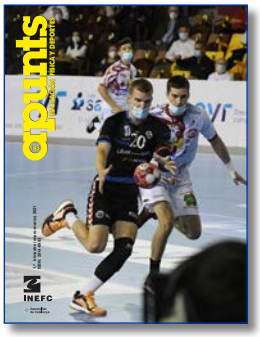
apunts
EDUCACIÓN FÍSICA Y DEPORTES
NÚMERO 143

Publicado: 1 de enero de 2021
https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2021/1).143.06

ENTRENAMIENTO DEPORTIVO



OPEN ACCESS

# Variabilidad cardíaca y acelerometría: aplicación del control de carga en baloncesto masculino

Victor Zamora[1]*, Lluís Capdevila[2], Jaume F. Lalanza[2] y Toni Caparrós[1]

[1] Instituto Nacional de Educación Física de Cataluña (INEFC), centro de Barcelona. Barcelona (España)
[2] Departamento de Psicología Básica. Edificio B, Facultad de Psicología. Bellaterra (España)

**Citación**
Zamora, V., Capdevila, LL., Lalanza, J.F., & 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

**Editado por:**
© Generalitat de Catalunya
Departament de la Presidència
Institut Nacional d'Educació Física de Catalunya (INEFC)

**ISSN:** 2014-0983

***Correspondencia:**
Víctor Zamora Roca
victor.zamora.roca@gmail.com

**Sección:**
Entrenamiento deportivo

**Idioma del original:**
Castellano

**Recibido:**
3 de abril de 2020
**Aceptado**
7 de octubre de 2020
**Publicado:**
1 de enero de 2021

**Portada:**
Balonmano España. Ademar León y Liberbank Sinfín disputan el primer partido con mascarillas durante un partido de la liga Sacyr Asobal en octubre de 2020, para cumplir la normativa regional de la COVID-19.
J.Casares/(EPA) EFE/lafototeca.com

## Resumen

Con el objetivo de conocer la existencia de posibles relaciones entre carga interna y carga externa en el baloncesto, se realizó un estudio prospectivo, observacional y descriptivo durante 20 sesiones de entrenamiento del periodo competitivo de un equipo masculino de baloncesto *amateur.* Durante 10 sesiones se registró la variabilidad de la frecuencia cardíaca mediante el *software* Fitlab®, y posteriormente, en otras 10, se registró con acelerometría mediante el *software* Polar Pro Team®. Se analizaron los ejercicios realizados y su especificidad; las variables de carga interna RRmean, SDNN, RMSSD, pNN50, SHRZ, %SHRZ; y las de carga externa aceleraciones de nivel 1, .5 a .99 m/s$^2$; aceleraciones de nivel 2, 1 a 1.99 m/s$^2$ aceleraciones de nivel 3, 2 a 2.99 m/s$^2$; aceleraciones de nivel 4, 3 a 50 m/s$^2$; deceleraciones de nivel 1, –.5 a –.99 m/s2; deceleraciones de nivel 2, –1 a –1.99 m/s$^2$; deceleraciones de nivel 3, –2 a –2.99 m/s$^2$ y deceleraciones de nivel 4, –3 a –50 m/s$^2$. Un análisis correlacional mostró significación entre carga interna y externa (SDNN y Total Ac-Dec ; rho = .78, $p$ = .004), y especificidad (SHRZ y ejercicio; rho = .89, $p$ = .012). Un análisis de regresión lineal múltiple mostró que la carga interna (RRmean) depende de la carga externa (total de aceleraciones y de deceleraciones; $R^2$ = .84). Una regresión lineal indicó que la carga interna (%SHRZ) también depende de la especificidad del entrenamiento ($R^2$ = .59). Los resultados sugieren relaciones significativas de carga interna, carga externa y especificidad de los ejercicios durante los entrenamientos.

**Palabras clave:** carga interna, carga externa, VFC, %SHRZ, RRMean, aceleraciones, deceleraciones.

## Introducción

La carga interna (CI) ha resultado útil para guiar el proceso de entrenamiento en el baloncesto (Sansonea et al., 2019), controlar la fatiga (Pyne y Martin, 2011) y prevenir lesiones (Ivarsson et al., 2013) en una modalidad deportiva de gran estrés fisiológico y psicológico (Moreira et al., 2012). Un parámetro para medir la CI es la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC), considerada una herramienta eficaz para monitorizar la adaptación a la carga diaria y al programa de entrenamiento (Capdevila et al., 2008). A partir del registro de la RR (intervalo electrocardiográfico entre dos ondas R sucesivas) se pueden obtener parámetros temporales que definen la VFC: media de los intervalos RR (RRmean), desviación estándar de los intervalos RR (SDNN), raíz media cuadrada de la diferencia de intervalos RR (RMSSD), diferencia porcentual de los intervalos RR adyacentes normales >50m/s (pNN50) (Moreno et al., 2013). Estos parámetros temporales se asocian con una predominancia del sistema parasimpático y como indicador global, entre otros, de la fatiga psicofisiológica del deportista (Schmitt et al., 2015). Otro parámetro de CI relacionado con la frecuencia cardíaca (FC) en el baloncesto es el SHRZ (Summatory of Heart Rate Zones) (Edwards, 1993; Soligard et al., 2016). Este se basa en el tiempo empleado en zonas de intensidad de FC predefinidas de acuerdo con 5 zonas discretas de FC en relación con la $FC_{máx}$ (frecuencia cardíaca máxima). Un multiplicador acompaña a cada zona de FC que otorga mayor ponderación a respuestas de FC relativas más altas, propias de deportes acíclicos como el baloncesto (Scanlan et al., 2014).

Las cargas externa e interna (CE y CI, respectivamente) están relacionadas, definiéndose la primera como aquel estímulo físico externo aplicado al deportista durante el entrenamiento (o competición) (Soligard et al., 2016) La acelerometría es una herramienta aplicable a la cuantificación de la CE (Boyd et al., 2011). Mediante el uso de estos dispositivos los entrenadores tienen la posibilidad de ajustar las cargas (Foster, et al., 2017) con el objetivo de reducir el riesgo de lesiones en los jugadores durante la temporada (Caparrós et al., 2018).

Tanto la CI como CE son parámetros con los que se valoran de manera independiente el efecto del entrenamiento en el jugador, y su control se integra en el entrenamiento, tanto a nivel *amateur* como profesional (Foster et al., 2017). Una determinada CE provocará diferentes respuestas fisiológicas y psicológicas individuales en un mismo equipo; esta respuesta es la CI (Soligard et al., 2016). Valorar de manera individualizada las relaciones existentes entre ambas cargas ofrece información específica de cada jugador como herramienta específica para el control de los procesos de adaptación (Impellizzeri et al., 2019) y recuperación (Guillaumes et al., 2018).

El análisis de estas variables durante las sesiones de entrenamiento de la temporada permitiría al cuerpo técnico, a partir del diseño de los ejercicios, adaptar mejor las cargas de trabajo a los objetivos requeridos. Atendiendo a su aplicabilidad en baloncesto, Schelling y Torres (2013) proponen una clasificación para facilitar la programación y control de carga sin el uso directo de tecnologías, porque se divide la especificidad de los ejercicios según niveles de aproximación. Los ejercicios pueden ser de carácter general (niveles 0-, 0+, I), dirigido (niveles II, III), especial (nivel IV) y competitivo (nivel V) en función de la orientación de la tarea y las necesidades del jugador. Relacionándolo con ejercicios, los 1v0, 2v0 y 3v0 (tareas de hasta 3 jugadores sin oposición) formarían parte del nivel III. El nivel IV especial abarcaría el 2v2, 2vX, 3v3, 3vX, y 4vX (juego reducido, en igualdad, inferioridad o superioridad); y el nivel V correspondería a 4v4, 5vX y 5v5 (a partir de 8 jugadores, juego reducido, superioridades o juego real).

El objetivo de este estudio fue valorar las posibles relaciones entre la CI (a partir de VFC) y la CE (a partir de la acelerometría) en los diferentes niveles de aproximación de los ejercicios de entrenamiento el baloncesto amateur.

## Metodología

### Participantes

En el estudio participaron 12 jugadores (edad: 26,5 ± 8,8; altura: 190 ± 7 cm; peso: 92 ± 6,2 kg) de un equipo de baloncesto masculino de la división Copa Catalunya durante el período competitivo de la temporada 2018-2019. Todo el equipo y estamentos del club (jugadores, entrenadores y directivos) fueron informados sobre el estudio y dieron su consentimiento para su realización. El uso de los datos se adaptó a los estándares de la Declaración de Helsinki, revisada en Fortaleza (World Medical Association, 2013).

### Registro de variables

A cada jugador se le asignó una banda cardíaca torácica (Polar Team Pro Sensor®) para el registro de los intervalos RR (tiempo en milisegundos entre latidos cardíacos consecutivos) y la acelerometría. Estos dispositivos tienen un pulsómetro y un sensor de movimiento MEMS, 200 Hz (acelerómetro, giroscopio, brújula digital), y GPS integrado de 10Hz. A cada jugador se le asignó un sensor (Polar Pro Team Sensor®), que enviaba los datos por Bluetooth a un dispositivo móvil (iPad), recogidos durante los entrenamientos por el preparador físico del equipo. Los intervalos de RR se almacenaban en la App y se analizaban con el *software* Fitlab® (www.HealthSportLab.com; Barcelona, España),

creado especialmente para realizar estudios sobre VFC (Guillaumes et al., 2018). El *software* filtraba los posibles errores de registro y permitía monitorizar los parámetros de CI a tiempo real, de forma simultánea para todos los jugadores. La acelerometría (Boyd et al., 2011) se almacenaba en la App y se analizaba con el *software* del Polar Team Pro® (https://teampro.polar.com; Kempele, Finlandia).

## Variables estudiadas

Las variables analizadas de CI fueron: RRmean, SDNN, RMSSD, pNN50, modelo de zonas de frecuencia cardíaca sumadas (SHRZ) y % del modelo de zona de frecuencia cardíaca sumada (%SHRZ). Las variables de CE analizadas fueron: aceleraciones y deceleraciones, divididas en aceleraciones nivel 1 (A-1, abarcan entre 0.50 m/s$^2$ y 0.99 m/ s$^2$), aceleraciones nivel 2 (A-2, de 1.00 m/s$^2$ y 1.99 m/s$^2$), aceleraciones nivel 3 (A-3, 2.00 m/s$^2$ a 2.99 m/s$^2$), aceleraciones nivel 4 (A-4, 3.00 m/s$^2$ a 50.00 m/s$^2$); deceleraciones nivel 1 (D-1, –.50 m/s$^2$ a –0.99 m/s$^2$), deceleraciones nivel 2 (D-2, de –1.00 m/s$^2$ a –1.99 m/s$^2$), deceleraciones nivel 3 (D-3, –2.00 m/s$^2$ a –2.99 m/s$^2$), deceleraciones nivel 4 (D-4, –3.00 m/s$^2$ a –50.00 m/s$^2$), total de aceleraciones (Total_Ac, suma de A-1, A-2, A-3, A-4), total de deceleraciones (Total_Dec, suma de D-1, D-2, D-3, D-4). Total A-D es la suma total de aceleraciones y deceleraciones.

Adaptando la clasificación de Schelling y Torres (2013), se contempló la especificidad de los ejercicios según niveles de aproximación: nivel III, IV y V. Se definió también si los ejercicios se realizaban en medio campo (1/2) o en todo el campo (1/1).

## Procedimiento

Se registraron un total de 20 sesiones de entrenamiento (2 sesiones semanales durante 10 semanas consecutivas). Dicho registro se dividió en dos fases: a) registro continuo de la VFC para el análisis de CI durante 10 sesiones, en su totalidad y por ejercicio. Se excluyeron los registros con artefactos > 15 %); b) registro de los valores de acelerometría para el análisis de CE durante las 10 sesiones posteriores, en su totalidad de la sesión y por ejercicio.

Antes de cada sesión, los jugadores se colocaban el sensor asignado siguiendo las instrucciones del preparador físico. Los datos se registraban individualmente de forma simultánea y sincronizada. El equipo entrenaba 3 días a la semana, registrándose el primer y segundo entrenamiento semanal, que duraban entre 75 y 90 minutos, iniciándose con 1 ejercicio del nivel III, seguido de 1 o 2 del nivel IV, para centrar la mayor parte del entrenamiento en ejercicios de nivel V.

## Análisis estadístico

El análisis se realizó con el *software* estadístico JASP versión 9.2.0 (Jasp Team, Amsterdam). Se llevó a cabo un análisis de tendencia central de las variables de CI, CE y niveles de especificidad de los ejercicios de entrenamiento. Atendiendo a la no-normalidad de la muestra, y con el objetivo de determinar la independencia de las variables se aplicó el Test de Kruskal-Walis al conjunto de variables relativas a las sesiones y ejercicios de entrenamiento agrupados según su especificidad. El test de Friedman permitió valorar la independencia de las variables analizadas durante el transcurso de las sesiones. Posteriormente, con los valores promedios de aquellos ejercicios de los que se disponía tanto de variables de CI como de CE, y atendiendo al tamaño de la muestra (<30), se aplicó el coeficiente rho de Spearman para determinar posibles correlaciones existentes. Finalmente, atendiendo a la normalidad de estos valores, se determinó su posible relación de dependencia mediante análisis de regresión lineal simple y múltiple. El nivel de significación para todos los análisis es de $p < .05$. Se indica el nivel de significación exacto para cada coeficiente de correlación y los valores se expresan con media ± desviación estándar.

# Resultados

Durante las 10 sesiones de la primera fase, para la CI se obtuvieron 145 registros válidos de un total de 177. Atendiendo a su especificidad según el tipo de ejercicio para el nivel III, se hicieron 30 registros de tiro ½, en tres sesiones diferentes; para el nivel IV, cuatro registros del 2x2 ½ en una sesión y 33 registros de 3x3 Ataque-Def-Desc en tres sesiones diferentes; para el nivel V, 11 registros de 4x4 1/1 durante una sesión y 67 registros de 5x5 1/1 en cinco sesiones. En el análisis descriptivo de CI, SHRZ mostró el valor promedio más alto en el 5x5 1/1 (72.10 ± 39.56) y el más bajo en tiro ½ (12.45 ± 6.09). En la misma línea que el anterior, %SHRZ tuvo el valor promedio más alto en 5x5 1/1 (73.17 ± 16.44) y el valor más bajo en tiro ½ (48.57 ± 17.86). RRmean se comportaron de manera contraria, siendo el valor promedio más alto en tiro ½ (488.07 ± 61.18) y el más bajo en 5x5 1/1 (414.84 ± 46.38). SDNN tuvieron el valor promedio más alto en 2x2 ½ (45.01 ± 13.52) y más bajo en tiro ½ (35.46 ± 17.86) (tabla 1).

Durante las 10 sesiones de la segunda fase, para CE se obtuvieron un total de 171 registros válidos. Para el nivel III, 23 registros de tiro ½ en una sesión y tiro 1/1, 10 registros en tres sesiones diferentes; para el nivel IV, 1x1 ½, 18 registros en dos sesiones, 10 registros del 2x2 ½ en una sesión, 10 registros de 3x3 Ataque-Def-Desc en una sesión y 3x3 ½, 11 registros en una sesión; para el nivel V, 45 registros de 4x4 1/1 durante cuatro sesiones y 44 registros de 5x5

**Tabla 1**
*Variables de carga interna (media y DE) registradas en las sesiones de entrenamiento, según nivel de aproximación (a partir de Schelling y Torres, 2013) y ejercicio para 12 jugadores de baloncesto* amateur *(n=145).*

| Niveles de aproximación | Nº de registros | RRmean | SDNN | RMSSD | pNN50 | SHRZ | %SHRZ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *n* | Media ± DE | Media ± DE | Media ± DE | Media ± DE | Media ± DE | Media ± DE |
| Nivel 3 Dirigido | | | | | | | |
| Tiro ½ | 30 | 488.07 ± 61.18 | 35.46 ± 17.86 | 7.69 ± 5.27 | .47 ± 1.75 | 12.45 ± 6.09 | 48.57 ± 17.86 |
| Nivel 4 Especial | | | | | | | |
| 2x2 1/2 | 4 | 487.74 ± 65.13 | 45.01 ± 13.52 | 8.29 ± 3.81 | .16 ± .27 | 13.83 ± 4.36 | 49.33 ± 15.31 |
| 3x3 1/1 At Def Desc | 33 | 422.88 ± 38.30 | 37.94 ± 15.91 | 6.69 ± 2.55 | .20 ± .29 | 14.36 ± 8.02 | 69.78 ± 14.32 |
| Nivel 5 Competitivo | | | | | | | |
| 4x4 1/1 | 11 | 422.99 ± 45.90 | 42.85 ± 10.04 | 6.32 ± 2.59 | .12 ± .13 | 53.95 ± 13.20 | 70.13 ± 14.05 |
| 5x5 1/1 | 67 | 414.84 ± 46.38 | 43.49 ± 19.16 | 7.94 ± 5.79 | .33 ± .54 | 72.10 ± 39.56 | 73.17 ± 16.44 |

1/1 en otras cuatro. La CE presentó los valores más altos de Total Ac-Dec en ejercicios 4x4 1/1 (335.31 ± 166.16) y 5x5 1/1 (427.36 ± 235.04) y los valores más bajos en tiro ½ (142.75 ± 31.27) y en 1x1 1/1 (101.20 ± 29.33).

Los ejercicios quedaron distribuidos en 5 grupos según su especificidad: tiro ½, 2x2 ½, 3x3 1/1 (en su variante Ataque-Defensa-Descanso), 4x4 1/1 y 5x5 1/1. Las variables de CI y CE se comportaron de manera independiente. Se dieron diferencias significativas entre los diferentes ejercicios analizados en función de la especificidad para los parámetros de SHRZ (W = 146.50; $p$ =<.001) y RRmean (W = 88.45; $p$ = <.001) de CI y para el parámetro de CE Total Ac-Dec (W = 94.77; $p$ =<.001). Se observaron diferencias significativas entre el conjunto de valores de CI de los ejercicios agrupados según su especificidad (F = 28.18; $p$ < .001) y sesiones (F = 10.44; $p$ < .001) y de CE entre los ejercicios agrupados según su especificidad (F = 50.74; $p$ < .001), y sesiones (F = 24.52; $p$ < .001).

**Tabla 2**
*Aceleraciones y desaceleraciones (media y DE) registradas en las sesiones de entrenamiento, según nivel de aproximación (a partir de Schelling y Torres, 2013), intensidad y ejercicio para 12 jugadores de baloncesto* amateur *(n=171).*

| Niveles de aproximación | Nº de registros | A-1 | A-2 | A-3 | A-4 | D-1 | D-2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *n* | Media ± DE | Media ± DE | Media ± DE | Media ± DE | Media ± DE | Media ± DE |
| Nivel 3 Dirigido | | | | | | | |
| Tiro ½ | 23 | 28.13 ± 4.39 | 41.25 ± 7.42 | 4.0 ± 1.93 | .00 ± .00 | 24.75 ± 4.92 | 34.00 ± 6.82 |
| Tiro 1/1 | 10 | 51.32 ± 36.04 | 66.95 ± 50.33 | 13.95 ± 14.87 | .09 ± .29 | 52.59 ± 37.22 | 65.77 ± 49.84 |
| Nivel 4 Especial | | | | | | | |
| 1x1 1/1 | 18 | 17.10 ± 5.40 | 26.10 ± 5.04 | 7.60 ± 3.75 | .00 ± .00 | 17.10 ± 4.65 | 24.70 ± 5.76 |
| 2x2 1/2 | 10 | 41.60 ± 8.90 | 57.60 ± 7.09 | 14.20 ± 5.53 | .00 ± .00 | 44.0 ± 7.07 | 53.90 ± 7.29 |
| 3x3 1/1 | 11 | 32.0 ± 6.03 | 50.73 ± 10.76 | 16.82 ± 7.47 | .00 ± .00 | 31.45 ± 9.08 | 53.00 ± 9.26 |
| 3x3 1/1 At Def Desc | 10 | 31.0 ± 7.32 | 45.90 ± 9.59 | 15.90 ± 5.55 | .00 ± .00 | 35.30 ± 7.30 | 47.20 ± 6.27 |
| Nivel 5 Competitivo | | | | | | | |
| 4x4 1/1 | 45 | 59.84 ± 30.23 | 84.78 ± 40.37 | 20.79 ± 12.19 | .05 ± .22 | 61.02 ± 28.47 | 83.40 ± 38.79 |
| 5x5 1/1 | 44 | 75.97 ± 41.14 | 105.99 ± 54.39 | 28.91 ± 20.19 | .23 ± .84 | 78.84 ± 45.22 | 103.48 ± 50.53 |

**Taula 2** *(Continuación)*
*Aceleraciones y desaceleraciones (media y DE) registradas en las sesiones de entrenamiento, según nivel de aproximación (a partir de Schelling y Torres, 2013), intensidad y ejercicio para 12 jugadores de baloncesto* amateur *(n=171).*

| Niveles de aproximación | Nº de registros | D-3 | D-4 | Total Ac | Total Dec | Total Ac-Dec |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | n | Media ± DE | Media ± DE | Media ± DE | Media ± DE | Media ± DE |
| Nivel 3 Dirigido | | | | | | |
| Tiro ½ | 23 | 9.88 ± 5.08 | .75 ± .71 | 73.38 ± 13.14 | 69.38 ± 17.54 | 142.75 ± 31.27 |
| Tiro 1/1 | 10 | 15.27 ± 12.98 | 2.68 ± 3.90 | 132.32 ± 101.54 | 136.32 ± 103.94 | 268.64 ± 205.48 |
| Nivel 4 Especial | | | | | | |
| 1x1 1/1 | 18 | 5.70 ± 2.54 | 2.90 ± 2.18 | 50.80 ± 14.20 | 50.40 ± 15.13 | 101.20 ± 29.33 |
| 2x2 1/2 | 10 | 14.70 ± 4.42 | 2.70 ± 2.50 | 113.40 ± 21.52 | 115.30 ± 21.29 | 228.70 ± 42.81 |
| 3x3 1/1 | 11 | 14.45 ± 6.68 | 4.91 ± 2.12 | 99.55 ± 24.26 | 103.82 ± 27.15 | 203.36 ± 51.41 |
| 3x3 1/1 At Def Desc | 10 | 13.10 ± 2.96 | 4.30 ± 3.47 | 92.80 ± 22.45 | 99.90 ± 20.00 | 192.70 ± 42.45 |
| Nivel 5 Competitivo | | | | | | |
| 4x4 1/1 | 45 | 21.40 ± 11.53 | 4.04 ± 4.36 | 165.45 ± 83.01 | 169.86 ± 83.15 | 335.31 ± 166.16 |
| 5x5 1/1 | 44 | 28.25 ± 17.86 | 5.71 ± 4.98 | 211.09 ± 116.56 | 216.28 ± 118.49 | 427.36 ± 235.04 |

**Tabla 3**
*Resultados del análisis de regresión lineal múltiple que explica RRMean (CI) en función de las aceleraciones y desaceleraciones totales (CE).*

Resumen del modelo de regresión

| Modelo | R | $R^2$ | $R^2$ ajustado | RMSE |
|---|---|---|---|---|
| 1 | .92 | .84 | .77 | 30.30 |

Variables predictoras: Tot_AC, Tot_DEC
Variable dependiente: RRMean

ANOVA de la ecuación

| Modelo | Suma cuadrados | df | Media cuadrados | F | p |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 Regresión | 20356 | 2 | 10177.8 | 11.09 | .02 |
| Residual | 3671 | 4 | 917.8 | | |
| Total | 24027 | 6 | | | |

Modelo 1 incluye Tot_AC y Tot_DEC

Coeficientes de la ecuación

| Modelo | No estandardizado | Error Estándar | Estandardizado | t | p |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 (Intercept) | 492.30 | 13.12 | | 37.51 | < .001 |
| Tot_Ac | 6.33 | 2.40 | 10.70 | 2.63 | .05 |
| Tot_Dec | -6.53 | 2.34 | -11.46 | -2.79 | .04 |

**Tabla 4**
*Resultados del análisis de regresión lineal simple que explica %SHRZ (CI) en función de la especificidad del ejercicio (CE).*

| Resumen del modelo de regresión | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Modelo | R | $R^2$ | $R^2$ ajustado | RMSE |
| 1 | .77 | .59 | .51 | 8.89 |

Variable predictora: especificidad del ejercicio
Variable dependiente: %SHRZ

| ANOVA de la ecuación | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Modelo | Suma cuadrados | df | Media cuadrados | F | *p* |
| 1 Regresión | 593.3 | 1 | 593.31 | 7.35 | .04 |
| Residual | 403.4 | 5 | 80.68 | | |
| Total | 996.7 | 6 | | | |

| Coeficientes de la ecuación | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Modelo | No estandardizado | Error Estándar | Estandardizado | t | *p* |
| 1 (Intercept) | 40.30 | 7.59 | | 5.30 | .003 |
| Especificidad del ejercicio | 4.60 | 1.69 | .77 | 2.71 | .04 |

En cuanto a las relaciones entre valores de CI y CE correspondientes a los ejercicios según su especificidad, se observaron correlaciones significativas entre SDNN y Total Ac-Dec (rho = .786; $p = .0048$), así como entre SHRZ y la especificidad (rho = .893; $p = .012$).

Un análisis de regresión múltiple mostró que RRmean (CI) viene causada por una combinación lineal de variables de CE: Total_Ac y Total_Dec ($R^2 = .84$) (Tabla 3). A su vez, un análisis de regresión lineal simple indicó que el comportamiento de %SHRZ (CI) fue causada por la especificidad de los ejercicios ($R^2 = .59$) (Tabla 4).

## Discusión

El hallazgo más importante de esta investigación es la relación entre las variables de CI con CE y con la especificidad de los ejercicios de entrenamiento en baloncesto masculino *amateur*. CI y CE son usufructos diferentes y deben ser valorados de manera independiente (Impellezzeri et al., 2019), sugiriéndose la posible regulación individual de los valores de CI deseados, atendiendo a sus relaciones con la CE y la especificidad de los ejercicios de entrenamiento.

Poder determinar relaciones entre las variables de CI y CE puede ayudar a comprender el efecto que tiene la CE en el jugador y cómo afecta a su recuperación, estrés o fatiga acumulados (Sansonea et al; 2019). Los resultados obtenidos en este estudio apuntan en esta dirección En un contexto deportivo multifactorial (Carey et al., 2016), el parámetro SDNN ha mostrado una correlación significativa con Total Ac_Dec ($p < .05$), lo que podría ofrecer una primera visión del efecto global de la CE en la fatiga. Las relaciones significativas encontradas entre otras variables podrían abrir dos vías de actuación. Por un lado, la posible justificación de la CI (RRmean) a partir de la combinación lineal de Total_Ac y Total_Dec ($R^2 = .84$) ofrecería un indicador de fatiga (Pyne y Martin, 2011), lo que permitiría diseñar pautas de recuperación específicas a los perfiles individuales (Guillaumes et al., 2018). Por otro lado, mediante el uso de una variable de CI de carácter específico para baloncesto (Scanlan et al.,2014) como el %SHRZ ($R^2 = .59$), sería posible la cuantificación de ejercicios y sesiones de entrenamiento (Sanchez-Ballesta et al, 2019), permitiendo una programación cualitativa (Gabbett, 2016) y preventiva (Carey et al., 2016) durante la temporada.

La gestión de la carga de trabajo, valorando la CI y adecuando a esta la CE, se fundamenta en la relación entre el estrés psicológico y los ejercicios realizados durante el entrenamiento (Scanlan et al., 2014). En la relación entre SHRZ y el tipo de ejercicio (rho = .89; $p = .01$) interviene la complejidad de la tarea (definida según los niveles de aproximación de Schelling y Torres, 2013) y los constreñimientos presentes (Balague et al., 2014). Partiendo de los valores de SHRZ

de los ejercicios, se puede modular el aspecto conductual (Capdevila et al., 2008) e integrarlo en el entrenamiento, con el objetivo a medio y largo plazo de mejorar el rendimiento deportivo evitando la monotonía de cargas (Morales et al., 2019) y de estímulos cognitivo-emocionales.

Una premisa necesaria para valorar la aplicabilidad de este planteamiento es la independencia de los ejercicios respecto al conjunto de la sesión y en relación con las variables de CI y de CE. Estos resultados indican que las variables no obedecen a un patrón concreto respecto al conjunto de ejercicios que definen la sesión de entrenamiento, a la vez que cada nivel de aproximación es también específico en su comportamiento, tanto para la CE como para la CI.

Este estudio cuenta con una serie de limitaciones. El uso de cierta tecnología no permite conectar varios dispositivos de manera simultánea, con lo que no se ha podido registrar en una misma sesión la CI y la CE de cada ejercicio. A su vez, el contexto deportivo es abierto y complejo y en deportes de contacto como el baloncesto acostumbran a existir variables no controladas que aumentan errores o pérdidas de registro, lo que disminuye el tamaño de las muestras de estudio. En este sentido, el deporte amateur condiciona la constancia en cuanto a la asistencia a los entrenamientos y competiciones de los jugadores.

## Conclusiones

En un contexto específico de un equipo de baloncesto masculino *amateur,* se han observado relaciones significativas de CI (RRMean, SDNN y %SHRZ) con CE (Total_Dec) y la especificidad de los ejercicios de entrenamiento. En deportes de carga intermitente como el baloncesto, se sugiere la valoración de la CI y de la CE de manera independiente y complementaria.

## Aplicaciones prácticas

Los niveles de aproximación propuestos por Schelling y Torres (2013) se presentan como una herramienta válida para la gestión del control de carga, tanto interna como externa, durante los entrenamientos. Su aplicabilidad se dirige en dos sentidos. Por una parte, la programación a partir de valores de CE permitiría aproximarse a valores de CI deseables. Por otra parte, el análisis de los valores de CI previos al entrenamiento a partir de la VFC ofrecería una información individualizada, específica y aplicable para gestionar la CE óptima para el entrenamiento, en función del estado psicofisiológico del jugador.

## Agradecimientos

Este estudio se ha realizado gracias al proyecto de I+D+I, DEP2015-68538-C2-1-R del Ministerio de Economía, Industria y Competitividad.

## Referencias

Balagué Serre, N., Torrents Martín, C., Pol Cabanellas, R., & Seirul·lo Vargas, F. (2014). Integrated Training. Dynamic principles and applications. *Apunts. Educación Física y Deportes, 116,* 60-68. https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2014/2).116.06

Boyd, L. J., Ball, K., & Aughey, R. J. (2011). The relaibility of MinimaxX accelerometers for measuring physical activity in Australian football. *International Journal of Sport Physiology and Performance, 6*, 311-321. https://doi.org/10.1123/ijspp.6.3.311

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 & Medicine, 17*(2), 289. PMCID: PMC5950746.

Capdevila Ortís, L., Rodas Font, G., Ocaña Mariné, M., Parrado Romero, E., Pintanel Bassets, M. & Valero Herreros, M. (2008). Variabilidad de la frecuencia cardíaca como indicador de salud en el deporte: validación con un cuestionario de calidad de vida (SF-12). *Apunts Medicina de l'Esport, 43*(158), 62-69.

Carey, D.L., Blanch, P., Ong, K.-L., Crossley, K.M., Crow, J. & Morris, M.E. (2016) Training loads and injury risk in Australian football—differing acute: chronic workload ratios influence match injury risk. *British Journal of Sports Medicine 51*(16), 1215- 1220. http://dx.doi.org/10.1136/bjsports-2016-096309

Edwards, S. (1993). Heart Rate Monitor Book (Polar Electro Oy). New York.

Foster, C., Rodriguez-Marroyo, J. A., & Koning, J. J. (2017). Monitoring training loads: The past, the present, and the future. *International Journal of Sports Physiology and Performance, 12*(12), S2-S8. https://doi.org/10.1123/IJSPP.2016-0388

Gabbett, T. J. (2016). The training-injury prevention paradox: Should athletes be training smarter and harder? *British Journal of Sports Medicine,* 1-9. https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095788

Guillaumes, J. M., Caparrós T., Puntí, D. C., Montull, L., Orriols, G., & Ortís, L. C. (2018). Monitorización psicofisiológica del proceso de recuperación en deportistas de élite de la selección española de esquí de montaña a través de la RMSSD y la percepción subjetiva de la recuperación. *Revista iberoamericana de psicología del ejercicio y el deporte, 13*(2), 219-223.

Impellizzeri, F., Samuele M. Marcora, S. & Coutts, A.J. (2019). Internal and External Training Load: 15 Years On. *International Journal of Sports Physiology and Performance,* (Ahead of Print) https://doi.org/10.1123/ijspp.2018-0935

Ivarsson, A., Johnson, U. & Podlog, L. (2013) Psychological predictors of injury occurrence: a prospective investigation of professional Swedish soccer players. *Journal of Sport Rehabilitation, 22*,19–26. https://doi.org/10.1123/jsr.22.1.19

Morales Aznar, J., Roman, V., Yáñez, A., Solana-Tramunt, M., Álamo, J. M., & Fíguls, A. (2019). Physiological and psychological changes at the end of the soccer season in elite female athletes. *Journal of Human Kinetics,* 66/2019, 99-109. https://doi.org/10.2478/hukin-2018-0051

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

Moreno Sánchez, J., Parrado Romero, E., & Capdevila Ortís, L. (2013). Variabilidad de la frecuencia cardíaca y perfiles psicofisiológicos en deportes de equipo de alto rendimiento. *Revista de psicología del deporte, 22*(2), 0345-352.

Pyne, D.B. & Martin, D.T. (2011). Fatigue-insights from individual and team sports. In: Marino FE, ed. Regulation of fatigue in exercise. New York: Nova Science, 2011:177–85.

Sánchez Ballesta, A., Abruñedo, J., & Caparrós, T. (2019). Accelerometry in Basketball. Study of External Load during Training. *Apunts. Educación Física y Deportes, 135,* 100-117. https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2019/1).135.07

Sansonea, P. A., Tessitorea, A., Paulauskasb, H., Lukonaitieneb, L., Tschanc, H. Plaugad, 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*, 602–606. https://doi.org/10.1016/j.jsams.2018.11.017

Scanlan, A. T., Wen, N., Tucker, P. S., & Dalbo, V. J. (2014). The relationship 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

Schmitt, L., Regnard, J., & 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., Schwellnus, M., Alonso, J. M., Bahr, R., Clarsen, B., Dijkstra, H. P., ... & van Rensburg, C. J. (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

World Medical Association. (2013). World Medical Association Declaration of Helsinki. *Journal of the American Medical Association, 310*(20), 2191. https://doi.org/10.1001/jama.2013.281053

**Conflicto de intereses:** las autorías no han declarado ningún conflicto de intereses.

© Copyright Generalitat de Catalunya (INEFC). Este artículo está disponible en la url https://www.revista-apunts.com/es/. Este trabajo está bajo la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License. Las imágenes u otro material de terceros en este artículo se incluyen 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 https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es