite basketball: Selecting appropriate training-load measures. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13(7), 947–952. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2017-0534>

Thorpe, R. T., Atkinson, G., Drust, B., & Gregson, W. (2017). Monitoring fatigue status in elite team-sport athletes: Implications for practice. In *International Journal of Sports Physiology and Performance* (Vol. 12, Issue Suppl 2, pp. 27–34). Human Kinetics Publishers Inc. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2016-0434>

Twist, C., & Highton, J. (2013). Monitoring fatigue and recovery in rugby league players. In *International Journal of Sports Physiology and Performance* (Vol. 8, Issue 5, pp. 467–474). Human Kinetics Publishers Inc. <https://doi.org/10.1123/ijsp.8.5.467>

Ullah, S., Gabbett, T. J., & Finch, C. F. (2014). Statistical modelling for recurrent events: an application to sports injuries. *British Journal of Sports Medicine*, 48(17), 1287–1293. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2011-090803>

Vallés-Ortega, C., Fernández-Ozcorta, E. J., & Fierro-Suero, S. (2017). *Patrón fatiga-recuperación en una competición de alta densidad competitiva en Baloncesto Femenino Junior*. Cuadernos de Psicología Del Deporte, 17(3), 183-188. <https://revistas.um.es/cpd/article/view/313991>

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. *Journal of Strength and Conditioning*

*Research*, 32(10), 2949–2953. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002012>

Vazquez-Guerrero, J., Reche, X., Cos, F., Casamichana, D., & Sampaio, J. (2018).

Changes in External Load When Modifying Rules of 5-on-5 Scrimmage Situations in Elite Basketball. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 1. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000002761>

Vázquez-Guerrero, J., Suarez-Arrones, L., Gómez, D. C., & Rodas, G. (2018).

Comparing external total load, acceleration and deceleration outputs in elite basketball players across positions during match play. *Kinesiology*, 50(2), 228–234. <https://doi.org/10.26582/K.50.2.11>

Weir, J. P. (2005). Quantifying test-retest reliability using the intraclass correlation coefficient and the SEM. In *Journal of Strength and Conditioning Research* (Vol. 19, Issue 1, pp. 231–240). J Strength Cond Res. <https://doi.org/10.1519/15184.1>

Williams, M., Dalbo, V. J., Fox, J. L., O’Grady, C. J., & Scanlan, A. T. (2021).

Comparing Weekly Training and Game Demands According to Playing Position in a Semiprofessional Basketball Team. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 16(6), 772–778. <https://doi.org/10.1123/IJSPP.2020-0457>

Williams, S., Trewartha, G., Kemp, S. P. T., Brooks, J. H. M., Fuller, C. W., Taylor, A.

E., Cross, M. J., Shaddick, G., & Stokes, K. A. (2017). How Much Rugby is Too Much? A Seven-Season Prospective Cohort Study of Match Exposure and Injury Risk in Professional Rugby Union Players. *Sports Medicine*, 47(11), 2395–2402. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0721-3>

Windt, J., Gabbett, T. J., Ferris, D., & Khan, K. M. (2017). Training load--injury

paradox: is greater preseason participation associated with lower in-season injury

risk in elite rugby league players? *British Journal of Sports Medicine*, 51(8), 645–650. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-095973>

Wu, P. P. Y., Sterkenburg, N., Everett, K., Chapman, D. W., White, N., & Mengersen, K. (2019). Predicting fatigue using countermovement jump force-time signatures: PCA can distinguish neuromuscular versus metabolic fatigue. *PLoS ONE*, 14(7). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0219295>

Zamora, V., Capdevila, L., Lanza, J. F., & Caparrós, T. (2021). Heart rate variability and accelerometry: Workload control management in Men's basketball. *Apunts. Educacion Fisica y Deportes*, 143, 44–51. [https://doi.org/10.5672/APUNTS.2014-0983.ES.\(2021/1\).143.06](https://doi.org/10.5672/APUNTS.2014-0983.ES.(2021/1).143.06)

## 18 Anexos

Tabla de artículos de baloncesto de élite revisados

Tabla de artículos de baloncesto sub-élite revisados

Tabla de artículos de jóvenes jugadores de baloncesto revisados

Piedra, A., Peña, J., & Caparrós, A. (2021). Monitoring Training Loads in Basketball: A Narrative Review and Practical Guide for Coaches and Practitioners. *Strength & Conditioning Journal*. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000620>

Piedra, A., Peña, J., Ciavattini, V., & Caparrós, T. (2020). Relationship between injury risk, workload, and rate of perceived exertion in professional women's basketball. *Apunts Sports Medicine*. <https://doi.org/10.1016/j.apunsm.2020.02.004>

Piedra, A., Peña, J., Sánchez, A., & Caparrós, T. (2021). Uso del índice de esfuerzo percibido en contextos competitivos de baloncesto femenino y masculino. *Revista Andaluza de Medicina Del Deporte*, 14(4), 204–209. <https://doi.org/10.33155/J.RAMD.2020.07.003>

Piedra, A., Caparrós, T., Vicens-Bordas, J., & Peña, J. (2021). Internal and External Load Control in Team Sports through a Multivariable Model. *Journal of Sports Science and Medicine*, 20(4), 751–758. <https://doi.org/10.52082/JSSM.2021.751>

Artículo para la revista Clinic a petición de la ASEPREB (Asociación Española de preparadores físicos de baloncesto)

Artículo para la revista Minut a petición de la ACEB (Asociación Catalana de entrenadores de baloncesto)

Infografía resumen de la revisión narrativa realizada por la ASEPREB



Elite Basketball Articles Reviewed

Reference	Player levels	Internal Load	External Load	Technology	Injury	Type of record	Performance	Conclusions
Vazquez-Guerrero J, Reche X, Cos F, Casamichana D, Sampaio J. (2018)	Elite		Distance (m), Player Load (AU), Peak speed (km·h <sup>-1</sup> ), Number of high intensity actions, number of accelerations, number of decelerations, number if high intensity accelerations, number if high intensity decelerations, peak acceleration (m·s <sup>-2</sup> )	WIMU PRO; Realtrack Systems SL		Simulated competition		Physical demands can be modulated changing the rules and court size using 5-on-5 scrimmage situations, and this factor should be taken into account when designing training drills and when fine-tuning periodization
Svilar L, Castellano J, Jukic I, Casamichana D. (2018)	Elite	RPE (CR-10) and sRPE (AU)	Training duration (minutes), accelerations (n), decelerations (n), jumps (n) and changes of direction (n)	Catapult Innovations S5 devices		Basketball training		Therefore, acceleration and change of direction for centers, deceleration and high jumps for guards and high and total amount of deceleration and change of direction for forwards are specifically demanded in professional basketball training.
Aoki MS, Ronda LT, Marcelino PR, Drago G, Carling C, Bradley PS, Moreira A. (2017)	Elite	Heart rate (bpm), Banister's TRIMP, RPE (CR-10), sRPE (AU), Physiological Load. This is a heart rate-based index, a value derived from the sum of all obtained physiological values (physiological intensity) from the training session, and the time spent at a given intensity zone	Session duration (min), Mechanical Load (AU), Peak acceleration (m·s <sup>-2</sup> )	In order to monitor Mechanical Load (ML) and acceleration, players used the multivariable monitoring portable device (Bioharness™, Zephyr Technology, Auckland, New Zealand), photoelectric cell timing system (Multisprint, Hidrofit®, MG – Brazil)		Basketball training	Yo-Yo IR1, countermovement (CMJ) and squat jumps (SJ), Repeated Sprints Ability Test, 5'-5' Submaximal run	The data demonstrate that both eTL and iTL measures should be monitored in association with physical tests, to provide a comprehensive understanding of the training process
Moreira A, McGuigan MR, Schultz De Arruda AF, De Freitas CG, Aoki MS. (2012)	Elite	Saliva, RPE (CR-10), sRPE (AU),	Session duration (min)			Simulated competition and competition		The results indicate that session RPE seems to be a viable tool in monitoring internal loads, and the results are useful in providing a better understanding of internal loads imposed by basketball training and competitions
Nunes JA, Moreira A, Crewther BT, Nosaka K, Viveiros L, Aoki MS. (2014)	Elite	RPE (CR-10), sRPE (AU), The Recovery-Stress Questionnaire for Athletes (RESTQ76), Salivary Hormone and Immune Markers	Session duration (min)	Two electronic time sensors (Photo-cell system; CEFISE, Nova Odessa, SP, Brazil), a jump mat (Ergojump Jump Pro 2.0; CEFISE)		Basketball training	Bench press, Squat, Agility T-Test, The Yo-Yo intermittent recovery test, level 2, Squat Jump Test	It also appears that the Session RPE and REST-Q can provide useful information for monitoring both ITL and stress state in an elite athlete group. These psychometric tools offer a low-cost strategy to monitor training to ensure that proper loads and recovery periods are implemented, thus maximizing the dose-responses of the training stimulus and its adaptive outcomes

Sansone P, Tessitore A, Paulauskas H, Lukonaitiene I, Tschan H, Pliauga V, Conte D. (2019)	Elite	HR max (bpm), saliva, Edwards' TL (AU)	PlayerLoad (AU) is calculated as the instantaneous rate of change in accelerations in the anteroposterior, mediolateral and craniocaudal axes, and thus quantifies the physical loads placed on the athletes	Catapult OptimEye S5, Polar H7	<sup>2</sup>	Small Sided Games	Yo-Yo Intermittent Recovery Test (Level 1)	Tactical tasks and training regimes influence physical and physiological demands of basketball SSGs. Cortisol increased after the SSGs, while testosterone responses differed depending on SSGs conditions. Considering the heart rate responses assessed (comparable to those of official competitions) and the significant increases in cortisol, which can induce benefits in performance, our findings posit for the utilization of SSGs to prepare basketball players for competition
Caparrós T, Casals M, Solana Á, Peña J. (2018)	Elite		Minutes played, physiological load (mass · average velocity · distance), physiological intensity (Phy Load /minutes played), mechanical load (accelerations and decelerations, derived from the changing of speeds throughout the locomotor activities (walk, jog, run, sprint, max)), mechanical intensity (Mechanical Load/minutes played), distance covered (ml), walking maximal speed (0-20% of maximal speed), run maximal speed (40-60% of maximal speed), sprinting maximal speed (60-80% of maximal speed), maximal speed (>80% of maximal speed), average offensive speed (ml/h), average defensive speed (ml/h), level one acceleration (0.5 m-s <sup>2</sup> ), level two acceleration (1 m-s <sup>2</sup> ), level three acceleration (2 m-s <sup>2</sup> ), level four acceleration (3 m-s <sup>2</sup> ), level one deceleration (-0.5 m-s <sup>2</sup> ), level two deceleration (-1 m-s <sup>2</sup> ), level three deceleration (-2 m-s <sup>2</sup> ), level four deceleration (-3 m-s <sup>2</sup> )	Player tracking.	Based on the methodology of the UEFA consensus statement for epidemiological studies (Häggglund et al., 2005)	Competition	Player efficiency rating (PER) and Usage percentage (Usg%)	In- creasing external workload may likely reduce the risk of injury in professional basketball
Svilar L, Castellano J, Jukić I. (2018)	Elite	RPE (CR-10) and sRPE (AU)	Session duration (min), Player load (PL), total and high acceleration/deceleration (acc/dec), total jumps (tJUMP) and jumps done within the high band (hJUMP, over 0.4 m) two variables involved a change of direction (CoD): tCoD (total inertial movements registered in a rightward lateral vector), and hCoD (total inertial movements registered in a rightward lateral vector within the high band)	S5 devices (Catapult Innovations, Melbourne, Australia)		Basketball training		Tri-axial accelerometry technology and the sRPE method serve as valuable tools for monitoring the training load in basketball. It is suggested that both methods are to be used complementary, when possible, in order to design and control the training process as effectively as possible. For that reason, an individualized approach to external load monitoring in basketball is a complementary tool that could help coaches and teams minimize the number of injuries while achieving the best performance

Nunes JA, Caldas E, Viveiros L, Moreira A, Aoki MS. (2011)	Elite	SHRZ (AU), RPE (CR-10) and sRPE (AU)		Polar Team System		Competition	The game performance indicators used in this study were: game time, number of shots thrown (3 pts, 2 pts and free throws), number of converted shots (3 pts, 2 pts and free throws), defense and attack rebounds, assists and recovered balls	This report also reinforced the existence of a correlation between the method proposed by Edwards and the PSE method of the session. In addition, the internal load estimated by the Edwards method was correlated with the technical indicators of game performance (number of points scored, rebounds, assistance and recovery of ball possession). These data indicate that the number of actions performed in the match by the athletes influences the internal load. Monitoring the internal load of official matches can help the coaching staff to plan / schedule future training loads
Vázquez-Guerrero J, Suarez-Arrones L, Gómez DC, Rodas G. (2018)	Elite		Accelerations (<3 m·s <sup>-2</sup> ), Accelerations (>3 m·s <sup>-2</sup> ), Decelerations (<3 m·s <sup>-2</sup> ), Decelerations (>3 m·s <sup>-2</sup> ), Acc : Dec Ratio (<3 m·s <sup>-2</sup> ), Acc : Dec Ratio (>3 m·s <sup>-2</sup> ), External total load (AU/min)	Triaxial accelerometers (model ADXL326, Analog Devices, Inc., Norwood, U.S.A)		Competition		In conclusion, more maximal decelerations than accelerations were performed in all playing positions during elite basketball competition games. Furthermore, the acceleration: deceleration ratio (>3 m·s <sup>-2</sup> ) was significantly lower in players on the perimeter (PG and SG) than in PF and C. This information should be taken into account in the design of strength/conditioning programs, emphasizing maximal deceleration movements in perimeter players and reducing the total external load on PF to best prepare players for match demands
Oliveira-Da-Silva L, Sedano-Campo S, Redondo-Castán JC. (2013)	Elite		Low intensity actions: walk (<6.0 km · h <sup>-1</sup> ), jog (6.0-12.0 km · h <sup>-1</sup> ), run (12.1-18 km · h <sup>-1</sup> ). Low intensity shuffle (n), Medium intensity shuffle (n). High intensity actions: high intensity displacements (18.1-24.0 km · h <sup>-1</sup> ) and sprints (> 24.1 km · h <sup>-1</sup> ), High intensity Shuffle (n), Jump (n). Total time on court (seconds), real time (seconds) and percentage of TR with respect to TT (TR / TT)	The recordings used for the study were provided by FIBA and stored on a Sony Vaio 19.5 laptop (PCG71312M Windows 7). Films were analyzed frame by frame with a precision of 0.04 s using Adobe Premiere 5.0 software and dumping the data into an observation sheet designed ad hoc for the study		Competition		The use of specific basketball actions, adapted in intensity and volume to real demands, as a means of training guarantees the specificity of the stimulus
De Freitas CG, Aoki MS, Schultz De Arruda AF, Nakamura FY, Moreira A. (2013)	Elite	RPE (CR-10) and sRPE (AU), DALDA, WURSS-21				Basketball training		A decrease in ITL during the competitive period was followed by a decrease in stress tolerance and an increase in URTI severity. Furthermore,

								the magnitude of stress seems to induce an increase in URTI severity. Results indicate that the instruments used by this study can help monitoring the training process. The use of these instruments in conjunction with other indicators, such as performance tests and physiological markers, could substantially help coaches and athletes toward this direction
Schultz De Arruda AF, Aoki MS, De Freitas CG, Coutts A, Moreira A. (2013)	Elite	RPE (CR-10) and sRPE (AU)				Basketball training		The higher correlation coefficient between AD and CIT-A suggests that the predicted early season (PD) difficulty should be updated during the competitive season, thus providing valuable information for planning and monitoring training loads on microcycles that precede official matches
Caparrós T, Alentorn-Geli E, Myer GD, Capdevila LL, Samuelsson K, Hamilton B, Rodas G. (2016)	Elite		Exposure time (h)		Based on the methodology of the UEFA consensus statement for epidemiological studies (Hägglund et al., 2005)	Basketball training and competition	Performance statistics were collected from the official game statistics for both the team and player. At the end of each game the official ranking (RKG)	While increasing practice and competition time is related to greater team performance, it also increases the number of injuries. However, higher injury rates were not associated with worse overall team performance
Schelling X, Torres L. (2016)	Elite		Acceleration data ( $AL \cdot \text{min}^{-1}$ ). The straight addition of the instantaneous change of rates of resultant accelerations (also known as jerk) over time represented the acceleration load for a drill or activity (AL). To reduce the value for ease of use, the result was multiplied by a scaling factor of 0.01. All data were expressed over time, per minute of activity	Tri-axial accelerometer (X8-mini; 16-bit; Gulf Coast Data Concepts, USA)		basketball training		In conclusion, the results of this study revealed full-court 3v3 and 5v5 showed the highest external workload, measured by tri-axial accelerometer. According to playing position, and commonly related to body size, the smaller the player, the higher the acceleration load, which could be explained by the fact that the lower the body mass, the easier to accelerate with less applied force

Sub-elite Basketball Articles Reviewed

Reference	Player levels	Internal Load	External Load	Technology	Injury	Type of record	Performance	Conclusions
Scanlan AT, Wen N, Tucker PS, Dalbo VJ. (2014)	Sub-elite	sRPE (AU), TRIMPS, SRHZ (AU)	External training load was then calculated using an established algorithm developed by Catapult Innovations (Scoresby, Australia).	Polar Team2 Pro HR monitors		Basketball training		Basketball coaching and conditioning professionals should not assume a linear dose-response between accelerometer and internal training load models during training and are recommended to combine internal and external approaches when monitoring training load in players
Heishman AD, Curtis MA, Saliba E, Hornett RJ, Malin SK, Weltman AL. (2018)	Sub-elite	Internal Stress Monitoring, TRIMP	PlayerLoad (AU), practice duration (min)	Omegawave technology, Catapult OptimEye S5		Basketball training	countermovement vertical jump (CMJ)	Using the noninvasive strategies to monitor internal stress and external training load may be valuable tools in identifying fatigue and player stress. These technologies quantify training loads imposed on an athlete, which allows for potential modulation of the training process to optimize athlete performance. In addition, internal stress and external load monitoring may provide different insights into athlete training load and adaptation
Sansone P, Tschan H, Foster C, Tessitore A (2018)	Sub-elite	sRPE (AU), TQR scale	Practice duration (min)	Photoelectric cells		Basketball training and competition	Yo-Yo Intermittent Recovery level 1 (YO-YO IR1), countermovement jump (CMJ), Lane Agility and 505 Agility tests, 20-m sprint	Utilization of the sRPE method for measuring iTL, calculation of the ACWR, and recovery assessment through the TQR scale can be a valid combination for monitoring daily, weekly, and mesocycles training and recovery in basketball athletes
Conte D, Kolb N, Scanlan AT, Santolamazza F (2018)	Sub-elite	RPE (CR-10) and sRPE (AU)	Total duration (min)			Basketball training and competition		These findings provide college basketball coaches information to optimize training strategies during the in-season phase. Basketball coaches should concurrently consider the number of weekly games and player status (starting vs bench player) when creating individualized periodization plans, with increases in TL potentially needed in bench players, especially in 2-game weeks

Berkelmans DM, Dalbo VJ, Fox JL, Stanton R, Kean CO, Giamarelos KE, Teramoto M, Scanlan AT. (2018)	Sub-elite	SHRZ (AU), HRmax (bpm)	Session durations (min)	Heart rate monitors (Polar T31, Polar Electro; Kempele, Finland)		Basketball training	Yo-Yo (IRT Yo-Yo)	The moderate differences between approaches suggest age-predicted, test-derived, and session-based methods to determine HRmax are not interchangeable when calculating SHRZ. Basketball practitioners are encouraged to use individualized HRmax directly measured during field-based tests supplemented with higher HR responses evident during training sessions and games when calculating the SHRZ TL to ensure greatest accuracy
Fox JL, Stanton R, Scanlan AT. (2018)	Sub-elite	RPE (CR-10), sRPE (AU) absolute and relative SHRZ (AU)	Absolute and relative PlayerLoad (AU), practice duration (min), absolute and relative estimated equivalent distance (m)	Microsensors (OptimEye S5, Catapult Innovations, Melbourne, Australia) and chest-worn HR monitors (Polar T31, Polar Electro, Kempele, Finland)		Basketball training and competition		Training demands exceeded competition demands
Moreno-Pérez V, Del Coso J, Raya-González J, Nakamura FY, Castillo D. (2019)	Sub-elite	RPE (CR-10), sRPE (AU), Wellnes	Session duration (min)	Ergo tester (Ergo Jump Bosco System, Italia), LegMotion		Competition	Ankle dorsiflexion, Countermovement Jump (CMJ)	Ankle dorsiflexion ROM is still reduced 48h after a competitive basketball match in semi-professional basketball players. The implementation of specific recovery strategies aiming at minimizing a decrease in ankle dorsiflexion after a match might be considered to reduce the likelihood of ankle injury
Scanlan AT, Fox JL, Poole JL, Conte D, Milanović Z, Lastella M, Dalbo VJ. (2018)	Sub-elite	SHRZ10 – traditional approach proposed by Edwards’ using 10% HRmax relative zone ranges; (2) SHRZ5 – modified approach using 5%HR max relative zone ranges; and (3) SHRZ2.5 – modified approach using 2.5%HRmax relative zone ranges		(Polar T31, Polar Electro; Kempele, Finland), OptimEye S5; Catapult Innovations; Melbourne, Australia)		Basketball training		Use of SHRZ2.5 provides novel insight regarding internal loading in basketball players and may carry greater sensitivity for detection of maladaptive and adaptive responses to training

Sánchez Ballesta A, Abruñedo J, Caparrós T. (2019)	Sub-elite		At the level of accelerations and decelerations per minute: A-1 encompass between 0.50 m/s <sup>2</sup> and 0.99 m/s <sup>2</sup> , A-2 between 1.00 m/s <sup>2</sup> and 1.99 m/s <sup>2</sup> , A-3 between 2.00 m/s <sup>2</sup> and 2.99 m/s <sup>2</sup> , A-4 between 3.00 m/s <sup>2</sup> and 50.00 m/s <sup>2</sup> , D-1 between -0.50 m/s <sup>2</sup> and -0.99 m/s <sup>2</sup> , D-2 between -1.00 m/s <sup>2</sup> and -1.99 m/s <sup>2</sup> , D-3 between -2.00 m/s <sup>2</sup> and -2.99 m/s <sup>2</sup> , and D-4 between -3.00 m/s <sup>2</sup> and -50.00 m/s <sup>2</sup> . Total-A is the sum of A-1, A-2, A-3, A-4; Total-D is the sum of D-1, D-2, D-3, D-4; Total A-D is equivalent to the sum of all the accelerations and decelerations. Total A-D 3 encompasses only the sum of A-3 and D-3; Total A-D 3-4 is the sum of A-3, A-4, D-3, D-4; and Total A-D 1-2 is the sum of A-1, A-2, D-1, D-2. Levels of approach adapted classification of Schelling and Torres (2013)	Polar Team Pro		Basketball training		Levels of approach III and IV show a relationship with external load and could validate the distribution of tasks and external load proposed by the levels of approach in Schelling and Torres (2013). Opposition may have a relationship in the number of high-intensity accelerations and decelerations per minute. However, we should note that playing without opposition, offering lower-quality external load, can be equally or even more intense in terms of high-intensity accelerations and decelerations than 5×5 half-court or full-court
Marcelino PR, Arruda AFS, Oliveira R, Aoki, MS, Freitas CG, Moreira A. (2013)	Sub-elite	RPE pre and post (CR-10), sRPE (AU)				Basketball training	Yo-Yo Intermittent Endurance, Test nivel 2 (Yo-Yo IE2).	The results of the present study suggest the existence of a strong correlation between the ability to perform high intensity effort (HIE) and ITL, thus indicating the importance of adopting an integrated monitoring of these variables, aiming to conduct regular adjustments on training load
Batalla A, Bofill AM, Montoliu R, Corbi F. (2018)	Sub-elite	FC (bpm)		Suunto TeamPack®, 2 video-cameras (JVC-GZ620ES 60GB HDD Hong Kong, Xina, Kinovea		Competition	Incremental field test	The conclusions of this study suggest that the difference in points on the scoreboard and play actions lasting 17-24 s have a direct impact on HR, which changes as a function of the points difference and influences the physiological demands on the players
Reina M, García-Rubio J, Feu S, Ibáñez SJ. (2019)	Sub-elite	Average Heart Rate (HR avg), Maximum Heart Rate (bpm), %Maximum Heart Rate (%HR max) and Work zones. The work zones were Z1 (50–60%), Z2 (60–70%), Z3 (70–80%), Z4 (80–90%), Z5 (90–95%), and Z6 (>95%)	Impacts (higher than 5 Gs), Jumps (more than 400 ms of flight time before landing again), Player Load (AU), Time (min)	Garmin™ Heart Rate Band and a Wimu™ inertial device		Basketball training and competition		The players must work in higher areas of heart rate during training, mainly in Z4 and Z5, increasing their HR max y HR avg. The training doesn't equal the load supported and the distance performed in competition, so it is necessary to pay more attention during training. This information allows us to develop adequate training protocols adjusted to the specific individual requirements of the sports competition

Young Basketball Articles Reviewed

Reference	Player levels	Internal Load	External Load	Technology	Injury	Type of record	Performance	Conclusions
Scanlan AT, Fox JL, Borges NR, Dascombe BJ, Dalbo VJ. (2017)	Young basketball	sRPE (AU), SHRZ (AU), TRIMP, and Lucia TRIMP models	Measurement of mean sprint and circuit speeds	Polar Team2 Pro HR monitors, electronic timing lights, held lactate analyzer		Simulated competition		Limited convergence exists between common training load approaches across basketball training doses lasting beyond 20 min. Thus, the interchangeability of commonly used internal and external training load approaches appears dose-dependent during basketball activity, with various psychophysiological mediators likely underpinning temporal changes
Arede J, Ferreira A, Paulo P, Gonzalo-Skok O, Leite N (2020)	Young basketball	RPE (CR-10), muscle soreness (DOMS)	a) Relative Distance (RD, m/min); High Intensity Running (HIR, % of total distance covered at over 16 km/h); (c) Player Load, accumulated accelerometer load in the three axes of movement (PL, AU./min); Total Accelerations (Acc, count/min) and Decelerations (Dec, count/min) and Peak Speed (PSpeed, km/h) and Peak Acceleration (PAcc, m/s <sup>2</sup> )	WIMU PRO System		Basketball training and competition	performed physical (jumping, agility, aerobic fitness, and lower limb asymmetry index [ASI]) tests and game-related statistics were also collected.	Game-related statistics obtained in FM seem to be a determinant aspect that increases the probability to be the starter during the EC
Vaquera A, Suárez-Iglesias D, Guiu X, Barroso R, Thomas G, Renfree A. (2018)	Young basketball	Individual HR and RPE (CR-10)		Suunto Memory Belts		Small Sided Games		This study has found that varying the number of players active in small sided basketball games influences both the physiological demands and the in-task RPE. Furthermore, it has demonstrated that there are significant discrepancies between athlete and coach perceptions of in-task RPE and therefore of internal training load imposed
Cruz IF, Pereira LA, Kobal R, Kitamura K, Cedra C, Loturco I, Cal Abad CC. (2018)	Young basketball	sRPE (AU), RPE (CR-10), TQR scale	Session duration (min)	Contact platform (SysJump, Systware®—Brazil)		Basketball training	CMJ	Maintenance of the balance between recovery and stress (imposed by training loads) may be of fundamental importance to allow meaningful improvements in physical performance. Internal training loads experienced across competitive periods can help coaches and sport scientists to appropriately define and adjust their training programs
Lupo C, Tessitore A, Gasperi L, Gomez M. (2017)	Young basketball	sRPE (AU), RPE (CR-10), EDWARDS TL (AU)	Session duration	Polar H7		Basketball training		The findings indicated that coaches of youth basketball players can successfully use session-RPE to monitor the ITL, regardless of session durations and workout portions



Pino-Ortega J, Rojas-Valverde D, Gómez-Carmona CD, Bastida-Castillo A, Hernández-Belmonte A, García-Rubio J, Nakamura FY, Ibáñez SJ. (2019)	Young basketball		a) Relative Distance (RD, m/min); High Intensity Running (HIR, % of total distance covered at over 16 km/h); (c) Player Load, accumulated accelerometer load in the three axes of movement (PL, AU./min); Total Accelerations (Acc, count/min) and Decelerations (Dec, count/min) and Peak Speed (PSpeed, km/h) and Peak Acceleration (PAcc, m/s <sup>2</sup> )	WIMUPROTM, RealTrack Systems, Almería, Spain		Competition		(1) Technical staff should study the opponent in order to design the physical load demands in training sessions according to its quality level (a higher-level opponent: more volume of demands; a lower-level opponent: more high intensity actions); (2) Guards and forwards should cover higher distances and reach greater PSpeed and PAcc than centers during training in order to simulate more accurately the match physical requirements; (3) To avoid the effect of fatigue, inter-period recovery strategies should be arranged by medical staff and total playing time should be distributed among the players throughout the match periods; (4) Technical staff should prescribe correct physical, tactical, and technical demands during the pre-competition period in order to achieve the best performance from the first match of the tournament, since in this research the best performance was shown in the last match of the tournament round
Miloski B, Aoki MS, Freitas CG, Schultz de Arruda AF, de Moraes HS, Drago G, Borges TO, Moreira A. (2015)	Young basketball	Testosterone Concentration Assay (Saliva), RPE (CR-10), sRPE (AU), POMS	Session duration (min)			Basketball training	Yo-Yo IRL1, T-Test	In conclusion, these results suggest that LTC athletes may be more susceptible to changes in mood states during intensified training periods. In addition, data indicate that a periodized training program successfully improved the physical performance (endurance and agility) of young basketball players; however, this improvement was not affected by testosterone level
Stojanović E, Stojiljković N, Stanković R, Scanlan AT, Dalbo VJ, Milanović Z. (2019)	Young basketball	Heart rate (bpm) responses, RPE (CR-10) and blood lactate concentration (BLa)	Total distance covered (m) as well as the frequency of accelerations and decelerations acceleration and deceleration intensities are low (0.5–0.99 m·s <sup>-2</sup> ); medium (1–1.99 m·s <sup>-2</sup> ); and high (>2 m·s <sup>-2</sup> )	Polar Team Pro, Lactate Scout		Small Sided Games		Basketball SSG consisting of 1–3 players elicits an intermittent activity profile, promoting the extensive utilization of anaerobic and aerobic metabolism pathways. Moreover, SSG with only 1 player per team elicits higher BLa, RPE, distances covered at low speeds as well as acceleration and deceleration volumes than SSG with 3 players per team
Lupo C, Ungureanu AN, Frati R, Panichi M, Grillo S, Brustio PR. (2019)	Young basketball	RPE (CR-10), sRPE (AU), Edwards' data (AU), maximal intensity (session duration at 90–100% HRmax)	total session duration (min), type of training (strength, conditioning, and technique)	Polar H7		Basketball training		Elite youth female basketball players are better able to quantify the internal training load of their sessions than their coaches, strengthening the validity of s-RPE as a tool to monitor training in team sports

Gómez Carmona CD, Bastida Castillo A, García-Rubio J, Pino-Ortega J, Ibáñez SJ (2019)	Young basketball		Total distance (m), distance at high intensity (m at more than 16 km / h), accelerations and decelerations (n), impacts at different ranges (3-5, 5-8, > 8G), steps (n) and jumps (n), PlayerLoad (AU) and metabolic power (W/Kg)	WIMU PRO TM, body composition monitor model BC-601 (TANITA, Tokyo, Japan)		Competition	The score difference in each of the disputed quarters, classifying into the disputed match (difference less than 10 points) and unbalanced match (difference greater than 10 points)	The difference in points that occurs at the end of each of the game periods is a determining factor in the external load that the players bear during official matches. Therefore, it is necessary to reproduce these situations during training to subject players to physical-technical-tactical stimuli of equal or greater volume and intensified those that occur in competition
Reina M, García-Rubio J, Antúnez A, Ibáñez, SJ. (2020)	Young basketball	Heart Rate (bpm), Average Heart Rate (HRAvg); Maximum Heart Rate (HRmax), % Maximum Heart Rate (% HRmax) and Work Zones, are divided according to the percentage of maximum heart rate that each task implies individually, being Z1 (50-60%), Z2 (60-70%), Z3 (70-80%), Z4 (80-90%), Z5 (90-95%) and Z6 (> 95%)	Number of Impacts, Number of Steps and Number of Jumps	GARMINTM brand Heart Rate Band and a WIMUTM inertial device		Competition		Higher demand was found in IC and EC in three-on-three basketball
Vallés-Ortega C, Fernández-Ozcorta EJ, Fierro-Suero S. (2017)	Young basketball	RPE (CT-10), Total Quality Recovery (TQR), Perceived Well-Being Questionnaire, Subjective assessment of post-match performance.	Game minutes, CMJ	Chronojump-Boscosystem jump platform		Competition		The resulting data shows the possibility of knowing and reliably monitoring fatigue and recovery in women's basketball during a period of highly competitive density. All this from the use of instruments with low economic costs and easy to implement
Karel Hůlka, R Cuberek, JB. (2013)	Young basketball	Heart rate every 5 s (bpm), HR peak zones (AU)	Distance covered (m), speed (m/s), work: rest ratio)	TEAM Polar2 Pro, two Canon HF10 video cameras. Video records were analyzed by a standardized procedure using a software package (Video Manual Motion Tracker 1.0, Faculty of Physical Culture, Palacký University Olomouc, Czech Republic).		Competition		Thus, a combination of heart rate and time motion analysis is recommended
Sánchez-Sánchez J, Carretero M, Valiente J, Gonzalo-Skok O, Sampaio J, Casamichana D. (2018)	Young basketball	RPE (CR-10), HR peak, HR mean, %HR max, Z4, Z5		HR monitors (Polar Team System 2, Polar® Electro OY, Finland), video-camera (Sony Handycam HDR-PJ240E®, SONY China), observational ad hoc software (Match Vision®)		Small Sided Games	YoYo IR1. The technical demands analyzed after performing SSG were the defensive rebounds, offensive rebounds, total succeed passes, total number of three point shoots, total number of two point shoots, number of performed lay-outs, total number of possessions, success in actions with the possibility to score	In particular, the SSG with verbal encouragement should be selected by coaches to focus in physiological load, and SSG without dribbling would be particularly useful to enhance collective behavior, without limitations in physiological load

							points and total number of official stops	
Ghali BM, Owoeye OBA, Stilling C, Palacios-Derflingher L, Jordan M, Pasanen K, Emery CA. (2019)	Young basketball	RPE (CR-10) and sRPE (AU)	Jump WL (i.e. jump count) and session duration (min)	VERT Classic accelerometer (version 2.0, Mayfonk Inc., Fort 161 Lauderdale, FL, USA).		Basketball training and competition		In the current study, a significant difference in WL was not detected between youth basketball players with patellar tendinopathy and players with no patellar tendinopathy. Efforts towards identifying players at early stages of patellar tendinopathy and applying relevant interventions are warranted

# Monitoring Training Loads in Basketball: A Narrative Review and Practical Guide for Coaches and Practitioners

Aitor Piedra, Msc,<sup>1</sup> Javier Peña, PhD, CSCS\*D,<sup>2,3</sup> and Toni Caparrós, PhD<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>National Institute of Physical Education and Sport of Catalonia (INEFC), University of Barcelona (UB), Barcelona, Spain; <sup>2</sup>Sport Performance Analysis Research Group (SPARG), University of Vic-Central University of Catalonia (UVic-UCC), Barcelona, Spain; and <sup>3</sup>Sport and Physical Activity Studies Centre (CEEAF), University of Vic-Central University of Catalonia (UVic-UCC), Barcelona, Spain

## ABSTRACT

Monitoring training load provides information about the physical demands of the sport in which athletes are competing. Strength and conditioning coaches need to use this information to periodize and make decisions on training to optimize performance and prevent injuries. The following narrative review presents the current state of knowledge on monitoring external and internal loads in basketball. The reviewed articles were classified according to the sample represented, considering 3 groups: elite, subelite, and young basketball players. In addition, we analyzed the recording procedures and methodology used in technological and ecological terms. Articles were classified, considering what was monitored and the context in which it was monitored. These settings included competition,

training, and small-sided games. Performance and sports injury variables were also taken into account in our review.

## INTRODUCTION

Training is the process of performing systematic exercises to acquire specific sports skills and improve physical abilities (38). When athletes train properly, exercises induce a functional adaptive response. It is these adaptations that bring about changes in physical performance, injury resistance, or health. Exercise induces a psychophysiological response, and it is this response that provides the stimulus for adaptation (14). A single exercise can generate a stimulus that elicits an acute adaptive response, whereas the systematic repetition of that stimulus and the associated response are necessary to produce chronic adaptations (23). Training stimuli have to be applied over sufficient periods and must be strong

enough to prevent those adaptations from fading before the competition (63).

Basketball is an intermittent sport with short, intense actions, usually less than 3 seconds, and longer periods of moderate activity and recovery (2). Because of this particular nature, and an individual response to the activity, prescribing appropriate training loads seem vital to ensure proper acute and chronic adaptations. Training load has been described as the variable which, appropriately managed, helps to obtain the desired training response (44). The objective of monitoring it is to optimize this process, facilitating decision-making and the reduction of injury risk factors (79). Load is defined as the sum of external load (EL) and internal load (IL) (44). The term “external load” refers to any external stimulus to which

## KEY WORDS:

internal load; external load; performance; injury rate; technology

Address correspondence to Javier Peña, javier.pena@uvic.cat.

an athlete is subjected that will give rise to different physiological and psychological responses, after an interaction with other biological and environmental factors (15). The individual response to this interaction, with biological stressors imposed on an athlete during training and competition, is known as “internal load” (90).

Appropriate monitoring of athletes enables coaches to define the possible relationship between load and injury risk. Continuous checking and precise analysis of both sport and nonsport loads can also be a vitally important element in tracking athletes’ performance and their emotional well being (71). Monitoring training can also enhance understanding of training responses, reveal fatigue, detect recovery needs, as well as providing feedback on sports planning, and assisting decision-making in training programs. Keeping a check on load is also important for managing human resources to adapt to competition schedules and ensuring therapeutic load levels that minimize the risk of injury and disease (90).

Measuring EL involves quantifying the training or competition load experienced by an athlete, from variables such as training or competition time (seconds, minutes, hours, or days) (28), training or competition frequency (daily, weekly, or monthly sessions, e.g.) (22), type of training or competition (12), analysis of positional data (with satellite global positioning systems, e.g.) (7), power output/speed/acceleration (47), neuromuscular function (94), number of repetitions of movements (shots, throw-ins and jumps, and changes of direction) (53), and distance (kilometers covered, whether running, cycling, or swimming) (54). Monitoring external factors such as life events, everyday problems, or travel can be equally important (15).

Internal load is measured by evaluating the physiological and psychological response to a given EL (45), and it includes variables such as rating of perceived exertion (RPE) (75), session

RPE (sRPE) (duration of session [min]  $\times$  RPE) (24), and psychological questionnaires such as Profile of Mood States (POMS) (62), the Recovery-Stress Questionnaire for Athletes (REST-Q-Sport) (48), Daily Analysis of Life’s Demands for Athletes (DAL-DA) (77), and the Total Quality Recovery (TQR) scale (49). Also considered as factors affecting IL are sleep (quality and duration) (35), biochemical/hormonal/immunological evaluations (57), psychomotor speed (64), heart rate (HR) (37), HR-RPE relationship (56), HR variability (HRV) (69), training impulse (TRIMP) (9), blood lactate concentrations (11), and blood lactate/RPE ratio (89).

Winning in basketball requires the combination of sport-specific training to optimize performance, the improvement of the athlete’s potential in the specific competitive context, and limiting the exposure of players to injury risk scenarios (27). Analysis of these variables is aimed at obtaining information to achieve 2 objectives: maximizing performance and minimizing injury rate. In team sports, better performance is obtained, and the risk of injury is lower, when weekly changes in load are relatively small rather than when large fluctuations in load occur (39). Provided that athletes attain these loads in a gradual and controlled way, high loads and intense physical training seem to offer a protective effect against injuries because of the mediating role of adaptation and the development of physical qualities (18). Excessive and rapid increases in the load to which athletes are subjected, relative to the ability to withstand training loads for which they are prepared, are one of the main factors that can increase the risk of players being injured and reduce their performance (3). Large changes in the application of acute training loads (rapid increases in intensity, duration, or frequency) are related to a higher risk of sports injuries occurring (29). In this context, the relationship between acute and chronic load can be used to model the changes between load and injury

risk (29). Acute load is usually defined as the load from the past week and chronic load as the cumulative load of the past 4 weeks (30). If the chronic load is gradually increased to high levels and the acute load is at a low level, players are well prepared for competition (41). On the other hand, if acute load exceeds chronic load, players are considered to be poorly prepared and at a greater risk of injury (40).

Training loads can be monitored by ecological and technological means. The former do not entail any financial cost, and their reliability has been validated (82). Moreover, the whole coaching staff can help with data collection because the procedures involved in collecting indicators are simple to perform (90). However, technology provides more objective information on the training process, and for this reason, many coaches and players are opting for the use of technological means to monitor their training (35). Training-load monitoring is conducted at all levels of sports practice, although with different degrees of complexity. These processes are performed both in elite teams (players who practice the sport professionally) (74) and in subelite teams (university or minor-league players who supplement the sport with other jobs) (25) and are particularly notable in young players (up to the age of 18), given the strong relationship between high-training volumes in adolescence, injury rates, and abandonment of sports practice (43). In all the cases described above, the load is monitored and managed both in training and in competition (76). There are examples in the literature of monitoring in training situations being applied to the whole training session (92), simulated competition tasks (83), and small-sided games used as means of optimizing play (80). Moreover, with the technological methods now available, the exertion involved in official competition can also be monitored, provided by devices that do not contravene the competition rules and are approved by the relevant players’ associations and the management (68).

Monitoring training loads is an important aspect in the research literature and in the professional sphere. The objective of this study is, therefore, to present a narrative review of the current literature related to monitoring training loads in basketball considering its applicability and regarding the player level, the methodology used, the type of recorded data, and their associations to performance and injury rate.

## PLAYER LEVELS

### ELITE

In elite basketball, coaches should use teamwork to tailor training sessions as much as possible to competition requirements (4) (Table 1). In this process, appropriate monitoring of EL plays a very important part (72). One of the easiest variables to record, and therefore one of the most widely used, is total session time (93), which provides quantitative information about the stimulus players are receiving (60). In games, recording the number of minutes played (18) and ascertaining the percentage of playing time relative to the total game time enabled coaches to obtain information on each player's contribution (67). However, the most prominent EL recording variables in the literature are the number of accelerations and decelerations (97), the number of high-intensity accelerations and decelerations ( $\geq 2 \text{ m/s}^2$ ) (97), the distance covered (18), the number of jumps and changes of direction (60,66,92), peak velocity (km/h), and peak acceleration ( $\text{m/s}^2$ ) (97). Another very important measure is known as player load (PL) or body load. This metric is a vectoral quantity expressed as the square root of the sum of the instantaneous rates of change in acceleration in each of the 3 planes, divided by 100 (80). Knowing the different types of movement that occur during play, walking ( $< 6.0 \text{ km/h}$ ), jogging ( $6.0\text{--}12.0 \text{ km/h}$ ), running ( $12.1\text{--}18 \text{ km/h}$ ), high-intensity movements ( $18.1\text{--}24.0 \text{ km/h}$ ), and sprints ( $> 24.0 \text{ km/h}$ ) also defines the real demands of the sport fairly reliably (67). Elite

players cover lower total distances (between 1,991 and 6,310 m); this could be due to greater movement economy (87). In games, the total number of accelerations ranges between 43 and 145, total high-intensity accelerations between 1 and 15, total decelerations between 24 and 95, and high-intensity decelerations between 4 and 40 (98). In training sessions, the total number of accelerations is between 16.9 and 59.8, high-intensity accelerations between 1.9 and 7.2, total decelerations between 16.4 and 93, and total high-intensity decelerations between 1.6 and 12 (88,92,93). In addition, other variables have also been used in elite basketball, such as mechanical load (which measures a player's change of speed over the course of the game and in which each level includes a weighting factor to account for the severity of the acceleration and deceleration) (4), physiological load (mass·average velocity·distance), physiological intensity (physiological load/minutes played), mechanical intensity (mechanical load/minutes played), walk maximal speed (player individually achieved 0–20% of maximal speed), run maximal speed (player individually achieved 40–60% of maximal speed), sprint maximal speed (player individually achieved 60–80% of maximal speed), maximal speed (player individually achieved  $> 80\%$  of maximal speed), average offensive speed (average speed of runs in offense [ $\text{m/h}$ ]), average defensive speed (average speed of runs in defense [ $\text{m/h}$ ]) (18), ratio of accelerations to decelerations (98), and total EL (arbitrary units/min) (98).

The most widely used IL variables for elite basketball players are RPE and session sRPE (4,6,26,60,65,66,92,93), to which must be added a series of quantitative psychological questionnaires such as the Recovery-Stress Questionnaire (REST-Q 76) (66), DALDA, and the Wisconsin Upper Respiratory Symptom Survey-21 (WURSS-21) (26). Total weekly sRPE ranges from 2,250 to 5,058 arbitrary units (or AU; a unit based on individual

judgment or preference which is usually used to show the relationship to a predetermined reference measurement); so large a difference could be due to variability in the number of training sessions and their duration (86). From a physiological standpoint, saliva has also been used (60,66,80) and other immunological markers (66). Expressions of HR, including HR (4), Banister TRIMP (4), HRmax (80), and summated HR zones (SHRZ) (65) were very commonly used until the advent of GPS technologies. Maximum HR (HRmax) ranges from 187 to 198  $\text{b}\cdot\text{min}^{-1}$  and average HR (HRavg) is between 150 and 170  $\text{b}\cdot\text{min}^{-1}$  in professional basketball games (50). In addition, the lactate value obtained in games is  $5.1 \pm 1.3 \text{ mmol/L}$  (2).

### SUBELITE

In subelite-level basketball, the most commonly used EL variable is session duration (13,20,25,36,61,76,81) (Table 2). Numbers of impacts, jumps, and steps are also variables used for this category of player (76), as well as PL (36,76). Four levels of intensity of acceleration and deceleration in subelite basketball have been proposed. Level-1 accelerations (A-1) range from 0.50 to 0.99  $\text{m/s}^2$ , A-2 from 1.00 to 1.99  $\text{m/s}^2$ , A-3 from 2.00 to 2.99  $\text{m/s}^2$ , and A-4 from 3.00 to 50.00  $\text{m/s}^2$ , and level-1 decelerations (D-1) range from  $-0.50$  to  $-0.99 \text{ m/s}^2$ , D-2 from  $-1.00$  to  $-1.99 \text{ m/s}^2$ , D-3  $-2.00$  to  $-2.99 \text{ m/s}^2$ , and D-4 from  $-3.00$  to  $-50.00 \text{ m/s}^2$  (8). Other variables that have been recorded are absolute and relative PL and the equivalent estimated absolute and relative distance representing the distance covered at a "jogging" intensity to reach the resulting PL outcome (25). The total distance covered in games ranges from 3,722 to 6,208 m (25,85). Obviously, these variables can be monitored when the appropriate technology is available to do so.

Regarding IL, sRPE is the most commonly recorded variable in subelite-level basketball players (20,55,61,81,86), followed by RPE (20,25,61). In terms of quantitative questionnaires, we find



**Table 1**  
Elite basketball articles reviewed

Reference/Player levels	Internal load	External load	Technology	Type of record	Injury (I)/performance (P)	Conclusions
Vazquez-Guerrero et al. (97)/Elite		Distance (m), player load (AU), peak speed (km/h-1), high intensity actions, accelerations, decelerations, high intensity accelerations of high intensity decelerations, and peak acceleration (m/s <sup>2</sup> )	WIMU PRO; realtrack systems SL	Simulated competition		Physical demands can be modulated changing the rules and court size using 5-on-5 scrimmage situations
Svilar et al. (93)/Elite	RPE (CR-10) and sRPE (AU)	Training duration (min), accelerations (n), decelerations (n), jumps (n), and changes of direction (n)	Catapult innovations S5 devices	Basketball training		Acceleration and change of direction for centers, deceleration and high jumps for guards and high and total amount of deceleration and change of direction for forwards are specifically demanded in professional basketball training
Aoki et al. (4)/Elite	Heart rate (b·min <sup>-1</sup> ), Banister's TRIMP, RPE (CR-10), sRPE (AU), physiological load.	Session duration (min), mechanical load (AU), and peak acceleration (m/s <sup>2</sup> )	(Bioharness, Zephyr technology, Auckland, New Zealand), photoelectric cell timing system (Multisprint, Hidrofit, MG—Brazil)	Basketball training	(P) Yo-Yo IR1, countermovement (CMJ) and squat jumps (SJ), repeated sprints ability test, and 5'-5' submaximal run	Both eTL and iTL measures should be monitored in association with physical tests, to provide a comprehensive understanding of the training process
Moreira et al. (60)/Elite	Saliva, RPE (CR-10), sRPE (AU)	Session duration (min)		Simulated competition and competition		Session RPE seems to be a viable tool in monitoring internal loads, and the results are useful in providing a better understanding of internal loads imposed by basketball training and competitions

(continued)

**Table 1**  
**(continued)**

Nunes et al. (66)/Elite	RPE (CR-10), sRPE (AU), the recovery-stress questionnaire for athletes (RESTQ76), salivary hormone and immune markers	Session duration (min)	Two electronic time sensors (Photo-cell system; CEFISE, Nova Odessa, SP, Brazil), a jump mat (Ergojump jump Pro 2.0; CEFISE)	Basketball training	(P) Bench press, squat, Agility t Test, the Yo-Yo intermittent recovery test, level 2, and squat jump test	Session RPE and REST-Q can provide useful low-cost information for monitoring both ITL and stress state in an elite athlete group.
Sansone et al. (80)/Elite	HR max (b · min <sup>-1</sup> ), saliva, Edwards' TL (AU)	Player load (AU) is calculated as the instantaneous rate of change in accelerations in the anteroposterior, mediolateral, and craniocaudal axes	Catapult OptimEye S5, Polar H7	Small sided games	(P) Yo-Yo intermittent recovery test (level 1)	Cortisol increased after the SSGs, whereas testosterone responses differed depending on SSGs conditions.
Caparrós et al. (17)/Elite		Minutes played, physiological load, physiological intensity, mechanical load, mechanical intensity, distance covered (mL), walking maximal speed, run maximal speed, sprinting maximal speed, maximal speed, average offensive speed (mL/h), average defensive speed (mL/h), level 1 acceleration (0.5 m/s <sup>2</sup> ), level 2 acceleration (1 m/s <sup>2</sup> ), level 3 acceleration (2 m/s <sup>2</sup> ), level 4 acceleration (3 m/s <sup>2</sup> ), level 1 deceleration (−0.5 m/s <sup>2</sup> ), level 2 deceleration (−1 m/s <sup>2</sup> ), level 3 deceleration (−2 m/s <sup>2</sup> ), and level 4 deceleration (−3 m/s <sup>2</sup> )	Player tracking.	Competition	(I) Based on the methodology of the UEFA consensus statement for epidemiological studies  (P) Player efficiency rating (PER) and usage percentage (Usg%)	Increasing external workload may likely reduce the risk of injury in professional basketball



**Table 1  
(continued)**

Svilar et al. (92)/Elite	RPE (CR-10) and sRPE (AU)	Session duration (min), player load (PL), total and high acceleration/ deceleration, total jumps and jumps performed within the high band: tCoD (total inertial movements registered in a rightward lateral vector), and hCoD (total inertial movements registered in a rightward lateral vector within the high band)	S5 devices (Catapult Innovations, Melbourne, Australia)	Basketball training		Triaxial accelerometry and sRPE can be used complementary, when possible, to design and control the training process as effectively as possible.  An individualized approach to external load monitoring in basketball is a complementary tool that could help coaches and teams minimize injuries while achieving the best performance
Nunes et al. (65)/Elite	SHRZ (AU), RPE (CR-10), and sRPE (AU)		Polar team system	Competition	(P) The game performance indicators used in this study were: game time, number of shots thrown (3 pts, 2 pts, and free throws), number of converted shots (3 pts, 2 pts, and free throws), defense and attack rebounds, assists and recovered balls	Internal load estimated by the Edwards method was correlated with the technical indicators of game performance (number of points scored, rebounds, assistance, and recovery of ball possession). Number of actions performed in the match by the athletes influences the internal load. Monitoring the internal load of official matches can help the coaching staff to plan
Vázquez-Guerrero et al. (98)/Elite		Accelerations (<3 m/s <sup>2</sup> ), accelerations (>3 m/s <sup>2</sup> ), decelerations (<3 m/s <sup>2</sup> ), decelerations (>3 m/s <sup>2</sup> ), acceleration: deceleration ratio (<3 m/s <sup>2</sup> ), acceleration: deceleration ratio (>3 m/s <sup>2</sup> ), and external total load (AU/min)	Triaxial accelerometers (model ADXL326; Analog devices, Inc., Norwood, MA)	Competition		More maximal decelerations than accelerations were performed in all playing positions during elite basketball competition games. The acceleration: deceleration ratio (>3 m/s <sup>2</sup> ) was significantly lower in players on the perimeter than in PF and C.

(continued)

**Table 1**  
(continued)

Oliveira-Da-Silva et al. (67)/Elite		Low-intensity actions: walk (<6.0 km·h <sup>-1</sup> ), jog (6.0–12.0 km·h <sup>-1</sup> ), and run (12.1–18 km·h <sup>-1</sup> ). Low-intensity shuffle (n), medium-intensity shuffle (n). High-intensity actions: high-intensity displacements (18.1–24.0 km·h <sup>-1</sup> ) and sprints (>24.1 km·h <sup>-1</sup> ), high-intensity shuffle (n), jump (n). Total time on court (s), real time (s) and percentage of TR with respect to TT (TR/TT)	Recordings used were provided by FIBA and stored on a laptop. Films were analyzed frame by frame with a precision of 0.04 s	Competition		The use of specific basketball actions, adapted in intensity and volume to real demands, as a means of training guarantees the specificity of the stimulus
Freitas et al. (26)/Elite	RPE (CR-10) and sRPE (AU), DALDA, and WURSS-21			Basketball training		A decrease in ITL during the competitive period was followed by a decrease in stress tolerance and an increase in URTI severity.
Arruda et al. (6)/Elite	RPE (CR-10) and sRPE (AU)			Basketball training		The higher correlation coefficient between AD and CIT-A suggests that the predicted early season (PD) difficulty should be updated during the competitive season
Caparrós et al. (17)/Elite		Exposure time (h)		Basketball training and competition	(I) Based on the methodology of the UEFA consensus statement for epidemiological studies  (P) Performance statistics were collected from the official game statistics for both the team and player. At the end of each game, the official ranking (RKG)	Although increasing practice and competition time is related to greater team performance, it also increases the number of injuries. However, higher injury rates were not associated with worse overall team performance

**Table 1  
(continued)**

Schelling and Torres (88)/Elite	Acceleration data (AL·min <sup>-1</sup> )	Triaxial accelerometer (X8-mini; 16-bit; Gulf Coast Data Concepts)	Basketball training	Full-court 3v3 and 5v5 showed the highest external workload, measured by triaxial accelerometer. The smaller the player, the higher the acceleration load,
---------------------------------	---	--	---------------------	--

TQR (81) and Wellness questionnaires (61) used with this category of player. The different expressions of the HR are also used: HR (10), TRIMP (36,86), HRavg, HRmax, %Maximum HR (%HRmax) (76), and SHRZ (13,25,76,86). It has also been observed that the use of SHRZ 2.5 at this level of competition provides a novel view of IL and may be more sensitive for detecting nonadaptive and adaptive responses to training (84). In games, HRmax ranges from 192 to 195 b·min<sup>-1</sup> and HRavg is between 168 and 169 b·min<sup>-1</sup> (50). The use of noninvasive strategies to monitor internal stress is a valuable tool for identifying fatigue and stress in subelite-level players (36).

### YOUNG PLAYERS

For young basketball players (under 18 years old), session duration (21,51,52,58) predominates over the other indicators used to monitor training (Table 3). The number of minutes played during the game is also frequently recorded (95). Total distance covered (34,42,91), relative distance (m/min) (5), and distance covered at high intensity (speed greater than 16 km/h) (34), PL and total number of accelerations and decelerations (5,34), as well as frequency of accelerations and decelerations (91) could also be indicators used in this population when there are means available to do so. In games, the distance covered is approximately 7,558 m in young players (1). The numbers of impacts of low intensity (3–5 g), medium intensity (5–8 g), and high intensity (>8 g) and of jumps and steps (33,34,73) have also been used by various researchers to ascertain the demands of competition in this category. Other variables that have been recorded in young players include measurement of mean sprint speeds (83), high intensity running (HIR: percentage of total distance covered at over 16 km/h) (68), peak velocity (km/h) and peak acceleration (m/s<sup>2</sup>) (5,68), velocity (m/s) (42), work-rest ratio (42), and metabolic power (W/kg) (34).

As regards IL, RPE (21,33,51,52,58,78,91,95,96) and sRPE (21,33,51,96) are again the metrics

used most frequently when it comes to young basketball players. The quantitative questionnaires most commonly used in this type of population are Delayed-Onset Muscle Soreness (DOMS) (5), TQR (21,95), POMS (58), Wellness, and the Postgame Subjective Performance Evaluation (95). Lactate (91) and saliva (58) have also been analyzed in young players, and this information confirms that training programs can be individualized to facilitate better adaptation to training loads. The following expressions of the HR have been used for young players: SHRZ (42,51,52,73), HR (73,91,96), TRIMPs and Lucia TRIMP (83), HRavg, HRmax, %HRmax (73) and HRpeak, HRmean, %HRmax, Z4, and Z5 (78). Maximal intensity (session duration at 90–100% HRmax) has also been analyzed to find out how much time is spent at high levels during competition so as to be able to adapt it to training (52). In games, mean HRmax is 199 b·min<sup>-1</sup> and HRavg is between 167 and 172 b·min<sup>-1</sup> (50).

### DATA RECORDING

#### TECHNOLOGICAL MONITORING

In recent years, monitoring training loads has acquired greater importance for professional athletes (16). The technology used is constantly evolving, and the most common EL variables currently recorded are power output, speed, acceleration, time-motion analysis (TMA), global positioning system (GPS) parameters, and parameters recorded using accelerometry. As for IL measures, the most frequent include HR, oxygen uptake, and lactate concentration (70).

We found that the most widely used device for monitoring EL and IL is the Polar Team2 Pro (42,79,83,86,91). For tracking EL, the WIMU PRO (5,13,34,73,76,97) and the Catapult OptimEye S5 (25,36,80,84,92,93) are most often mentioned (although the former can also be used to monitor IL). However, we found other articles whose data were obtained through optical player tracking systems (18), the ADXL326 accelerometer (98), the

**Table 2**  
Subelite basketball articles reviewed

Reference/Player levels	Internal load	External load	Technology	Type of record	Injury (I)/Performance (P)	Conclusions
Scanlan et al. (86)/Subelite	sRPE (AU), TRIMPS, and SRHZ (AU)	External training load was calculated using an established algorithm developed by Catapult Innovations (Scoresby, Australia)	Polar Team2 Pro HR monitors	Basketball training		Do not assume a linear dose-response between accelerometer and internal training load models during training and are recommended to combine internal and external approaches when monitoring training load in players
Heishman et al. (36)/Subelite	Internal stress monitoring, TRIMP	PlayerLoad (AU), practice duration (min)	Omegawave technology, Catapult Optim Eye S5	Basketball training	(P) Countermovement vertical jump (CMJ)	Using the noninvasive strategies to monitor internal stress and external training load may be valuable tools in identifying fatigue and player stress. These technologies quantify training loads imposed on an athlete, which allows for potential modulation of the training process to optimize athlete performance. In addition, internal stress and external load monitoring may provide different insights into athlete training load and adaptation
Sansoneet al. (81)/Subelite	sRPE (AU), total quality recovery (TQR) scale	Practice duration (min)	Photoelectric cells	Basketball training and competition	(P) Yo-Yo intermittent recovery level 1 (YO-YO IR1), counter movement jump (CMJ), lane agility and 505 agility tests, and 20-m sprint	Utilization of the sRPE method for measuring iTL, calculation of the ACWR, and recovery assessment through the TQR scale can be a valid combination for monitoring daily, weekly, and mesocycles training and recovery
Conte et al. (20)/Subelite	RPE (CR-10) and sRPE (AU)	Total duration (min)		Basketball training and competition		Basketball coaches should concurrently consider the number of weekly games and player status (starting versus bench player) when creating individualized periodization plans

**Table 2  
(continued)**

Berkelmans et al. (13)/Subelite	SHRZ (AU), HRmax (b · min <sup>-1</sup> )	Session durations (min)	Heart rate monitors (Polar T31, Polar Electro; Kempele, Finland)	Basketball training	(P) Yo-Yo (IRT Yo-Yo)	Age-predicted, test-derived, and session-based methods to determine HRmax are not interchangeable when calculating SHRZ. Use individualized HRmax directly measured during field-based tests supplemented with higher HR responses evident during training sessions and games when calculating the SHRZ TL
Fox et al. (25)/ Subelite	RPE (CR-10), sRPE (AU) absolute and relative SHRZ (AU)	Absolute and relative PlayerLoad (AU), practice duration (min), absolute and relative estimated equivalent distance (m)	Microsensors (OptimEye S5, Catapult Innovations, Melbourne, Australia) and chest-worn HR monitors (Polar T31, Polar Electro, Kempele, Finland)	Basketball training and competition		Training demands exceeded competition demands
Moreno-Pérez et al. (61)/ Subelite	RPE (CR-10), sRPE (AU), and Wellnes	Session duration (min)	Ergo tester (Ergo jump Bosco system, Italia), LegMotion	Competition	(P) Ankle dorsiflexion and countermovement jump (CMJ)	Ankle dorsiflexion ROM is still reduced 48 h after a competitive basketball match in semiprofessional basketball players.
Scanlan et al. (84)/Subelite	(a) SHRZ10—traditional approach proposed by Edwards using 10% HRmax relative zone ranges; (b) SHRZ5—modified approach using 5%HR max relative zone ranges; and (c) SHRZ2.5—modified approach using 2.5% HRmax relative zone ranges		Polar T31, Polar Electro; Kempele, Finland, OptimEye S5; Catapult Innovations; Melbourne, Australia	Basketball training		Use of SHRZ2.5 provides novel insight regarding internal loading in basketball players and may carry greater sensitivity for detection of maladaptive and adaptive responses to training

(continued)

**Table 2  
(continued)**

Sánchez Ballesta et al. (78)/Subelite		At the level of accelerations and decelerations per minute: A-1 encompass between 0.50 and 0.99 m/s <sup>2</sup> , A-2 between 1.00 and 1.99 m/s <sup>2</sup> , A-3 between 2.00 and 2.99 m/s <sup>2</sup> , A-4 between 3.00 and 50.00 m/s <sup>2</sup> , D-1 between -0.50 and -0.99 m/s <sup>2</sup> , D-2 between -1.00 and -1.99 m/s <sup>2</sup> , D-3 between -2.00 and -2.99 m/s <sup>2</sup> , and D-4 between -3.00 and -50.00 m/s <sup>2</sup> . Total-A (87)	Polar team Pro	Basketball training		Levels of approach III and IV show a relationship with external load and could validate the distribution of tasks and external load proposed by the levels of approach in Schelling and Torres-Ronda (87). Opposition may have a relationship in the number of high-intensity accelerations and decelerations per minute.
Marcelino et al. (55)/Subelite	RPE pre and post (CR-10), sRPE (AU)			Basketball training	(P) Yo-Yo intermittent Endurance, Test nivel 2 (Yo-Yo IE2)	The results of this study suggest the existence of a strong correlation between the ability to perform high intensity effort (HIE) and ITL, thus indicating the importance of adopting an integrated monitoring of these variables, aiming to conduct regular adjustments on training load

**Table 2**  
(continued)

Batalla Gavalda et al. (10)/ Subelite	FC (b · min <sup>-1</sup> )		Suunto TeamPack, 2 video-cameras (JVC-GZ620ES 60 GB; HDD Hong Kong, Xina, Kinovea)	Competition	(P) Incremental field test	The conclusions of this study suggest that the difference in points on the scoreboard and play actions lasting 17–24 s have a direct impact on HR, which changes as a function of the points difference and influences the physiological demands on the players
Reina et al. (73)/ Subelite	Average heart rate (HR avg), maximum heart rate (b · min <sup>-1</sup> ), % maximum heart rate (%HR max), and work zones. The work zones were Z1 (50–60%), Z2 (60–70%), Z3 (70–80%), Z4 (80–90%), Z5 (90–95%), and Z6 (>95%)	Impacts (higher than 5 Gs), jumps (more than 400 milliseconds of flight time before landing again), player load (AU), time (min)	Garmin heart rate Band and a Wimu™ inertial device	Basketball training and competition		The players must work in higher areas of the heart rate during training, mainly in Z4 and Z5, increasing their HR max y HR avg. The training does not equal the load supported and the distance performed in competition, so it is necessary to pay more attention during training

X8-Mini accelerometer (88), and the VERT accelerometer (33). On the other hand, for monitoring IL we found practical evidence obtained using HR sensors such as Garmin™ (73,76), Suunto Memory Belts (10,96), Polar H7 (51,52,80), Polar T31 (25,84), and other models from Polar Team Solutions (65,78). Lactate analyzers (83,91) and Omegawave technology (36) have also been used. Omegawave technology evaluates the athlete's internal stress, readiness to perform, and neurological function through HR variability assessments (36) (Table 4).

There are currently numerous applications that help us manage data relating to training sessions, sports performance, physical and medical tests, and administrative matters in a single solution. Furthermore, these applications enable us to manage wellness variables more easily. Athlete Monitoring (32), Readiness (102), Elite HRV (99), Quantar (100), and MyCoach RPE (101) are examples of some of those we can find on the market.

Another type of technology is also used to analyze players' performance or obtain useful data for the research study we have conducted. We found photoelectric cells (66,81), electronic timing lights (83), the Tanita BC-601 body composition analyzer (34), and contact mats (21,61,66,95). With a counter-movement jump (CMJ) using contact mats, we can detect our players' neuromuscular fatigue and find out how ready they are to begin the session and also discover the differences at the end of the session (5,19,21,31,46,59). In addition, video cameras (10,42,67,78) and video analysis software such as Kinovea (10) and Match Vision (78) have been used.

### ECOLOGICAL MONITORING

Good monitoring of training loads does not necessarily have to be conducted using technology. Several ecological methods are available, defined as those that entail little or no cost, proven also to be useful and reliable (82).



**Table 3**  
Young basketball articles reviewed

Reference/Player levels	Internal load	External load	Technology	Type of record	Injury (I)/Performance (P)	Conclusions
Scanlan et al. (83)/Young basketball	sRPE (AU), SHRZ (AU), TRIMP, and Lucia TRIMP models	Measurement of mean sprint and circuit speeds	Polar Team2 Pro HR monitors, electronic timing lights, held lactate analyzer	Simulated competition		Limited convergence exists between common training load approaches across basketball training doses lasting beyond 20 min. Internal and external training load approaches appears dose-dependent during basketball activity
Arede et al. (5)/Young basketball	RPE (CR-10), muscle soreness (DOMS)	(a) Relative distance (RD, m/min); (b) high-intensity running (HIR, % of total distance covered at over 16 km/h); (c) player load, accumulated accelerometer load in 3 axes (PL, AU/min); total accelerations (Acc, count/min) and decelerations (Dec, count/min) and peak speed (PSpeed, km/h) and peak acceleration (PAcc, m/s <sup>2</sup> )	WIMU PRO system	Basketball training and competition	(P) Performed physical (jumping, agility, aerobic fitness, and lower limb asymmetry index [ASI]) tests and game-related statistics were also collected	Game-related statistics obtained in FM seem to be a determinant aspect that increases the probability to be the starter during the EC
Vaquera et al. (96)/Young basketball	Individual HR and RPE (CR-10)		Suunto Memory Belts	Small-sided games		The number of players active in small-sided basketball games influences both the physiological demands and the in-task RPE. There are significant discrepancies between athlete and coach perceptions of in-task RPE and therefore of internal training load imposed



**Table 3  
(continued)**

Cruz et al. (21)/ Young basketball	sRPE (AU), RPE (CR-10), TQR scale	Session duration (min)	Contact platform (Sys Jump, Systware—Brazil)	Basketball training	(P) CMJ	Maintenance of the balance between recovery and stress allows meaningful improvements in physical performance. Internal training loads experienced across competitive periods can help to appropriately define and adjust their training programs
Lupo et al. (51)/ Young basketball	sRPE (AU), RPE (CR-10), EDWARDS TL (AU)	Session duration	Polar H7	Basketball training		Coaches of youth basketball players can successfully use session-RPE to monitor the ITL, regardless of session durations and workout portions
Pino-Ortega et al. (68)/Young basketball		(a) Relative distance (RD, m/min); (b) high-intensity running (HIR, % of total distance covered at over 16 km/h); (c) Player load, accumulated accelerometer load in the 3 axes of movement (PL, AU/min); total accelerations (Acc, count/min) and decelerations (Dec, count/min) and PeakSpeed (PSpeed, km/h) and peak acceleration (PAcc, m/s <sup>2</sup> )	WIMUPROTM, Real Track systems, Almería, Spain	Competition		Study the opponent to design the physical load demands in training sessions according to quality level; (b) guards and forwards should cover higher distances and reach greater PSpeed and PAcc than centers during training to simulate the match physical requirements; (c) to avoid the effect of fatigue, interperiod recovery strategies should be arranged by medical staff and total playing time should be monitored and distributed among the players(d) Prescribe correct physical, tactical, and technical demands during the precompetition period to achieve the best performance from the first match of the tournament

(continued)

**Table 3**  
(continued)

Miloski et al. (58)/ Young basketball	Testosterone concentration Assay (saliva), RPE (CR-10), sRPE (AU), profile of mood states	Session duration (min)		Basketball training	(P) Yo-Yo IRL1, t Test	LTC athletes may be more susceptible to changes in mood states during intensified training periods. Data indicate that a periodized training program successfully improved the physical performance (endurance and agility) of young basketball players
Stojanović et al. (91)/Young basketball	Heart rate (b·min <sup>-1</sup> ) responses, RPE (CR-10), and blood lactate concentration (BLa)	Total distance covered (m) and the frequency of accelerations and decelerations acceleration and deceleration intensities are low (0.5–0.99 m/s <sup>2</sup> ), medium (1–1.99 m/s <sup>2</sup> ), and high (>2 m/s <sup>2</sup> )	Polar team Pro, lactate Scout	Small-sided games		Basketball SSG consisting of 1–3 players elicits an intermittent activity profile, promoting the extensive utilization of anaerobic and aerobic metabolism.  SSG with only 1 player per team elicits higher BLa, RPE, distances covered at low speeds as well as acceleration and deceleration volumes than SSG with 3 players per team
Lupo et al. (52)/ Young basketball	RPE (CR-10), sRPE (AU), Edwards’ data (AU), maximal intensity (session duration at 90–100% HRmax)	Total session duration (min), type of training (strength, conditioning, and technique)	Polar H7	Basketball training		Elite youth female basketball players are better able to quantify the internal training load of their sessions than their coaches, strengthening the validity of s-RPE as a tool to monitor training in team sports
Gómez-Carmona et al. (34)/ Young basketball		Total distance (m), distance at high intensity (m at more than 16 km/h), accelerations and decelerations (n), impacts at different	WIMU PRO TM, body composition monitor model BC-601 (TANITA, Tokyo, Japan)	Competition	(P) The score difference in each of the disputed quarters, classifying into the disputed match (difference less than 10 points) and unbalanced match	The difference in points at the end of each game period/ is a determining factor in the external load. Therefore, it is necessary to reproduce these situations during training

**Table 3  
(continued)**

		ranges (3–5, 5–8, > 8 G), steps (n) and jumps (n), player load (AU), and metabolic power (W/Kg)			(difference greater than 10 points)	to subject players to physical–technical–tactical stimuli of equal or greater than volumes and intensities in competition
Reina et al. (73)/ Young basketball	Heart rate (b · min <sup>-1</sup> ), average heart rate (HRAvg); maximum heart rate (HRmax), % maximum heart rate (% HRmax) and work zones, are divided according to the percentage of maximum heart rate that each task implies individually, being Z1 (50–60%), Z2 (60–70%), Z3 (70–80%), Z4 (80–90%), Z5 (90–95%), and Z6 (>95%)	Number of impacts, number of steps, and number of jumps	GARMINTM brand heart rate Band and a WIMUTM inertial device	Competition		Higher demand was found in IC and EC in 3-on-3 basketball
Vallés-Ortega et al. (95)/Young basketball	RPE (CT-10), TQR, perceived well-being questionnaire, Subjective assessment of postmatch performance	Game minutes, CMJ	Chronojump-Boscosystem jump platform	Competition		The resulting data shows the possibility of knowing and reliably monitoring fatigue and recovery in women's basketball during a period of highly competitive density.

(continued)

**Table 3**  
(continued)

Hůlka and Cuberek (42)/ Young basketball	Heart rate every 5 s ( $b \cdot \text{min}^{-1}$ ), HR peak zones (AU)	Distance covered (m), speed (m/s), work: rest ratio)	TEAM Polar2 Pro, 2 Canon HF10 video cameras. Video records were analyzed by a standardized procedure using a software package	Competition		Combination of heart rate and time motion analysis is recommended
Sánchez-Sánchez et al. (78)/ Young basketball	RPE (CR-10), HR peak, HR mean, % HR max, Z4, and Z5		HR monitors (Polar team system 2, Polar Electro OY, Finland), video-camera (Sony Handycam HDR-PJ240E, SONY China), observational ad hoc software (Match Vision)	Small-sided games	(P) YoYo IR1. The technical demands analyzed after performing SSG were the defensive rebounds, offensive rebounds, total succeed passes, total number of 3 point shots, total number of 2 point shots, number of performed lay-outs, total number of possessions, success in actions with the possibility to score points, and total number of official stops	SSG with verbal encouragement should be selected to focus in physiological load, and SSG without dribbling would be particularly useful to enhance collective behavior, without limitations in physiological load
Ghali et al. (33)/ Young basketball	RPE (CR-10) and sRPE (AU)	Jump WL (i.e. jump count) and session duration (min)	VERT Classic accelerometer (version 2.0, Mayfonk Inc., Fort 161 Lauderdale, FL)	Basketball training and competition		A significant difference in WL was not detected between youth basketball players with patellar tendinopathy and players with no patellar tendinopathy. Players at early stages of patellar tendinopathy and applying relevant interventions are warranted

**Table 4**  
**Distribution of technology according to its monetary cost and the type of recorded variables**

Technology	Cost	External load	Internal load
Polar team 2 Pro	***	X	X
Catapult OptimEye S5	****	X	
WIMU PRO	*****	X	
Player tracking	****	X	
Accelerometer ADXL326	***	X	
Accelerometer X8-mini	**	X	
Accelerometer VERT	*	X	
GarminTM	*		X
Suunto Memory Belts	*		X
Polar H7	*		X
Polar T31	*		X
Lactate analyzer	***		X
Omegawave technology	****		X

Technology: technology that has been used to monitor training loads; cost: monetary cost orientation of each technology \*low \*\*moderate \*\*\*medium \*\*\*\*high \*\*\*\*\*very high; external load: external load variables; internal load: internal load variables.

RPE is a cost-free ecological tool that gives us information about how the player perceived the stimulus of training or competition (51,52). It is normally used between 10 and 30 minutes after finishing training (21,25,66). In some studies, RPE is administered before and after the session to assess fatigue (55). In addition, sRPE seems to be a viable tool for monitoring the IL imposed by basketball training and competition (60). When RPE is multiplied by session duration, the result is influenced more by the volume of the session than by the intensity of the training (52). Being so easy to use, it is the method most commonly used to monitor load (6,26,33,61,65,91).

A chronometer can be used to measure session duration, providing us with an important piece of EL information (20,36). It is important to know the difference between real time and total session time because this will change the load to which players are subjected (67). This parameter can very

easily be collected in a notebook or a computer document (13,21,52,61,92). By recording time on the court, coaches may modify the training program accordingly (95).

The quantitative questionnaires that have most often been used in basketball are the TQR (21,81,95), the REST-Q-Sport (66), the POMS questionnaire (58), the Wellness questionnaire (61,95), the Postgame Subjective Performance Evaluation (95), DALDA, and the Wisconsin Upper Respiratory Symptom Survey-21 (WURSS-21) (Table 5).

Other high-level ecological tools for assessing the state of basketball players are the DOMS scale (5) and the type of drill used in training. Assessing and monitoring the tasks used in daily practices can help to understand synergies with other aspects of athletes' preparation to obtain performance (52).

#### TYPE OF REGISTER

Monitoring load during competition provides us with information about

what happens on the court and tells us how to adapt the training process to the demands of competition (68). During a game, more maximal decelerations than maximal accelerations occur in all playing positions. The acceleration:deceleration ratio ( $>3 \text{ m/s}^2$ ) is significantly lower in perimeter players (point guards and small forwards) than in inside players (power forwards and centers) (98). The points difference at the end of each playing period is also a decisive element in the EL that players are subjected to during games (34), and furthermore, it has been observed that this difference in score has an important impact on physiological demands (10). In competition, a combination of analysis of the HR and of the movements made by players is recommended (42). Monitoring EL can help the coaching staff to plan and program future training loads (65), and these situations need to be reproduced in training to subject players to physical, technical, and tactical stimuli of a volume and intensity equal to or greater than those that occur in competition (34). Maximal deceleration movements should be emphasized in perimeter players and total EL reduced in inside players to best prepare players for game demands (98), and moreover, it has been seen that using specific basketball actions, adapted in intensity and volume to real demands, should be the main means of training because this ensures the specificity of the stimulus (67). The coaching staff must study the opponent to design the physical load, which requires training sessions according to its quality level (a higher-level opponent: more volume of demands and a lower-level opponent: more high-intensity actions) (68).

In some research studies, competitions have been simulated to understand what happens in play. It has been observed that physical demands can be modulated by changing the rules and court size, and this factor should be taken into account when designing training drills and when fine-tuning periodization (97).

In training sessions, it can be seen that acceleration and change of direction

**Table 5**  
Abbreviations and definitions

Abbreviations	Definition
EL	External load
IL	Internal load
RPE	Rating of perceived exertion
sRPE	Session RPE
POMS	Profile of mood states
REST-Q-Sport	Recovery-stress questionnaire for athletes
DALDA	Daily analysis of Life's demands for athletes
TQR	Total quality recovery
HR	Heart rate
HRV	Heart rate variability
TRIMP	Training impulse
WURSS-21	Wisconsin Upper Respiratory Symptom Survey-2
AU	Arbitrary units
SHRZ	Summated heart rate zones
HRmax	Maximum heart rate
HRavg	Average heart rate
PL	Player load
%HRmax	%Maximum heart rate
HIR	High intensity running
DOMS	Delayed-Onset muscle Soreness
TMA	Time-motion analysis
GPS	Global positioning system
CMJ	Counter-movement jump
Z4	80–90% heart rate
Z5	90–100% heart rate
YO-YO IR1	Yo-Yo intermittent recovery test level 1
SJ	Squat jump
YO-YO IR2	Yo-Yo intermittent recovery test level 2
ASI	Lower limb asymmetry index
PER	Player efficiency rating
Usg%	Usage percentage

are the most decisive variables for centers, deceleration and high jumps for point guards, and total deceleration and changes of direction for small

forwards (93). It should also be borne in mind that the number of high-intensity accelerations and decelerations that occur per minute may be

related to the opposition. However, we must take account of the fact that playing without opposition, with a lower-quality EL, can be equally intense in terms of high-intensity accelerations and decelerations as playing with opposition (5 × 5) half-court or full-court, or even more so (79). Playing 3 × 3 or 5 × 5 full court are the exercises that show the highest EL (88).

Players must work in high heart-rate zones during training, mainly in Z4 (80–90%) and Z5 (90–100%) (76), and this can be achieved using interval exercises without full recovery, to work at the appropriate threshold (76). In basketball, the demands of training usually exceed those of competition (25). Shooting guards and small forwards experience higher loads than the rest of the team, which should be taken into account when fine-tuning the training program for these positions (76). Moreover, the smaller the player, the higher the acceleration load they are subjected to (88).

The use of small-sided games to prepare basketball players for competition seems to show benefits in performance (80). Games consisting of 1–3 players give rise to an intermittent activity profile, promoting extensive utilization of anaerobic and aerobic metabolic pathways (91). The 2 × 2 format seems to be the one with the highest load. Moreover, playing small-sided games with stimuli generates a higher physiological load in players (78).

### PERFORMANCE AND INJURY RATE

To evaluate performance in basketball, the measure most commonly used in the literature is the CMJ as a jump test (5,20,21,36,61,81) and the Yo-Yo Intermittent Recovery test level 1 (YO-YO IR1) as an aerobic test (4,13,58,78,80,81). The squat jump (SJ) (4,66) and the Yo-Yo Intermittent Recovery test level 2 (YO-YO IR2) (55,66) have been used to a lesser extent. Agility tests have also been used, such as the Lane Agility Test (81), the 505 Agility test (5,81), and the *t* test (58), and speed tests such as the 20-m sprint (36) or the repeated sprint test (4). Other aerobic tests that have been

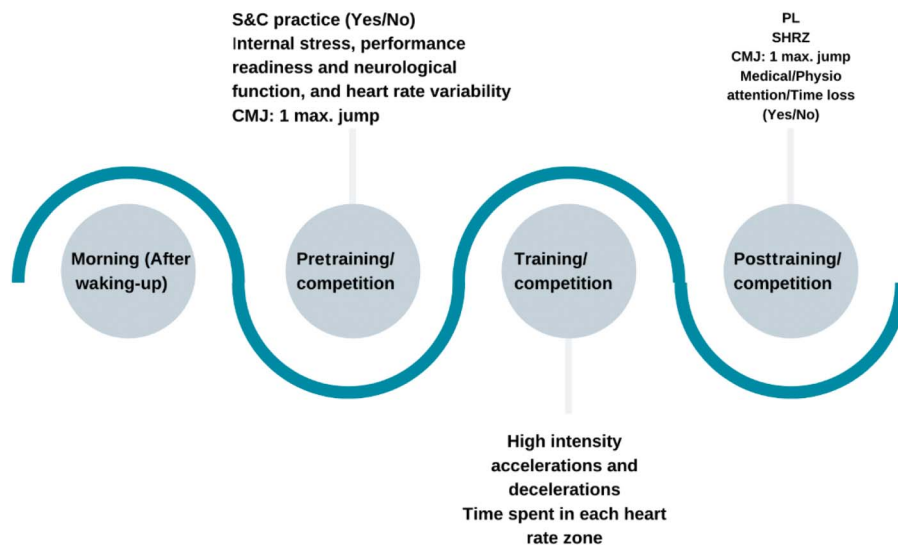


Figure 1. Suggested timeline for technological load monitoring.

used are the 5'-5' submaximal run (4,5) and incremental tests (55). Finally, we have found that other performance measures have been used, such as bench press and squat values (66), the lower limb asymmetry index (ASI) (5), or ankle dorsiflexion (61). On the other hand, game statistics and the values they provide for each player have also been used to ascertain the players' performance (5,66,78). In addition, advanced statistical values such as the player efficiency rating (PER) and

usage percentage (Usg%) have also been used (18), as well as the points difference in the score, which has also been considered as a performance variable (34).

Monitoring the training load also helps us to prevent injuries (92). Increasing training and competition time is related to greater team performance, but it also increases the number of injuries. However, higher injury rates are not associated with worse overall team

performance (17). Nevertheless, it is important to track players' exposure so as to avoid the risk of injuries because of their individual impact, even if the injuries do not affect the overall performance of the team (17). Furthermore, it has been observed that players with a lower number of decelerations and distance covered during games have a greater risk of injury. Increasing EL therefore seems to reduce injury risk (18). Athletes

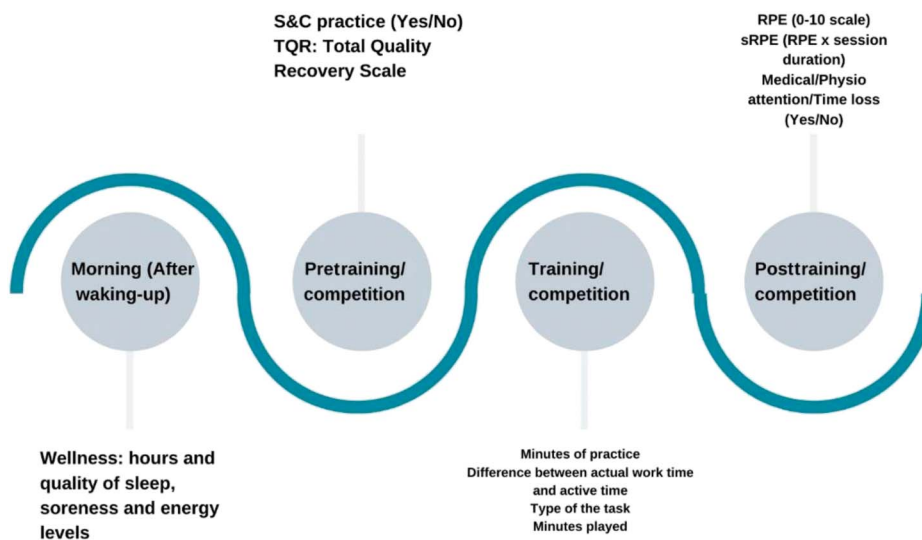


Figure 2. Suggested timeline for ecological load monitoring.



# Monitoring Training Loads in Basketball

with a lower EL must be identified so that appropriate prevention strategies can be individually applied to prevent injuries (18). Planning for the season must therefore take account of its minimum and potential maximum length, having regard to the number of training sessions and the number of games (17). In elite basketball, the average number of injuries per team over the season is 23, and the data suggest that a higher number of injuries occur in training sessions (mean of 13 injuries per season) than in games (mean of 10 injuries per season). However, it has been observed that the seasonal average incidence of injuries (number of injuries per 1,000 hours) is 5 overall, 3 in training and 40 in games (17).

## PRACTICAL APPLICATIONS

With a range of EL and IL measures, coaches or strength coaches should monitor the training load of their athletes. This tracking of workloads should be performed at all levels of basketball, optimizing the training process and reducing possible injury risk. To achieve this, we have to educate the other members of the coaching staff and the players about the importance of implementing these monitoring methods.

Considering the range of proposals presented here, and the applicability of ecological methods, nonavailability of technological means should not be an impediment to monitoring our athletes.

Planning should be directed from microcycle to microcycle and adjusted according to how the players respond. In this context, establishing an appropriate schedule for monitoring our players' workload day by day can be very beneficial as a way of optimizing performance and preventing injuries. In light of the results obtained, 2 scenarios are proposed for applying load control: the first is by using technology and the second is by ecological means.

If technology is available (Figure 1), it will enable us to obtain objective information about the state of our athletes and how ready they are for the training session or game. On arrival at the training facility it is proposed that Omegawave should be used to ascertain the player's internal stress level, readiness for the training session, neurological function and HR variability evaluations, and a maximal CMJ should be performed. During the session, it is proposed that WIMU PRO devices should be used to monitor EL and Polar Team devices to track IL. The EL variables that we can observe during training are high-intensity accelerations and decelerations, and in terms of IL, how long each player is in each HR zone. With this information, we can make decisions in real time. At the end of the session, we can observe the PL to find out the players' EL during training, and in terms of IL we can calculate the SHRZ and thus ascertain the load values. Another maximal CMJ could also be performed. In addition, the injuries that arise should be recorded and classified as "time loss", "physio attention", or "medical attention."

If only ecological means are available (Figure 2), an equally complete monitoring of the training process can be conducted because we have the variables we need to program and adapt the training sessions. At the start of the day, we can administer a wellness questionnaire, which provides us with information on sleep quality, stress level, fatigue, and muscular pain. This shows us each player's perception of how ready they are to face the training session or game. Before beginning the session, it is proposed that a record should firstly be taken of whether or not any physical preparation is performed. If it is, all the work performed should be recorded because this too will represent a load for the player, and the TQR test should also be administered to them.

During the session, in terms of EL, the exposure time of the session, the difference between real work time and active time, must be monitored, as it will provide us with information about how the session went, and the type of task, because depending on the purpose of the session it will be better to do one type of task rather than another. In the case of competition, the main variable to be monitored is the number of minutes played by each player. At the end of the session, we can collect the RPE, from which we can also obtain the sRPE, and record the injuries that occur, classifying them as "time loss," "physioattention," or "medical attention."

*Conflicts of Interest and Source of Funding: The authors report no conflicts of interest and no source of funding.*



**Aitor Piedra** is a PhD Candidate in the Department of Health Sciences of the National Institute of Physical Education and Sport of Catalonia (INEFC)

and the Head of the Strength and Conditioning Department of Femení Sant Adrià (LF2) and CB Cornellà (EBA).



**Javier Peña** is the Director and a Senior Researcher at the Sport and Physical Activity Studies Centre (CEEAF) at the University of Vic—Central Uni-

versity of Catalonia (Spain, Barcelona) and a member of the Sports Performance Analysis Research Group (SPARG) in the same institution.





**Toni Caparrós**  
is a professor of  
the Department  
of Health Sci-  
ences in the  
National Insti-  
tute of Physical  
Education and  
Sport of Catalo-  
nia (INEFC)

and a member of the Sports Performance  
Analysis Research Group (SPARG) at  
the University of Vic–Central University  
of Catalonia (Barcelona, Spain).

## REFERENCES

1. Ben Abdelkrim N, Castagna C, Jabri I, et al. Activity profile and physiological requirements of junior elite basketball players in relation to aerobic-anaerobic fitness. *J Strength Cond Res* 24: 2330–2342, 2010.
2. Ben Abdelkrim N, El Fazaa S, El Ati J. Time-motion analysis and physiological data of elite under-19-year-old basketball players during competition. *Br J Sports Med* 41: 69–75, 2007; discussion 75.
3. Anderson L, Triplett-Mcbride T, Foster C, Doberstein S, Brice G. Impact of training patterns on incidence of illness and injury during a women's collegiate basketball season. *J Strength Cond Res* 17: 734–738, 2003.
4. Aoki MS, Ronda LT, Marcelino PR, et al. Monitoring training loads in professional basketball players engaged in a periodized training program. *J Strength Cond Res* 31: 348–358, 2017.
5. Arede J, Ferreira AP, Esteves P, Gonzalo-Skok O, Leite N. Train smarter, play more: Insights about preparation and game participation in youth national team. *Res Q Exerc Sport* 91: 583–593, 2020.
6. Arruda AF, Aoki MS, Freitas CG, Coutts A, Moreira A. Planning and monitoring training loads during an in-season basketball period. *Strength Cond J* 6: 85–89, 2013.
7. Aughey RJ. Applications of GPS technologies to field sports. *Int J Sports Physiol Perform* 6: 295–310, 2011.
8. Ballesta AS, Abruñedo J, Caparrós T. Accelerometry in basketball. Study of external load during practice. *Phys Educ Sports* 1: 100–117, 2019.
9. Banister EW, Calvert TW. Planning for future performance: Implications for long term training. *Can J Appl Sport Sci* 5: 170–176, 1980.
10. Batalla Gavalda A, Bofill AM, Montoliu Colás R, Corbi Soler F. Relationship between heart rate and the scoreboard during a relegation playoff. *J Phys Educ Sport* 132: 110–122, 2018.
11. Beneke R, Leithäuser RM, Ochentel O. Blood lactate diagnostics in exercise testing and training. *Int J Sports Physiol Perform* 6: 8–24, 2011.
12. Bengtsson H, Ekstrand J, Waldén M, Häggglund M. Match injury rates in professional soccer vary with match result, match venue, and type of competition. *Am J Sports Med* 41: 1505–1510, 2013.
13. Berkelmans DM, Dalbo VJ, Fox JL, et al. The influence of different methods to determine maximum heart rate on training load outcomes in basketball players. *J Strength Cond Res* 32: 1–25, 2018.
14. Booth FW, Thomason DB. Molecular and cellular adaptation of muscle in response to exercise: Perspectives of various models. *Physiol Rev* 71: 541–585, 1991.
15. Borresen J, Ian Lambert M. The quantification of training load, the training response and the effect on performance. *Sport Med* 39: 779–795, 2009.
16. Bourdon PC, Cardinale M, Murray A, et al. Monitoring athlete training loads: Consensus statement. *Int J Sports Physiol Perform* 12: 161–170, 2017.
17. Caparrós T, Alentorn-Geli E, Myer GD, et al. The relationship of practice exposure and injury rate on game performance and season success in professional male basketball. *J Sports Sci Med* 15: 397–402, 2016.
18. Caparrós T, Casals M, Solana Á, Peña J. Low external workloads are related to higher injury risk in professional male basketball games. *J Sport Sci Med* 17: 289–297, 2018.
19. Claudino JG, Cronin J, Mezêncio B, et al. The countermovement jump to monitor neuromuscular status: A meta-analysis. *J Sci Med Sport* 20: 397–402, 2017.
20. Conte D, Kolb N, Scanlan AT, 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* 13: 1067–1074, 2018.
21. Cruz IF, Pereira LA, Kobal R, et al. Perceived training load and jumping responses following nine weeks of a competitive period in young female basketball players. *PeerJ* 6: e5225, 2018.
22. Dupont G, Nedelec M, McCall A, et al. Effect of 2 soccer matches in a week on physical performance and injury rate. *Am J Sports Med* 38: 1752–1758, 2010.
23. Fan W, Evans RM. Exercise mimetics: Impact on health and performance. *Cell Metab* 25: 242–247, 2017.
24. Foster C, Florhaug JA, Franklin J, et al. A new approach to monitoring exercise training. *J Strength Cond Res* 15: 109–115, 2001.
25. Fox JL, Stanton R, Scanlan AT. A comparison of training and competition demands in semiprofessional male basketball players. *Res Q Exerc Sport* 89: 103–111, 2018.
26. Freitas CG, Aoki MS, Arruda AF, Nakamura FY, Moreira A. Internal load, stress tolerance and upper respiratory tract infections in basketball athletes. *Rev Bras Cineantropom Perform* 15: 14, 2013.
27. Fuller CW, Junge A, Dvorak J. Risk management: FIFA's approach for protecting the health of football players. *Br J Sports Med* 46: 7–11, 2012.
28. Gabbett TJ. Incidence of injury in semi-professional rugby league players. *Br J Sports Med* 37: 36–43, 2003.
29. Gabbett TJ. The training–injury prevention paradox: Should athletes be training smarter and harder? *Br J Sport Med* 50: 273–280, 2016.
30. Gabbett TJ, Hulin BT, Blanch P, Whiteley R. High training workloads alone do not cause sports injuries: How you get there is the real issue. *Br J Sports Med* 50: 444–445, 2016.
31. Garrett J, Graham SR, Eston RG, et al. A novel method of assessment for monitoring neuromuscular fatigue in Australian rules football players. *Int J Sports Physiol Perform* 14: 598–605, 2019.
32. Gazzano F, Gabbett T. A practical guide to workload management and injury prevention in sport. *National Strength Cond Assoc* 4: 46, 2019.
33. Ghali BM, Owoeye OB, Stilling C, et al. Internal and external workload in youth basketball players who are symptomatic and asymptomatic for patellar tendinopathy. *J Orthop Sport Phys Ther* 50: 402–408, 2020.
34. Gómez-Carmona CD, Bastida-Castillo A, García-Rubio J, Pino-Ortega J, Ibáñez SJ. Influence of the result on the external load demands during the official competition in basketball training. *Sports Psychol* 19: 262–274, 2019.

# Monitoring Training Loads in Basketball

35. Halson SL. Monitoring training load to understand fatigue in athletes. *Sport Med* 44: 139–147, 2014.
36. Heishman AD, Curtis MA, Saliba E, et al. Noninvasive assessment of internal and external player load: Implications for optimizing athletic performance. *J Strength Cond Res* 32: 1280–1287, 2018.
37. Hopkins WG. Quantification of training in competitive sports: Methods and applications. *Sport Med* 12: 161–183, 1991.
38. Hopkins WG. A scale of magnitudes for effect statistics. 2006. pp. 67–95. Available at: <http://www.sportsci.org/resource/stats/>. Accessed October 15, 2016.
39. Hulin BT, Gabbett TJ, Blanch P, et al. Spikes in acute workload are associated with increased injury risk in elite cricket fast bowlers. *Br J Sports Med* 48: 708–712, 2014.
40. Hulin BT, Gabbett TJ, Caputi P, Lawson DW, Sampson JA. Low chronic workload and the acute:chronic workload ratio are more predictive of injury than between-match recovery time: A two-season prospective cohort study in elite rugby league players. *Br J Sports Med* 50: 1008–1012, 2016.
41. 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* 50: 231–236, 2016.
42. Hülka K, Cuberek R, Belka J. Heart rate and time-motion analyses in top junior players during basketball matches. *Acta Gymnica* 43: 27–35, 2013.
43. Huxley DJ, O'Connor D, Healey PA. An examination of the training profiles and injuries in elite youth track and field athletes. *Eur J Sport Sci* 14: 185–192, 2014.
44. Impellizzeri FM, Marcora SM, Coutts AJ. Internal and external training load: 15 years on. *Int J Sports Physiol Perform* 14: 270–273, 2019.
45. Impellizzeri FM, Rampinini E, Marcora SM. Physiological assessment of aerobic training in soccer. *J Sports Sci* 23: 583–592, 2005.
46. Jiménez-Reyes P, Pareja-Blanco F, Cuadrado-Peñaflor V, et al. Jump height loss as an indicator of fatigue during sprint training. *J Sports Sci* 37: 1029–1037, 2019.
47. Jobson SA, Passfield L, Atkinson G, Barton G, Scarf P. The analysis and utilization of cycling training data. *Sport Med* 39: 833–844, 2009.
48. Kallus KW, Kellmann M, Kallus MK, Kellmann M. *The Recovery-Stress Questionnaires: User Manual RESTQ Recovery-Stress Questionnaires: User Manual*. 2016. Available at: [www.pearsonassessment.de](http://www.pearsonassessment.de). Accessed February 11, 2020.
49. Kenttä G, Hassmén P. Overtraining and recovery. A conceptual model. *Sport Med* 26: 1–16, 1998.
50. López-Laval I, Legaz-Arrese A, George K, et al. Cardiac troponin I release after a basketball match in elite, amateur and junior players. *Clin Chem Lab Med* 54: 333–338, 2016.
51. Lupo C, Tessitore A, Gasperi L, Gomez M. Session-RPE for quantifying the load of different youth basketball training sessions. *Biol Sport* 34: 11–17, 2017.
52. Lupo C, Ungureanu AN, Frati R, et al. Player session rating of perceived exertion: A more valid tool than coaches' ratings to monitor internal training load in elite youth female basketball. *Int J Sports Physiol Perform* 5: 1–6, 2019.
53. Lyman S, Fleisig GS, Andrews JR, Osinski ED, eds. Effect of pitch type, pitch count, and pitching mechanics on risk of elbow and shoulder pain in youth baseball pitchers. *Am J Sports Med* 30: 463–468, 2002.
54. Macera CA. Lower extremity injuries in runners: Advances in prediction. *Sport Med* 13: 50–57, 1992.
55. Marcelino PR, De Arruda AF, De Oliveira R, et al. Does the level of fitness affect the magnitude of the internal training load in young basketball players? *Rev Andaluza Med Del Deport* 6: 115–119, 2013.
56. Martin DT, Andersen MB. Heart rate-perceived exertion relationship during training and taper. *J Sports Med Phys Fitness* 40: 201–208, 2000.
57. Meeusen R, Duclos M, Foster C, et al. Prevention, diagnosis, and treatment of the overtraining syndrome: Joint consensus statement of the European College of Sport Science and the American College of Sports Medicine. *Med Sci Sports Exerc* 45: 186–205, 2013.
58. Miloski B, Aoki MS, De Freitas CG, et al. Does testosterone modulate mood states and physical performance in young basketball players? *J Strength Cond Res* 29: 2474–2481, 2015.
59. Moran LR, Hegedus EJ, Bleakley CM, Taylor JB. Jump load: Capturing the next great injury analytic. *Br J Sports Med* 53: 8–9, 2019.
60. Moreira A, McGuigan MR, Arruda AF, Freitas CG, Aoki MS. Monitoring internal load parameters during simulated and official basketball matches. *J Strength Cond Res* 26: 861–866, 2012.
61. Moreno-Pérez V, Del Coso J, Raya-González J, Nakamura FY, Castillo D. Effects of basketball match-play on ankle dorsiflexion range of motion and vertical jump performance in semi-professional players. *J Sports Med Phys Fitness* 60: 110–118, 2019.
62. Morgan WP, Brown DR, Raglin JS, O'Connor PJ, Ellickson KA. Psychological monitoring of overtraining and staleness. *Br J Sports Med* 21: 107–114, 1987.
63. Mujika I, Padilla S. Detraining: Loss of training induced physiological and performance adaptation. Part I. Short term insufficient training stimulus. *Sport Med* 30: 79–87, 2000.
64. Nederhof E, Lemmink KA, Visscher C, Meeusen R, Mulder T. Psychomotor speed: Possibly a new marker for overtraining syndrome. *Sport Med* 36: 817–828, 2006.
65. Nunes JA, Costa EC, Viveiros L, Moreira A, Aoki MS. Monitoring of internal load not basquetebol. *Rev Bras Kineanthropometry Hum Performance* 13: 67–72, 2011.
66. Nunes JA, Moreira A, Crewther BT, et al. 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* 28: 2973–2980, 2014.
67. Oliveira-Da-Silva L, Sedano-Campo S, Redondo-Castán JC. Characteristics of the effort in competition in elite basketball players during the final phases of the Euroleague and the World Championship. *RICYDE Rev Int Sports Sciences* 9: 360–376, 2013.
68. Pino-Ortega J, Rojas-Valverde D, Gómez-Carmona CD, et al. Impact of contextual factors on external load during a congested-fixture tournament in elite U'18 basketball players. *Front Psychol* 10: 10–15, 2019.
69. Plews DJ, Laursen PB, Stanley J, Kilding AE, Buchheit M. Training adaptation and heart rate variability in elite endurance athletes: Opening the door to effective monitoring. *Sport Med* 43: 773–781, 2013.
70. Portes R, Navarro RM, Sosa C, Trapero JJ, Jiménez SL. Monitoring and interpreting external load in basketball: A narrative

- review. *Psicol Del Deport* 28: 119–131, 2019.
71. Pyne DB, Martin DT. Fatigue—insights from individual and team sports. *Regulat Fatigue Exercise* 28: 177–186, 2011.
  72. Reina M, Mancha D, Feu S, Ibáñez SJ. Do you train like you compete? Analysis of the load in women's basketball. *J Sport Psychol* 26: 9–13, 2017.
  73. Reina M, Rubio JG, Antúnez A, Ibáñez SJ. Comparison of internal and external load in official 3 vs. 3 and 5 vs. 5 female basketball competitions. *New Challeng Perspect Educ Physics Sports Recreation* 2041: 400–405, 2020.
  74. Ritchie D, Hopkins WG, Buchheit M, Cordy J, Bartlett JD. Quantification of training and competition load across a season in an elite Australian football club. *Int J Sports Physiol Perform* 11: 474–479, 2016.
  75. Robinson DM, Robinson SM, Hume PA, Hopkins WG. Training intensity of elite male distance runners. *Med Sci Sports Exerc* 23: 1078–1082, 1991.
  76. Román MR, García-Rubio J, Feu S, Ibáñez SJ. Training and competition load monitoring and analysis of women's amateur basketball by playing position: Approach study. *Front Psychol* 9: 2689, 2019.
  77. Rushall BS. A tool for measuring stress tolerance in elite athletes. *J Appl Sport Psychol* 2: 51–66, 1990.
  78. Sánchez-Sánchez J, Carretero M, Valiente J, et al. Heart rate response and technical demands of different small-sided game formats in young female basketballers. *RICYDE Rev Int Sports Sciences* 14: 55–70, 2018.
  79. Sánchez Ballesta A, Abruñedo J, Caparrós T. Accelerometry in basketball. Study of external load during workouts. *Apunt Educ Physics and Sports* 4 100–117, 2019.
  80. Sansone P, Tessitore A, Paulauskas H, et al. Physical and physiological demands and hormonal responses in basketball small-sided games with different tactical tasks and training regimes. *J Sci Med Sport* 22: 602–606, 2019.
  81. Sansone P, Tschan H, Foster C, Tessitore A. Monitoring training load and perceived recovery in female basketball. *J Strength Cond Res* 34: 2929–2936, 2018.
  82. Saw AE, Main LC, Gastin PB. Monitoring the athlete training response: Subjective self-reported measures trump commonly used objective measures: A systematic review. *Br J Sports Med* 50: 281–291, 2016.
  83. Scanlan AT, Fox JL, Borges NR, Dascombe BJ, Dalbo VJ. Cumulative training dose's effects on interrelationships between common training-load models during basketball activity. *Int J Sports Physiol Perform* 12: 168–174, 2017.
  84. Scanlan AT, Fox JL, Poole JL, et al. A comparison of traditional and modified summated-heart-rate-zones models to measure internal training load in basketball players. *Meas Phys Educ Exerc Sci* 22: 303–309, 2018.
  85. Scanlan AT, Tucker PS, Dascombe BJ, et al. Fluctuations in activity demands across game quarters in professional and semiprofessional male basketball. *J Strength Cond Res* 29: 3006–3015, 2015.
  86. Scanlan AT, Wen N, Tucker PS, Dalbo VJ. The relationships between internal and external training load models during basketball training. *J Strength Cond Res* 28: 2397–2405, 2014.
  87. Schelling X, Torres-Ronda L. Conditioning for basketball: Quality and quantity of training. *Strength Cond J* 35: 89–94, 2013.
  88. Schelling X, Torres L. Accelerometer load profiles for basketball-specific drills in elite players. *J Sports Sci Med* 15: 585, 2016.
  89. Snyder A, Jeukendrup A, Hesselink M, Kuipers H, Foster C. A physiological/psychological indicator of over-reaching during intensive training. *Int J Sports Med* 14: 29–32, 1993.
  90. Soligard T, Schweltnus M, Alonso JM, et al. How much is too much? (part 1) international olympic committee consensus statement on load in sport and risk of injury. *Br J Sports Med* 50: 1030–1041, 2016.
  91. Stojanović E, Stojiljković N, Stanković R, et al. Recreational basketball small-sided games elicit high-intensity exercise with low perceptual demand. *J Strength Cond Res* 1: 10, 2019.
  92. Svilar L, Castellano J, Jukic I. Load monitoring system in top-level basketball team: Relationship between external and internal training load. *Kinesiology* 50: 25–33, 2018.
  93. Svilar L, Castellano J, Jukic I, Casamichana D. Positional differences in elite basketball: Selecting appropriate training-load measures. *Int J Sports Physiol Perform* 13: 947–952, 2018.
  94. Twist C, Highton J. Monitoring fatigue and recovery in rugby league players. *Int J Sports Physiol Perform* 8: 467–474, 2013.
  95. Vallés-Ortega C, Fernández-Ozcorta EJ, Fierro-Suero S. Fatigue-recovery pattern in a high-density competitive competition in junior women's basketball. *Quad Psicol Del Deport* 17: 183–188, 2017.
  96. Vaquera A, Suárez-Iglesias D, Guiu X, et al. Physiological responses to and athlete and coach perceptions of exertion during small-sided basketball games. *J Strength Cond Res* 32: 2949–2953, 2018.
  97. 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* 1: 10–15, 2018.
  98. Vázquez-Guerrero J, Suarez-Arrones L, Gómez DC, Rodas G. Comparing external total load, acceleration and deceleration outputs in elite basketball players across positions during match play. *Kinesiology* 50: 228–234, 2018.
  99. Vivek M. *Elite HRV: Top Heart Rate Variability App, Monitors, and Training*. Available at: <https://elitehrv.com/>. Accessed March 31, 2020.
  100. Xevi S. Monitoring of athletes and players for team and individual sports. Available at: <https://www.quanter.io/es.html>. Accessed March 31, 2020.
  101. xStart. Homepage—myCoach RPE. Available at: <http://www.mycoachrpe.com/?lang=es>. Accessed March 31, 2020.
  102. xStart. Readiness: Wellness monitoring by carlos balsalobre. Available at: <https://appadvice.com/app/readiness-wellness-monitoring/1437719482>. Accessed March 31, 2020.

## ORIGINAL

# Relationship between injury risk, workload, and rate of perceived exertion in professional women's basketball



## Relación entre lesionabilidad, carga de entrenamiento y percepción del esfuerzo en el baloncesto femenino profesional

Aitor Piedra <sup>a,b,\*</sup>, Javier Peña <sup>c,d</sup>, Victor Ciavattini <sup>b</sup>, Toni Caparrós <sup>a,c</sup>

<sup>a</sup> Institut Nacional d'Educació Física de Catalunya (INEFC), Universitat de Barcelona (UB), Barcelona, Spain

<sup>b</sup> Snatt's Femeni Sant Adrià (Sant Adrià, Barcelona, Spain)

<sup>c</sup> Sport Performance Analysis Research Group (SPARG), University of Vic-Central University of Catalonia (UVic-UCC), Barcelona, Spain

<sup>d</sup> Sport and Physical Activity Studies Centre (CEEAF), University of Vic-Central University of Catalonia (UVic-UCC), Barcelona, Spain

Received 22 November 2019; accepted 4 February 2020

Available online 18 March 2020

### KEYWORDS

Injury;  
Team sports;  
Recovery;  
Specific training;  
Association

**Abstract** In order to better understand the possible relationships between the application of training loads and the risk of injury in professional women's basketball, four parameters from a professional women's basketball team ( $N = 11$ ) were analysed: exposure time, number of injuries, rate of perceived exertion (RPE), and workload (sRPE). A total of 3182 h of exposure were registered, 2774 were training hours, and 408 were game hours with a total of 9 time loss injuries. The data obtained from each player was related to the exposure time, injury risk, perception of effort, and workload. Several differences were observed between the injury risk values and the morning RPE ( $F = 5.0811$ ;  $p = .032$ ), the sRPE of the morning practices ( $F = 7.3585$ ;  $p = .010$ ) and the total time of exposure ( $F = 3.5055$ ;  $p = .064$ ). There is also a significant negative relationship between total training time and the number of time-loss (TL) injuries ( $\rho = -.797$ ;  $p = .003$ ), as well as a possible association between exposure time and a lower risk of TL injury ( $R^2 = .645$ ). These findings suggest that an increase in specific exposure time could be associated with a decrease in the risk of time-loss injuries.

© 2020 FUTBOL CLUB BARCELONA and CONSELL CATALÀ DE L'ESPORT. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

### PALABRAS CLAVE

Lesión;  
Deportes de equipo;

**Resumen** Con el objetivo de entender mejor las posibles relaciones entre la aplicación de cargas de entrenamiento y el riesgo de lesión en el baloncesto femenino profesional, se analizaron 4 parámetros de un equipo de baloncesto femenino profesional ( $N = 11$ ): tiempo de exposición,

\* Corresponding author.

E-mail address: [aitor\\_95bcn@hotmail.com](mailto:aitor_95bcn@hotmail.com) (A. Piedra).



Recuperación;  
Entrenamiento  
específico;  
Asociación

número de lesiones, percepción del esfuerzo después de las sesiones entrenamiento (RPE) y carga de entrenamiento (sRPE). Se registraron 3.182 horas de exposición totales, de las cuales 2.774 fueron de entrenamiento y 408 h de competición con un total de 9 lesiones "time-loss" (TL) que comportaron tiempo de actividad perdido. Se relacionan los datos obtenidos de cada jugadora relativos a tiempo de exposición, lesiones, percepción del esfuerzo y carga de trabajo. Se observan posibles diferencias entre los valores de lesionabilidad y RPE de las sesiones de entrenamiento de la mañana ( $F = 5,0811$ ;  $p = 0,032$ ), el sRPE de la mañana ( $F = 7,3585$ ;  $p = 0,010$ ) y el tiempo total de exposición ( $F = 3,5055$ ;  $p = 0,064$ ). Se observa también una relación significativa negativa entre tiempo total de entrenamiento y el número de lesiones TL ( $\rho = -0,797$ ;  $p = 0,003$ ), así como una posible asociación entre el tiempo de exposición y una menor incidencia lesional TL ( $R^2 = 0,645$ ). Estos valores sugieren que un aumento del tiempo de exposición de carácter específico podría vincularse a la disminución del riesgo de lesiones "time-loss".

© 2020 FUTBOL CLUB BARCELONA y CONSELL CATALÀ DE L'ESPORT. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

## Introduction

Basketball is an intermittent sport with short and intense actions usually under 3 s long, and with longer periods of moderate activity and recovery.<sup>1</sup> Cardiovascular demands are high, with emphasis on aerobic metabolism and anaerobic glycolysis<sup>2</sup> as the main sources of energy and a maximum theoretical heart rate mean of 89% during games.<sup>3</sup> Winning in the professional sport requires the optimum combination of specific sports training to perfect performance and limited exposure of the sportsperson to injury risk settings.<sup>4</sup> With the appropriate training, the sportsperson's state of fitness may be improved and injury risk lowered.<sup>5</sup> Along these lines, physical preparation with light loads, aimed at qualitative execution of motion and specific guidance is useful in strength training in basketball.<sup>6</sup>

In women's basketball<sup>7</sup> the physical and physiological demands imposed on the players during games are defined as high (87.55% theoretical maximum HR), and it is described as a high intensity intermittent sport.

In women's basketball the intensity and frequency of training has to be adapted to the chronological and biological age of the players to prevent serious injuries.<sup>8</sup> Some anthropometric and physical aptitude characteristics of the teams and players are associated with parameters relating to performance.<sup>9</sup> In this specific context, high chronic training loads accomplished in the appropriate manner are associated with a lower risk of injury and better performance.<sup>10</sup> In fact, high and very high training loads imposed on the sportsperson in a chronic fashion may even protect them from suffering an injury.<sup>11</sup>

However, if these high loads are accomplished acutely and sporadically they appear to increase the risk of injury significantly.<sup>12</sup> Based on this premise it was observed in the past that there was a negative relationship between specific training time and total injuries.<sup>13</sup> It has also been possible to assess that an increase in training time and greater volume of competitions is linked to higher team performance.<sup>14</sup>

In order to be able to control all of these variables, professional sport requires monitoring of the training load and a scheduling of the conditional contents aimed at the availability of the sportsperson and the prevention of injuries.<sup>15</sup>

The goal of monitoring is to perfect the training process and facilitate decision-making during training.<sup>16</sup>

The rate of perceived exertion (RPE) is a useful tool for monitoring internal load in basketball.<sup>17</sup> The use of this perception once the session has terminated (sRPE) is a valid indicator of internal load ( $RPE \times \text{min}$ )<sup>18</sup>. The RPE provides us with a mechanism to quantify the intensity and allows us to calculate the workload on multiplying it by exposure time.<sup>19</sup> Monitoring training load with this system should be performed individually and take into consideration recovery strategies when the sportsperson is very tired.<sup>20</sup> Weekly load increases should be individually reviewed, correctly monitoring so as to avoid increases higher than the sportsperson's ability to tolerate them.<sup>21</sup>

The aim of this study is to better understand the possible relationships between the application of training loads and the risk of injury in professional women's basketball.

## Materials and method

### Participants

Eleven members of a professional women's highest state level (women's league 1) basketball team took part in the study during the 2017–2018 season. The mean age of these players was  $23.36 \pm 2.99$  years, with a mean height of  $182.18 \pm 9.59$  cm and weight of  $78.64 \pm 13.94$  kg.

All the players, trainers and managers of the team were informed about the research protocol and signed their informed consent prior to study commencement.

Data usage complied with the 1964 Declaration of Helsinki standards, reviewed in Fortaleza in 2013.<sup>22</sup>

The players were given an individual identification code to hide their identity, guaranteeing personal data protection

**Table 1** Variables and units of measurement.

Variables	Units of measurement
Time of exposure	Hours
Injury	Number of each type
RPE	CR-10
sRPE	Time of exposure × RPE

in compliance with the European Parliament General Data Protection Registry (GDPR).

### Planning the seasons

The season had a total duration of 32 weeks and its planning was divided into 3 phases. The first of these, the pre-season, lasted 6 weeks. In keeping with the competitive aims of the team, the aim of this initial phase was specific conditional improvement to start competing in an optimum state of fitness. After this, a second phase of 13 weeks was structured which corresponded to the entire first round of the competition, aimed at maintaining a state of competitive fitness and a third phase, also lasting 13 weeks, during the second round of competition, assuming optimum states of competitive fitness at the end of this phase.

The total duration of the study was 32 weeks, the total season.

### Variable recording

This study included 4 main parameters (Table 1). Exposure time: the exposure of the players was individually measured with the following variables: number and hours of competition and number and hours of total training. This follow-up was made from the beginning until the end of the season. Game time was defined as the hours each player played in these games, and the training time referred to morning and evening sessions of the team on the court. The individualised work of each player was also recorded so as to collect the maximum details of exposure time.

Injury: the methodology used for data collection was that proposed in the agreement of the Union of European Football Associations (UEFA) for defining injury and for data collection of injuries which occurred during the study.<sup>23</sup> A time-loss (TL) lesion was defined as any injury which occurred during training or a game and which led to the absence for at least the following session or game. Each individual data was recorded daily after each training session and game by the team's fitness coaches. Time loss from injuries was classified retrospectively based on their severity, determined by the number of days absence in participation.

Rate of perceived exertion (RPE): recording of the RPE was made on an individual basis 30 min after finalising each training session. Once the session had finished this was sent using the messaging application of *Whatsapp Messenger version 2.19.134* (Facebook Inc., California, USA) with a reminder message to each player and they sent the RPE through a private message. Once received this was recorded on the database. The scale used for exertion classification was that of Borg CR-10 where 1 was a very mild exertion and

10 was maximum exertion. The RPE was revealed in previous studies to be a valid method for quantifying training loads in sport for an intermittent team of high intensity.<sup>18</sup>

Workload (sRPE): this was calculated by multiplying the perceived intensity (RPE) by the duration of the sessions or game (min). Workload was expressed in arbitrary units (AU).<sup>19</sup>

### Statistical analysis

Time of exposure, rate of injuries, RPE and sRPE were recorded for 32 weeks. Data analysis was performed using the SPSS V.18.0 software for Windows (SPSS Science Inc., Chicago, IL, USA).

Initial descriptive analysis expressed through the minimum, maximum, mean and standard deviation of all variables was performed. Later, and after the data normality study a Pearson correlation was made with the numerical variables obtained during the data recording. An ANOVA one-way hypothesis contrast test was also performed to determine the difference between groups in relation to their susceptibility to injury. The average results of exposure time, injuries, RPE and workload (sRPE) were correlated using the Spearman Rho test with consideration of the sample size ( $N=11$ ). Finally, a lineal regression analysis was performed to determine the possible association between variables. In all cases the coefficient oscillated between  $-1$  and  $+1$ , and the significance level established for all analyses was  $p < .05$ .

### Results

Mean duration of training sessions in the mornings was  $85.40 \pm 16.07$  min and in the evenings was  $100.26 \pm 18.71$  min. The average RPE of the team after morning training was  $3.5 \pm 1.1$  and after evening training was  $6.0 \pm 1.5$  (Table 2).

A total of 83 injuries were recorded, 36 of which was classified in accordance to their diagnosis as muscular pain (S). Out of the total injuries 38 required the attention of the team physiotherapist ("Physio attention" or FA) and 9 were considered time-loss (TL) injuries. The time-loss injuries were categorised in further detail depending on their severity. Two injuries were classified as "minimal" (1–3 days off sick), 3 as "mild" (4–7 days off sick), 2 as "moderate" (8–28 off sick) and 2 as "severe" (+ 28 days off sick). Thirty one injuries were recurrent and 16 were caused by contact with teammates and/or adversaries.

The side of the body with the most reported injuries was the right side with 29 injuries recorded. The most frequent location was the ankle (25), followed by the thigh (16) and the knee (10). With regards to injury type, 30 injuries were recorded in the form of cramps, 14 contusions and bruises and 8 sprains. The most significant cause of participating players' loss of activity (training or match) was sports injury.

During the study, 68 injuries occurred during training sessions and 15 during games.

The position which suffered the most time-lost injuries was the pivot with 7 episodes, followed by the small forwards with 2 recorded injuries.

**Table 2** values (averages and SD) of the rate of perceived exertion (RPE) and training load by player during one season.

	RPE (CR-10)	Morning RPE (CR-10)	Evening RPE (CR-10)	LOAD (RPE × min)	Morning load (RPE × min)	Evening load (RPE × min)
Player 1	5.1 (±2.0)	3.3 (±.7)	5.8 (±1.4)	487.4 (±214.6)	270.6 (±90.1)	570.2 (±167.7)
Player 2	4.9 (±1.9)	3.5 (±1.2)	5.2 (±1.4)	483.9 (±194.9)	305.5 (±150.2)	518.1 (±159.9)
Player 3	5.8 (±1.8)	4.0 (±1.3)	5.9 (±1.6)	597.9 (±190.7)	351.3 (±144.0)	614.9 (±180.6)
Player 4	6.5 (±2.0)	3.9 (±1.0)	7.2 (±1.4)	639.1 (±203.3)	313.2 (±127.9)	725.7 (±162.2)
Player 5	5.4 (±2.0)	3.0 (±.9)	6.4 (±1.5)	530.8 (±204.5)	247.2 (±99.6)	642.9 (±162.0)
Player 6	6.3 (±2.5)	4.8 (±1.2)	7.0 (±.9)	615.6 (±263.3)	409.3 (±166.1)	709.8 (±134.2)
Player 7	6.2 (±2.2)	3.6 (±0.9)	7.3 (±1.4)	635.9 (±232.2)	307.3 (±112.2)	769.5 (±171.6)
Player 8	4.9 (±1.4)	2.8 (±.8)	5.0 (±1.4)	476.3 (±170.8)	274.2 (±107.5)	486.6 (±170.2)
Player 9	4.6 (±1.9)	3.1 (±.9)	5.1 (±1.3)	433.3 (±199.1)	246.2 (±77.4)	498.1 (±151.9)
Player 10	5.6 (±2.1)	4.0 (±1.3)	6.1 (±1.2)	547.2 (±201.9)	330.9 (±124.6)	612.2 (±132.4)
Player 11	4.4 (±1.5)	2.4 (±.6)	5.0 (±1.2)	422.9 (±145.1)	196.5 (±73.2)	486.0 (±118.4)
TOTAL	5.4 (±2.2)	3.5 (±1.1)	6.0 (±1.5)	533.7 (±224.3)	295.6 (±126.5)	603.1 (±175.3)

RPE: Average Rpe; morning RPE; Average of morning Rpe; Evening RPEe; Average of evening Rpe; Load: average load; Morning load: average morning load; Evening load: Average of evening load.

**Table 3** Total training practices, games, hours of exposure and total number of injuries by player during one season.

	Number of training practices	Number of morning training practices	Number of evening training practices	Number of games	Total hours of exposure (h)	Hours of exposure to games (h)	Hours of exposure to training practices (h)	Hours of exposure to morning training practices (h)	Hours of exposure to evening training practices (h)	Number of injuries	Injuries (TL)	Injuries (FA)	Injuries (S)
Player 1	181	50	131	30	331	34	297	69	228	6	0	5	1
Player 2	112	18	94	20	215	29	186	26	161	7	2	0	5
Player 3	124	8	116	27	256	41	215	12	203	11	1	3	7
Player 4	162	34	128	30	311	40	271	48	223	12	0	4	8
Player 5	180	51	129	30	336	43	293	70	223	8	0	4	4
Player 6	134	42	92	22	256	30	226	62	164	9	4	4	1
Player 7	180	52	128	31	354	53	301	76	225	9	0	6	3
Player 8	124	6	118	28	244	31	213	10	202	9	2	1	6
Player 9	171	44	127	30	317	32	285	63	222	1	0	1	0
Player 10	143	33	110	28	278	39	239	49	190	7	0	7	0
Player 11	133	29	104	27	284	36	248	38	210	4	0	3	1
TOTAL	1644	367	1277	303	3182	408	2774	523	2251	83	9	38	36

Number of total training practices; number of morning training practices; number of evening training practices; number of games; total of exposure hours; total of game hours; hours of morning training practice exposure; hours of evening training practice exposure; total injuries; total time loss injuries; total physio attention injuries; total soreness injuries.



**Table 4** Significant Spearman (Rho) correlations of training, games, exposure time and TL injury values.

Variable	Rho	<i>p</i>
Number of training practices	-.719*	.01
Number of morning training practices	-.560	.07
Number of evening training practices	-.646*	.03
Number of games	-.741**	.009
Total hours of exposure (h)	-.829**	.002
Hours of exposure to games (h)	-.634*	.03
Hours of exposure to training practices (h)	-.797**	.003
Hours of exposure to morning training practices (h)	-.560	.07
Hours of exposure to evening training practices (h)	-.745**	.009

Number of total training practices; number of morning training practices; number of evening training practices; number of games; total hours of exposure; total hours of games; hours of morning training practice exposure; hours of evening training practice exposure; significance level:

\*  $p < .05$ .

\*\*  $p < .01$ .

During the one-way ANOVA test differences were observed between the morning RPE ( $F=5.0811$ ;  $p=.032$ ), the morning sRPE ( $F=7.3585$ ;  $p=.010$ ) and the total time of exposure ( $F=3.5055$ ;  $p=.064$ ) for the variables to get injured or not to get injured.

After performing the Spearman Rho test on the average results, highly significant negative ratios were observed between the number of training sessions and TL ( $\rho = -.719$ ;  $p = .013$ ), matches played and TL ( $\rho = -.741$ ;  $p = .009$ ) and hours of practice and TL ( $\rho = -.797$ ;  $p = .003$ ) (Table 3).

From the lineal regression study a possible coincidence was observed between exposure time and TL which occurred during the study ( $R^2 = .645$ ) (Table 4).

## Discussion

The most important finding of this study is the association between exposure time and a reduction in the rate of time-loss injuries. This factor is related both to RPE and to sRPE of the morning training sessions.

During the season the players with the highest exposure to specific training load were the ones with the fewest setbacks in the form of injuries. The progressive increase of chronic load, assuming the adaption goals of the player, appears to show a protective effect regarding sports injuries in general and overuse in particular.<sup>24</sup> It is worth emphasizing that during the study only 5 players did not suffer from any injuries which prevented them from training or competing. These data are consistent with previous research into women's professional basketball which confirm that the rate of injuries is even higher than in men's basketball.<sup>25</sup>

Despite the fact that other, previous studies have analysed the number of injuries imposed by excessive training loads on sportspeople,<sup>14,26</sup> appropriate management of training loads and of exposure time appears to reduce risk of injury.<sup>27</sup> Current recommendations derived from scientific evidence are that, pre-season, exposure time of players to the sports activity should be progressively increased and with heightened progression.<sup>28</sup>

However, an appropriate management of the training load is a relevant element in any phase of the season.<sup>27,29</sup>

Chronic loads with an undemanding profile also have a negative effect, increasing the risk of injury. The findings in this study are consistent with this last statement, observing that players with the highest exposure time were those who suffered from the fewest TL injuries ( $p = .003$ ). The highest load demands imposed on sportspeople were appropriately controlled and were individually treated.<sup>30</sup>

During the study 9 time-loss injuries were recorded, 2 of which were severe, with the player having more than one month of sick leave. The most recurrent severity level in the study was that of 'slight', with many situations requiring the attention of the physiotherapist but without causing any absence from sessions (74 occasions). This fact which is highly common in professional sport must be known so as to interpret the statistical analysis correctly. Injury in professional sports is an extremely multifactorial dimension which may be influenced by a myriad of factors<sup>31</sup> and often the sportsperson's interest in not missing out on any activity time despite feeling discomfort does not help to properly detect the relationship between internal and external risk factors and the events which may trigger more serious subsequent injuries.<sup>32</sup>

Recovery time between training and competitions is another relevant aspect that deserves examination. Optimum recovery may reduce the risk of injury.<sup>33</sup> The literature affirms that sportspeople become injured for four main reasons: over training, over-powered, lack of preparation and lack of recovery.<sup>34,35</sup>

With regard to the results obtained in this research study, it can be confirmed that the morning RPE ( $p = .032$ ) and the morning sRPE ( $p = .01$ ) impacted the occurrence of an injury. In the team studied, the evening training sessions finished at eleven at night and the players attended training at ten in the morning. The fact that there was not sufficient a margin of recovery time is an aspect that should be assessed and managed appropriately as a preventative measure. Optimum rest is not only a beneficial variable for sportspeople's health, it also allows the players to reach their maximum athletic performance,<sup>36</sup> which leads us to believe that in highly competitive sports recovery is one of the most important elements of a training regime.<sup>37</sup>

**Table 5** Results of the simple lineal regression analysis that explains the TL injuries in accordance with time of exposure to training practice.

Summary of regression model						
Model		<i>R</i>	<i>R</i> <sup>2</sup>	Adjusted <i>R</i> <sup>2</sup>		RMSE
1		80	65	60		84
ANOVA of the equation						
Model		Sum of squares	df	Mean of squares	<i>F</i>	<i>p</i>
1	Regression	11.37	1	11.37	16.32	.003
	Residual	6.27	9	.69		
	Total	17.36	10			
Coefficients of the equation						
Model		Not standardised	Standard Error	Standardised	<i>t</i>	<i>p</i>
1	(Constant)	9.22	2.27		4.37	.002
	Time of exposure to training practice	−.04	.11	−.80	−4.04	.003

Predictive variable: time of exposure to training practices.  
Dependent variable: TL injuries.

In this study, exposure time of each player was analysed to avoid interpretation of results that could be biased by the number of training sessions. This is one of the major limitations of the study, since a player who is off sick could not participate in the training sessions. Being aware of exposure time, meant that this time could be related to injury in a clearer fashion and therefore the values of each player were able to be recorded individually and their exposure was modified whenever something from the established plan varied. We also took into account the players who contested games with their national selection, when their exposure time was therefore affected. Some specific examples from the sample are that player 7 presented with a total of 354 exposure hours and during that time suffered from no injuries that caused them to be off sick. Player 9 played for a total of 318 h and did not suffer from any serious injury either. However, other players who had less exposure hours, as was the case of player 2 (215 h) and 8 (244 h) suffered in both cases from 2 time-loss injuries (Table 5).

### Practical application

When planning the season all variables which could affect a sports injury occurring should be taken into consideration. Useful and ecological control and assessment tools should be incorporated which simultaneously enable correct monitoring of the sessions.

It is vital to encourage optimum recovery, controlling times when training sessions commence, or improving travel management. Lack of rest may lead to a negative effect in the training process and may foment injuries.

Identifying players with a lower training load and giving them personalised complementary tasks should be a basic element for the prevention of injuries.

### Conclusions

The indicators suggest that increasing exposure time to specific training could reduce the risk of time-loss injuries occurring.

RPE is profiled as a useful, valid and ecological tool for managing training load in professional women's basketball.

### Future outlook

Sport needs applied science to continue improving.<sup>38</sup> Understanding the effect of training in the development of the sportsperson, and management of optimum loads will allow us to continue advancing in the field of performance optimisation and the prevention of injuries.<sup>39</sup> At present there are several models which enable this monitoring to take place and which may be useful in contexts like this study.

### Study limitations

This study only includes one sport season and a sample of 11 players. The morning training sessions impacts the values reported during the evening session.<sup>40</sup> This aspect should be taken into consideration if decisions are taken using these subjective indicators.

A period of familiarisation with the players is always necessary with the RPE scale, since the highly significant variations in the values given by sportspeople may give rise to erroneous conclusions during their analysis.

### Conflict of interests

The authors have no conflict of interests to declare.

## References

- Ben Abdelkrim N, El Fazaa S, El Ati J, Tabka Z. Time-motion analysis and physiological data of elite under-19-year-old basketball players during competition \* Commentary. *Br J Sports Med.* 2007;41:69–75, <http://dx.doi.org/10.1136/bjism.2006.032318>.
- Delextrat A, Cohen D. Physiological testing of basketball players: toward a standard evaluation of anaerobic fitness. *J Strength Cond Res.* 2008;22:1066–72, <http://dx.doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181739d9b>.
- Ziv G, Lidor R. Physical attributes, physiological characteristics, on-court performances and nutritional strategies of female and male basketball players. *Sports Med.* 2009;39:547–68 <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19530751> [accessed 6.06.18].
- Fuller CW, Junge A, Dvorak J. Risk management: FIFA's approach for protecting the health of football players. *Br J Sports Med.* 2012;46:11–7, <http://dx.doi.org/10.1136/bjsports-2011-090634>.
- Bangsbo J, Mohr M, Poulsen A, Perez-Gomez J, Krstrup P. Training and testing the elite athlete. *J Exerc Sci Fit.* 2006;4 <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.578.5352&rep=rep1&type=pdf> [accessed 5.06.18].
- Caparrós T, Padullés JM, Rodas G, Capdevila L. ¿La fuerza puede predecir el rendimiento y la lesionabilidad en el baloncesto profesional?; 2014 <http://www.revista-apunts.com/es/hemeroteca?article=1658> [accessed 10.01.18].
- Salazar H, Calleja-González J, Arratibel I, Vaquera A, Terrados N. Análisis de carga interna y externa en competición oficial con jugadoras semiprofesionales de baloncesto. *Rev Andaluza Med del Deport.* 2017;10:204–5, <http://dx.doi.org/10.1016/J.RAMD.2016.11.011>.
- Stojmenovic T, Malic T, Vukasinovic-Vesic M, Andjelkovic M, Dikic N. Overtraining as a risk factor for anterior cruciate ligament rupture in female basketball players. *Br J Sports Med.* 2017;51:392, <http://dx.doi.org/10.1136/bjsports-2016-097372.276>, 3–393.
- García-Gil M, Torres-Unda J, Esain I, Duñabeitia I, Gil S, Gil J, et al. Anthropometric parameters age, and agility as performance predictors in elite female basketball players. *J Strength Cond Res.* 2018;32:1723–30, <http://dx.doi.org/10.1519/JSC.0000000000002043>.
- Gabbett TJ, Whiteley R. Two training-load paradoxes: can we work harder and smarter can physical preparation and medical be teammates? *Int J Sports Physiol Perform.* 2017;12 Suppl. 2, <http://dx.doi.org/10.1123/ijsspp.2016-0321>. S2-50-S2-54.
- Hulin BT, Gabbett TJ, Caputi P, Lawson DW, Sampson JA. Low chronic workload and the acute:chronic workload ratio are more predictive of injury than between-match recovery time: a two-season prospective cohort study in elite rugby league players. *Br J Sports Med.* 2016;50:1008–12, <http://dx.doi.org/10.1136/bjsports-2015-095364>.
- 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.* 2016;50:231–6, <http://dx.doi.org/10.1136/bjsports-2015-094817>.
- Caparrós T. Valoració funcional al bàsquet professional. Capacitats condicionals, rendiment i lesionabilitat. 2013. [http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/53766/1/TCP\\_TESI.pdf](http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/53766/1/TCP_TESI.pdf) [accessed 6.06.18].
- Caparrós T, Alentorn-Geli E, Myer GD, Capdevila LL, Samuelsson K, Hamilton B, et al. The relationship of practice exposure and injury rate on game performance and season success in professional male basketball. *J Sports Sci Med.* 2016;15:397–402 <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27803617> [accessed 6.06.18].
- Gabbett TJ. The training–injury prevention paradox: should athletes be training smarter and harder? *Br J Sport Med.* 2016;50:273–80, <http://dx.doi.org/10.1136/bjsports-2015-095788>.
- Ballesta AS, Abruñedo J, Caparrós T. Accelerometria en bàsquet Estudi de la càrrega externa durant els entrenaments. *Apunt Educ física i esports.* 2019;1:100–17. <https://www.raco.cat/index.php/ApuntsEFE/article/view/347992> [accessed 8.05.19].
- Lupo C, Tessitore A, Gasperi L, Gomez M. Session-RPE for quantifying the load of different youth basketball training sessions. *Biol Sport.* 2017;34:11–7, <http://dx.doi.org/10.5114/biolsport.2017.63381>.
- Scott TJ, Black CR, Quinn J, Coutts AJ. Validity and reliability of the session-rpe method for quantifying training in Australian football: a comparison of the Cr10 and Cr100 scales. *J Strength Cond Res.* 2013;27:270–6, <http://dx.doi.org/10.1519/jsc.0b013e3182541d2e>.
- Foster C, Florhaug JA, Franklin J, et al. A new approach to monitoring exercise training. *J Strength Cond Res.* 2001;15:109–15 <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11708692> [accessed 6.06.18].
- Weiss KJ, Allen SV, McGuigan MR, Whatman CS. The relationship between training load and injury in men's professional basketball. *Int J Sports Physiol Perform.* 2017;12:1238–42, <http://dx.doi.org/10.1123/ijsspp.2016-0726>.
- Rogalski B, Dawson B, Heasman J, Gabbett TJ. Training and game loads and injury risk in elite Australian footballers. *J Sci Med Sport.* 2013;16:499–503, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsams.2012.12.004>.
- World Medical Association. World medical association Declaration of Helsinki. *JAMA.* 2013;310:2191, <http://dx.doi.org/10.1001/jama.2013.281053>.
- Häggglund M, Waldén M, Bahr R, Ekstrand J. Methods for epidemiological study of injuries to professional football players: developing the UEFA model. *Br J Sports Med.* 2005;39:340–6, <http://dx.doi.org/10.1136/bjism.2005.018267>.
- Gabbett TJ. The training-injury prevention paradox: should athletes be training smarter and harder? *Br J Sports Med.* 2016;50:273–80, <http://dx.doi.org/10.1136/bjsports-2015-095788>.
- Deitch JR, Starkey C, Walters SL, Moseley JB. Injury risk in professional basketball players: a comparison of Women's National Basketball Association and National Basketball Association athletes. *Am J Sports Med.* 2006;34:1077–83, <http://dx.doi.org/10.1177/0363546505285383>.
- Gabbett TJ, Ullah S. Relationship between running loads and soft-tissue injury in elite team sport athletes. *J Strength Cond Res.* 2012;26:953–60, <http://dx.doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182302023>.
- Drew MK, Finch CF. The relationship between training load and injury illness and soreness: a systematic and literature review. *Sport Med.* 2016;46:861–83, <http://dx.doi.org/10.1007/s40279-015-0459-8>.
- Windt J, Gabbett TJ, Ferris D, Khan KM. Training load-injury paradox: is greater preseason participation associated with lower in-season injury risk in elite rugby league players? *Br J Sports Med.* 2017;51:645–50, <http://dx.doi.org/10.1136/bjsports-2016-095973>.
- Caparrós T, Casals M, Solana Á, Peña J. Low external workloads are related to higher injury risk in professional male basketball games. *J Sports Sci Med.* 2018;17:289–97 <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29769830> [accessed 5.06.18].
- Bengtsson H, Ekstrand J, Häggglund M. Muscle injury rates in professional football increase with fixture congestion: an 11-year follow-up of the UEFA Champions

- League injury study. *Br J Sports Med.* 2013;47:743–7, <http://dx.doi.org/10.1136/bjsports-2013-092383>.
31. Colby MJ, Dawson B, Peeling P, et al. Multivariate modelling of subjective and objective monitoring data improve the detection of non-contact injury risk in elite Australian footballers. *J Sci Med Sport.* 2017;20:1068–74, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsams.2017.05.010>.
  32. Bahr R, Holme I. Risk factors for sports injuries – a methodological approach. *Br J Sports Med.* 2003;37:384–92, <http://dx.doi.org/10.1136/bjism.37.5.384>.
  33. Aicale R, Tarantino D, Maffulli N. Overuse injuries in sport: a comprehensive overview. *J Orthop Surg Res.* 2018;13, <http://dx.doi.org/10.1186/s13018-018-1017-5>.
  34. Williams S, Trewartha G, Kemp SPT, Brooks JHM, Fuller CW, Taylor AE, et al. How much rugby is too much? A seven-season prospective cohort study of match exposure and injury risk in professional rugby union players. *Sport Med.* 2017;47:2395–402, <http://dx.doi.org/10.1007/s40279-017-0721-3>.
  35. Fullagar HHK, Duffield R, Skorski S, Coutts AJ, Julian R, Meyer T. Sleep and recovery in team sport: current sleep-related issues facing professional team-sport athletes. *Int J Sports Physiol Perform.* 2015;10:950–7, <http://dx.doi.org/10.1123/ijsp.2014-0565>.
  36. Mah CD, Mah KE, Kezirian EJ, Dement WC. The effects of sleep extension on the athletic performance of collegiate basketball players. *Sleep.* 2011;34:943–50, <http://dx.doi.org/10.5665/SLEEP.1132>.
  37. Calleja-González J, Terrados N, Mielgo-Ayuso J, Delextrat A, Jukic I, Vaquera A, et al. Evidence-based post-exercise recovery strategies in basketball. *Phys Sportsmed.* 2016;44:74–8, <http://dx.doi.org/10.1080/00913847.2016.1102033>.
  38. Balagué N, Pol R, Guerrero I. Ciència o pseudociència de l'activitat física i l'esport? *Apunt Educ física i esports.* 2019;2:129–36. <https://www.raco.cat/index.php/ApuntsEFE/article/view/353518> [accessed 8.05.19].
  39. Caparrós T, Pujol M, Salas C. Pautas generales en el proceso de readaptación al entrenamiento después de una lesión deportiva. *Apunt Med l'Esport.* 2017;52:167–72, <http://dx.doi.org/10.1016/j.apunts.2017.02.002>.
  40. Ullah S, Gabbett TJ, Finch CF. Statistical modelling for recurrent events: an application to sports injuries. *Br J Sports Med.* 2014;48:1287–93, <http://dx.doi.org/10.1136/bjsports-2011-090803>.



Junta de Andalucía  
Consejería de Educación y Deporte

# Revista Andaluza de Medicina del Deporte

<https://ws072.juntadeandalucia.es/ojs>



Original

## Uso del índice de esfuerzo percibido en contextos competitivos de baloncesto femenino y masculino



A. Piedra<sup>a,b</sup>, J. Peña<sup>b,c\*</sup>, A. Sánchez<sup>a</sup>, T. Caparrós<sup>a,c</sup>

<sup>a</sup> Instituto Nacional de Educación Física de Cataluña. Universidad de Barcelona. España.

<sup>b</sup> Centro de Estudios en Deporte y Actividad Física (CEEAF). Universidad de Vic-Universidad Central de Cataluña. Barcelona. España.

<sup>c</sup> Grupo de Investigación SPARG. Universidad de Vic-Universidad Central de Cataluña. España.

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO: Recibido el 1 de junio de 2020, aceptado el 9 de julio de 2020, online el 9 de julio de 2020

### RESUMEN

**Objetivo:** Valorar la aplicabilidad del índice de esfuerzo percibido como herramienta para el control de la carga interna en baloncesto femenino y masculino.

**Método:** Se llevó a cabo un estudio descriptivo, observacional y prospectivo durante una temporada completa. En cada sesión de entrenamiento se registraron tiempo de exposición, índice de esfuerzo percibido, carga de trabajo, lesionabilidad y el rendimiento durante la competición.

**Resultados:** El equipo femenino mostró una media de esfuerzo percibido de  $4.8 \pm 1.52$  y 9 lesiones "time-loss" y el masculino un esfuerzo percibido de  $4.24 \pm 2.23$  y 7 lesiones "time-loss". Las variables analizadas se comportaron de manera independiente entre los equipos ( $p < 0.01$ ). Se observaron correlaciones significativas en ambos equipos: grandes y moderadas para esfuerzo percibido y tiempo de exposición ( $p < 0.01$ ); bajas para esfuerzo percibido y valoración ( $p < 0.01$ ); moderadas y triviales para esfuerzo percibido y victoria ( $p < 0.023$ ) y bajas para carga de trabajo y valoración ( $p < 0.01$ ). Además, fueron triviales para esfuerzo percibido y lesión "physio attention" en el equipo femenino ( $p < 0.01$ ) y para esfuerzo percibido y lesiones "time-loss" en el masculino ( $p < 0.002$ ).

**Conclusiones:** Los resultados sugieren que el índice de esfuerzo percibido es una herramienta útil para el control de carga interna en baloncesto, asociada al rendimiento y la lesionabilidad.

**Palabras clave:** Carga de entrenamiento; Rendimiento; Lesión; Deportes de equipo.

## Use of the rate of perceived exertion in competitive contexts of men's and women's basketball

### ABSTRACT

**Objective:** To assess the applicability of the Rating of Perceived Exertion as a tool to control internal loads in female and male basketball.

**Method:** a descriptive, observational and prospective study was carried out during a full season. Exposure time, rating of perceived exertion, workload, lesionability and performance during the competition were registered in each training session.

**Results:** The women's team showed an average of perceived exertion of  $4.8 \pm 1.52$  and 9 injuries time-loss and the men's team an average of  $4.24 \pm 2.23$  and 7 injuries time-loss. The variables analyzed behaved independently between the teams ( $p < 0.01$ ). Significant correlations were observed in both teams: Between perceived exertion and exposure time ( $p < 0.01$ ) were large and moderate; between perceived exertion and performance in game ( $p < 0.01$ ) were low, between perceived exertion and victory ( $p < 0.01$ ) were moderate and trivial and between workload and performance in game ( $p < 0.01$ ) were small. Plus they were trivial between perceived exertion and injuries physiotherapist attention in the female team ( $p < 0.01$ ) and between perceived exertion and injuries time-loss in the male team ( $p < 0.002$ ).

**Conclusions:** The results suggest that rate of perceived exertion is a tool that can be used to obtain useful information about internal load in basketball, associated with performance and the incidence of injuries.

**Keywords:** Training load; Performance; Injury; Team sports.

\* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: [javier.pena@uvic.cat](mailto:javier.pena@uvic.cat) (J. Peña).

<https://doi.org/10.33155/j.ramd.2020.07.003>

© 2021 Consejería de Educación y Deporte de la Junta de Andalucía. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND

(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)



## Uso do índice de esforço percebido em contextos competitivos do basquete feminino e masculino

### RESUMO

**Objetivo:** Avaliar a aplicabilidade do índice de esforço percebido como uma ferramenta para controlar a carga interna no basquete feminino e masculino. **Método:** Foi realizado um estudo descritivo, observacional e prospectivo durante toda a época. Em cada sessão de treinamento foram registrados o tempo de exposição, índice de esforço percebido, carga de trabalho, lesionabilidade e desempenho durante a competição.

**Resultados:** A equipe feminina apresentou uma média de esforço percebido de  $4.8 \pm 1.52$  e 9 lesões por perda de tempo e a equipe masculina um esforço percebido de  $4.24 \pm 2.23$  e 7 lesões por perda de tempo. As variáveis analisadas se comportaram de forma independente entre as equipes ( $p < 0.01$ ). Correlações significativas foram observadas em ambas as equipes: grandes e moderadas para percepção de esforço e tempo de exposição ( $p < 0.01$ ); baixas por esforço percebido e avaliação ( $p < 0.01$ ); moderado e trivial para percepção de esforço e vitória ( $p < 0.023$ ) e baixo para carga de trabalho e avaliação ( $p < 0.01$ ). Além disso, foram triviais para a percepção de esforço e lesão da atenção do fisioterapeuta na equipe feminina ( $p < 0.01$ ) e para a percepção de lesão por esforço e perda de tempo na equipe masculina ( $p < 0.002$ ).

**Conclusões:** Os resultados sugerem que o índice de esforço percebido é uma ferramenta útil para controlar a carga interna no basquete, associada ao desempenho e lesões.

**Palavras-chave:** Carga de treinamento; Desempenho; Lesão; Esportes de equipe.

### Introducción

El baloncesto es un deporte en el que desde un punto condicional destacan las acciones de alta intensidad, cambios de dirección, saltos, contactos, aceleraciones, desaceleraciones y habilidades específicas de forma estocástica e intermitente, normalmente inferiores a tres segundos, combinadas con periodos más largos de actividad moderada y recuperación<sup>1</sup>. Su demanda cardiovascular es elevada, destacando su naturaleza aeróbica y la demanda sobre la glucólisis anaeróbica como principales vías energéticas, con una frecuencia cardíaca máxima muy similar durante la competición en ambos géneros: 89% de la frecuencia cardíaca máxima teórica de media durante los partidos masculinos<sup>2</sup> y 87.55% en los femeninos<sup>3</sup>.

El control de carga en baloncesto tiene como objetivo optimizar el proceso de entrenamiento, facilitar la toma de decisiones de los cuerpos técnicos, y minimizar el riesgo de lesión<sup>4</sup>. La carga de entrenamiento engloba tanto la carga interna (CI), como la carga externa (CE). La cuantificación de la CE implica la recogida de variables como el tiempo de exposición (TE), la distancia recorrida, variables de acelerometría o *Global Positioning System* (GPS) (*high-speed running*, aceleraciones, desaceleraciones) durante el entrenamiento o la competición<sup>4</sup>. La respuesta fisiológica individualizada de cada deportista a esa CE es lo que se define como carga interna (CI), y se expresa habitualmente en variables como la frecuencia cardíaca (FC), índice de esfuerzo percibido (RPE), lactato, consumo de oxígeno etc.<sup>4,5</sup>. Los valores de carga interna nos pueden dar información sobre como el deportista se adapta al proceso de entrenamiento y como realiza sus procesos de recuperación<sup>6</sup>.

Estudios recientes utilizan el RPE<sup>7-9</sup> y el *sessional Ratings of Perceived Exertions* (sRPE)<sup>10</sup> como indicadores de la carga interna del entrenamiento. La sRPE se obtiene multiplicando el RPE general obtenido al final de una sesión de entrenamiento, usando la escala Borg CR10 por la duración total (en minutos) de la sesión de entrenamiento, para proporcionar un valor de impulso de entrenamiento (TRIMP) en unidades arbitrarias (UA)<sup>4</sup>. El RPE es un método rápido, económico y ecológico y puede ser muy útil y práctico para que entrenadores/as y preparadores/as físicos puedan supervisar y controlar la carga interna para diseñar estrategias de periodización tanto en baloncesto<sup>11</sup> como en otros deportes colectivos, proporcionando una mejor comprensión de la carga interna de manera individualizada en las sesiones de entrenamiento y en las competiciones de baloncesto<sup>12</sup>. Esta herramienta es aplicable independientemente de la duración de la sesión y las secciones de la sesión de entrenamiento<sup>9</sup>. Las jugadoras de baloncesto son capaces de cuantificar la carga de entrenamiento interna de los entrenamientos mejor que sus

entrenadores, fortaleciendo la validez del RPE como una herramienta para monitorizar el entrenamiento en los deportes de equipo<sup>13</sup> y como elemento de soporte para diseñar y controlar el proceso de entrenamiento de manera efectiva<sup>14</sup>. El control de la carga de entrenamiento se presenta, por tanto, como un recurso adaptable a medios ecológicos, que no conlleva un gran gasto económico, siendo útil, fiable<sup>11</sup> y permitiendo un proceso de registro de datos sencillo<sup>4</sup>.

La aplicación de estos recursos se orienta a dos objetivos. Por un lado, las medidas de carga de entrenamiento mediante RPE tienen una asociación con el rendimiento del jugador<sup>15</sup>. Para valorar este rendimiento, la estadística del partido y los valores que proporciona de cada jugador han sido utilizados para conocer el rendimiento de los jugadores<sup>16</sup>. También se ha considerado en algunos estudios la diferencia de puntos en el marcador como otra variable de rendimiento<sup>17</sup>. Además, en deportes como el fútbol australiano y el voleibol existe una asociación entre RPE y estadísticas relacionadas con el juego<sup>18</sup>. A su vez, el aumento del tiempo de entrenamiento y de los partidos están relacionados, tanto con un mejor rendimiento del equipo, como con un mayor número de lesiones<sup>19</sup>. A su vez, mayores valores de RPE se asocian a mayores cargas de trabajo y un riesgo de lesión aumentado en baloncesto femenino profesional<sup>11</sup>.

Ahora bien, existen posicionamientos en los cuales el RPE no se considera un método válido, para el control de cargas, debido a que muestra bajos niveles de fiabilidad evaluando la carga interna de entrenamiento<sup>20</sup>. Parece pues, que el tipo de entrenamiento también influye en cómo los jugadores perciben la intensidad, independientemente de cómo responden fisiológicamente, cuando otros modelos están menos influenciados por factores externos como la ansiedad (y, por lo tanto, la percepción del esfuerzo), y podrían ofrecernos información más correcta<sup>21</sup>. Durante la competición es posible que la percepción del esfuerzo esté influenciada por factores psicológicos como el estrés y la ansiedad<sup>12</sup>. Los valores de RPE informados tienen fluctuaciones en función del contexto<sup>22</sup> y este hecho se podría relacionar con la variable de género, ya que hay evidencias de las diferencias de género en la sensibilidad al dolor y la respuesta analgésica. Sin embargo, debido a la gran validez de la medida mediante RPE en diferentes intensidades de ejercicio junto con la naturaleza sencilla y no invasiva de este método, se sugiere que el RPE es un método válido para cuantificar las cargas de entrenamiento en deportes de equipo intermitentes de alta intensidad<sup>20</sup>.

Atendiendo a este debate, y la necesidad de ofrecer variables aplicables para llevar a cabo un control de carga fiable y fundamentadas en métodos de carácter ecológico en el baloncesto, el objetivo de esta investigación es determinar la aplicabilidad del RPE como herramienta para el control de la carga interna en

baloncesto tanto femenino como masculino, así como valorar su asociación con el rendimiento individual y colectivo de un equipo.

## Método

### Sujetos

Veintidós deportistas, integrantes de un equipo de baloncesto femenino y de un equipo de baloncesto masculino participaron en el estudio. Las 11 jugadoras del equipo femenino (Liga Femenina 1, máxima división estatal) presentaron una edad media de  $23 \pm 2$  años, una altura de  $182 \pm 9$  cm y un peso de  $78 \pm 13$  kg. Los 11 jugadores del equipo masculino (Copa Cataluña, 4ª división estatal) tenían una edad media de  $25 \pm 5$  años, una altura de  $194 \pm 5$  cm y un peso de  $87 \pm 8$  kg. Todos los procedimientos de la investigación siguieron los estándares de la Declaración de Helsinki y sus revisiones posteriores. Los datos se recogieron dentro de la actividad diaria de los equipos, y las jugadoras y jugadores fueron informados de que se usaban con fines deportivos y también en un contexto científico. A las jugadoras y jugadores se les asignó un código de identificación individual para ocultar su identidad, garantizando la protección de los datos de carácter personal de acuerdo con el Reglamento General de Protección de Datos (RGPD) del Parlamento Europeo (14/04/2016).

El equipo femenino realizaba cinco sesiones de pista obligatorias, dos sesiones de preparación física y competía una vez a la semana. Además, un grupo de jugadoras realizaba una sesión de tiro y técnica individual por la mañana (Tabla 1). Por su parte, el equipo masculino realizaba tres sesiones de pista, dos sesiones de preparación física y un partido cada semana. Ambos equipos realizaban sus respectivos entrenamientos a partir de las 20.00h de la tarde.

### Procedimientos

Se registraron individualmente la totalidad de entrenamientos de ambos equipos durante una temporada completa. Los datos recogidos para este estudio incluyeron los siguientes parámetros principales: El TE, que se define como el total de minutos de entrenamiento y competición, como variable de carga externa<sup>4</sup>. El registro del RPE se realizaba 30 minutos después de finalizar cada sesión de entrenamiento de manera individual. Una vez acabada la sesión se enviaba mediante la aplicación de mensajería *Whatsapp Messenger* versión 2.19.134 (Facebook Inc, California, USA) un mensaje de recordatorio a cada jugador y jugadora y ellos enviaban la RPE por mensaje privado. Una vez recibido se registraba en la base de datos. La escala utilizada fue la de Borg CR-10 donde: 1 es un esfuerzo muy suave y 10 es un esfuerzo máximo. La Carga de trabajo "*Workload*" (sRPE) se calculó multiplicando la intensidad percibida (RPE) por la duración de la sesión o el partido (min). La carga de trabajo se expresa en unidades arbitrarias (AU).

El rendimiento, se categorizó usando valoración estadística individual extraída de la estadística oficial del partido que sigue la fórmula  $RKG = (SP + R + A + ST + T + BM) - (MS + T + FC)$  y si el partido se ganó (1) o si el partido se perdió (0). Además, se diferenciaron entre jugadores titulares (1) y jugadores suplentes (0).

Para registrar las variables de epidemiológicas y para la recogida de datos de las lesiones que se produjeron durante el estudio, se usó la metodología del consenso de la Unión Europea

de fútbol (UEFA). Una lesión de tipo "*time-loss*" (TL) fue definida como cualquier lesión que ocurría durante un entrenamiento o partido que causara una ausencia como mínimo en la siguiente sesión o partido. Una lesión "*physio attention*" (PA) se definía como aquella en la que el/la deportista acudía al fisioterapeuta con alguna molestia que no causaba baja del entrenamiento/partido. Por último, la categoría "*medical attention*" (MA) definía las lesiones en las que se acudía al médico y en las que se realizaban cualquier prueba de diagnóstico (habitualmente por imagen). Cada dato individual se registró diariamente después de cada entrenamiento y partido por los preparadores físicos de los equipos. La pérdida de tiempo de las lesiones asociadas se clasificó de forma retrospectiva basándose en la severidad, determinada por el número de días de ausencia en la participación.

### Análisis estadístico

Se realizó un análisis descriptivo de tendencia central y se determinó que la muestra no seguía una distribución de probabilidad normal mediante la prueba Kolmogorov-Smirnov. Atendiendo a los resultados, se valoró la independencia de las variables mediante la prueba U de Mann-Whitney. También se exploró con esta prueba las posibles diferencias entre las variables en relación con los deportistas titulares y no titulares, así como en función del resultado final (victoria o derrota). Posteriormente, se determinaron las posibles relaciones entre variables mediante el coeficiente de correlación de rangos de Spearman (Rho). En todos los casos el coeficiente osciló entre  $-1$  y  $+1$ , y el nivel de significación establecido para todos los análisis fue de  $p < 0.05$ .

Las correlaciones se interpretaron como: trivial: 0-0.09; baja: 0.10-0.29; moderada: 0.30-0.49; grande: 0.50-0.69; muy grande: 0.70-0.89; casi perfecta 0.90-0.99; perfecta 1. El análisis de todos los datos se llevó a cabo mediante el *software* JASP Team (2019). JASP (Versión 0.11.1)

## Resultados

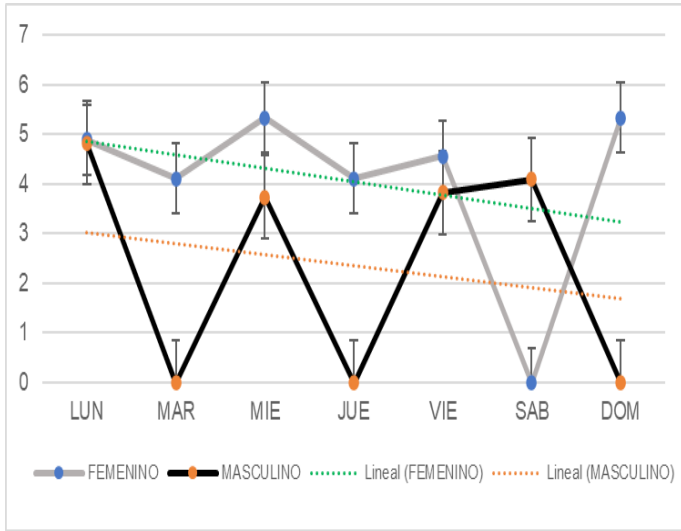
La duración media del tiempo de exposición para el equipo femenino fue de  $100.26 \pm 18.71$  minutos y para el equipo masculino  $90.57 \pm 28.21$  minutos. La media para la RPE en el equipo femenino fue de  $4.8 \pm 1.52$  y para el equipo masculino  $4.24 \pm 2.23$  (Figura 1). La media de sRPE en el equipo femenino fue  $488.74 \pm 274.10$  y en el masculino  $439.24 \pm 231.77$ . Los jugadores titulares tenían un promedio de RPE de  $5.69 \pm 1.92$  y los jugadores suplentes  $4.54 \pm 2.17$ .

Para las variables de rendimiento, la valoración promedio del equipo femenino fue de  $6.3 \pm 7.30$  puntos; y  $7.75 \pm 7.49$  puntos en el equipo masculino. El balance victorias-derrotas del equipo femenino fue de 12 victorias y 15 derrotas (-3), y el del masculino de 18 victorias por 8 derrotas (+10). Respecto a las lesiones, en el equipo femenino se registraron 38 eventos PA, 0 MA y un total de 9 lesiones TL. En el caso del equipo masculino hubo 13 lesiones PA, 2 MA par un total de 7 lesiones TL.

Las variables relativas a carga, rendimiento y lesionabilidad se comportaron de manera independiente en todos los casos entre los dos equipos: RPE ( $W=1.462e+6$ ;  $p=0.001$ ;  $SE=-0.022$ ), sRPE ( $W=1.809$ ;  $p=0.033$ ;  $SE=-0.04$ ), y MIN ( $W=1.783e+6$ ;  $p<0.001$ ;  $SE=-0.054$ ), VAL ( $W=1.797e+6$ ;  $p<0.01$ ;  $SE=-0.046$ ) y TL ( $W=1.865E+6$ ;  $p<0.01$ ;  $SE=-0.01$ ). A su vez, se observan diferencias entre titulares y no titulares de los dos equipos,

**Tabla 1.** Microciclo tipo para un equipo femenino de baloncesto profesional y para un equipo masculino de baloncesto

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
FEMENINO	Mañana Tarde	Descanso Entrenamiento técnico 60' Entrenamiento físico 75'	Descanso Táctico 120'	Descanso Entrenamiento físico 75'	Descanso Táctico 105'	Descanso Descanso	Descanso PARTIDO
MASCULINO	Mañana Tarde	Descanso Entrenamiento físico 60' Táctico 90'	Descanso Descanso	Descanso Entrenamiento físico 60' Táctico 90'	Descanso Descanso	Descanso Táctico 90'	Descanso PARTIDO



**Figura 1.** Evolución del Índice de Esfuerzo Percibido promedio semanal de los equipos.

tanto en el RPE ( $W=28401$ ;  $p<0.001$ ;  $SE=-0.295$ ), sRPE ( $W=26174$ ;  $p<0.001$ ;  $SE=-0.35$ ) y lesión ( $W=39309$ ;  $p=0.046$ ;  $SE=-0.035$ ). Con relación a los resultados en caso de victoria o derrota, se obtuvieron diferencias en el RPE ( $W=34605$ ;  $p=0.014$ ;  $SE=-0.119$ ) y sRPE ( $W=29298$ ;  $p<0.001$ ;  $SE=-0.254$ ).

Finalmente, se observaron relaciones significativas de diferentes magnitudes entre las variables de ambos equipos. Entre RPE y TE fueron grandes para el equipo femenino ( $\rho=0.615$ ;  $p<0.01$ ) y moderada para el masculino ( $\rho=0.333$ ;  $p<0.01$ ). Las relaciones entre RPE y la valoración fueron bajas en ambos casos: ( $\rho=0.288$ ;  $p<0.01$ ) para el femenino y, para el masculino ( $\rho=0.118$ ;  $p<0.01$ ). RPE y victoria en el equipo femenino tuvo una relación moderada ( $\rho=0.369$ ;  $p<0.01$ ) y en el masculino ( $\rho=0.058$ ;  $p=0.023$ ) una relación trivial. Por último, sRPE y valoración, para el femenino ( $\rho=0.224$ ;  $p<0.01$ ), y para el masculino ( $\rho=-0.239$ ;  $p<0.01$ ) fueron también bajas. Se observaron correlaciones triviales para el equipo femenino entre el RPE y PA ( $\rho=0.083$ ,  $p<0.01$ ) y para el equipo masculino solo se observó una relación trivial entre RPE y TL ( $\rho=-0.080$ ,  $p=0.002$ ) (Tabla 2).

**Tabla 2:** Media (desviación estándar) de las variables de carga y rendimiento, resultados totales de las variables de rendimiento y lesionabilidad y correlaciones Rho de Spearman de las variables de carga con las de rendimiento y lesionabilidad, para dos equipos de baloncesto durante una temporada.

	Femenino	Masculino
	Mean	Mean
TE	100.3 ± (18.7)	90.6 ± (28.2)
RPE	4.8 ± (1.4)	4.2 ± (2.2)
sRPE	488.7 ± (274.1)	439.2 ± (231.8)
Valoración	6.3 ± (7.3)	7.8 ± (7.5)
	Total	Total
Victoria	12	18
Derrota	15	6
FA	38	13
MA	0	2
TL	9	7
RPE-TE	$\rho=0.615^{**}$ ; $p<0.01$	$\rho=0.333^{**}$ ; $p<0.01$
RPE-Valoración	$\rho=0.288^{**}$ ; $p<0.01$	$\rho=0.118^{**}$ ; $p<0.01$
RPE-Victoria	$\rho=0.369^{**}$ ; $p<0.01$	$\rho=0.058^{*}$ ; $p=0.02$
sRPE-Valoración	$\rho=0.224^{**}$ ; $p<0.01$	$\rho=-0.239^{**}$ ; $p<0.01$
RPE-FA	$\rho=0.083^{**}$ ; $p<0.01$	$\rho=-0.011$ ; $p=0.671$
RPE-TL	$\rho=0.031$ ; $p=0.675$	$\rho=-0.080^{*}$ ; $p=0.002$

TE: tiempo de exposición de los entrenamientos; RPE: percepción subjetiva del esfuerzo; sRPE: carga de entrenamiento de la sesión; Valoración: puntuación de la estadística del partido; Victoria: ganar el partido; Derrota: perder el partido; FA: Physical attention; MA: Medical attention; TL: lesion time-loss; Mivel Significación:  $^{**}p < 0.01$ ;  $^{*}p < 0.05$ .

**Discusión**

El principal hallazgo en este estudio fue que la RPE podría ser una herramienta útil para el control de la carga interna en baloncesto femenino y masculino, asociado al rendimiento y lesionabilidad de los equipos. Los resultados, independientes para

cada uno de los equipos, presentan relaciones grandes para el equipo femenino ( $\rho=0.615$ ;  $p<0.01$ ) y moderadas para el masculino ( $\rho=0.333$ ;  $p<0.01$ ) entre RPE y TE. Estos valores elevados de CE pueden estar relacionados con mejor rendimiento, pero también con mayor lesionabilidad<sup>19</sup>. Se han observado relaciones bajas entre el RPE y la valoración del partido ( $\rho=0.288$ ;  $p<0.01$ ) para el equipo femenino y para el masculino ( $\rho=0.118$ ;  $p<0.01$ ). A pesar de la evidencia limitada para respaldar la precisión del RPE para predecir resultados de rendimiento<sup>15</sup>, en este estudio el RPE y la victoria final del partido en el equipo femenino tuvo una relación moderada ( $\rho=0.369$ ;  $p<0.01$ ) y en el masculino ( $\rho=0.058$ ;  $p=0.023$ ) una relación trivial. Estas magnitudes son mayores en el equipo femenino profesional y esto podría ser porque hay más conocimiento o hábito de trabajo con esta metodología de control. En la literatura encontramos numerosos equipos profesionales que controlan el RPE conjunto a otras variables de carga<sup>12,23</sup>.

Adecuar a cada jugador el tiempo de exposición o duración del entrenamiento puede reducir el riesgo de lesión<sup>24</sup>. Es importante reproducir las situaciones que se producen en el partido, adaptando las tareas a situaciones específicas de competición<sup>8</sup>, por ejemplo, diferenciando la carga externa aceleraciones y desaceleraciones de calidad (alta intensidad) y aceleraciones y desaceleraciones de cantidad (media y baja intensidad)<sup>1</sup> o añadiendo condicionantes en las tareas para aumentar o disminuir la complejidad de estas, como se ha observado que situaciones de desventaja en el marcador influyen en el aumento de la carga externa<sup>17</sup>. Cabe contextualizar que no se debería cometer el error de asociar que, una tarea que presenta una carga externa por minuto baja, no pueda ser perjudicial para los jugadores, ya que, a parte de su inespecificidad<sup>15</sup>, si el tiempo de exposición de esa tarea es alto, podría suponer una carga de entrenamiento superior a la esperada. Por ejemplo, un volumen muy elevado de una tarea de tiro o 5x0, podría suponer una carga mayor que tareas más específicas, como un 5c5 durante un menor tiempo de trabajo<sup>4</sup>. Esto podría tener relación con el carácter del esfuerzo, se pueden realizar tareas con unas demandas físicas muy altas, pero con un carácter del esfuerzo bajo para evitar excesos de fatiga y poder dar más calidad al entrenamiento<sup>4</sup>.

La clasificación del esfuerzo se debería realizar de forma independiente a otras sensaciones relacionadas con el mismo ejercicio realizado y, por ello, los preparadores físicos deben prestar especial atención en su recogida de datos, para evitar interferencias de otras sensaciones en su calificación de esfuerzo<sup>25</sup>. En este contexto, las definiciones de RPE y su fundamentación neurofisiológica están en continua discusión<sup>26</sup>. En la literatura se pueden encontrar definiciones bajo el mismo paradigma de la RPE, aunque pueden estar abordando diferentes percepciones. La RPE se define como la cantidad de energía mental o física que se le da a una tarea<sup>26</sup>. Las medidas subjetivas de la carga de entrenamiento pueden reflejar la carga mental, que parece ser un moderador importante de la relación de la carga de entrenamiento con el rendimiento y las lesiones<sup>27</sup>. A su vez las jugadoras y jugadores pueden expresar también diferentes percepciones de fatiga relativa a la carga fisiológica (frecuencia cardíaca) o a una carga más mecánica (musculoelástica) y no expresar bien los valores globales de RPE<sup>28</sup>. Si la RPE se utiliza de manera adecuada nos podría dar información muy valiosa del estado de nuestro deportista<sup>11</sup>, pautas con las que jugadoras y jugadores participantes en esta investigación estaban familiarizados. En este contexto, los valores reportados de RPE tienen fluctuaciones<sup>22</sup> y esto se podría relacionar con el género, si bien, a conocimiento de los autores, hasta la fecha ha sido el primer estudio que ha valorado si mujeres y hombres reportaban valores de RPE bajo el mismo método. Factores contextuales tienen una gran influencia en las demandas impuestas a los jugadores<sup>29</sup>, tales como la ubicación del partido, las bajas anticipadas durante el partido, la densidad de los partidos, la realización de entrenamientos matutinos, la calidad de la



oposición o el resultado del partido, como se ha observado en este estudio. El RPE informado fue más elevado después de perder ( $W=34605$ ;  $p=0.014$ ;  $SE=-0.119$ ), esta tendencia se ha observado también en otros deportes como el fútbol, con valores de carga de entrenamiento informados más altos después de una derrota o empate que después de una victoria<sup>22</sup>.

También se han observado relaciones entre RPE y lesiones TL y PA. Un mayor RPE podría tener relación con un aumento del número de PA ( $\rho=0.083$ ;  $p<0.01$ ) en ambas modalidades. Obtener información específica de la calidad (intensidad) del entrenamiento podría ayudar a gestionar su efecto protector sobre los jugadores minimizando el riesgo de lesión<sup>24</sup>. A su vez, se observaron relaciones negativas entre el RPE y TL ( $\rho=-0.08$ ;  $p>0.01$ ). Tanto un exceso de carga de entrenamiento como exposiciones crónicas a cargas de entrenamiento de baja exigencia pueden aumentar el riesgo de lesión de los jugadores<sup>6</sup>.

Finalmente, los jugadores titulares tenían mayores valores de RPE ( $5.69 \pm 1.92$ ) que los jugadores suplentes ( $4.54 \pm 2.17$ ). Este hecho se había observado anteriormente cuando los jugadores titulares experimentaron una carga semanal total más alta y un estado de bienestar similar en comparación con los jugadores suplentes<sup>7</sup>. En un estudio de baloncesto universitario femenino, se observó que los jugadores titulares que disputaban más minutos de competición mejoraban la fuerza y la potencia de la parte inferior del cuerpo a pesar de la disminución de la energía, la concentración y el estado de alerta<sup>30</sup>. Además, un mayor tiempo de juego se ha relacionado con un mejor rendimiento del salto vertical y mejores sensaciones de fatiga y alerta con la progresión de la temporada<sup>30</sup>. Es por ello, y teniendo en cuenta los efectos positivos del tiempo de juego en el baloncesto, es plausible que los entrenadores de baloncesto incluyan estímulos de entrenamiento basados en la simulación de la competición para jugadores suplentes en planes de entrenamiento periodizados e individualizados<sup>30</sup>.

Por todo ello, se podría concluir que, en los contextos deportivos analizados, la RPE, se relaciona con el TE de los entrenamientos y con la lesionabilidad (TL, PA). El RPE también tiene una asociación con el rendimiento deportivo, en este caso baja, para la valoración individual, así como una relación con el rendimiento colectivo (victoria/derrota), moderada para el equipo femenino y trivial con el masculino. Por lo tanto, un valor más elevado de RPE podría estar asociado a un mejor rendimiento deportivo, aunque también a un mayor riesgo de lesión. Las jugadoras y jugadores titulares son los que muestran valores más elevados de RPE y sRPE. Además, se hallan valores superiores de RPE y sRPE en caso de derrota. Atendiendo a la independencia de los resultados, y a pesar de los diferentes grados de intensidad y de presentar relaciones coincidentes con las mismas variables, la RPE se presenta como herramienta aplicable para el control de la carga interna tanto en baloncesto femenino como masculino, asociado al rendimiento y la lesionabilidad.

Monitorizar el proceso de entrenamiento permite optimizar este proceso y mejorar la prevención de lesiones. La falta de recursos económicos o tecnológicos no debería de ser una excusa para no controlar la carga de entrenamiento, pues con metodologías sencillas y ecológicas se pueden obtener resultados fiables, familiarizando desde edades tempranas a las jugadoras y jugadores con este método. Se deberían establecer medidas de recuperación individualizadas a la carga soportada, así como a la gestión de las dinámicas de entrenamiento colectivo, independientemente del resultado obtenido en la competición. La RPE, atendiendo a su relación con el TE, podría ser también útil y aplicable para la gestión de la carga externa durante el entrenamiento tanto en baloncesto femenino como masculino.

La principal limitación es que los datos se han obtenido por dos profesionales diferentes en cada equipo, con lo cual podría ocasionar algunos errores o discordancia. Es por ello por lo que se minimizó la complejidad del proceso de registro. A su vez, las jugadoras y jugadores de los equipos estaban familiarizados con la

RPE y los profesionales a quien reportaban de temporadas anteriores. Tanto la investigación como el proceso de gestión de carga en el ámbito del deporte competitivo pueden verse afectados por situaciones propias de este contexto, por lo que es necesario educar a los integrantes de los equipos (jugadores y cuerpo técnico) en la utilidad y gestión con la RPE, ya que de no hacerlo se podrían condicionar las respuestas dadas por los deportistas. Se han utilizado únicamente los datos de los entrenamientos de la tarde ya que solo un grupo reducido ( $n=7$ ) de jugadoras entrenaba alguna mañana. Es necesario contextualizar también que la relación hallada entre RPE y TE está parcialmente condicionada por el hecho que dichas variables son colineales.

**Autoría.** Todos los autores han contribuido intelectualmente en el desarrollo del trabajo, asumen la responsabilidad de los contenidos y, asimismo, están de acuerdo con la versión definitiva del artículo. **Financiación.** Los autores declaran no haber recibido financiación. **Agradecimientos.** Agradecer a los equipos por las facilidades para realizar el estudio y en particular, a sus jugadoras y jugadores que participaron desinteresadamente en el mismo, con un gran compromiso e interés. **Conflicto de intereses.** Los autores declaran no tener conflicto de intereses. **Origen y revisión.** No se ha realizado por encargo, la revisión ha sido externa y por pares. **Responsabilidades éticas.** Protección de personas y animales: Los autores declaran que los procedimientos seguidos están conforme a las normas éticas de la Asociación Médica Mundial y la Declaración de Helsinki. Confidencialidad: Los autores declaran que han seguido los protocolos establecidos por sus respectivos centros para acceder a los datos de las historias clínicas para poder realizar este tipo de publicación con el objeto de realizar una investigación/divulgación para la comunidad. Privacidad: Los autores declaran que no aparecen datos de los pacientes en este artículo.

## Bibliografía

1. [Sánchez Ballesta A, Abruñedo J, Caparrós T. Acelerometría en baloncesto. Estudio de la carga externa durante los entrenamientos. Apunts Educ Fis Deporte. 2019;\(135\):100-17.](#)
2. [Ziv G, Lidor R. Physical attributes, physiological characteristics, on-court performances and nutritional strategies of female and male basketball players. Sports Med. 2009;39\(7\):547-68.](#)
3. [Salazar H, Calleja-González J, Arratibel I, Vaquera A, Terrados N. Análisis de carga interna y externa en competición oficial con jugadoras semiprofesionales de baloncesto. Rev Andal Med Deporte. 2017;10\(4\):204-5.](#)
4. [Soligard T, Schweltnus M, Alonso JM, Bahr R, Clarsen B, Dijkstra HP, et al. How much is too much? \(Part 1\) International Olympic Committee consensus statement on load in sport and risk of injury. Br J Sports Med. 2016;50\(17\):1030-41.](#)
5. [Impellizzeri FM, Marcora SM, Coutts AJ. Internal and external training load: 15 years on. Int J Sports Physiol Perform. 2019;14\(2\):270-3.](#)
6. [Gabbett TJ, Whiteley R. Two Training-Load Paradoxes: Can We Work Harder and Smarter, Can Physical Preparation and Medical Be Teammates? Int J Sports Physiol Perform. 2017;12\(Suppl 2\):S2-50-S2-54.](#)
7. [Conte D, Kolb N, Scanlan AT, Santolamazza F. Monitoring Training Load and Well-Being During the In-Season Phase in NCAA Division I Men's Basketball. Int J Sports Physiol Perform. 2018;1-25.](#)
8. [Fox JL, Stanton R, Scanlan AT. A Comparison of Training and Competition Demands in Semiprofessional Male Basketball Players. Res Q Exerc Sport. 2018;89\(1\):103-11.](#)
9. [Lupo C, Tessitore A, Gasperi L, Gomez M. Session-RPE for quantifying the load of different youth basketball training sessions. Biol Sport. 2017;34\(1\):11-7.](#)

10. [Scanlan AT, Wen N, Tucker PS, Dalbo VJ. The Relationships Between Internal and External Training Load Models During Basketball Training. J Strength Cond Res. 2014;28\(9\):2397-405.](#)
11. [Piedra A, Peña J, Ciavattini V, Caparrós T. Relationship between injury risk, workload, and rate of perceived exertion in professional women's basketball. Apunts Med Deporte. 2020;55\(226\):71-9.](#)
12. [Moreira A, McGuigan MR, Arruda AF, Freitas CG, Aoki MS. Monitoring Internal Load Parameters During Simulated and Official Basketball Matches. J Strength Cond Res. 2012;26\(3\):861-6.](#)
13. [Lupo C, Ungureanu AN, Frati R, Panichi M, Grillo S, Brustio PR. Player Session Rating of Perceived Exertion: A More Valid Tool Than Coaches' Ratings to Monitor Internal Training Load in Elite Youth Female Basketball. Int J Sports Physiol Perform. 2019;1-6](#)
14. [Svilar L, Castellano J, Jukic I. Load monitoring system in top-level basketball team: Relationship between external and internal training load. Kinesiology. 2018;50\(1\):25-33.](#)
15. [Fox JL, Stanton R, Sargent C, Wintour SA, Scanlan AT. The Association Between Training Load and Performance in Team Sports: A Systematic Review. Sport Med. 2018;48\(12\):2743-74.](#)
16. [Arede J, Ferreira AP, Esteves P, Gonzalo-Skok O, Leite N. Train Smarter, Play More: Insights about Preparation and Game Participation in Youth National Team. Res Q Exerc Sport. 2020;1-11.](#)
17. [Gómez-Carmona CD, Bastida-Castillo A, García-Rubio J, Pino-Ortega J, Ibáñez SJ. Influencia del resultado en las demandas de carga externa durante la competición oficial en baloncesto formación. Cuad Psicol Deporte. 2019;19\(1\):262-74.](#)
18. [Horta TAG, Bara Filho MG, Coimbra DR, Miranda R, Werneck FZ. Training Load, Physical Performance, Biochemical Markers, and Psychological Stress During a Short Preparatory Period in Brazilian Elite Male Volleyball Players. J strength Cond Res. 2019;33 \(12\):3392-9.](#)
19. [Caparrós T, Alentorn-Geli E, Myer GD, Capdevila L, Samuelsson K, Hamilton B, et al. The Relationship of Practice Exposure and Injury Rate on Game Performance and Season Success in Professional Male Basketball. J Sports Sci Med. 2016;15\(3\):397-402.](#)
20. [Scott TJ, Black CR, Quinn J, Coutts AJ. Validity and Reliability of the Session-rpe Method for Quantifying Training in Australian Football: A Comparison of the Cr10 and Cr100 Scales. J Strength Cond Res. 2013;27\(1\):270-6.](#)
21. [Fox JL, Scanlan AT, Stanton R. A Review of Player Monitoring Approaches in Basketball: Current Trends and Future Directions. J Strength Cond Res. 2017;31\(7\):2021-9.](#)
22. [Brito J, Hertzog M, Nassis GP. Do match-related contextual variables influence training load in highly trained soccer players? J Strength Cond Res. 2016;30\(2\):393-9.](#)
23. [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\(7\):947-52.](#)
24. [Caparrós T, Casals M, Solana Á, Peña J. Low external workloads are related to higher injury risk in professional male basketball games. J Sport Sci Med. 2018;17\(2\):289-97.](#)
25. [Pageaux B. Perception of effort in Exercise Science: Definition, measurement and perspectives. Eur J Sport Sci. 2016;16\(8\):885-94.](#)
26. [Abbiss CR, Peiffer JJ, Meeusen R, Skorski S. Role of Ratings of Perceived Exertion during Self-Paced Exercise: What are We Actually Measuring? Sport Med. 2015;45\(9\):1235-43.](#)
27. [Coyne JOC, Gregory Haff G, Coutts AJ, Newton RU, Nimphius S. The current state of subjective training load monitoring—A practical perspective and call to action. Sport Med - Open. 2018;4\(1\):58.](#)
28. [Barrett S, McLaren S, Spears I, Ward P, Weston M. The Influence of Playing Position and Contextual Factors on Soccer Players' Match Differential Ratings of Perceived Exertion: A Preliminary Investigation. Sports. 2018;6\(1\):13.](#)
29. [Lago-Peñas C. The role of situational variables in analysing physical performance in soccer. J Hum Kinet. 2012;35\(1\):89-95.](#)
30. [Gonzalez AM, Hoffman JR, Rogowski JP, Burgos W, Manalo E, Weise K, et al. Performance Changes in NBA Basketball Players Vary in Starters vs. Nonstarters Over a Competitive Season. J Strength Cond Res. 2013;27\(3\):611-5.](#)

Research article

## Internal and External Load Control in Team Sports through a Multivariable Model

Aitor Piedra<sup>1,2</sup>, Toni Caparrós<sup>1,3</sup>✉, Jordi Vicens-Bordas<sup>2,4</sup> and Javier Peña<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>National Institute of Physical Education and Sport of Catalonia, University of Barcelona, Barcelona, Spain; <sup>2</sup>Sport and Physical Activity Studies Centre, University of Vic-Central University of Catalonia, Barcelona, Spain; <sup>3</sup>Sport Performance Analysis Research Group, University of Vic-Central University of Catalonia, Barcelona, Spain; <sup>4</sup>Research Group of Clinical Anatomy, Embryology and Neuroscience, Department of Medical Sciences; and School of Health and Sport Sciences, University of Girona, Girona, Spain

### Abstract

Data related to 141 sessions of 10 semi-professional basketball players were analyzed during the competitive period of the 2018-2019 season using a multivariable model to determine possible associations between internal and external load variables and fatigue. Age, height, weight, sessional rate of perceived exertion (sRPE), summated-heart-rate-zones, heart rate variability, total accelerations and decelerations were the covariates, and post-session countermovement jump loss (10% or higher) the response variable. Based on the results observed, a rise in sRPE and accelerations and decelerations could be associated with increased lower-body neuromuscular fatigue. Observing neuromuscular fatigue was 1,008 times higher with each additional sRPE arbitrary unit (AU). Each additional high-intensity effort also increased the probability of significant levels of neuromuscular fatigue by 1,005 times. Fatigue arising from demanding sporting activities is acknowledged as a relevant inciting event leading to injuries. Thus, the methodology used in this study can be used then to monitor neuromuscular fatigue onset, also enhancing proper individual adaptations to training.

**Key words:** Monitoring, muscle fatigue, countermovement jump, performance, basketball.

### Introduction

Basketball is an intermittent sport with short, intense actions typically less than three seconds, with longer periods of moderate activity and recovery (Ben Abdelkrim et al., 2007). Cardiovascular demand is high, highlighting its aerobic nature and anaerobic glycolysis (Delextrat and Cohen, 2008) as the primary energy pathways, with an average maximum heart rate of 89% during competition (Ziv and Lidor, 2009). In this context, knowing the fatigue response to training is essential to maximize the player's adaptation while minimizing the risk of injury and avoiding any overload. Monitoring enables short-term, typically of metabolic origin, and longer-term neuromuscular fatigue to be defined (Wu et al., 2019). Metabolic fatigue is a decreased ability to generate muscle exertion in response to physical exercise that has exceeded the ATP replacement rate. Its effects begin to diminish after five minutes, and it is generally believed to wear off after three hours (Layzer, 1990). Contrarily, neuromuscular fatigue is defined as a prolonged decrease in the muscle's ability to generate force or power output after a period of recovery. Neuromuscular

fatigue can be present for more than 48 hours and can be identified as a complex system with central and peripheral origins (Overton, 2013). This fatigue appears when a player's ability to produce force or power deteriorates (Collins et al., 2018). The use of vertical jump performance as a neuromuscular fatigue monitoring tool is widespread in high-performance sports (Edwards et al., 2018) and, more specifically, the countermovement jump (CMJ) (Komi, 2000). Evaluating CMJ performance has become popular when researching players' recovery processes after regular and congested competition periods. Monitoring this activity/recovery relationship provides an indicator of the session volume and intensity to reduce physical wear in the player and the risk of injury resulting from insufficient neuromuscular control (Spiteri et al., 2013). Methodologically, some articles have used average jump values, although it has been observed that selecting the highest values provides better results (Gorostiaga et al., 2010; Gathercole et al., 2015a; 2015b; Johnston et al., 2016). The CMJ without arm swing seems to be the standard movement when tracking neuromuscular status (Malone et al., 2015). Relationships between longitudinally monitored training load, fatigue variables, and injuries have also been described (Jones et al., 2017), highlighting the assessment of maximum jump height as a variable associated with fatigue in the literature (Claudino et al., 2017).

The possibility of having a scientifically-based fatigue control method to individualize the load prescription, using a variable that expresses deterioration in performance and its relationship with the physiological response could help make decisions in the training process (Jiménez-Reyes et al., 2019). The use of a simple and fatigue-free test, such as the CMJ, enables training sessions to be monitored without the need to measure blood lactate or ammonia concentrations and would be more accurate than recording training times (Gathercole et al., 2015a; Thorpe et al., 2017). Near-perfect relationships were observed between blood lactate and ammonia concentrations and CMJ height loss (Morcillo et al., 2015). This data would enable accurate evaluation of the neuromuscular fatigue induced during a session (Sánchez-Medina and González-Badillo, 2011). An 8-10% loss of jump height corresponds to approximately 8-10 mmol·l<sup>-1</sup> and 70-80 μmol·l<sup>-1</sup> of lactate and ammonia in the blood, respectively, representing the onset of metabolic instability (Jimenez-

Reyes et al., 2016).

Therefore, a loss greater than 10% in CMJ could be a valuable and robust indirect measure of the mechanical and metabolic changes induced during a training session and enable decisions to be made about that player (Jiménez-Reyes et al., 2019).

The training load has been described as the variable that, when correctly managed, helps to obtain the desired training response (Impellizzeri et al., 2019; Piedra et al., 2021). Its control aims to optimize this process, facilitating decision-making by coaching staff and reducing injury risk factors (Sánchez Ballesta et al., 2019). Training load encompasses internal load (IL) as well as external load (EL). In indoor sports such as basketball, quantifying the EL implies the collection of variables such as the exposure time (ET), the distance traveled, and accelerometry variables (high-speed running, accelerations (ACC) and decelerations (DEC)) during training or competition (Soligard et al., 2016).

The individualized physiological response of each athlete to this EC is defined as internal load (IL) and is usually expressed in variables such as heart rate (HR), rate of perceived exertion (RPE), lactate, or oxygen consumption (Soligard et al., 2016; Impellizzeri, Marcora and Coutts, 2019). The IQ values can provide information about how the athlete adapts to the training process and how they carry out their recovery processes (Gabbett and Whiteley, 2017). In order to assess the internal load holistically and ecologically, current literature has prolifically studied the use of RPE (Lupo et al., 2017; Conte et al., 2018; Fox et al., 2018; Moreno-Pérez et al., 2019) and the "Sessional rating of perceived exertion" sRPE (Marcelino et al., 2013; Nunes et al., 2014; Vaquera et al., 2018) as indicators of the internal training load in different sports. The sRPE is obtained by multiplying the overall RPE obtained at the end of a training session, using the Borg scale (Borg-CR10) by the total duration (in minutes) of the training session, to provide a training value expressed in arbitrary units (AU) (Foster et al., 2001). The RPE is a fast, economical, and ecological method. It can be instrumental and practical for the coaching staff to supervise and control the internal load to design frequency strategies in basketball (Piedra et al., 2020) and any other sport (Sansone et al., 2018), providing a better understanding of internal load individually in training sessions and competitions (Moreira et al., 2012). This tool can apply regardless of the duration of the session and the sections of the training session (Lupo et al., 2017).

Another IQ parameter used in basketball is the "summated-heart-rate-zones" (SHRZ) (Edwards, 1994; Soligard et al., 2016). This metric is based on the time each player is in HR intensity zones. These are predefined according to five HR zones determined from the maximum heart rate. A multiplier accompanies each HR zone that gives greater weight to higher responses, typical of acyclic sports such as basketball (Scanlan et al., 2014).

Heart rate variability (HRV) is considered an effective tool to monitor adaptation to daily load and training programs (Capdevila et al., 2008; Zamora et al., 2021). From the recording of the electrocardiographic interval between two successive R waves (RR), temporal parameters that define HRV can be obtained: mean of the

RR intervals (RRmean), the standard deviation of the RR intervals (SDNN), mean square root of the RR interval difference (RMSSD), and the difference in the percentage of regular adjacent RR intervals  $>50\text{m/s}$  (pNN50) (Moreno Sánchez, Romero and Capdevila Ortís, 2013). These time parameters are associated with a predominance of the parasympathetic system and as a global indicator, among others, of the athlete's psychophysiological fatigue (Schmitt et al., 2015).

In the load control processes, correct handling of the EL becomes very important since it manipulates the variables that affect this type of load, which generates one or another response in the form of internal load in the players (Reina et al., 2017). One of the simplest variables to record, and therefore most used, is the total session time (Svilar et al., 2018a), which can provide quantitative information about the stimulus that players are receiving (Moreira et al., 2012). In competition, recording the exposure time (Caparrós et al., 2018) and knowing the percentage of playing time in relation to the total match time provides information regarding the contribution of each player (Oliveira-Da-Silva et al., 2013). However, the EL registry variables, with the highest presence in the literature, are the number of ACC and DEC (Vazquez-Guerrero et al., 2018), the number of high-intensity ACC ( $>2\text{m/s}$ ), the number of high-intensity DEC ( $<-2\text{ m/s}$ ) (Vazquez-Guerrero et al., 2018), the distance traveled (Caparrós et al., 2018), the number of jumps and changes of direction (Moreira et al., 2012; Nunes et al., 2014; Svilar et al., 2018b).

The purpose of this study is to determine whether a multivariable model can help to control better training loads in a semi-professional men's basketball team, determining associations between IL and EL response variables observed in training situations and the production of more significant local neuromuscular fatigue detected through an objective procedure.

## Methods

### Subjects

Ten athletes who were members of a semi-professional men's basketball team (EBA League), with a mean age of  $26 \pm 5$  years, a height of  $195.8 \pm 9.4$  cm, and a weight of  $91.2 \pm 8.7$  kg, participated in the study over 15 weeks of the second phase of the competition period (January-April) in the 2018-2019 season. Data were obtained from 141 records of the training sessions. The team participated in three on-court training sessions (technical and tactical drills, small-sided games, 5 vs 5 game-like drills, and simulated competitions), two strength and conditioning sessions, and one game per week. The practices always started at 8:00 p.m. Data collection was gathered daily and jumps tests were carried out every Monday and Wednesday. All research procedures followed the Declaration of Helsinki standards and its subsequent revisions. The data was compiled within the team's daily activity, and the players were informed that they were used for sporting and scientific purposes. Players were assigned an individual identification code to conceal their identity, guaranteeing personal data protection under the EU General Data Protection Regulation (GDPR) (04/14/2016).



## Procedures

The data collection process began when the players arrived at the facility, after a standardized team warm-up. All participants underwent a 12-min supervised warm-up procedure including active stretching, running-drills, progressive sprinting and change of direction. The pre-CMJ values (flight time) were collected after this initial physiological activation (Jiménez-Reyes et al., 2019), where they performed three maximum jumps and the best jump record was selected as the initial reference value (Gonzalez-Badillo et al., 2017). During the session, all exertion during training was recorded using the Polar Team Pro software (Boyd et al., 2011) and the training time was controlled (Piedra et al., 2021). HRV variables were also obtained from the session (Zamora et al., 2021). At the end of the session, the CMJ post was carried out, in which the initial process was repeated, selecting the best jump (Claudino et al., 2012). The 10% loss was calculated with the formula:  $\text{jump loss (\%)} = 100 * (\text{post-jump} - \text{pre-jump}) / \text{pre-jump}$  (Gonzalez-Badillo et al., 2017). Thirty minutes after the session, the RPE questionnaire was sent to the players with the following question through the messaging application WhatsApp Messenger version 2.19.134 (Facebook Inc, California, USA) (Fox et al., 2020): How much effort was involved in today's training session? 0 implies no effort, and 10 maximum effort, equivalent to not be able to cope with training (Foster, 1998).

The Polar Team Pro technology (Hulka et al., 2013; Sánchez Ballesta et al., 2019; Scanlan et al., 2017; Stojanović et al., 2019) was used to record the internal load (SHRZ), for the heart rate variability variable (RMSSD) and the accelerometry variables (total ACC and DEC). The Chronojump jumping contact platform (Nunes et al., 2014; Vallés-Ortega et al., 2017; Cruz et al., 2018; Moreno-Pérez et al., 2019) was used to perform the jumping tests. This platform has been validated for assessing vertical jumps (De Blas et al., 2012). The RPE questionnaire and the duration annotation were also used in the research (Lupo et al., 2019).

The following variables were analyzed: (a) 10% decrease in the jump after the one before training, using a binary variable (1, a loss greater than 10%; 0, loss lower than 10%), (b) age of the player (years), (c) player's height (m), (d) player's weight (kg), (e) sRPE (AU), (f) SHRZ (AU), (g) RMSSD (ms) and (h) total ACC and DEC of the training (N).

## Statistical analysis

A central tendency analysis was performed, and later an inferential analysis using a step-by-step binary logistic regression (Peña et al., 2013) with a loss greater than 10% (neuromuscular fatigue) as the dependent variable (Jiménez-Reyes et al., 2019). Previously, a multicollinearity diagnosis was carried out to find intercorrelations between predictive variables. Once the data included in the model had been reconsidered, avoiding highly intercorrelated variables, different variables were analyzed using a logistic regression technique. To assess the "goodness of fit," the Nagelkerke R<sup>2</sup> and Mc Fadden R<sup>2</sup> tests were carried out. Logistic regressions enable models to be tested to predict the results of a binary dependent variable based on

one or more predictor variables using the following formula, where  $p$  is probability and is a mathematical constant equal to approximately 2.71828:

$$p = e^z / (1 + e^z) \text{ or } p = 1 / (1 + e^{-z})$$

$Z$  is the linear combination of:

$$Z = B_0 + B_1X_1 + B_2X_2 + \dots + B_pX_p$$

where  $B$  is the coefficient estimated by the model and  $X$  is the independent variable. The significance level for the variables in the equation was established as  $p \leq 0.05$ . After the analysis, the statistically significant variables were included in the final logistic regression model. All statistical analyses were performed with the statistical software package JASP for Windows (Version 0.11.1, University of Amsterdam, The Netherlands, 2020).

## Results

The mean duration of the workouts was  $67.80 \pm 10.90$  minutes, and the mean RPE of the sessions was  $6.90 \pm 1.74$ . The mean values of sRPE were  $472.99 \pm 157.15$  AU, the mean values of SHRZ were  $164.81 \pm 65.19$  AU, and of RMSSD,  $109.51 \pm 75.50$  ms. An average of  $1093.30 \pm 253.21$  ACC and DEC of any intensity was performed per training session, representing  $16.31$  ACC and DEC per minute.

The values obtained for the Nagelkerke R-squared test were 0.417 and 0.460 for the Mc Fadden R-squared test. The area under the ROC curve (AUC) presented a value of 0.946, and the precision was located at a value of 1.00, with only four cases mispredicted by the model. Five percent of the cases analyzed showed 10% or higher jump-loss and were coded as "1" in the database.

All records (141) were included in the analysis, with 0 cases excluded. The variables (b) player's age, (c) player's height, (d) player's weight, (f) SHRZ, (g) RMSSD were considered non-significant and were excluded from the final model. Probability ratios indicated that the probability of observing neuromuscular fatigue in the study was 1,008 times greater with each additional arbitrary unit (AU) in the sRPE, and the total number of ACC and DEC increased by 1,005 times the probability of observing higher levels of neuromuscular fatigue with each additional exertion executed by the athletes. Therefore, these two variables (sRPE, ACC and DEC) were included in the model.

The 95% confidence intervals for the probability ratios were adjusted for the variables sRPE and total accelerations and decelerations, indicating that the probability ratios of generating neuromuscular fatigue are correct (Table 1).

With the data described above, the logistic regression could estimate the probability (from 0 to 1) of increasing neuromuscular fatigue in the semi-professional men's basketball team during the 2018-2019 season using the constants and coefficients of the model with the following calculations:

$$Z = \text{CONSTANT} + 0.008 (\text{sRPE}) + 0.004 (\text{total accelerations and decelerations})$$

For example, a player with a sRPE of 1200 AU and a total of 1800 ACC and DEC will have a  $Z$  value of 3.579:

$$Z = -13.221 + 0.008(1200) + 0.004(1800) = 3.579$$

The probability that a player will experience neuromuscular fatigue with this Z-value would be 0.9728544085:

$$p = 1 / (1 + e^{-Z})$$

$$e^{-Z} = e^{-3.579} = 0.0279035879$$

$$p = 1 / (1 + 0.0279035879) = 0.9728544085$$

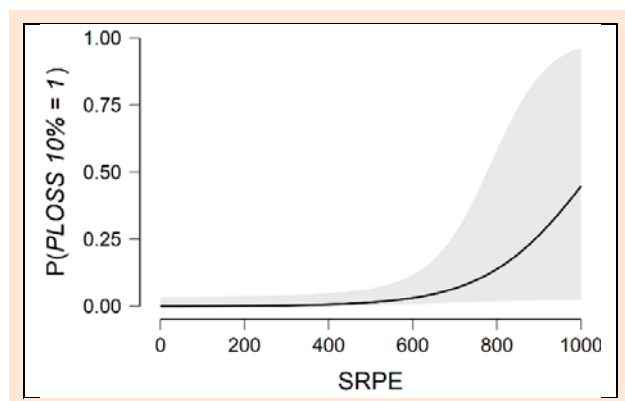
**Table 1.** Model coefficients for post-session countermovement jump 10% loss (PLOSS 10%), including sRPE and total accelerations and decelerations as covariates.

Parameter	Estimate	Standard Error	Odds Ratio	z	Wald Test			95% Confidence interval (odds ratio scale)	
					Wald Statistic	df	p	Lower bound	Upper bound
(Intercept)	-13.221	3.801	1.811e-6	-3.478	12.098	1	< .001	0.000	0.003
sRPE	0.008	0.004	1.008	1.998	3.993	1	0.046	1.000	1.016
ACC+DEC	0.004	0.002	1.005	1.847	3.412	1	0.065	1.000	1.009

PLOSS 10% level '1' coded as class 1.

### Discussion

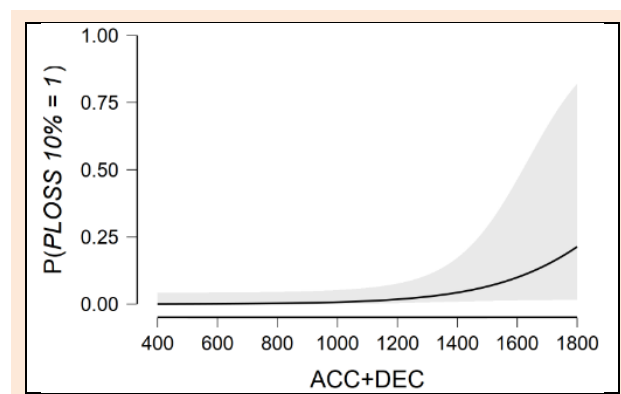
The present study highlights that some physiological markers are related to the onset of local neuromuscular fatigue in male basketball settings. Our results reflect that each sRPE arbitrary unit (AU) increases the chances of observing neuromuscular fatigue by 1,008 times. And sRPE values from 700 to 1000 AU reduced jumping capacity to a greater extent (Figure 1). Thus, it is expected that designing practices similar to real competitions, and therefore, with 5 vs. 5 and game-like drills, may generate higher load values (Vazquez-Guerrero et al., 2018). In basketball, training demands usually exceed those of competition (Fox, Stanton and Scanlan, 2018). RPE should be recorded then independently of other perceptions related to the same exercise, and therefore special attention should be paid when collecting this data (Pageaux, 2016). Subjective training load measures may reflect mental load, which appears to be a significant moderator of the relationship of training load with performance and injury (Coyne et al., 2018). If RPE is adequately contextualized, it could provide highly relevant individualized information (Piedra et al., 2020).



**Figure 1.** Association between 10% decrease in CMJ and sRPE.

In this study, it has also been observed that if the total number of ACC and DEC increases, Players generate an additional exertion that increases the probability of observing neuromuscular fatigue by 1,005 times. When more than 1000 ACC and DEC were performed per session (Figure 2), each volume increase generated less final jump production and, therefore, more local fatigue. This association can be used to propose individualized training loads, recovery protocols and to tailor better practices. The use of a

multivariable model to identify the appropriate response variables can be helpful to sports scientists and practitioners to control training loads adequately. These statistical models are well-documented and have been used previously in sports. Detecting parameters showing association with a higher level of local neuromuscular fatigue can also help to identify drills with different adaptive responses at an individual and group level.



**Figure 2.** Association between 10% decrease in CMJ and total accelerations and decelerations.

The methodology proposed in this research can be used to control fatigue in an ecological and non-invasive manner in team sports, given that several IL and EL variables show associations with an increase in local neuromuscular fatigue detected through the CMJ test. Determining values that reveal the individual physiological state is essential when monitoring players' performances and fatigue (Atkinson and Nevill, 1998; Weir, 2005). As stated in previous research, the CMJ is a promising test that can optimally provide information in training situations due to its ease of use and replicability (Claudino et al., 2012). In the present study, and differently from some other pieces of research, we recorded the best jump in every set since it indicated the best performance that the player could generate at that time. This value seems to be related not only to the ability to jump vertically, but to change of direction and specific basketball performance (Claudino et al., 2012; Edwards et al., 2018). CMJ-loss can inform staff members, providing an efficient, non-invasive, non-time-consuming, and low-cost metric correlated with objective physiological fatigue. Objective fatigue monitoring can be combined with other ways of attempting to quantify fatigue, such as heart rate or RPE measurements (Arcos et al., 2015).

Measurements based on jumps during training could approximate a more precise adjustment and prescription of training loads (Gabbett and Domrow, 2007; Jiménez-Reyes et al., 2019). In the present study, our methodological proposal was tested in a semi-professional basketball environment. Adequate management of the training load is a relevant element in any phase of the season (Drew and Finch, 2016), and monitoring how this imposed load affects the players could help decision-making within the process (Piedra et al., 2021). The use of specific basketball actions, adapted in intensity and volume to actual demands, should be the primary training content since it guarantees the specificity of the stimulus (Oliveira-Da-Silva et al., 2013).

To the date, and to our knowledge, this is the first study that has sought the association between RPE values and neuromuscular fatigue in semi-professional basketball players. This research is a preliminary study whose methodology could be applied to competitive environments, taking the validity of the results obtained into account. The possibility of detecting fatigue through the CMJ shows promising results, although it should be verified with more events registered, with longitudinal monitoring, and it should be tested in other competitive contexts (i.e., elite, female athletes). In conclusion, in this specific context, the increase in sRPE and a higher number of ACC and DEC could be associated with increased local neuromuscular fatigue detected through the CMJ test, using flight times, in semi-professional men's basketball.

### Practical application

Detecting the values of local neuromuscular fatigue by performing the CMJ test on the players would enable the design and application of individualized recovery strategies to optimize their performance. The management of the training load with variables such as ACC and DEC of the exercises and the sRPE is a tool that would make it possible to propose optimal load values and modulate the players' neuromuscular fatigue during training. The use of large data aggregates makes it possible to generate multivariate models in which, through one or several response variables, it is possible to diagnose ecologically significant local muscle fatigue states. Using this methodology, we can understand better what practices and contents generate higher levels of fatigue, how players adapt to the proposed loads, and hypothetically, prevent injuries by controlling this factor more adequately.

### Study limitations

The present study was carried out in a specific competition context, so the interpretation of the results should be limited to this specific group of players, bearing in mind that the analysis carried out is group analysis. However, the methodology can also be used to study individual responses. The study was carried out with a small sample, a limited period and with fatigue expressed as 10% jump loss occurring in a low percentage of cases. However, considering the ecology of the obtained data and the high applicability of the model, that can be easily used in professional and amateur sports, the results enable new research lines to be opened. In future pieces of research, the use of mixed

models can be employed, as they present interesting advantages when considering inter-individual differences over time and variability among players. Jump height or flight time may also be misinterpreted in calculations, and other variables, such as force or power may be more informative about neuromuscular function. To obtain these other metrics, technology, such as force platforms, that is more expensive, heavy, and needs proper calibration. This aspect should be considered when using it in applied settings.

Future scientific works can confirm the results presented here, broaden the knowledge about which internal and external load variables can be associated with a higher level of neuromuscular fatigue in each period and context to optimize the periodization of training and recovery processes.

### Conclusion

It is possible to monitor loads effectively and ecologically in team sports. However, it is necessary to consider different internal and external load variables and using advanced statistical models to observe complex realities. A multivariable model seems to be a reliable, sensitive, and promising tool to monitor loads in semi-professional basketball settings.

### Acknowledgements

No supporting funding was received in this work. The experiments comply with the current laws of the country in which they were performed. The authors have no conflict of interest to declare. The datasets generated during and/or analyzed during the current study are not publicly available but are available from the corresponding author who was an organizer of the study.

### References

- Arcos, A. L., Martínez-Santos, R., Yanci, J., Mendiguchia, J., and Méndez-Villanueva, A. (2015) Negative associations between perceived training load, volume and changes in physical fitness in professional soccer players. *Journal of Sports Science and Medicine* **14**, 394-401. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25983590/>
- Atkinson, G. and Nevill, A. M. (1998) Statistical methods for assessing measurement error (reliability) in variables relevant to sports medicine. *Sports Medicine* **26**, 217-238. <https://doi.org/10.2165/00007256-199826040-00002>.
- Ben Abdelkrim, N., 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. <https://doi.org/10.1136/bjism.2006.032318>.
- Boyd, L. J., Ball, K. and Aughey, R. J. (2011) The reliability of minimaxx accelerometers for measuring physical activity in Australian football. *International Journal of Sports Physiology and Performance* **6**, 311-321. <https://doi.org/10.1123/ijsp.6.3.311>.
- Caparrós, T., Casals, M., Solana, Á., and Peña, J. (2018) Low external workloads are related to higher injury risk in professional male basketball games. *Journal of Sports Science and Medicine* **17**, 289-297. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29769830/>
- Capdevila, L., Rodas, G., Ocaña, M., Parrado, E., Pintanel, M., and Valero, M. (2008) Variabilitat de la freqüència cardíaca com a indicador de salut en esport: Validació amb un qüestionari de qualitat de vida (SF-12). *Apunts Medicina de l'Esport* **43**, 62-69. [https://doi.org/10.1016/S1886-6581\(08\)70073-2](https://doi.org/10.1016/S1886-6581(08)70073-2).
- Claudino, J. G., Mezncio, B., Soncin, R., Ferreira, J. C., Couto, B. P., and Szmuchowski, L. A. (2012) Pre vertical jump performance to regulate the training volume. *International Journal of Sports*



- Medicine* **33**, 101-107. <https://doi.org/10.1055/s-0031-1286293>.
- Claudino, J. G., Cronin, J., Mezêncio, B., McMaster, D. T., McGuigan, M., Tricoli, V., Amadio, A. C., and Serrão, J. C. (2017) The countermovement jump to monitor neuromuscular status: A meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport* **397-402**. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2016.08.011>.
- Collins, B. W., Pearcey, G. E. P., Buckle, N. C. M., Power, K. E., and Button, D. C. (2018) Neuromuscular fatigue during repeated sprint exercise: Underlying physiology and methodological considerations. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism* **1166-1175**. <https://doi.org/10.1139/apnm-2018-0080>.
- Conte, D., Kolb, N., Scanlan, A. T., and Santolamazza, F. (2018) Monitoring Training Load and Well-Being During the In-Season Phase in NCAA Division I Men's Basketball. *International Journal of Sports Physiology and Performance* **1-25**. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2017-0689>.
- Coyne, J. O. C., Gregory Haff, G., Coutts, A. J., Newton, R. U., and Nimphius, S. (2018) The current state of subjective training load monitoring—A practical perspective and call to action. *Sports Medicine* **4**. <https://doi.org/10.1186/s40798-018-0172-x>.
- Cruz, I. de F., Pereira, L. A., Kobal, R., Kitamura, K., Cedra, C., Loturco, I., and Abad, C. C. C. (2018) Perceived training load and jumping responses following nine weeks of a competitive period in young female basketball players. *PeerJ* **2018(7)**. <https://doi.org/10.7717/peerj.5225>.
- De Blas, X., Padullés, J. M., Del Amo, J. L. L., and Guerra-Balic, M. (2012) Creación y validación de Chronojump-Boscosystem: un instrumento libre para la medición de saltos verticales. *Revista Internacional de Ciencias del Deporte* **8**, 334-356. <https://doi.org/10.5232/ricyde2012.03004>.
- Delextrat, A. and Cohen, D. (2008) Physiological Testing of Basketball Players: Toward a Standard Evaluation of Anaerobic Fitness. *Journal of Strength and Conditioning Research* **22**, 1066-1072. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181739d9b>.
- Drew, M. K. and Finch, C. F. (2016) The Relationship Between Training Load and Injury, Illness and Soreness: A Systematic and Literature Review. *Sports Medicine* **46**, 861-883. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0459-8>.
- Edwards, S. (1994) The Heart Rate Monitor Book. *Medicine & Science in sports & Exercise* **26**, 647. <https://doi.org/10.1249/00005768-199405000-00020>.
- Edwards, T., Spiteri, T., Piggott, B., Bonhotal, J., Haff, G. G., and Joyce, C. (2018) Monitoring and Managing Fatigue in Basketball. *Sports* **6**, 19. <https://doi.org/10.3390/sports6010019>.
- Foster, C. (1998) Monitoring training in athletes with reference to overtraining syndrome. *Medicine and Science in Sports and Exercise* **1164-1168**. <https://doi.org/10.1097/00005768-199807000-00023>.
- Foster, C., Florhaug, J. A., Franklin, J., Gottschall, L., Hrovatin, L. A., Parker, S., Doleshal, P., and Dodge, C. (2001) A new approach to monitoring exercise training. *Journal of strength and conditioning research* **15**, 109-15. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11708692>.
- Fox, J. L., Stanton, R. and Scanlan, A. T. (2018) A Comparison of Training and Competition Demands in Semiprofessional Male Basketball Players. *Research Quarterly for Exercise and Sport* **89**, 103-111. <https://doi.org/10.1080/02701367.2017.1410693>.
- Fox, J. L., O'Grady, C. J. and Scanlan, A. T. (2020) 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**, 1476-1479. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2019-0908>.
- Gabbett, T. J. and Domrow, N. (2007) Relationships between training load, injury, and fitness in sub-elite collision sport athletes. *Journal of Sports Sciences* **25**, 1507-1519. <https://doi.org/10.1080/02640410701215066>.
- Gabbett, T. J. and Whiteley, R. (2017) Two Training-Load Paradoxes: Can We Work Harder and Smarter, Can Physical Preparation and Medical Be Teammates?. *International Journal of Sports Physiology and Performance* **12**, S2-50-S2-54. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2016-0321>.
- Gathercole, R., Sporer, B., Stellingwerff, T., and Sleivert, G. (2015a) Alternative countermovement-jump analysis to quantify acute neuromuscular fatigue. *International Journal of Sports Physiology and Performance* **10**, 84-92. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2013-0413>.
- Gathercole, R. J., Sporer, B. C., Stellingwerff, T., and Sleivert, G. G. (2015b) Comparison of the capacity of different jump and sprint field tests to detect neuromuscular fatigue. *Journal of Strength and Conditioning Research* **29**, 2522-2531. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000912>.
- Gonzalez-Badillo, J. J., Sanchez-Medina, L., Pareja-Blanco, and Rodriguez-Rosell, D. (2017) Fundamentals of velocity-based resistance training. ISBN 978-84-697-6489-3
- Gorostiaga, E. M., Asián, X., Izquierdo, M., Postigo, A., Aguado, R., Alonso, J. M., and Ibáñez, J. (2010) Vertical jump performance and blood ammonia and lactate levels during typical training sessions in elite 400-m runners. *Journal of Strength and Conditioning Research* **24**, 1138-1149. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181cf769f>.
- Hulka, K., Cuberek, R. and Belka, J. (2013) Heart rate and time-motion analyses in top junior players during basketball matches. *Acta Gymnica* **43**, 27-35. <https://doi.org/10.5507/ag.2013.015>.
- Impellizzeri, F. M., Marcora, S. M. and Coutts, A. J. (2019) Internal and external training load: 15 years on. *International Journal of Sports Physiology and Performance* **14**, 270-273. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-0935>.
- Jimenez-Reyes, P., Pareja-Blanco, F., Cuadrado-Peñafiel, V., Morcillo, J. A., Párraga, J. A., and González-Badillo, J. J. (2016) Mechanical, Metabolic and Perceptual Response during Sprint Training. *International Journal of Sports Medicine* **37**, 807-812. <https://doi.org/10.1055/s-0042-107251>.
- Jiménez-Reyes, P., Pareja-Blanco, F., Cuadrado-Peñafiel, V., Ortega-Becerra, M., Párraga, J., and González-Badillo, J. J. (2019) Jump height loss as an indicator of fatigue during sprint training. *Journal of Sports Sciences* **37**, 1029-1037. <https://doi.org/10.1080/02640414.2018.1539445>.
- Johnston, M. J., Cook, C. J., Drake, D., Costley, L., Johnston, J. P., and Kilduff, L. P. (2016) The Neuromuscular, Biochemical, and Endocrine Responses to a Single-Session Vs. Double-Session Training Day in Elite Athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research* **30**, 3098-3106. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001423>.
- Jones, C. M., Griffiths, P. C. and Mellalieu, S. D. (2017) Training Load and Fatigue Marker Associations with Injury and Illness: A Systematic Review of Longitudinal Studies. *Sports Medicine* **47**, 943-974. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0619-5>.
- Komi, P. V. (2000) Stretch-shortening cycle: A powerful model to study normal and fatigued muscle. *Journal of Biomechanics* **1197-1206**. [https://doi.org/10.1016/S0021-9290\(00\)00064-6](https://doi.org/10.1016/S0021-9290(00)00064-6).
- Layzer, R. B. (1990) Muscle metabolism during fatigue and work. *Bailliere's Clinical Endocrinology and Metabolism* **4**, 441-459. [https://doi.org/10.1016/S0950-351X\(05\)80064-3](https://doi.org/10.1016/S0950-351X(05)80064-3).
- Lupo, C., Tessitore, A., Gasperi, L., and Gomez, M. (2017) Session-RPE for quantifying the load of different youth basketball training sessions. *Biology of sport* **34**, 11-17. <https://doi.org/10.5114/biolsport.2017.63381>.
- Lupo, C., Ungureanu, A. N., Frati, R., Panichi, M., Grillo, S., and 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* **1-6**. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2019-0248>.
- Malone, J. J., Murtagh, C. F., Morgans, R., Burgess, D. J., Morton, J. P., and Drust, B. (2015) Countermovement jump performance is not affected during an in-season training microcycle in elite youth soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research* **29**, 752-757. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000701>.
- Marcelino, P. R., De Arruda, A. F. S., De Oliveira, R., Saldanha Aoki, M., Freitas, C. G., and Moreira, A. (2013) O nível de condicionamento físico afeta a magnitude da carga interna de treinamento em jovens jogadores de basquetebol?. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte* **6**, 115-119. [https://doi.org/10.1016/S1888-7546\(13\)70045-5](https://doi.org/10.1016/S1888-7546(13)70045-5).
- Morcillo, J. A., Jimenez-Reyes, P., Cuadrado-Peñafiel, V., Lozano, E., Ortega-Becerra, M., and Parraga, J. (2015) Relationships between repeated sprint ability, mechanical parameters, and blood metabolites in professional soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research* **29**, 1673-1682. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000782>.
- Moreira, A., McGuigan, M. R., Arruda, A. F., Freitas, C. G., and Aoki, M. S. (2012) Monitoring Internal Load Parameters During Simulated and Official Basketball Matches. *Journal of Strength*



- and *Conditioning Research* **26**, 861-866. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31822645e9>.
- Moreno-Pérez, V., Del Coso, J., Raya-González, J., Nakamura, F. Y., and Castillo, D. (2019) Effects of basketball match-play on ankle dorsiflexion range of motion and vertical jump performance in semi-professional players. *The Journal of sports medicine and physical fitness*. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.19.09918-3>.
- Moreno Sánchez, J., Romero, E. P. and Capdevila Ortis, L. (2013) *Variabilidad de la frecuencia cardíaca y perfiles psicofisiológicos en deportes de equipo de alto rendimiento 1*.
- Nunes, J. A., Moreira, A., Crewther, B. T., Nosaka, K., Viveiros, L., and 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. *Journal of Strength and Conditioning Research* **28**, 2973-2980. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000499>.
- Oliveira-Da-Silva, L., Sedano-Campo, S. and Redondo-Castán, J. C. (2013) Características del esfuerzo en competición en jugadoras de baloncesto de élite durante las fases finales de la Euroliga y el Campeonato del Mundo. *Revista Internacional de Ciencias del Deporte* **9**, 360-376. <https://doi.org/10.5232/ricyde2013.03405>.
- Overton, A. (2013) Neuromuscular Fatigue and Biomechanical Alterations during High-Intensity, Constant-Load Cycling. *Theses: Doctorates and Masters*. Available at: <https://ro.ecu.edu.au/theses/612> (Accessed: 19 January 2021).
- Pageaux, B. (2016) European Journal of Sport Science Perception of effort in Exercise Science: Definition, measurement and perspectives'. <https://doi.org/10.1080/17461391.2016.1188992>.
- Peña, J., Rodríguez-Guerra, J., Buscá, B., and Serra, N. (2013) Which skills and factors better predict winning and losing in high-level men's volleyball?. *Journal of Strength and Conditioning Research* **27**, 2487-2493. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31827f4dbe>.
- Piedra, A., Peña, J., Ciavattini, V., and Caparrós, T. (2020) Relationship between injury risk, workload, and rate of perceived exertion in professional women's basketball. *Apunts Sports Medicine*. <https://doi.org/10.1016/j.apunsm.2020.02.004>.
- Piedra, A., Peña, J. and Caparrós, A. (2021) Monitoring Training Loads in Basketball: A Narrative Review and Practical Guide for Coaches and Practitioners. *Strength & Conditioning Journal*. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000620>.
- Reina, M., Mancha, D., Feu, S., and Ibáñez, S. J. (2017) ¿Se entrena como se compite? Análisis de la carga en baloncesto femenino. *Journal of Sport Psychology* **26**, 9-13.
- Sánchez-Medina, L. and González-Badillo, J. J. (2011) Velocity loss as an indicator of neuromuscular fatigue during resistance training. *Medicine and science in sports and exercise* **43**, 1725-1734. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e318213f880>.
- Sánchez Ballesta, A., Abruñedo, J. and Caparrós, T. (2019) Acelerometría en baloncesto. Estudio de la carga externa durante los entrenamientos. *Apunts Educación Física y Deportes* **135**, 100-117. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2019/1\).135.07](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2019/1).135.07).
- Sansone, P., Tschan, H., Foster, C., and Tessitore, A. (2018) Monitoring Training Load and Perceived Recovery in Female Basketball. *Journal of Strength and Conditioning Research* **1**. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000002971>.
- Scanlan, A. T., Wen, N., Tucker, P. S., and Dalbo, V. J. (2014) The Relationships Between Internal and External Training Load Models During Basketball Training. *Journal of Strength and Conditioning Research* **28**, 2397-2405. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000458>.
- Scanlan, A. T., Fox, J. L., Borges, N. R., Dascombe, B. J., and Dalbo, V. J. (2017) Cumulative training dose's effects on interrelationships between common training-load models during basketball activity. *International Journal of Sports Physiology and Performance* **12**, 168-174. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0708>.
- Schmitt, L., Regnard, J. and Millet, G. P. (2015) Monitoring Fatigue Status with HRV Measures in Elite Athletes: An Avenue Beyond RMSSD?. *Frontiers in Physiology* **6**, 343. <https://doi.org/10.3389/fphys.2015.00343>.
- Soligard, T., Schweltnus, M., Alonso, J. M., Bahr, R., Clarsen, B., Dijkstra, H. P., Gabbett, T., Gleeson, M., Hägglund, M., Hutchinson, M. R., Janse Van Rensburg, C., Khan, K. M., Meeusen, R., Orchard, J. W., Pluim, B. M., Raftery, M., Budgett, R., and Engebretsen, L. (2016) How much is too much? (Part 1) International Olympic Committee consensus statement on load in sport and risk of injury. *British Journal of Sports Medicine* **50**, 1030-1041. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096581>.
- Spiteri, T., Nimphius, S., Wolski, A., and Bird, S. (2013) Monitoring neuromuscular fatigue in female basketball players across training and game performance. *ECU Publications 2013*. Available at: <https://ro.ecu.edu.au/ecuworks2013/286> (Accessed: 19 January 2021).
- Stojanović, E., Stojiljković, N., Stanković, R., Scanlan, A. T., Dalbo, V. J., and Milanović, Z. (2019) Recreational Basketball Small-Sided Games Elicit High-Intensity Exercise With Low Perceptual Demand. *Journal of Strength and Conditioning Research* p. 1. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003306>.
- Svilar, L., Castellano, J., Jukic, I., and Casamichana, D. (2018a) Positional differences in elite basketball: Selecting appropriate training-load measures. *International Journal of Sports Physiology and Performance* **13**, 947-952. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2017-0534>.
- Svilar, L., Castellano, J. and Jukic, I. (2018b) Load monitoring system in top-level basketball team: Relationship between external and internal training load. *Kinesiology* **50**, 25-33. <https://doi.org/10.26582/k.50.1.4>.
- Thorpe, R. T., Atkinson, G., Drust, B., and Gregson, W. (2017) Monitoring fatigue status in elite team-sport athletes: Implications for practice. *International Journal of Sports Physiology and Performance* **27**-34. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2016-0434>.
- Vallés-Ortega, C., Fernández-Ozcorta, E. J. and Fierro-Suero, S. (2017) *Patrón fatiga-recuperación en una competición de alta densidad competitiva en Baloncesto Femenino Junior, Cuadernos de Psicología del Deporte* **17(3)**, 183-188. <https://revistas.um.es/cpd/article/view/313991> (Accessed: 9 January 2020).
- Vaquera, A., Suárez-Iglesias, D., Guiu, X., Barroso, R., Thomas, G., and Renfree, A. (2018) Physiological responses to and athlete and coach perceptions of exertion during small-sided basketball games. *Journal of Strength and Conditioning Research* **32**, 2949-2953. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002012>.
- Vazquez-Guerrero, J., Reche, X., Cos, F., Casamichana, D., and Sampaio, J. (2018) Changes in External Load When Modifying Rules of 5-on-5 Scrimmage Situations in Elite Basketball. *Journal of Strength and Conditioning Research* **1**. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000002761>.
- Weir, J. P. (2005) Quantifying test-retest reliability using the intraclass correlation coefficient and the SEM. *Journal of Strength and Conditioning Research* **23**-240. <https://doi.org/10.1519/15184.1>.
- Wu, P. P. Y., Sterkenburg, N., Everett, K., Chapman, D. W., White, N., and Mengersen, K. (2019) Predicting fatigue using countermovement jump force-time signatures: PCA can distinguish neuromuscular versus metabolic fatigue. *PLoS ONE* **14**. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0219295>.
- Zamora, V., Capdevila, L., Lalanza, J. F., and Caparrós, T. (2021) Heart rate variability and accelerometry: Workload control management in Men's basketball. *Apunts. Educación Física y Deportes* **143**, 44-51. [https://doi.org/10.5672/APUNTS.2014-0983.ES.\(2021/1\).143.06](https://doi.org/10.5672/APUNTS.2014-0983.ES.(2021/1).143.06).
- Ziv, G. and Lidor, R. (2009) Physical attributes, physiological characteristics, on-court performances and nutritional strategies of female and male basketball players. *Sports Medicine* **39**, 547-68. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19530751>

### Key points

- Several internal and external load variables show associations with an increase in local neuromuscular fatigue detected through the countermovement jump test.
- Our main findings show promising results detecting the lower-body neuromuscular fatigue originated by specific training through an ecological, practical, and low time-consuming methodology. The proposed method can outline the players' physiological state and inform decisions regarding the application of different training loads within a complex setting and multi-factorial process.

### AUTHOR BIOGRAPHY



#### Aitor PIEDRA

##### Employment

PhD candidate at Institut Nacional d'Educació Física (INEFC), University of Barcelona, Barcelona, Spain. Associate professor at UVic-UCC, Barcelona, Spain.

##### Degree

MSc

##### Research interests

Sports performance, injury prevention, load management

**E-mail:** aitor\_95bcn@hotmail.com



#### Toni CAPARRÓS

##### Employment

Full professor at Institut Nacional d'Educació Física (INEFC), University of Barcelona, Barcelona, Spain.

##### Degree

PhD

##### Research interests

Sports performance, injury prevention, load management, elite basketball players

**E-mail:** toni.caparros@gencat.cat



#### Jordi VICENS-BORDAS

##### Employment

Full professor at UVic-UCC, Barcelona, Spain.

##### Degree

PhD

##### Research interests

Sports performance, injury prevention, load management

**E-mail:** jordi.vicens@uvic.cat



#### Javier PEÑA

##### Employment

Director of the Sport and Physical Activity Studies Centre (CEEAF) at UVic-UCC, Barcelona, Spain.

##### Degree

PhD

##### Research interests

Sports performance, injury prevention, load management

**E-mail:** javier.pena@uvic.cat

#### ✉ Toni Caparrós

National Institute of Physical Education and Sport of Catalonia, University of Barcelona, Av. de l'Estadi, 12-22, 08038, Barcelona, Spain

## UNA PROPUESTA REAL EN RELACIÓN AL CONTROL DE LA CARGA DE ENTRENAMIENTO



**ASEPREG**

*Aitor Piedra González y Marc Olmos Peñarroja son Graduados en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte (JNEFE Barcelona) y Máster en Rendimiento deportivo: Tecnificación y alto nivel (RETAN-JNEFE Barcelona). Aitor Piedra es Preparador físico del CB Cornellá (LEB PLATA) y Femeni Sant Adria (LF2). Marc Olmos es también Entrenador de Baloncesto y Preparador Físico del UMEÀ BSKT (SBL: Primera división Sueca).*

El baloncesto es un deporte intermitente compuesto de acciones cortas e intensas, normalmente inferiores a 3 segundos que se desarrollan junto a períodos largos de actividad moderada y de recuperación variables (Piedra, Peña, & Caparrós, 2021). En este contexto, el control de todo lo que sucede en el campo, ya sea tanto en entrenamiento como en competición, pretende optimizar este proceso de trabajo facilitando la toma de decisiones del cuerpo técnico y reduciendo el riesgo de padecer una lesión.

La carga de entrenamiento (CE) se ha descrito como la varia-

ble que gestionada de forma adecuada ayuda a obtener respuesta sobre lo que ocurre en el entrenamiento diseñado (Impellizzeri, Marcora, & Coutts, 2019), elemento que puede ser definido como la suma de aspectos descriptivos del propio entrenamiento (carga externa) y de la respuesta individual fisiológica provocada en el organismo del jugador tras el sometimiento a dicho entrenamiento planificado (carga interna) (Soligard et al., 2016).

La monitorización de la carga durante la competición va a proporcionar información de lo que sucede en pista, e informará de como adaptar el proceso de

entrenamiento a las demandas de la competición. Un elemento importante dentro del proceso de entrenamiento será la reproducción de situaciones de entrenamiento que simulen la propia competición (Piedra et al., 2021), aspecto clave para conseguir un elevado rendimiento a lo largo de toda la temporada.

Para garantizar un adecuado control de la CE, debemos de atender todo este complejo proceso desde una perspectiva holística, aspecto fundamental tanto en equipos profesionales de alto nivel como en equipos no profesionales y de formación. Dos son las grandes tipologías de herramientas de análisis en relación al concepto CE, medios ecológicos y tecnológicos, debido a que la realidad dentro del baloncesto de formación es la que es, nos centraremos en elementos ecológicos para ofrecer una perspectiva real y aplicable en diferentes contextos prácticos.





## ¿CÓMO CONTROLAR LA CARGA DESDE UNA VERTIENTE ECOLÓGICA? LA REALIDAD DE UN BALONCESTO SIN RECURSOS

Hablar de recursos ecológicos supone hablar de metodología fiable y validada que no conlleven gasto económico alguno (Piedra et al., 2021) y que además, permita obtener información objetiva y cuantitativa sobre lo que pasa con nuestro entrenamiento diseñado. Teniendo en cuenta que el proceso de entrenamiento es una tarea que debe ser realizada por todo el cuerpo técnico de una manera conjunta, es clave para garantizar el éxito la realización de un cronograma apropiado de monitorización.

En esta tarea organizativa de recursos de control, cobra vital importancia la participación del preparador/a físico/a para determinar el cómo debe de ser el entrenamiento a nivel de carga externa y la determinación sobre qué herramientas de control utilizar para obtener información en relación a la propuesta diseñada.

Es importante destacar que todo el cuerpo técnico puede y debe ayudar en la recogida de información, ya que las herramientas propuestas deberían ser sencillas en su aplicación (Soligard et al., 2016).

UNA PROPUESTA FÁCIL, SENCILLA Y VIABLE EN CUALQUIER CONTEXTO

Fruto de nuestra tarea semanal y sobre las bases de nuestra realidad y necesidades como cuerpo técnico mostramos el planteamiento que para nosotros ha resultado eficiente en las últimas temporadas. Dividimos nuestro organigrama en 3 momentos de acción; por la mañana (cuestiona-



rio de bienestar), durante el entrenamiento (control del tiempo de exposición y del tiempo real) y tras entrenamiento (RPE y sRPE). Durante todo el proceso, la comunicación entre el cuerpo técnico y el jugador serán aspectos clave que determinarán el éxito de uso de cualquiera de todas estas herramientas.

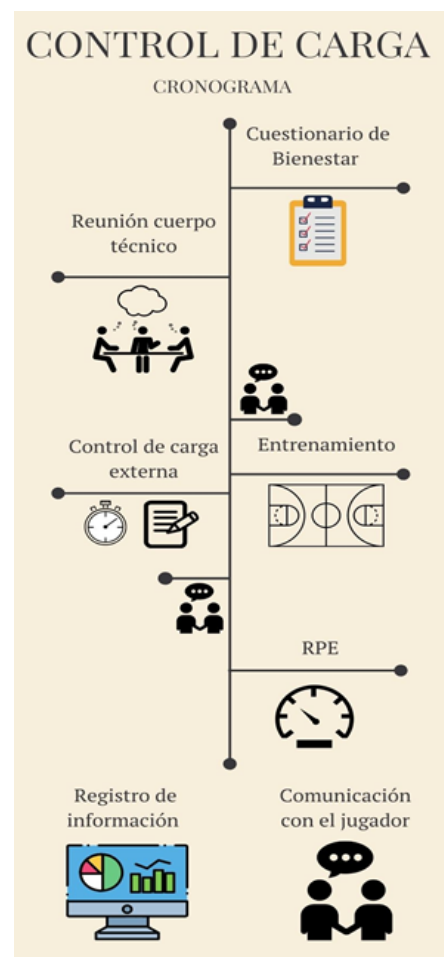
### 1. Cuestionario de bienestar:

Herramienta que nos permitirá obtener información sobre el estado físico y psicológico del jugador. De manera diaria y durante las primeras horas del día el jugador completará un cuestionario que nos dará información sobre en qué estado se ha levantado y cómo puede estar para afrontar la sesión de entrenamiento. (McLean et al., 2010)



### 2. Control de carga externa e interna durante la sesión:

Determinación de la diferencia existente entre el tiempo real de práctica y el tiempo total de la sesión; tiempo total de entrenamiento – tiempo total de acción. Este valor nos dará información relativa a su intensidad (Tim J. Gabbett & Whiteley, 2017).



### 3. Escala de Borg:

Escala de valoración que determina el grado de intensidad/dureza que percibe el jugador al acabar la sesión de entrenamiento. Lo ideal será aplicarla 30 minutos después de la finalización de la sesión de manera individualizada. Con este valor determinaremos también el ratio de esfuerzo por sesión (sRPE) que se obtiene de la multiplicación del valor del RPE por el tiempo de exposición, aspecto que nos permitirá interaccionar las variables volumen e intensidad de entrenamiento (Foster et al., 2020). Debemos de partir de la norma de que cada jugador presenta respuestas fisiológicas diferentes ante una misma carga realizada.

### 4. Comunicación:

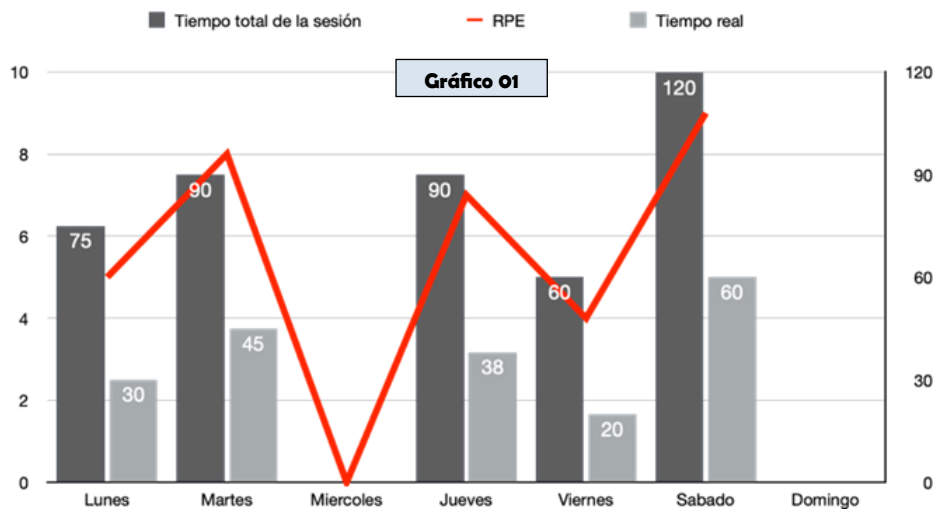
La comunicación con el jugador es vital dentro del proceso de control de CE. Antes del entrenamiento nos permitirá obtener información que podría ser determinante en la posible adaptación de propio proceso antes de su inicio si se alerta un consenso entre jugadores. De igual manera, al finalizar la sesión el preparador físico deberá proponer un escenario óptimo de vuelta a la cal-

ma donde los jugadores podrán comunicarse entre ellos y con los miembros del cuerpo técnico que será clave para extraer información relativa a la sesión realizada (Calleja-González et al., 2015).

Un buen registro de toda esta información será clave para poder entenderla y utilizarla de manera adecuada. En el siguiente gráfico se muestra un ejemplo del desarrollo de un microciclo de 7 días utilizando las herramientas de control de carga mencionadas en nuestra propuesta (**Gráfico 01**).

demos a los datos del cuestionario de bienestar, nuestro objetivo será llegar al día de competición con unos valores altos (>18). Para esto, en nuestra planificación se determinan valores de sRPE con un pico de carga el martes, para disminuir de manera progresiva hasta el día de partido.

Las sesiones con volúmenes más altos las ubicaremos martes y jueves, para obtener los valores de RPE deseado. Para ello, resulta clave tener en cuenta la diferencia entre el tiempo real y el tiempo total de la sesión (**Gráfico 02**).



Debe ser tenido en cuenta para una mejor comprensión que el sábado es el día de competición y domingo es el día libre. Si aten-

Aun así, no debemos olvidarnos que los datos no lo son todo y es por esto por lo que en esta propuesta cobra mucha importancia la comunicación jugador-entrenador.



Los jugadores son personas y una relación cercana nos ayudará a obtener tener un mejor feedback de su situación real.

# MONITORITZACIÓ DE LA CÀRREGA AMB MITJANS LOW COST



**Aitor Piedra**

Preparador físic de basquet  
Màster en Rendiment Esportiu: Tècnificació i Alt Nivell (RETAN)  
Professor associat de basquet a l'Universitat de Vic



**Adrià Sánchez**

Preparador físic basquet  
Preparador físic i readaptador a We Train  
Màster Professional Alt Rendiment en Esports d'Equip  
Màster en Rendiment Esportiu: Tècnificació i Alt Nivell (RETAN)

## PREPARACIÓ FÍSICA

**E**n el bàsquet actual la figura del preparador/a físic/a té una importància fonamental dins d'un cos tècnic. Les funcions que exerceixen varien segons el context i el nivell de l'equip. Una de les funcions principals, sigui quina sigui la seva realitat, és la de controlar la càrrega d'entrenament. En el cas de no disposar de preparador/a físic/a, algun membre del cos tècnic hauria d'assumir aquesta tasca ja que és determinant per a l'optimització del procés d'entrenament.

El control de la càrrega d'entrenament proporciona informació sobre les demandes físiques de l'esport en el qual es competeix. S'ha d'utilitzar aquesta informació per programar i prendre decisions sobre l'entrenament amb l'objectiu d'optimitzar el rendiment i prevenir lesions. Cal educar, tant els membres del cos tècnic com els jugadors, sobre la importància d'incorporar mètodes de control de la càrrega. La càrrega es defineix com la

suma de la càrrega externa i la càrrega interna. El terme "càrrega externa" es refereix a qualsevol estímul extern aplicat a l'esportista i donarà, com a resultat, respostes fisiològiques i psicològiques diferents en cada individu, després d'una interacció amb altres factors biològics i ambientals. La resposta individual a aquesta interacció amb estressos biològics imposats sobre l'esportista durant l'entrenament i la competició, es coneix com "càrrega interna".

Una bona monitorització de la càrrega d'entrenament no necessàriament s'ha de realitzar mitjançant tecnologia, sinó que hi ha elements ecològics de cap o baix cost, els quals també són útils i fiables. Establir un cronograma apropiat de monitorització de la càrrega dels jugadors diàriament i tenir un bon control de la sessió d'entrenament pot ser molt beneficiós per a millorar el rendiment i reduir el risc de lesió.

## 1. CRONOGRAMA DE MONITORITZACIÓ DIARI

Al principi del dia es proposa enviar el qüestionari de benestar (Wellness), que proporciona informació sobre la qualitat de la son, el nivell d'estrès, la fatiga, l'humor i el dolor muscular. Amb això, podem veure la percepció que té el jugador/a i com es troba per encarar la sessió d'entrenament o partit.

Qüestionari de benestar (Wellness)						
Variable	5	4	3	2	1	Puntuació
<b>FATIGA</b>	Molt recuperat	Recuperat	Normal	Més fatigat del normal	Molt fatigat	
<b>QUALITAT DE LA SON</b>	Molt relaxant	Bo	Dificultat per dormir	Son inquiet	Insomni	
<b>DANY MUSCULAR</b>	Molt bones sensacions	Bones sensacions	Normal	Augment del dolor	Molt dolor	
<b>ESTRÉS</b>	Molt relaxat	Relaxat	Normal	Estressat	Molt estressat	
<b>HUMOR</b>	Molt positiu	Bon humor	Menys interessat en altres activitats	Mal geni	Molt molest	
						<b>TOTAL</b>



Abans de començar la sessió, es proposa en primer lloc registrar si es realitza preparació física o no, i en el cas que sí, registrar tota la feina feta ja que també suposarà una càrrega per al jugador/a. En segon lloc, administrar el test de qualitat de recuperació (TQR). El test TQR proporciona informació sobre com està, de recuperat, un jugador per començar la sessió.

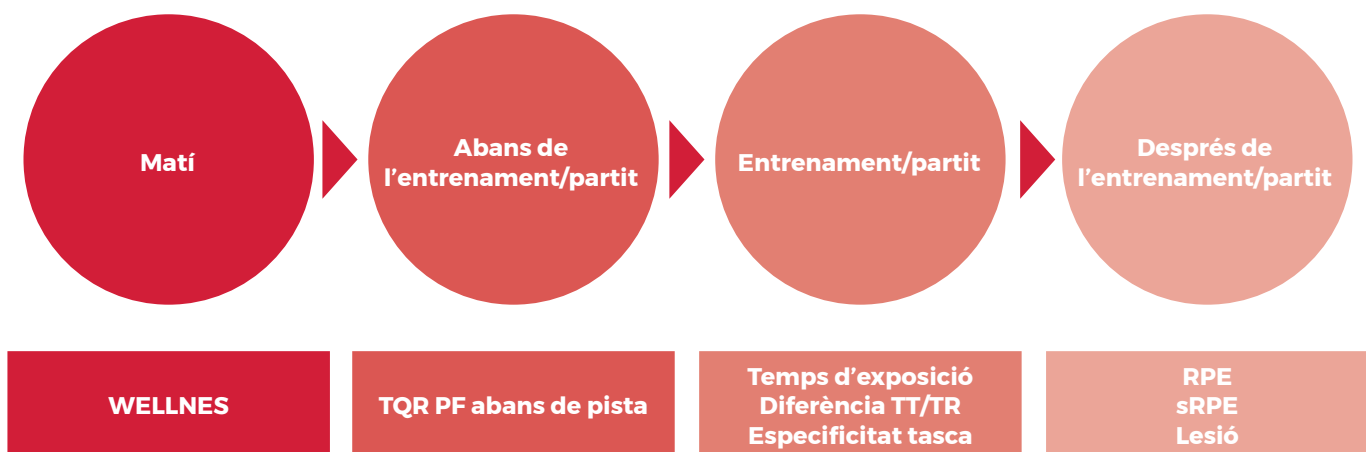
TQR		
10	Molt recuperat/ Molt enèrgic	Esperem un molt bon rendiment
9	Ben recuperat/	
8	Una mica enèrgic	
7	Moderadament	Esperem un rendi- ment normal
6	Recuperat	
5	Recuperat adequadament	
4	Una mica recuperat	Esperem un mal rendiment
3	No ben recuperat/	
2	Una mica cansat	
1	Molt mal recuperat/	
0	Extremadament cansat	

La programació de l'entrenament hauria de realitzar-se amb tot el cos tècnic reunit, tenint en compte que pot ser modificable en funció de com hagin estat les respostes dels jugadors. D'aquesta manera s'aconsegueix

treballar de forma multidisciplinària i cada integrant, des del seu rol, pot aportar la seva visió per tal de millorar la proposta de la sessió. A més, és molt important mantenir una comunicació molt activa amb els jugadors durant la part de preparació física o activació perquè ens expliquin les seves impressions i expressin el seu estat d'una manera més personal.

Durant la sessió, a nivell de càrrega, s'ha de controlar el temps d'exposició de la sessió, la diferència entre el temps real de treball i el temps actiu ja que ens proporcionarà informació de com ha estat la sessió i l'especificitat de la tasca ja que, en funció de l'objectiu de la sessió, serà millor fer un tipus de tasca que no pas una altra. En el cas de la competició, és molt important controlar els minuts de joc de cada jugador.

Trenta minuts després de la finalització de la sessió s'hauria de recollir el Rate of perceived exertion (RPE), el qual defineix quin esforç ha suposat l'entrenament a cada jugador de 0 a 10. Atent a l'objectiu de l'entrenament es pot preveure com s'ha de trobar l'equip, i amb aquesta eina de càrrega interna es pot valorar si s'ha acomplert l'objectiu. Multiplicant el RPE pel temps d'exposició de la sessió, s'obté el Session rating of perceived exertion (sRPE) i això proporciona un valor on interacciona la quantitat (volum) i la qualitat (intensitat) de l'entrenament. La resposta fisiològica individualitzada de cada jugador a la càrrega externa, s'ha de tenir en compte ja que cada jugador serà diferent i s'haurà d'actuar de manera personal. Registrar les lesions que es van produint i diferenciar-les en time loss, physio attention i medical attention ens permetrà tenir un control i poder consultar l'evolució de l'equip.



Tota la informació recollida durant tot el procés hauria d'emmagatzemar-se en una base de dades ja que permetrà tenir registrada tota l'activitat, tant individual com d'equip. D'aquesta manera es podrà consultar informació d'altres dies i realitzar comparacions entre jugadors o amb el mateix jugador. Com més bé estigui registrada la informació, més senzill serà poder prendre decisions adequades en el procés d'entrenament.

No es pot ser únicament esclau de les dades, per això en la proposta, agafa molta importància la comunicació. Els jugadors són persones i com més relació s'estableixi, s'aconseguirà tenir un millor feedback del seu estat veritable.

## 2. MONITORITZACIÓ DE LA SESSIÓ D'ENTRENAMENT

El nostre objectiu és facilitar una eina de treball pràctica, a través de l'Excel, perquè els entrenadors i entrenadores puguin dur a terme un control de la càrrega d'una forma molt senzilla i sense la necessitat de tenir dispositius tecnològics, com tenen els equips professionals. Donarem dues fórmules per a poder calcular la càrrega de treball: una més senzilla, on només amb dos variables com la RPE i el temps real de treball podem obtenir un valor numèric de càrrega de treball, i un altre on, a part de la RPE, s'ha de tenir en compte l'orientació de tasques en funció de la seva especificitat i/o classificar el temps de treball de les tasques pels nivells d'aproximació, com proposa Xavi Schelling.

### 2.1 sRPE

La primera fórmula que podem utilitzar és el sRPE;  
**sRPE = RPE \* temps real de treball (min) = Unitats de càrrega arbitrària (UA).**

Posarem un exemple pràctic d'una sessió d'entrenament:

RPE mitjana de l'equip = 5  
 Temps real de la sessió = 85'  
**sRPE = 5\*85 = 425 UA**

Amb aquesta fórmula obtindríem el valor de càrrega d'aquesta sessió de l'equip (és important entendre que és la mitjana de l'equip i, si volem fer-ho d'una manera més precisa, hauríem de fer-ho individualment a cada jugador/a, ja que la RPE serà pròpia per a cada jugador/a. Igual que, si gestionem els minuts d'algun jugador/a durant la sessió d'entrenament, els valors de càrrega es veurien afectats. La nostra proposta té en compte el sRPE, mitjana de l'equip, degut a que ens permet veure la dinàmica de càrregues de l'equip, i el sRPE individual, ja que ens donarà informació més precisa de cada jugador/a i ens facilitarà la presa de decisions a l'hora de gestionar casos individuals, com per exemple controlar la càrrega de jugadors/es, el return to play després d'una lesió, o de jugadors/es que tenen una fatiga elevada i ens interessa modificar la càrrega per reduir el risc de lesió.

### 2.2 Unitats de càrrega

La segona fórmula és un adaptat de Joan Solé, la qual és més complexa ja que té en compte la RPE i el temps de treball real, però el temps de treball tindrà diferents valors en funció a l'especificitat de la tasca. És a dir, no té el mateix valor una tasca general, com pot ser la preparació física, a una tasca competitiva com és un 5 x 5 a tota pista. Abans d'anar a l'exemple pràctic, hem de tenir clar l'orientació de les tasques en funció d'especificitat i/o la classificació del nivell d'aproximació que ens proposa Xavi Schelling.

Nivell d'especificitat	Descripció
Exercicis Genèrics	Exercicis que no presenten cap nivell d'especificitat respecte a la competició. Per exemple, per a un jugador/a de bàsquet realitzar 30' de bicicleta.
Exercicis Generals	Exercicis que presenten un baix nivell d'especificitat, per exemple, aquest tipus d'exercicis inclourien tot el treball condicional fora de pista.
Exercicis Dirigits	Exercicis que presenten una lleugera similitud amb els gestos específics de la competició, on la presa de decisions és inespecífica, com per exemple podria ser un circuit condicional/ tècnic a pista o 1v0, 2v0, 3v0.
Exercicis Especials	Exercicis amb presa de decisió específica però que no simulen la competició en si, com poden ser exercicis de 1v1, 3v3, 4vX ..etc.
Exercicis Competitius	Exercicis de joc real amb o sense modificacions del reglament.

Podem utilitzar també la classificació de Xavi Schelling que ens presenta en una de les seves publicacions "Conditioning for Basketball: Quality and Quantity of Training (2013)". Es pot observar una classificació, amb alguna modificació respecte a la classificació anterior, però totes són vàlides, i dependrà dels criteris de cada entrenador/a o preparador/a físic.



Orientació	Nivell d'aproximació	Format de confrontació
COMPETITIU	V	4v4, 5vX
ESPECIAL	IV	(1v1), 2vX, 2v2, 3vX, 3v3, (4vX)
DIRIGIT	III	1v0, 2v0, (3v0)
	II	1v0, 2v0, (3v0)
GENERAL	I	No/1v0, 2v0, (Xv0)
	0+	No
	0-	No

Una vegada tenim la classificació, pel nivell d'especificitat de les tasques o els nivells d'aproximació, hem de donar un valor numèric a cada tipus de tasca, on les tasques amb menys especificitat tindran un valor més baix que les tasques que s'aproximen més a la competició.

NIVELL 0-	NIVELL 0+	NIVELL I	NIVELL II	NIVELL III	NIVEL IV	NIVELL V	
	0,5		0,6	0,7	0,8	0,9	1
GENERAL				DIRIGIT	ESPECIAL	COMPETITIU	

En aquest cas, a diferència de Xavi Schelling, jo introdueixo el Nivell 2 dins dels exercicis generals perquè en l'equip on treballa, els treballem fora de pista i a nivell competitiu li donarem el valor 1 quan es tracta d'una competició real i no d'entrenament.

Una vegada tenim classificades les nostres tasques anem a realitzar la fórmula;

**Càrrega de treball** = RPE \* ((min reals exercicis general \* 0,5) + (min reals exercicis dirigits \* 0,6) + (min reals exercicis especials \* 0,8) + (min reals exercicis competitiu \* 0,9))  
= **Unitats de càrrega arbitràries (UA)**

- Per exemple suposem que en una sessió d'entrenament hem realitzat:

Total min exercicis generals = 45'  
Total min exercicis dirigits = 15'  
Total min exercicis especials = 20'  
Total min exercicis competitiu = 25'  
RPE de la sessió = 6

**Càrrega de treball** = 6 \* ((45\*0,5) + (15\*0,6) + (20\*0,8) + (25\*0,9)) = **420 UA**

Així doncs, tindriem una altra manera d'obtenir un valor de càrrega que té en compte l'especificitat de les tasques.

### 2.3 Aplicació pràctica

Per finalitzar, volem aportar algunes aplicacions pràctiques amb tota aquesta presa de dades i que siguin útils en el vostre procés d'entrenament. Primerament hem vist que obtenint la RPE podem tenir informació de la percepció de l'esforç dels nostres jugadors/es i ens permetrà prendre decisions si és necessari d'una manera més individualitzada en funció de com es troben els jugadors/es. Per altra banda, hem vist que podem saber el temps real de treball i classificar-lo en funció de la seva especificitat, el qual ens permetrà veure el volum real de cada tipus de tasca que realitzem al final de cada microcicle i observar si s'ajusta al que nosaltres hem planificat. També podem obtenir un valor de càrrega de treball de cada sessió i partit de l'equip, fins i tot individual de cada jugador, amb la qual podrem observar i controlar la dinàmica de càrregues setmanal dels nostres equips i jugadors/es.

# MONITORING TRAINING LOADS IN BASKETBALL: A NARRATIVE REVIEW AND PRACTICAL GUIDE FOR COACHES PRACTITIONERS



AUTOR: Piedra A., Peña J., Caparrós T.

Diseñado por : @marc\_olmos.pt

