



Propuesta de monitorización de cargas en baloncesto a partir de la utilización conjunta de cuatro herramientas *low cost*

Roberto Molina^{1*} ID, Daniel Lapresa^{1*} ID, Javier Arana¹ ID, Ildefonso Álvarez-Marín² ID y Hugo Salazar³ ID

¹ Universidad de La Rioja, Logroño (España).

² Universidad Isabel I, Burgos (España).

³ Departamento de Rendimiento Deportivo, Saski Baskonia, Vitoria-Gasteiz (España).

OPEN ACCESS

Citación

Molina, R., Lapresa, D., Arana, J., Álvarez-Marín, I. & Salazar, H. (2025). A proposal for load monitoring in basketball based on the joint use of four low-cost tools. *Apunts Educación Física y Deportes*, 160, 26-34. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2025/2\).160.04](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2025/2).160.04)

Resumen

En este artículo, realizado en el seno de un club de baloncesto profesional que disputó simultáneamente la Liga ACB y la Basketball Champions League, se expone la utilización conjunta de cuatro herramientas *low cost* para el control de la carga: el Sistema Integral del Análisis de las Tareas del Entrenamiento (SIATE), la percepción subjetiva del esfuerzo de la sesión (sRPE), la monitorización de la frecuencia cardiaca (TRIMP) y la percepción subjetiva del estado de bienestar por el deportista (cuestionario Wellness). Mediante un modelo de ecuaciones estructurales, se analizan las relaciones que se generan entre los resultados obtenidos con cada una de las herramientas (las puntuaciones de los siete jugadores que cumplieron los criterios de inclusión en las 31 semanas que abarcó la temporada), determinando qué variables pueden predecir las puntuaciones de carga interna objetiva obtenidas a partir del TRIMP correspondientes al día de mayor carga de la semana. Este es el primer trabajo que relaciona estas cuatro herramientas *low cost* de monitorización de cargas. Mediante un modelo de ecuaciones estructurales, en el que todas las relaciones resultaron estadísticamente significativas, se constató la relación entre las puntuaciones obtenidas en el TRIMP y las variables SIATE, RPE y Wellness, lo que avala la utilización conjunta de las cuatro herramientas *low cost* propuestas.

Palabras clave: modelo de ecuaciones estructurales, percepción subjetiva del esfuerzo de la sesión, sistema integral de análisis de tareas de entrenamiento, TRIMP, Wellness.

Portada:

Ana Alonso y Oriol Cardona logran su clasificación para el nuevo deporte olímpico de esquí de montaña con un segundo puesto en el Campeonato del Mundo 2025 en Boí Taüll. © ISMF

Introducción

El rendimiento deportivo es el resultado de una compleja interacción entre factores que influyen en la capacidad de un deportista para alcanzar su máximo potencial. El control de cargas de entrenamiento es un componente fundamental en la optimización del rendimiento y la prevención de lesiones en deportistas de todas las disciplinas y niveles de competencia. La gran mayoría de entrenadores no tiene acceso a dispositivos inerciales o de *tracking* (GPS/LPS) por su elevado coste económico. En este contexto, surge la necesidad de explorar y desarrollar herramientas de bajo coste que puedan proporcionar datos precisos y fiables sobre el estado de forma tanto individual como de la plantilla.

En este artículo, se expone la utilización conjunta de cuatro herramientas *low cost* para el control de la carga: el Sistema Integral del Análisis de las Tareas del Entrenamiento (SIATE), la percepción subjetiva del esfuerzo de la sesión (sRPE, por sus siglas en inglés), la monitorización de la frecuencia cardiaca (método TRIMP) y la percepción subjetiva del estado de bienestar por el deportista (cuestionario Wellness).

Para la monitorización de la carga externa (vertiente objetiva) se recurrió al SIATE (Ibáñez et al., 2016). El SIATE tiene como origen la propuesta de monitorización de cargas realizada por Coque (2008, 2009) para la selección nacional absoluta española de baloncesto masculino. Se trata de un sistema de monitorización caracterizado por ser universal, estandarizable, modulable y flexible (Ibáñez et al., 2016). Reina et al. (2019) demostraron la estrecha correlación entre el control de carga externa mediante SIATE y los datos analizados mediante dispositivos de *tracking* (carga externa objetiva), que incluyeron variables como aceleraciones, deceleraciones, distancia recorrida y *Player Load*, calculada como la raíz cuadrada de la suma de la tasa de cambio instantáneo en la aceleración en los tres planos de movimiento (Bredt, et al., 2020).

Para la monitorización de la carga interna (vertiente subjetiva), y a partir de la escala de Borg o *Rate of Perceived Exertion* (RPE), se recurrió al índice de Foster (2001) o *session Rate of Perceived Exertion* (sRPE), que se obtuvo del producto entre el RPE del jugador por el tiempo de entrenamiento. Es una herramienta fiable para monitorizar y controlar cargas de entrenamiento, al haberse constatado su fuerte correlación con variables de carga externa (Casamichana et al., 2013; Clemente et al., 2019; Gallo et al., 2015; Moreira et al., 2012; Svilar et al., 2018). Las variables RPE y sRPE, a pesar de su naturaleza subjetiva, son más consistentes frente a cargas tanto agudas como crónicas, y muestran una mayor sensibilidad que otras medidas objetivas tales como los niveles de creatina quinasa en sangre (Saw et al., 2015) o la respuesta de la frecuencia cardiaca durante el entrenamiento (Moussa et al., 2019).

La frecuencia cardiaca demostró ser un *gold standard* para la monitorización de la carga interna objetiva (Manzi

et al., 2010) al ofrecer información en tiempo real sobre la respuesta fisiológica del organismo y, así, proporcionar un *feedback* instantáneo sobre la respuesta cardiovascular del deportista. En el presente trabajo se recurrió, como indicador de la carga obtenido a partir de la frecuencia cardiaca, al *Training Impulse* (TRIMP) (Banister et al., 1991), que permite cuantificar la carga acumulada por un jugador durante una sesión de entrenamiento. El TRIMP es el resultado de multiplicar la duración del ejercicio por su intensidad (expresada como un porcentaje de la frecuencia cardiaca máxima). La fórmula general para dicho cálculo es: $TRIMP = \sum_{i=1}^n (\text{Duración}_i \times \text{Intensidad}_i \times e^{0.64 \times \text{Intensidad}_i})$, donde Duración es la duración del ejercicio; Intensidad es la intensidad del ejercicio expresada como un porcentaje de la frecuencia cardiaca máxima del individuo; y e es la base del logaritmo natural (2.71828). Finalmente, la intensidad queda asociada a un factor de ponderación que varía en función de los autores consultados (Foster et al., 2001; Puente et al., 2017; Saldanha et al., 2017; Torres-Ronda et al., 2016).

Por último, se recurrió al cuestionario de bienestar (Wellness), que tiene sus orígenes en el índice Hooper (Hooper y Mackinnon, 1995). Este cuestionario proporciona información sobre cinco variables: sueño, estrés, motivación, nivel de fatiga y enfermedad. La elaboración de un pasaporte de bienestar obtenido a partir de múltiples mediciones de bienestar es una herramienta para determinar el nivel de rendimiento que se puede esperar del deportista (Clemente et al., 2017). Su fácil implementación en las rutinas diarias (apenas un minuto) permite utilizar los cuestionarios de bienestar como herramienta de seguimiento (Jones et al., 2017). Los valores de bienestar se utilizan como parámetros prescriptivos de la carga externa dado el impacto negativo que tienen las bajas calificaciones sobre la carga externa (Gallo et al., 2015). La consiguiente reducción del volumen y de la frecuencia del entrenamiento (*tapering*) conducirá a una disminución de la carga interna, lo que se traducirá en un aumento de la valoración del bienestar (Botonis et al., 2019).

La utilización conjunta de los datos recogidos con las herramientas de monitorización *low cost* que constituyen la presente propuesta de monitorización de cargas, permite tomar decisiones de manera fundamentada. De esta forma, los objetivos del presente trabajo son: a) presentar una propuesta de monitorización de cargas en baloncesto constituida por la utilización conjunta de cuatro herramientas *low cost* que permita a técnicos y entrenadores que no puedan disponer de costosos dispositivos de *tracking* optimizar el control y la gestión del rendimiento deportivo; y b) determinar qué variables pueden predecir las puntuaciones de carga interna objetiva obtenidas a partir del TRIMP, relativas a la sesión de mayor carga de la semana, analizando los resultados obtenidos por cada una de las herramientas *low cost* que constituyen la propuesta de monitorización de cargas.

Metodología

Participantes

Se realizó un estudio comparativo transversal no experimental empleando un diseño de medidas repetidas. Los datos que sustentan el presente trabajo se recogieron en un club de baloncesto masculino profesional que, en la temporada sometida a estudio, disputó dos competiciones simultáneamente: la Liga ACB (Asociación Española de Baloncesto) a nivel nacional y la competición Basketball Champions League a nivel internacional. La plantilla, compuesta por 20 jugadores, realizó 232 sesiones de entrenamiento grupales y disputó un total de 48 partidos de competición oficial. Los criterios de inclusión para formar parte del muestreo que respaldan los resultados de este artículo fueron similares a los utilizados en este tipo de trabajos (Clemente et al., 2019): a) presentación de autorización médica para ejercer en un contexto profesional; b) haber completado el 80 % de los mesociclos de la temporada; y c) haber realizado el 80 % de las sesiones del mesociclo correspondiente. Se excluyeron los participantes de la plantilla que no cumplieron con estos criterios de inclusión, de forma que la muestra final quedó constituida por los siete jugadores que cumplieron con todos los requisitos prefijados. Se trabajó con las puntuaciones de estos jugadores en la sesión de mayor carga semanal en las 31 semanas (microciclos) que abarcó la temporada, lo que supone 217 puntuaciones de cada herramienta *low cost*, con las cuales pudo desarrollarse convenientemente un modelo de ecuaciones estructurales (Wolf et al., 2013).

El presente trabajo se llevó a cabo de acuerdo con la Declaración de Helsinki. Cuenta con la autorización del club y el consentimiento informado de los participantes, así como con la aprobación del Comité de Ética de la Investigación de la Universidad de La Rioja (expediente n.º 76529).

Instrumentos y procedimiento

En la propuesta de utilización del SIATE, se registraron las tareas realizadas y el tiempo útil empleado en cada tarea durante todas las sesiones de entrenamiento del grupo. Esta herramienta está constituida por seis variables “primarias”: grado de oposición, densidad de la tarea, número de ejecutantes simultáneos, factor competitivo, espacio de juego e implicación cognitiva. Cada una de las tareas se puntuó atendiendo a las seis dimensiones mencionadas; puede tener una valoración máxima de 5 puntos y una valoración mínima de 1 punto (véanse la Tabla 1 y la Figura 1). De las variables “primarias” se desprenden otras variables “secundarias” como la carga de la tarea, obtenida de la suma del valor asignado a cada uno de los seis parámetros primarios (oscila entre los 5 y 30 puntos) y la carga de la tarea por el tiempo útil de práctica, cuyo resultado se expresó en unidades arbitrarias (UA). Este último parámetro refleja con mayor precisión la carga real de la tarea (Reina et al., 2019; Fuster et al., 2021). En cuanto a los umbrales de SIATE, se tomó como referencia la carga máxima teórica que corresponde a la del partido o competición (García et al., 2022; Torres-Ronda et al., 2016), donde el tiempo útil de juego en un partido oficial de baloncesto son cuarenta minutos y la puntuación asignada a la tarea de “5x5 continuo” es la mayor posible con 30 puntos (1200 UA). Con esta referencia, se establecieron cuatro tipos de sesión en función de la carga: sesiones de carga baja (recuperación), correspondientes a valores inferiores al 50 % de la carga de partido, con cargas inferiores a 600 UA; sesiones de carga media (mantenimiento), con cargas comprendidas entre el 50 y el 69 % de la carga de partido, entre las 600 y 799 UA; sesiones de carga alta (desarrollo), correspondientes a una carga entre el 70 y el 89 % de competición, entre 800 y 999 UA; y sesiones competitivas, entre 1000 y 1200 UA.

Tabla 1

Valores asignados a cada faceta de la Tarea según el SIATE.

Oposición	Densidad	Ejecutantes	Competición	Espacio	Cognitivo	Valor
1x0 / 2x0 / 3x0 /4x0 / 5x0	Trote suave	<20 % [1-2]	No compite	Tiro libre / Estático	Individual	1
4x1 / 5x2 /	Ritmo suave continuo	21-40 % [3-5]	Técnica	1/4 campo	1x1 / 2x0 / 2x1 / 2x2	2
3x1 / 4x2 / 5x3	Ratio trabajo / descanso: 1/2 - 1/4	41-60 % [5-7]	Oposición sin competición	1/2 campo	3x0/ 3x1/ 3x2/ 3x3	3
2x1 / 3x2 / 4x3 / 5x4	Ratio trabajo / descanso: 1/1	61-80 % [7-9]	Oposición reducida + marcador	Todo el campo	4x0/ 4x1 / 4x2 / 4x3 / 4x4	4
1x1 / 2x2 / 3x3 / 4x4 / 5x5	Ratio trabajo / descanso: 1/0 - 2/1	81-100 % [10-12]	Marcador y equipo completo	Todo el campo y continuidad	5x0 / 5x1 / 5x2 / 5x3 / 5x4 / 5x5	5

Figura 1
Ejemplo de asignación de valores por faceta en el SIATE.

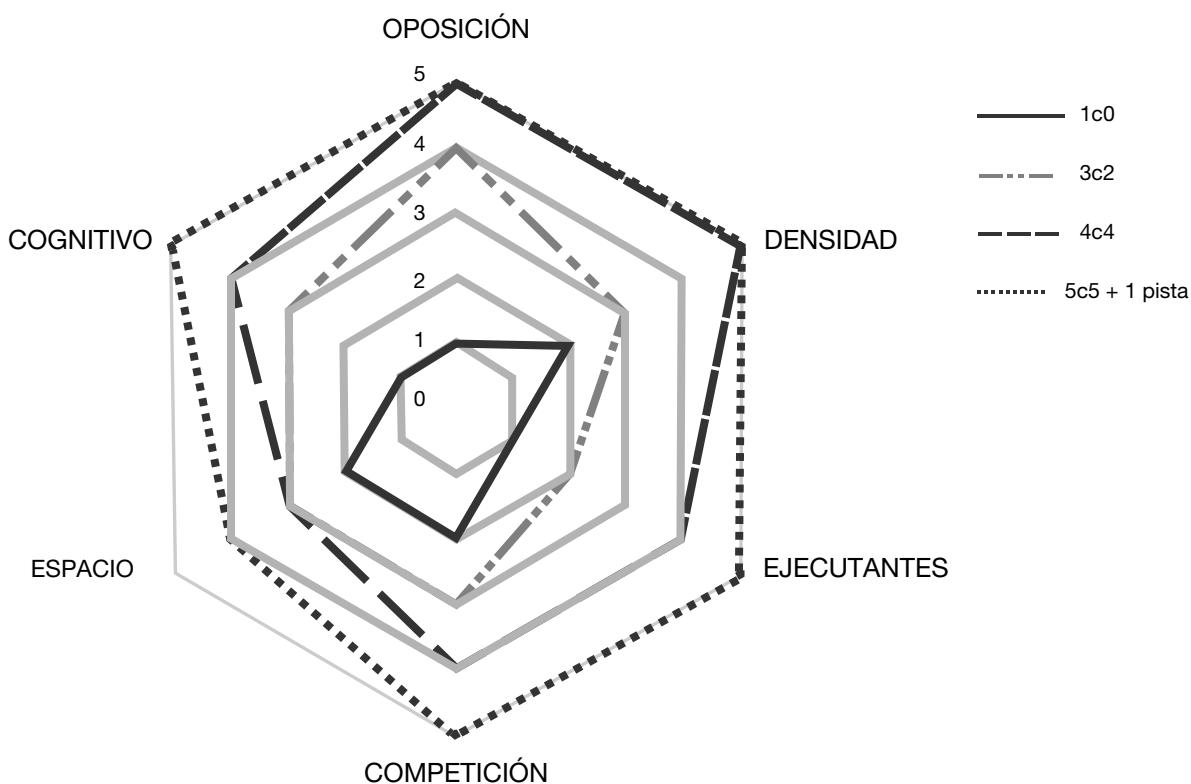


Tabla 2
Ejemplo de cuantificación de sRPE en una sesión de entrenamiento.

Participante	RPE muscular	RPE cardiovascular	RPE Total	Tiempo efectivo (min)	sRPE
Jugador 1	3	3	3	111.0	333 UA
Jugador 2	4	6	5	108.0	540 UA
Jugador 3	3	5	4	102.0	408 UA
Jugador 4	5	5	5	111.0	555 UA
Jugador 5	3	7	5	111.0	555 UA
Jugador 6	5	5	5	110.0	550 UA
Jugador 7	4	6	5	108.0	540 UA

Los datos del RPE de cada jugador se recogieron durante todos los entrenamientos en la ventana temporal de 15 a 45 minutos posentrenamiento, mediante la plataforma Teambuildr LLC, aunque existen otras herramientas gratuitas para la recogida de datos como pueden ser *Google questionnaire*, *Survey Monkey* o *Pollfish*, e incluso la aplicación de *WhatsApp*. Gracias a esta herramienta, cada jugador contestó a las preguntas: a) ¿Cómo de dura ha sido la sesión a nivel muscular?; y b) ¿Cómo de dura ha sido la sesión a nivel cardiovascular? Teniendo en cuenta la

siguiente escala de apreciación: extremadamente ligera = 1, muy ligera = 2, ligera = 3 y 4, moderada = 5 y 6, intensa = 7 y 8, muy intensa = 9, y máximo esfuerzo = 10. El valor obtenido queda expresado en UA. El RPE es el resultado de la media entre RPE muscular y RPE cardiovascular. Para el cómputo del sRPE, se multiplicó el tiempo útil del entrenamiento expresado en minutos, teniendo en cuenta las sustituciones y sin incluir las partes inicial y final de la sesión (Reina et al., 2019; Scanlan et al., 2014), por el RPE total del jugador (véase la Tabla 2).

El registro de la frecuencia cardiaca, recogido durante la sesión de entrenamiento de mayor carga semanal conforme al SIATE, se llevó a cabo mediante dispositivos Polar HR10, vinculados con el programa informático Polar Team (v. 1.9.1) instalado y activo en una tableta. En esta propuesta de monitorización de cargas, se calculó el TRIMP mediante el sumatorio de los valores obtenidos al multiplicar el tiempo (en minutos) que el jugador permaneció en cada zona de entrenamiento por el coeficiente de ponderación asociado. Siguiendo la propuesta de Stagno et al. (2007), durante nuestra intervención (véase la Tabla 3) se asignó un coeficiente de ponderación diferente a cada una de las cinco zonas de compromiso cardiovascular: Z1, entre el 65 y el 71 % de la FCmáx (coeficiente de ponderación = 1.25); Z2, entre el 72 y el 78 % de la FCmáx (1.71); Z3, del 79 al 85 % de la FCmáx (2.54); Z4, del 86 al 92 % de la FCmáx (coeficiente 3.61); y Z5, del 93 al 100 % de la FCmáx (5.16). Estas zonas de frecuencia cardiaca se establecieron

de forma individual atendiendo a los parámetros de la prueba de esfuerzo realizada en el reconocimiento médico al inicio de la temporada.

En lo relativo a la aplicación del cuestionario Wellness, los deportistas completaron diariamente, utilizando la plataforma digital Teambuildr y hasta una hora antes del inicio de la sesión, un cuestionario de cinco dimensiones: a) Energía: ¿Cómo estás a nivel energético?; b) Muscular: ¿Cómo estás a nivel muscular?; c) Lesión: ¿Te sientes limitado por lesión o enfermedad?; d) Humor: ¿Cuál es tu nivel de estrés o motivación?; y e) Sueño: ¿Cómo valorarías tu descanso? El valor de respuesta más bajo, igual a 1, se vincula al factor que restringe el rendimiento, mientras que el más alto, igual a 10, se asigna al factor que lo beneficia. El resultado total del Wellness (véase la Tabla 4) se corresponde con el sumatorio de las puntuaciones obtenidas en cada una de las dimensiones, con un máximo de 50 puntos y un mínimo de 5.

Tabla 3
Ejemplo de cuantificación del TRIMP por jugador en una sesión de entrenamiento.

Zona cardiovascular (Coeficiente de ponderación)	Z1 (1.25)	Z2 (1.71)	Z3 (2.54)	Z4 (3.61)	Z5 (5.16)	TRIMP
Jugador 1	15	10	13	23	7	188
Jugador 2	25	14	21	7	0	134
Jugador 3	40	19	7	3	1	116
Jugador 4	33	6	11	12	7	159
Jugador 5	63	3	1	0	0	86
Jugador 6	34	13	12	8	1	129
Jugador 7	8	10	12	15	24	236

Tabla 4
Ejemplo de cuantificación del cuestionario Wellness de una sesión de entrenamiento.

JUGADOR	Energía	Muscular	Lesión	Humor	Sueño	Wellness
Jugador 1	9	5	9	8	8	39
Jugador 2	10	10	10	10	8	48
Jugador 3	7	5	7	7	9	35
Jugador 4	9	8	9	9	9	44
Jugador 5	6	6	6	10	8	36
Jugador 6	7	9	7	10	7	40
Jugador 7	8	9	8	10	8	43

Análisis de datos

Para satisfacer el objetivo de analizar las relaciones generadas entre los resultados obtenidos por cada una de las herramientas *low cost* que constituyen la propuesta de monitorización de cargas, determinando qué variables pueden predecir las puntuaciones en el TRIMP en la sesión de mayor carga de la semana, se calculó la relación entre las puntuaciones en el TRIMP y las variables Wellness, SIATE, sRPE y RPE, utilizando *Structural Equation Models*, y correlaciones de Pearson. Siguiendo los criterios de Cohen (Gignac y Szodorai, 2016), los valores $r = .10$, $r = .30$ y $r = .50$ se consideraron de magnitud pequeña, mediana y grande, respectivamente. Los valores de correlación con una probabilidad asociada menor o igual a .05 se calificaron de estadísticamente significativos.

En el análisis del modelo predictivo, se utilizó el estimador de Mínimos Cuadrados Ponderados Robustos y valores de Chi-cuadrado. La adecuación del modelo se estimó utilizando los siguientes índices de bondad de ajuste: índice de ajuste comparativo (CFI, por sus siglas en inglés), índice de Tucker-Lewis (TLI, por sus siglas en inglés), error cuadrático medio de aproximación (RMSEA, por sus siglas en inglés) y residuo estandarizado cuadrático medio (SRMR, por sus siglas en inglés) (Schreider et al., 2006). Se consideró que existe un buen ajuste del modelo si el valor de RMSEA era inferior a .05; el de SRMR, inferior a .08; y los índices CFI y TLI, superiores a .95 (Hu y Bentler, 1999).

Los datos se incorporaron a una hoja de registro (Microsoft Excel v15) personalizada por los investigadores. Para el análisis de datos, se emplearon los programas SPSS 28.0 y MPLUS 7.2.

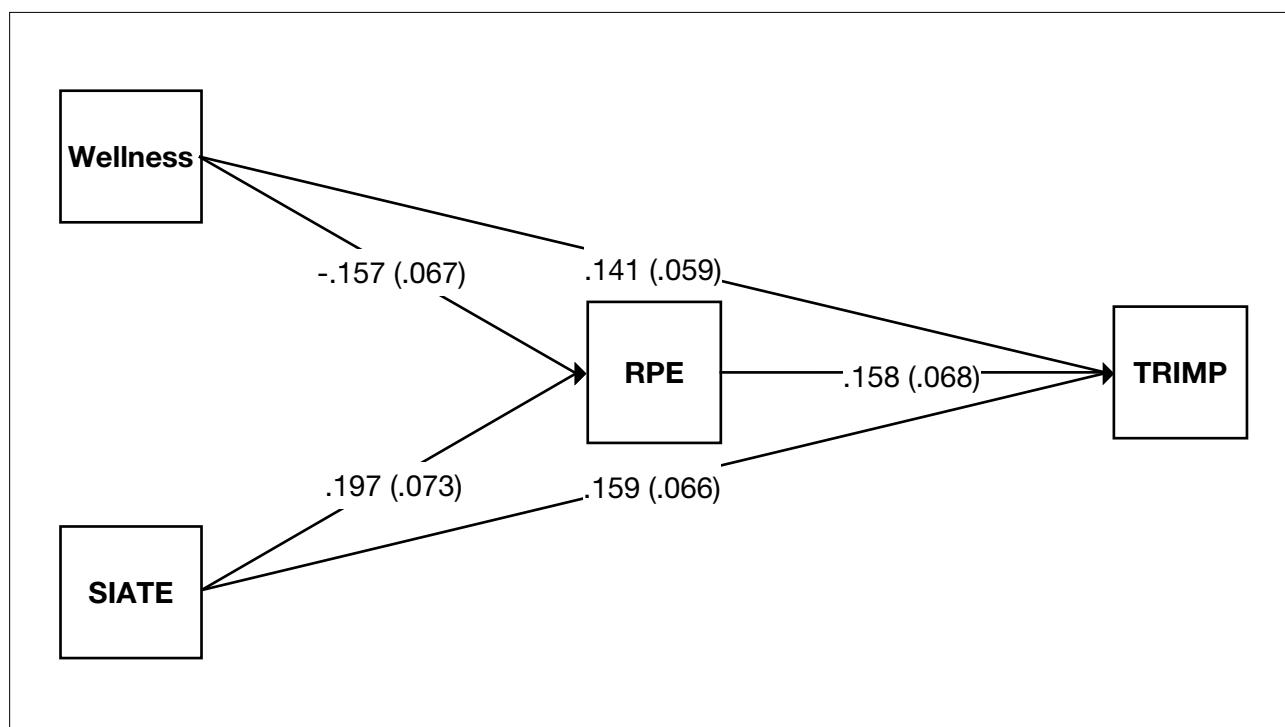
Resultados

En un primer momento, se intentó realizar un modelo de ecuaciones estructurales que incorporase la relación entre las puntuaciones del TRIMP (Media = 151.43; Desviación típica = 41.38) y las variables Wellness (Media = 40.70; Desviación típica = 3.20), sRPE (Media = 639.62; Desviación típica = 153.77) y SIATE (Media = 2015.29; Desviación típica = 435.60) pero no se obtuvieron correlaciones significativas, salvo en la asociación entre sRPE y SIATE ($r = .467$; $p < .001$). Sin embargo, al incorporar las variables Wellness, RPE (Media = 6.95; Desviación típica = 1.23) y SIATE, se obtuvieron relaciones estadísticamente significativas entre todas las variables relacionadas. Los índices de ajuste CFI y TLI de este *Structural Equation Model* fueron ambos igual a 1. El valor de RMSEA fue menor de .001 y el de SRMR, .056. Estos valores corroboraron el buen ajuste del modelo presentado en la Figura 2.

Las puntuaciones del cuestionario Wellness (.141) y del Sistema Integral de Análisis para las Tareas del Entrenamiento (SIATE) (.159), influyen de manera directa sobre los valores de carga interna objetiva recogidos mediante el TRIMP

Figura 2

Structural Equation Model que muestra la relación entre el TRIMP y las variables Wellness, RPE y SIATE. Se aporta el valor de cada correlación y, entre paréntesis, el error de medida.



como indicador del estrés cardiovascular que la tarea ejerce sobre el jugador.

El TRIMP es modulado también, de manera indirecta, por las puntuaciones obtenidas en la variable RPE. El efecto del SIATE sobre el TRIMP, mediatizado por el RPE, se obtiene multiplicando los coeficientes de correlación de la relación mediatizada por el RPE y se suma el coeficiente directo: (.197 x .158) + .159 = .190. Por su parte, el efecto del Wellness sobre el TRIMP, mediatizado por el RPE, es: (-.157 x .158) + .141 = .116. La correlación negativa entre Wellness y RPE refleja que, a mayor puntuación del sRPE mayor dureza de la sesión y, por lo tanto, menor bienestar percibido (puntuación en el cuestionario Wellness).

Discusión

La gestión de las cargas de entrenamiento es esencial para mejorar el rendimiento y evitar lesiones en deportistas de cualquier nivel y disciplina. La mayoría de los técnicos y entrenadores carecen de acceso a dispositivos de *tracking* debido a su elevado coste económico. Este artículo satisface, en primer lugar, el objetivo de presentar una propuesta de monitorización de cargas constituida por la utilización conjunta de cuatro herramientas *low cost* que permite optimizar el control y la gestión del rendimiento deportivo en baloncesto. Al respecto, SIATE, sRPE y Wellness son variables que pueden implementarse en una hoja de registro tipo Excel, lo que facilita su utilización en todo tipo de contextos deportivos. El TRIMP se recoge mediante sensores de frecuencia cardiaca cuyo coste es asumible para la gran mayoría de técnicos y entidades deportivas.

La utilización de la herramienta de control SIATE, la carga de la tarea por el tiempo útil de práctica expresado en minutos, para la monitorización de la carga externa (vertiente objetiva), permite una monitorización de la carga real de las tareas desarrolladas en la sesión de entrenamiento y su adecuación para ajustarse a la programación, manteniéndose entre los límites establecidos para cada tipo de sesión: regenerativa (<50 %), mantenimiento (50-69 %), desarrollo (70-89 %), y competición (90-100 %).

Para la monitorización de la carga interna (vertiente subjetiva), se recurrió al *session Rate of Perceived Exertion* (sRPE) teniendo en cuenta el modelo *Acute: Chronic Workout Ratio* (ACWR) (Hulin et al., 2016), según el cual el riesgo de lesión aumenta cuando la carga aguda fluctúa significativamente. Los valores semanales de sRPE pueden variar de 2000 a 5000 UA en función de la densidad competitiva, el número de sesiones, la duración de las sesiones, el número de jugadores, etc. (Piedra et al., 2021). Un aumento semanal del 10 % en la variable RPE o sRPE puede explicar, por sí mismo, un 40 % de las lesiones ocurridas durante la semana siguiente (Piggott et al., 2009). Por ello, se recomienda que la planificación de cargas se desarrolle comparando el sumatorio (individual o

colectivo) de valores de sRPE entre microciclos consecutivos y manteniendo la variabilidad intersemanal de los valores de sRPE por debajo del 10 % teórico (Gabbett, 2016).

La monitorización de la carga interna objetiva mediante frecuencia cardiaca se realizó en la sesión de mayor carga de la semana conforme al SIATE, lo que supone la exposición del jugador a cargas similares a las de competición (Berkelmans et al., 2018), e implica una optimización en la gestión del rendimiento deportivo del equipo y jugadores, reduciendo el esfuerzo requerido para la recogida de datos (Foster et al., 2017). El TRIMP se calculó mediante el sumatorio de los valores obtenidos al multiplicar el tiempo (en minutos) que el jugador permaneció en cada zona de entrenamiento por el coeficiente de ponderación asociado. El análisis de los datos arrojados por el TRIMP se centró en realizar una comparativa de los valores posentrenamiento: a) intrasesión entre jugadores; y b) intersesiones para un mismo jugador. Cuando los valores de un jugador se alejan de los del resto del grupo durante varias sesiones consecutivas, se considera pertinente realizar ajustes en la programación (Bucheit y Laursen, 2013).

En lo relativo al cuestionario de bienestar, y teniendo en cuenta que el rendimiento de jugadores con puntuaciones bajas en el cuestionario Wellness puede verse afectado negativamente (Gallo et al., 2017), se presta especial atención (Govus et al., 2018) a los cuestionarios que tengan: a) menos de 25 puntos totales, y b) dos o más parámetros por debajo de 5 puntos. Cuando se presentaba alguna de las situaciones descritas anteriormente, se realizaba una valoración conjunta por parte del *staff* acerca de la disponibilidad del jugador para la sesión de trabajo y se procedía al ajuste de la carga de entrenamiento para reducir el riesgo de fatiga o lesiones. Y es que, independientemente del número de partidos disputados a lo largo de la semana, las estrategias de *tapering* han demostrado incrementar el perfil de Wellness en los días de partido y reducir los valores de RPE y sRPE (Manzi et al., 2010).

El segundo objetivo del artículo se centra en analizar las relaciones que se generan, en la sesión de mayor carga de la semana, entre los resultados obtenidos por cada una de las herramientas *low cost* que constituyen la propuesta de monitorización de cargas, determinando qué variables pueden predecir las puntuaciones de carga interna objetiva obtenidas a partir del TRIMP.

Para la elaboración de la ecuación estructural presentada en el artículo, la primera variable de la que se analizó su efecto mediador entre el Wellness y el SIATE y las puntuaciones en el TRIMP fue el sRPE, pero, al observar que la solución resultante no presentaba unos índices de bondad de ajuste adecuados, se optó por sustituirla por el RPE. Esto podría deberse al hecho de que las puntuaciones en el sRPE son las correspondientes al RPE, pero multiplicadas por el tiempo de entrenamiento (Foster, 2001), lo que aumenta el rango de puntuaciones por analizar y modifica el valor de las correlaciones obtenidas en el modelo.

Resulta reseñable que todas las relaciones mostradas en el modelo de ecuaciones estructurales (Figura 2) resultasen estadísticamente significativas, a pesar del reducido tamaño de la muestra, lo cual denota de forma evidente la relación entre las puntuaciones obtenidas en el TRIMP y las variables SIATE, RPE y Wellness. Sin embargo, debemos mencionar como una de las limitaciones de este estudio los reducidos valores de correlación obtenidos entre las variables que componen el *Structural Equation Model*. Una de las razones es el reducido tamaño de la muestra, que disminuye el poder de contraste (capacidad de la prueba para encontrar altas correlaciones) de las pruebas realizadas. Es nuestra intención en futuros trabajos replicar el estudio con muestras de mayor tamaño para comprobar si, en este caso, aumenta la cuantía de la correlación. Si bien la cuantía de las correlaciones no es tan elevada como hubieran deseado los investigadores, esto no resta valor a su significación práctica. Este es el primer trabajo que relaciona estas cuatro herramientas *low cost* y las implicaciones teóricas o sustantivas de que todas las relaciones mostradas en el modelo de ecuaciones estructurales resultasen estadísticamente significativas debe ponerse en valor y ser consideradas en el conjunto del diseño de investigación.

Conviene añadir que los resultados del presente trabajo refuerzan los obtenidos en estudios que han encontrado relación, en baloncesto, entre alguna de las variables analizadas.: sRPE y TRIMP (Aoki et al., 2017; Manzi et al., 2010); y sRPE y Wellness (Clemente et al., 2019; Edwards et al., 2018). También avala la relación constatada entre los datos recogidos mediante la herramienta SIATE y otros de carga interna objetiva como la frecuencia cardíaca o recogidos por dispositivos inerciales (Gómez-Carmona et al., 2019; Reina et al., 2019). De esta forma, queda avalada la utilización conjunta de las cuatro herramientas *low cost* propuestas.

Conclusión

Dos eran los objetivos pretendidos con el presente trabajo, realizado en el seno de un club de baloncesto profesional. El primero consistió en presentar una propuesta de monitorización de cargas en baloncesto constituida por la utilización conjunta de cuatro herramientas *low cost*: el Sistema Integral del Análisis de las Tareas del Entrenamiento (SIATE), la percepción subjetiva del esfuerzo de la sesión (sRPE), la monitorización de la frecuencia cardíaca (TRIMP) y la percepción subjetiva del estado de bienestar por el deportista (cuestionario Wellness). Esta propuesta puede permitir a técnicos y entrenadores que no puedan disponer de costosos dispositivos de *tracking*, optimizar el control y gestión del rendimiento deportivo de su equipo y jugadores.

El segundo objetivo era analizar las relaciones que se generan, en la sesión de mayor carga de la semana, entre los resultados obtenidos por cada una de las herramientas *low cost* que constituyen la propuesta de monitorización de

cargas, determinando, mediante un modelo de ecuaciones estructurales, qué variables pueden predecir las puntuaciones de carga interna objetiva obtenidas a partir del TRIMP. A pesar de que la cuantía de las correlaciones no es elevada, ya que el tamaño de la muestra disminuye el poder de contraste de las pruebas realizadas, se constató la relación entre las puntuaciones obtenidas en el TRIMP y las variables SIATE, RPE y Wellness, lo que avala la propuesta de utilización conjunta de estas cuatro herramientas *low cost* de monitorización de la carga y recomienda continuar investigando sobre este particular.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo del proyecto *Integración entre datos observacionales y datos provenientes de sensores externos: Evolución del software LINCE PLUS y desarrollo de la aplicación móvil para la optimización del deporte y la actividad física beneficiosa para la salud* [EXP_74847] (2023). Ministerio de Cultura y Deporte, Consejo Superior de Deporte y Unión Europea.

Referencias

- 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. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 31(2), 348–358. <https://doi.org/10.1519/JSC.00000000000001507>
- Bannister, E.W. (1991). Modelling athletic performance. In H.J. Green, J.D. McDougal, & H. Wenger (Eds.), *Physiological testing of elite athletes* (pp. 403–424). HumanKinetics.
- Berkelmans, D. M., Dalbo, V. J., Kean, C. O., Milanović, Z., Stojanović, E., Stojiljković, N., & Scanlan, A. T. (2018). Heart rate monitoring in basketball: Applications, player responses, and practical recommendations. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 32(8), 2383–2399. <https://doi.org/10.1519/JSC.00000000000002194>
- Botonis, P.G., Toubekis, A.G., & Platanou, T.I. (2019). Training loads, wellness and performance before and during tapering for a Water-Polo tournament. *Journal of Human Kinetics*, 66(1), 131–141. <https://doi.org/10.2478/hukin-2018-0053>
- Buchheit, M., & Laursen, P.B. (2013). High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle: Part I: cardiopulmonary emphasis. *Sports Medicine*, 43(5), 313–338. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0029-x>
- Bredt, S.D.G.T., Chagas, M.H., Peixoto, G.H., Menzel, H.J., & de Andrade, A.G.P. (2020). Understanding player load: Meanings and limitations. *Journal of Human Kinetics*, 71(1), 5–9. <https://doi.org/10.2478/hukin-2019-0072>
- Casamichana, D., Castellano, J., Calleja-Gonzalez, J., San Román, J., & Castagna, C. (2013). Relationship between indicators of training load in soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(2), 369–374. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182548af1>
- Clemente, F. M., Mendes, B., Nikolaidis, P.T., Calvete, F., Carrizo, S., & Owen, A.L. (2017). Internal training load and its longitudinal relationship with seasonal player wellness in elite professional soccer. *Physiology & Behavior*, 179, 262–267. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2017.06.021>
- Clemente, F.M., Mendes, B., Bredt, S.D.G.T., Praça, G.M., Silvério, A., Carrizo, S., & Duarte, E. (2019). Perceived training load, muscle soreness, stress, fatigue, and sleep quality in professional basketball: a full season study. *Journal of Human Kinetics*, 67(1), 199–207.
- Coque, N. (2008). Valoración subjetiva de la carga del entrenamiento técnico-táctico. Una aplicación práctica (I). *Clinic, Revista Técnica de Baloncesto* 21(81), 39–43.

- Coque, N. (2009). Valoración subjetiva de la carga del entrenamiento técnico-táctico. Una aplicación práctica (II). *Clínic, Revista Técnica de Baloncesto*, 22(82), 42–45.
- 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>
- Foster, C., Rodriguez-Marroyo, J. A., & De Koning, J. J. (2017). Monitoring training loads: the past, the present, and the future. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(s2), 2–8. <https://doi.org/10.1123/ijssp.2016-0388>
- Foster, C., Florhaug, J. A., Franklin, J., Gottschall, L., Hrovatin, L.A., Parker, S., Dolešhal, P. & Dodge, C. (2001). A new approach to monitoring exercise training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 15(1), 109–115. <https://doi.org/10.1519/00124278-200102000-00019>
- Fuster, J., Caparrós, T., & Capdevila, L. (2021). Evaluation of cognitive load in team sports: literature review. *PeerJ*, 9, e12045. <https://doi.org/10.7717/peerj.12045>
- 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>
- Gallo, T.F., Cormack, S.J., Gabbett, T.J., & Lorenzen, C.H. (2017). Self-reported wellness profiles of professional Australian football players during the competition phase of the season. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 31(2), 495–502. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001515>
- Gallo, T., Cormack, S., Gabbett, T., Williams, M., & Lorenzen, C. (2015). Characteristics impacting on session rating of perceived exertion training load in Australian footballers. *Journal of Sports Sciences*, 33(5), 467–475. <https://doi.org/10.1080/02640414.2014.947311>
- García, F., Schelling, X., Castellano, J., Martín-García, A., Pla, F., & Vázquez-Guerrero, J. (2022). Comparison of the most demanding scenarios during different in-season training sessions and official matches in professional basketball players. *Biology of Sport*, 39(2), 237–244. <https://doi.org/10.5114/biolspor.2022.104064>
- Gómez-Carmona, C.D., Gamonales Puerto, J.M., Feu Molina, S., & Ibáñez, S.J. (2019). Estudio de la carga interna y externa a través de diferentes instrumentos: un estudio de casos en fútbol formativo (Study of internal and external load by different instruments. a case study in grassroots). *Sportis*, 5(3), 444–468. <https://doi.org/10.17979/sportis.2019.5.3.5464>
- Govus, A.D., Coutts, A., Duffield, R., Murray, A., & Fullagar, H. (2018). Relationship between pretraining subjective wellness measures, player load, and rating-of-perceived-exertion training load in American college football. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13(1), 95–101. <https://doi.org/10.1123/ijssp.2016-0714>
- Hooper, S.L., & Mackinnon, L. T. (1995). Monitoring overtraining in athletes: recommendations. *Sports Medicine*, 20, 321–327. <https://doi.org/10.2165/00007256-199520050-00003>
- Hu, L.T., & Bentler, P.M. (1999). Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives. *Structural Equation Modeling*, 6(1), 1–55. <https://doi.org/10.1080/10705519909540118>
- 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>
- Ibáñez, S.J., Feu, S., & Cañadas, M. (2016). Sistema integral para el análisis de las tareas de entrenamiento, SIATE, en deportes de invasión (Integral analysis system of training tasks, SIATE, in invasion games). *E-balonmano.com: Revista de Ciencias del Deporte*, 12(1), 3–30. ISSN 1885-7019. Disponible en: <http://oj.e-balonmano.com/index.php/revista/article/view/331> Fecha de acceso: 18-04-2024.
- 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, 943–974. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0619-5>
- Manzi, V., D'ottavio, S., Impellizzeri, F.M., Chaouachi, A., Chamari, K., & Castagna, C. (2010). Profile of weekly training load in elite male professional basketball players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(5), 1399–1406. <https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e3181d7552a>
- Moreira, A., McGuigan, M. R., Arruda, A. F., Freitas, C. G., & Aoki, M. S. (2012). Monitoring internal load parameters during simulated and official basketball matches. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(3), 861–866. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31822645e9>
- Moussa, I., Leroy, A., Sauliere, G., Schipman, J., Toussaint, J. F., & Sedeaud, A. (2019). Robust Exponential Decreasing Index (REDI): adaptive and robust method for computing cumulated workload. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*, 5(1), e000573. <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2019-000573>
- Piedra, A., Peña, J., & Caparrós, T. (2021). Monitoring training loads in basketball: a narrative review and practical guide for coaches and practitioners. *Strength & Conditioning Journal*, 43(5), 12–35. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000620>
- Piggott, B., Newton, M.J., & McGuigan, M.R. (2009). The relationship between training load and incidence of injury and illness over a pre-season at an Australian football league club. *Journal of Australian Strength and Conditioning*, 17(3), 4–17.
- Puente, C., Abián-Vicén, J., Areces, F., López, R., & Del Coso, J. (2017). Physical and physiological demands of experienced male basketball players during a competitive game. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 31(4), 956–962. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001577>
- Reina, M., Mancha-Triguero, D., García-Santos, D., García-Rubio, J., & Ibáñez, S. J. (2019). Comparación de tres métodos de cuantificación de la carga de entrenamiento en baloncesto (Comparison of three methods of quantifying the training load in basketball). *RICYDE. Revista Internacional de Ciencias del Deporte*, 15(58), 368–382. <https://doi.org/10.5232/ricyde2019.05805>
- Saldanha, M., Torres Ronda, L., Reboças Marcelino, P., Drago, P., Carling, C., Bradley, P. S., & Moreira, A. (2017). Monitoring training loads in professional basketball players engaged in a periodized training programme. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(2), 348–358. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001507>
- Saw, A.E., Main, L.C., & Gastin, P.B. (2015). Monitoring athletes through self-report: factors influencing implementation. *Journal of Sports Science & Medicine*, 14(1), 137.
- Scanlan, A.T., Wen, N., Tucker, P.S., & Dalbo, V.J. (2014). The relationships between internal and external training load models during basketball training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(9), 2397–2405. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000458>
- Schreider, J.B., Stage, F.K., King, J., Nora, A., & Barlow, E.A. (2006). Reporting structural equation modelling and confirmatory factor analysis results: a review. *The Journal of Education Research*, 99(6), 323–337. <https://doi.org/10.3200/JOER.99.6.323-338>
- Svilari, L., Castellano, J., & Jukić, I. (2018). Load monitoring system in top-level basketball team: Relationship between external and internal training load. *Kinesiology*, 50(1), 25–33.
- Stagno, K.M., Thatcher, R., & Van Someren, K.A. (2007). A modified TRIMP to quantify the in-season training load of team sport players. *Journal of Sports Sciences*, 25(6), 629–634. <https://doi.org/10.1080/0264041060081187>
- Torres-Ronda, L., Ric, A., Llabrés-Torres, I., de Las Heras, B., & i del Alcázar, X.S. (2016). Position-dependent cardiovascular response and time-motion analysis during training drills and friendly matches in elite male basketball players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(1), 60–70. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001043>
- Wolf, E.J., Harrington, K.M., Clark, S.L., & Miller, M.W. (2013). Sample size requirements for Structural Equation Models: An evaluation of power, bias, and solution propriety. *Educational and Psychological Measurement*, 76(6), 913–934. <https://doi.org/10.1177/0013164413495237>

Conflictos de intereses: los autores no han informado de ningún conflicto de intereses.

© Copyright Generalitat de Catalunya (INEFC). Este artículo está disponible en la URL <https://www.revista-apunts.com>. Este trabajo tiene licencia de Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International. Las imágenes u otros materiales de terceros de este artículo están incluidos en la licencia Creative Commons del artículo, a menos que se indique lo contrario en la línea de crédito; si el material no está incluido en la licencia Creative Commons, los usuarios deberán obtener el permiso del titular de la licencia para reproducir el material. Para ver una copia de esta licencia, visite <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

