



CUANTIFICACIÓN DE LA CARGA DE ENTRENAMIENTO EN DEPORTES DE RESISTENCIA DE LARGA DURACIÓN



TRABAJO FINAL DE GRADO
GRADO EN CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y DEL DEPORTE
CURSO ACADÉMICO 2017/2018

AUTOR: JUAN JORQUERA BONAFONTE

TUTOR: DIEGO PASTOR CAMPOS
UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	2
MATERIAL Y MÉTODOS	3
RESULTADOS	4-11
DISCUSIÓN	12-13
PROPUESTA DE INTERVENCIÓN	13-14
BIBLIOGRAFÍA	15



INTRODUCCIÓN

El entrenamiento es un proceso al que se someten los atletas para producir adaptaciones relacionadas con el objetivo que persiguen. (Mujika, 2017). Estas adaptaciones se generan gracias a diversas respuestas fisiológicas que conducen a mejoras de varios sistemas biológicos. (Cardinale and Varley, 2017). Debido a la mejora de los atletas, se hace necesario la modificación de las cargas de entrenamiento, sobre todo frecuencia, duración e intensidad, para seguir mejorando. (Halsón, 2014).

El deporte de resistencia es quizá el mayor ámbito en el que la cuantificación de la carga de entrenamiento se emplea. En concreto los deportes de resistencia de larga duración como puede ser ciclismo, carrera y natación. Es por lo que cuantificar la carga de entrenamiento es muy importante a la hora de centrarnos en el rendimiento de un deportista de resistencia. Es la manera que tenemos de saber cómo se encuentra nuestro atleta y mantener el equilibrio estrés/recuperación en condiciones óptimas, sin llegar a fatigar ni sobreentrenar (Mujika, 2017).

Se puede cuantificar, bien la carga interna, o bien la carga externa. La carga interna es definida como la evaluación del estrés impuesto por la sesión de entrenamiento, mide las alteraciones de homeostasis de procesos fisiológicos y metabólicos durante las sesiones de entrenamiento (Mujika, 2017), mientras que la carga externa representa las actividades de entrenamiento que realiza el atleta (Cardinale and Varley, 2017).

Además, podemos diferenciar, en la carga interna, los métodos objetivos y los métodos subjetivos. Por un lado, tenemos los métodos objetivos, el más frecuente ha sido el que controla los impulsos de entrenamiento (TRIMP). El originario fue el ideado por Banister (bTRIMP), que tiene en cuenta variables como la frecuencia cardíaca media (FCm), la duración del entrenamiento y un factor exponencial para ponderar la intensidad del ejercicio (Sanders et al., 2017). Uno de los inconvenientes que se ha visto del método bTRIMP es que solo tiene en consideración la FCm de todo el entrenamiento, sin contar descansos, lo que podría llevar a la obtención de unos datos por debajo de lo normal (García-Ramos et al., 2014). A partir de este primer método se han desarrollado variaciones, como el TRIMP de Edwards (eTRIMP), que utiliza 5 zonas de intensidad en función de la frecuencia cardíaca máxima (FCm_{máx}); el TRIMP de Lucia (LTRIMP) que utiliza 3 zonas en función del umbral de lactato individual; el TRIMP individualizado (iTRIMP) que varía según el estado del deportista cada día, tiene en cuenta las variables como FC, duración del entrenamiento y curva de lactato individual del deportista (Halsón, 2014). Más en la actualidad se ha propuesto una alternativa al TRIMP tradicional, mediante el TRIMP acumulativo (TRIMPC), basado en la suma de valores parciales ponderados por la duración del ejercicio y los intervalos de recuperación (García-Ramos et al., 2014).

Todos estos TRIMP son utilizados en general para el deporte que se quiera, aunque se han investigado para deportes en concreto y faltan muchos por investigar. Pero se han comprobado métodos específicos para un solo deporte como es el *training stress score* (TSS), que es específico para el ciclismo y se basa en la potencia de salida del ciclista (Sanders et al., 2017).

Por otro lado, tenemos los métodos subjetivos de cuantificación de la carga. Éstos son muy utilizados por su facilidad y bajo coste (Mujika, 2017). El más utilizado es el RPE sesión (sRPE), que se basa en una escala que mide el esfuerzo que percibe el deportista durante o al finalizar la sesión de entrenamiento (Halsón, 2014). Otros métodos subjetivos son los diarios, cuestionarios retrospectivos y observación directa, procedimientos en los que se confía en la memoria del deportista o en la experiencia del observador y que pueden llevar a error (Mujika, 2017).

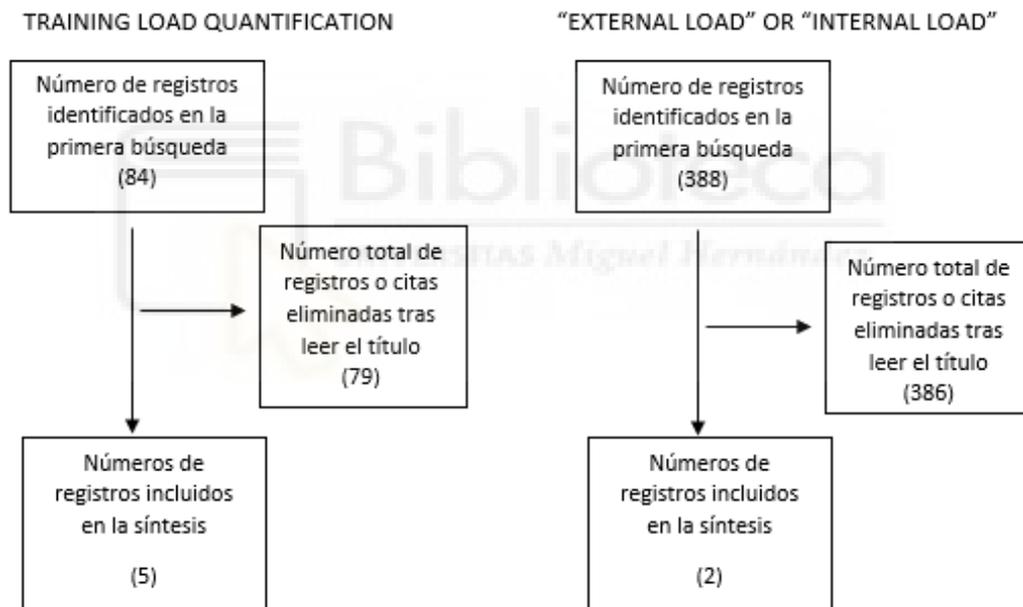
El objetivo del trabajo es recopilar los últimos estudios sobre la cuantificación de la carga de entrenamiento en deportes de larga duración, centrándonos en el ciclismo, la carrera y la natación, para su posterior aplicación a un programa de intervención.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó una búsqueda sistemática de artículos científicos a fecha 12/02/2018 en la base de datos PubMed. Se utilizó la guía PRISMA para cribar el resultado y así seleccionar los relacionados con el objeto de estudio. Para ello, se añadieron los siguientes criterios de inclusión:

- Investigaciones publicadas desde 2014
- Participantes con edad comprendida entre 16 y 50 años
- Muestra compuesta por deportistas o personas físicamente activas
- Deporte de carácter cíclico
- Artículos que se centren en aspectos relacionados con la cuantificación de la carga

El proceso se realizó en PubMed realizando dos búsquedas diferenciadas con las siguientes palabras clave: "training load quantification" y "external load" OR "internal load". De la primera búsqueda obtuvimos 84 resultados, mientras que con la segunda 388. Tras realizar un proceso de criba donde se eliminaron los artículos duplicados, que salían en ambas búsquedas, y aquellos que no cumplían los criterios de inclusión, obtuvimos de la primera 5 resultados y de la segunda 2, excluyendo 3 revisiones, que servirán para contextualizar. De modo que la cantidad final de estudios que se incluyeron en la revisión fue de 7 artículos.



RESULTADOS

Tras la búsqueda realizada se han identificado una serie de variables para cuantificar la carga de entrenamiento. En la Tabla 1 se exponen los diferentes artículos encontrados y las variables que utilizan. La Frecuencia Cardíaca (FC) se ha utilizado en dos artículos para monitorizar el entrenamiento y, así, cuantificar la carga (Sanders, Myers and Akubat, 2017; Esteve-Lanao et al., 2017). También se ha utilizado, incluso en mayor medida que la FC, la escala de percepción de esfuerzo percibido durante la sesión (sRPE) (Sanders, Myers and Akubat, 2017; Barroso et al., 2015; Barnes, 2017). Por otro lado, solo se ha encontrado 1 artículo en el que se cuantifica la carga mediante la variabilidad de la frecuencia cardíaca (HRV) (Saboul et al., 2015), y 2 mediante el impulso del entrenamiento (TRIMP) (Sanders et al., 2017; García-Ramos et al., 2014).

Asimismo, la columna de resultados se ha separado en 2. De esta forma diferenciamos resultados en los que se compara un método de cuantificación de la carga de entrenamiento con otro (validez concurrente), y resultados en los que se valida el método respecto a las variables de rendimiento (validez del método).

En general, los artículos buscan el método idóneo para cuantificar la carga de entrenamiento de un deportista en el deporte que interesa. Por ejemplo, se centran en nadadores de élite y comparan los métodos TRIMPC y TRIMP con sRPE y entre ellos, de esta forma ven cuál de los métodos es el mejor para cuantificar carga en nadadores de élite, en este caso sería el TRIMPC ($P < 0.001$), (García-Ramos et al., 2014). Otro ejemplo es el que emplea Barnes en su estudio de corredores de campo a través entrenados. Lo que hace es comparar lo que suponen las sesiones para los deportistas con cuán de duros son los entrenamientos para el entrenador, así también puedes cuantificar carga, ya que se sabe lo que significa para el deportista. Por tanto, como resultados en sesiones fáciles para entrenadores los deportistas las calificaron más difíciles; hombres marcaron como sesiones de moderada intensidad las que para el entrenador serían más duras; mujeres marcaron como sesiones intensas las que para los entrenadores son bajas. (Barnes, 2017).

Por otro lado, ciertos artículos miden variables de entrenamiento concretas para validar un método en un deporte. Este es el caso del estudio de Sanders et al. (2017), en el que a través de un test de 8 minutos para ciclistas, ésta es la variable, ve como el método iTRIMP ($r = .63$ [IC 95% .17-.86] y luTRIMP ($r = .70$ [IC 95% .29-.89]), son los mejores para cuantificar carga de entrenamiento en ciclistas competitivos bien entrenados. A su vez, en el estudio de Esteve-Lanao et al., compararon qué era más duro, el maratón o un iron man, tras 16 semanas de entrenamiento y la competición correspondiente, llegaron a la conclusión, a través de la escala ECO (objective load scale), que la relación entre carga de entrenamiento y tiempo de entrenamiento fue superior para los maratonianos (IM 65.8 ± 11.8 vs. $42k 99.3 \pm 6.8$) ($p < 0.001$). (Esteve-Lanao et al., 2017).

En el estudio de Saboul et al. (2015), validan el método de cuantificar carga con la variabilidad de la frecuencia cardíaca mediante la intensidad ($R = -.70$; $p < 0.01$), que tiene buena correlación cuando la HRV es baja, pero con la duración y el volumen no correlaciona. A su vez, la cuantificación por HRV lo comparan con el método Foster ($R = 0,61$; $p = 0,01$) y Banister ($R = 0,57$; $p = 0,01$). (Saboul et al., 2015).

TABLA 1

ESTUDIOS	MUESTRA	DURACIÓN	INTERVENCIÓN	RESULTADOS (VALIDEZ CONCURRENTES)	RESULTADOS (VALIDEZ DEL MÉTODO)
(García-Ramos et al., 2014)	<p>N=17 Nmujeres=11 (de 19 ± 2,6 años) Nhombres=6 (de 19,8±1,9 años) Nadadores de élite</p>	<p>4 semanas 6 d/s 328 sesiones</p>	<p>Registro de la HR media y los períodos de descanso de 50m de distancia</p>	<p>- TRIMPC y TRIMP correlacionan fuertemente con sRPE (r= 0.724 y 0.0702) - TRIMPC fue ~9% más alto en promedio que TRIMP (117 ± 53 vs. 107 ± 47; P <0.001)</p>	
(Saboul et al., 2015)	<p>N=11 corredores de larga distancia muy entrenados</p>	<p>2 semanas</p>	<p>4 sesiones diferentes individualizadas mediante la VAM. - 1ª: 34' al 70% VAM - 2ª: 3x10' al 85% VAM - 3ª: 8x2' al 95% VAM - 4ª: 6' al 100% VAM</p>	<p>- ↓HRV gran correlación con la intensidad del ejercicio (R = -.70; p <0.01), pero no con la duración o el volumen. - TLHRV buena correlación con métodos Foster (R = 0,61; p = 0,01) y Banister (R = 0,57; p = 0,01)</p>	
(Sanders et al., 2017)	<p>N=15</p>	<p>10 semanas</p>	<p>Entrenamientos de baja intensidad y alto volumen.</p>		<p>- (r = .54-.81) entre TL y potencia a 2 y 4 mmol / L para todos</p>

	Ciclistas competitivos bien entrenados	728 sesiones entre los 15	Antes y después los participantes se sometieron a una evaluación de aptitud y rendimiento.		<p>los métodos de cálculo de la TL.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Relaciones más fuertes con las variables aeróbicas se observaron para <u>iTRIMP</u> ($r = .81$ [IC 95% .51-.93], $r = .77$ [IC 95% .43-.92]) y <u>TSS</u> ($r = .75$ [IC del 95%: 31 a.93], $r = 0,79$ [IC del 95%: 40 a 94]). - La dosis-respuesta más fuerte en la prueba 8MT se observó para <u>iTRIMP</u> ($r = .63$ [IC 95% .17-.86]) y <u>luTRIMP</u> ($r = .70$ [IC 95% .29-.89]).
(Esteve-Lanao et al., 2017)	<p>N=30 de nivel recreativo</p> <p>N=15 triatletas de larga distancia IRONMAN (13 hombres y 2 mujeres)</p> <p>N=15 corredores de maratón (13 hombres y 2 mujeres)</p>	16 semanas	Ambos grupos entrenaron para preparar su respectiva prueba. Se tuvieron en cuenta las últimas 16 semanas.		<ul style="list-style-type: none"> - Tiempo de competición muy diferente (IM 11 h 45 min \pm 1 h 54 min vs. 42k 3 h 6 min \pm 28 min, $p < 0.001$). - Tiempo entrenamiento (IM 12,9 h \pm 2,6 vs. 42k 5,2 \pm 0,9) y ECO promedio semanal (834 \pm 171 frente a 42k 526 \pm 118)

					fueron significativamente mayores en el IM ($p < 0,001$). - Relación entre TL y el tiempo de entrenamiento fue superior para maratonianos al comparar ECO (IM 65.8 ± 11.8 vs. $42k 99.3 \pm 6.8$) ($p < 0.001$)
(Sanders, Myers and Akubat, 2017)	N=15 Ciclistas masculinos entrenados bien	10 semanas	Entrenamientos registrados de los ciclistas de diciembre a marzo. Cuantificación usando HR, PO y sRPE (escala de 0 a 10). Zona 1 = sRPE 1-4 Zona 2 = sRPE 5-6 Zona 3 = sRPE 7-10	- sRPE (Z1: 44.9%; Z2: 29.9%; Z3: 25.2%) - HR (Z1: 86.8%; Z2: 8.8%; Z3: 4.4%) - PO (Z1: 79.5%; Z2: 9.0%; Z3: 11.5%) - sRPE TZ1 vs PO y HR ($P < 0.001$) - sRPE TZ2 y 3 vs PO y HR ($P < 0.001$)	
(Barroso et al., 2015)	N=13 Nadadores masculinos moderadamente entrenados y entrenador 1	4 series estandarizadas	Los nadadores se evaluaban con el sRPE 30' después de la sesión, mientras que el entrenador calificaba la sesión antes del entrenamiento.		- 10x100m vs 20x100m → sRPE > 20x100m - 20x100m vs 10x200m vs 5x400m → sRPE > 4x400m

					- sRPE entrenador vs sRPE nadadores ≠ 10x200m y 5x400m
(Barnes, 2017)	N=25 Corredores de campo a través entrenados	110 días 3024 sesiones	Compararon la intensidad (sRPE), duración y carga de entrenamiento entre los entrenadores y los corredores, durante toda la temporada. 62% sesiones fáciles 18% moderadas 20% duras	- H y M calificaron sesiones fáciles para entrenadores más difíciles (ES> 2.9, p <0.0001) - H sesiones moderadas para entrenadores más altas (ES ≥ 1.0, p ≤ 0.002) - M sesiones intensas para los entrenadores más bajas (ES> 0.5, p <0.008) - Sin diferencias en sesiones duras entre H y entrenadores (ES <0.07, p> 0.05) - Sin diferencias en sesiones moderadas entre M y entrenadores (ES <0.18, p> 0.05)	

				- Intensidad sesiones ↑ cuando avanza la temporada	
--	--	--	--	--	--

HR: heart rate; TRIMPC: training impulse accumulate; TRIMP: training impulse; sRPE: RPE session; VAM: maximum aerobic speed; HRV: heart rate variability; TLHRV: training load with HRV; TL: training load; iTRIMP: individual training impulse; IC: confidence Interval; TSS: training stress score; 8MT: 8 minute time-trial; LuTRIMP: Lucia training impulse; IM: ironman; 42k: marathon; ECO: objective load scale; PO: power output; H: men; M: women; ES: effect size.

A continuación, se presentan las tablas 2, 3 y 4. Han sido resultado de la búsqueda realizada y se trata de tres revisiones que iremos mencionando a lo largo de nuestro artículo.

TABLA 2

<p>(Cardinale and Varley, 2017)</p>	<p>Monitorización de carga interna</p> <ul style="list-style-type: none"> - Parámetros cardiorrespiratorios: HR, HRV, parámetros relacionados con la respiración, VO2 - Parámetros humorales: sangre venosa, sangre capilar, sudor, saliva, marcadores urinarios - Parámetros del metabolismo neuromuscular y muscular: electromiografía, electroencefalografía, respuesta galvánica de la piel, espectroscopia infrarroja cercana (NIRS), NIRS cerebrales <p>Monitorización de carga externa</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sistemas de posicionamiento global: GPS, sensores inerciales (acelerómetros), magnetómetros, giroscopios - Medidas de distancia y velocidad: proporcionada por el GPS (utilizan diferenciación posicional para calcular la distancia). Calcula la velocidad derivada del cambio en la distancia - Aceleración: derivada de los datos de velocidad del GPS <p>Validez y fiabilidad</p> <p>GPS: mejor cuantos más datos se proporcionen de distancia y velocidad. Precisión se reduce a velocidades altas. En pruebas largas la validez mejora.</p>
-------------------------------------	--

TABLA 3

<p>(Halson, 2014)</p>	<ul style="list-style-type: none">- utilización de pruebas de esfuerzo para entender la fatiga <p>Variables para monitorizar carga:</p> <ul style="list-style-type: none">- frecuencia (sesiones por día, semana, meses); tiempo (seg, min, horas); intensidad (absoluta, relativa)... <p>interesante monitorizar mediante carga interna y externa</p> <p>carga externa:</p> <ul style="list-style-type: none">- PO, velocidad, aceleración- Análisis tiempo-movimiento (GPS); umbral individual de velocidad- Función neuromuscular (CMJ, sprint, dinamometría) <p>Carga interna:</p> <ul style="list-style-type: none">- sRPE, FC, relación FC-RPE- TRIMP (bTRIMP, eTRIMP, LTRIMP, iTRIMP)- Concentración de lactato en sangre- Relación lactato-RPE- Recuperación de la FC- HRV- Evaluaciones bioquímicas, hormonal, inmunológica- Cuestionarios, diarios, velocidad psicomotora, sueño <p>En deportes de equipo:</p> <ul style="list-style-type: none">- Monitorización por GPS más útil <p>En deportes individuales:</p> <ul style="list-style-type: none">- RPE <p>Características para monitorizar: Fácil uso, informes eficientes, datos simples (ES), flexible para los deportistas, proporción de respuestas individuales y grupales</p>
-----------------------	---

TABLA 4

<p>(Mujika, 2017)</p>	<p>Cuantificación de la carga: monitorización fisiológica, observación directa, cuestionarios, diarios.</p> <p><u>Mujika et al:</u></p> <ul style="list-style-type: none">- intensidad factor clave para producir mejoras del rendimiento <p><u>Hellard et al:</u></p> <ul style="list-style-type: none">- 3 semanas sobrecarga, 3 tapering en nadadores de elite- De 6 a 4 semanas antes de competición → 84%, 81% y 80% de la TL media. Seguido de una bajada progresiva de la carga → 58%, 56% y 44%- Concluyen que debe aumentar la TL en periodo de sobrecarga y disminuir en periodo de tapering. <p><u>Mujika et al:</u></p> <ul style="list-style-type: none">- Cuantificación de la EL (external load) individual durante una temporada en nadadores muy entrenados- Comprobaron marcadores hormonales, metabólicos, inmunológicos y hematológicos 3 veces antes de un periodo de tapering- Hormonas plasmáticas e índices metabólicos identificados no se vieron alterados en 12 semanas intensas y 4 de disminución progresiva- Proporción de testosterona a cortisol marcador efectivo para el rendimiento en nadadores durante la temporada <p><u>Padilla et al:</u></p> <ul style="list-style-type: none">- En una serie de estudios describieron intensidad y TL en 3 carreras de ciclismo profesional- Registraron distancia, tiempo, velocidad, FC en todas las etapas- Muchas facilidades por la llegada de los dispositivos móviles <p><u>Mujika et al:</u></p> <ul style="list-style-type: none">- Corredores de media distancia bien entrenados- 15 semanas de carga regular y luego 1 semana de tapering reduciendo volumen, 50% o 75%- Muestras de sangre y rendimiento en 800m antes y después de la semana de tapering <p>Cambios fisiológicos principalmente hematológicos</p>
-----------------------	---

DISCUSIÓN

El objetivo de esta revisión fue recopilar información sobre los distintos métodos de cuantificación de carga de entrenamiento en los deportes de larga duración de natación, ciclismo y carrera y averiguar cuál es el idóneo para cada uno de ellos.

Tras analizar los artículos que arrojan información sobre métodos de cuantificación en la natación, podemos decir que el TRIMPc podría aportar información más exacta a la hora de cuantificar carga en entrenamientos de natación por intervalos, ya que esta alternativa al método clásico de impulsos (TRIMP) tiene en cuenta los períodos de descanso y de trabajo, mientras que el TRIMP clásico utiliza la frecuencia cardíaca media del entrenamiento, por lo que subestima la carga total de la sesión sobre un 9% en comparación con TRIMPc. Además, también hay que destacar la alta correlación que tiene con métodos como el sRPE y el TRIMP clásico (García-Ramos et al., 2014). Por otro lado, también podemos hablar de métodos subjetivos para la cuantificación de la carga de entrenamiento en natación, en este caso el sRPE (Barroso et al., 2015). En el artículo de Barroso et al., se buscaba comprobar si significaba la misma carga realizar series de similar intensidad, pero de distinto volumen (p.ej. 10x100m vs 20x100m o 5x400m vs 10x100m vs 20x100m). Con el aumento de la distancia se produce un aumento del sRPE, por lo que se tiene que tener en cuenta a la hora de prescribir ejercicio a los deportistas porque podrían llegar a fatigarse antes y/o crear lesiones (Barroso et al., 2015).

Después de interpretar los artículos relacionados con la cuantificación de la carga de entrenamiento en carrera, vemos como cada uno ha empleado un método para cuantificar la carga. Por un lado, tenemos un estudio pionero en la cuantificación de la carga de entrenamiento a través de la variabilidad de la frecuencia cardíaca (TLHRV) (Saboul et al., 2015). Tras comparar la TLHRV con otros métodos validados que se usan con mayor frecuencia como bTRIMP y sRPE, salen buenas correlaciones entre sí. Con una mayor investigación en este ámbito, ya que el cálculo de la carga de entrenamiento a través de la HRV resulta muy complejo, se podrá cuantificar carga mediante la variabilidad de la frecuencia cardíaca. (Saboul et al., 2015). Por otro lado, tenemos un artículo que se encarga de validar el sRPE. El objetivo es comparar el RPE que marca el entrenador antes de realizar la sesión, con los resultados de los deportistas. Vemos como difieren, tanto en hombres como en mujeres. Esta discrepancia puede ser de naturaleza psicofisiológica, es decir, los entrenadores dicen cómo serán las sesiones antes de que las realicen, por lo que puede ser que los deportistas se preparen para las sesiones que el entrenador considera más duras o más suaves. También puede deberse por la experiencia, ya que hay unos resultados más similares de RPE cuando el deportista tiene mayor experiencia. Además, es importante el hecho de que una sesión dura genere en la siguiente, que es menos intensa, una mayor intensidad dependiendo de la recuperación. (Barnes, 2017). Por último, del artículo que utiliza el método ECO (escala de carga objetiva) podemos afirmar que es un buen recurso para comparar diferentes disciplinas, puesto que compara la carga que supone una maratón con la que supone un iron man, que está compuesto por carrera, natación y ciclismo. (Esteve-Lanao et al., 2017).

Con la finalidad de contrastar diferentes métodos de cuantificación de la carga en ciclismo, hablamos del artículo de Sanders en el que compara varios métodos para el ciclismo. Tras la investigación saca las conclusiones de que el bTRIMP no aporta información válida, porque tiene en cuenta la frecuencia cardíaca media y en ciclismo hay situaciones en las que subirá mucho la frecuencia cardíaca y otras en las que bajará. El sRPE mostró relaciones bajas con la carga de entrenamiento y los cambios en la potencia de salida. Por lo tanto, los métodos más adecuados para cuantificar carga en ciclismo son el TSS (training stress score) y el iTRIMP (TRIMP individualizado). Ambos métodos tienen en cuenta variables relacionadas con el deportista, el iTRIMP la frecuencia cardíaca y el TSS la potencia de salida del deportista. (Sanders et al., 2017). A su vez, en el estudio de Sanders (2017) se compararon medidas de cuantificación de la carga objetivas con subjetivas (RPE vs HR vs PO). Con lo observado en otros estudios se

sabe que el entrenamiento en zona 1 es la base para deportes de larga duración. El sRPE proporcionó diferencias de moderadas a muy grandes en comparación con los métodos de cuantificación de carga objetivos. Por lo que, si con el sRPE hay diferencias muy grandes comparado con las medidas de HR y PO, puede que no queden reflejadas las características del entrenamiento. Sin embargo, integrar el sRPE junto con alguna medida objetiva puede proporcionar información adicional y saber el estado de fatiga del deportista. (Sanders, Myers and Akubat, 2017).

PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

La propuesta de intervención consiste en plantear 20 días de entrenamiento de carrera con diferentes intensidades y duraciones, en los que se irá cuantificando la carga con tres modelos (bTRIMP; sRPE; TLHRV). Para gestionarlo se ha creado un Excel en el que veremos cuál es el mejor modelo. El objetivo es poder seleccionar el modelo de carga más eficiente para el deportista mediante una hoja de cálculo de fácil uso.

El método de cuantificación del entrenamiento por impulsos de Banister (bTRIMP) se calculó teniendo en cuenta variables como la FC, la duración del entrenamiento y un factor de ponderación. (Saboul et al., 2015)

$$bTRIMP = T \times \frac{HR_{exe} - HR_{rest}}{HR_{max} - HR_{rest}} \times 0.64 \times e^{1.92 \times \frac{HR_{exe} - HR_{rest}}{HR_{max} - HR_{rest}}}$$

bTRIMP: training impulse

T: duration of training session (min)

HR_{exe}: mean HR of the TS (bpm)

HR_{rest}: HR at rest (bpm)

HR_{max}: maximal HR (bpm)

e: naperian logarithm of 2.712

El método propuesto por Foster (sRPE) únicamente tiene en cuenta la duración del entrenamiento y el número que ha marcado el deportista en la escala de percepción de esfuerzo. (García-Ramos et al., 2014)

$$sRPE = RPE \text{ score} \times t_{\text{session}}$$

También se va a cuantificar la carga en función de la variabilidad de la frecuencia cardíaca (TLHRV). Para su cálculo se hizo necesario el registro de la variabilidad 5 minutos antes del entrenamiento (pre5), 5 minutos después del entrenamiento (post5) y 30 minutos después del entrenamiento (post30). (Saboul et al., 2015)

$$TL_{HRV} = \ln \left(T \times \frac{Pre5 - Post5}{Post30 - Post5} \right)$$

TL_{HRV}: TL index

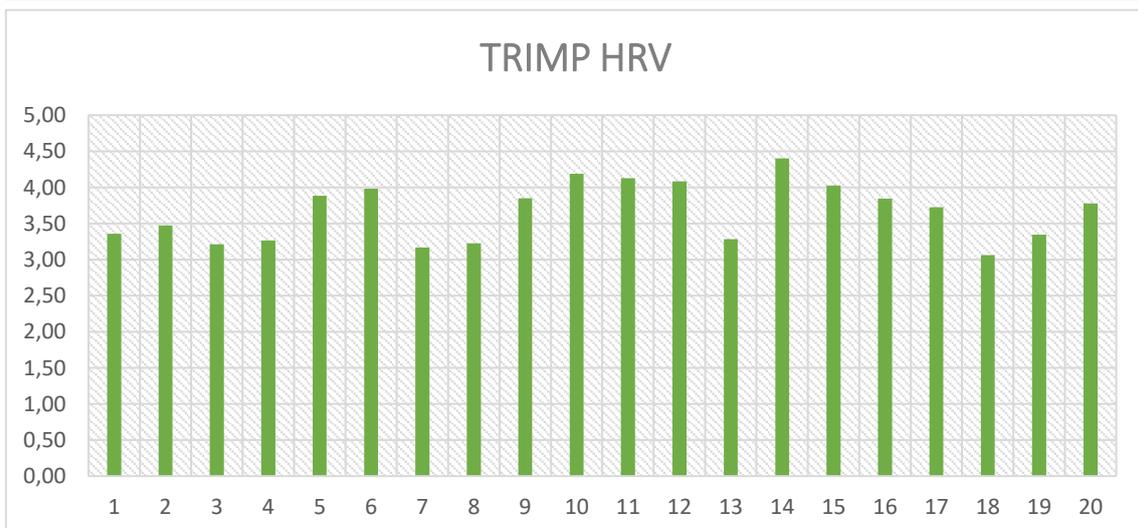
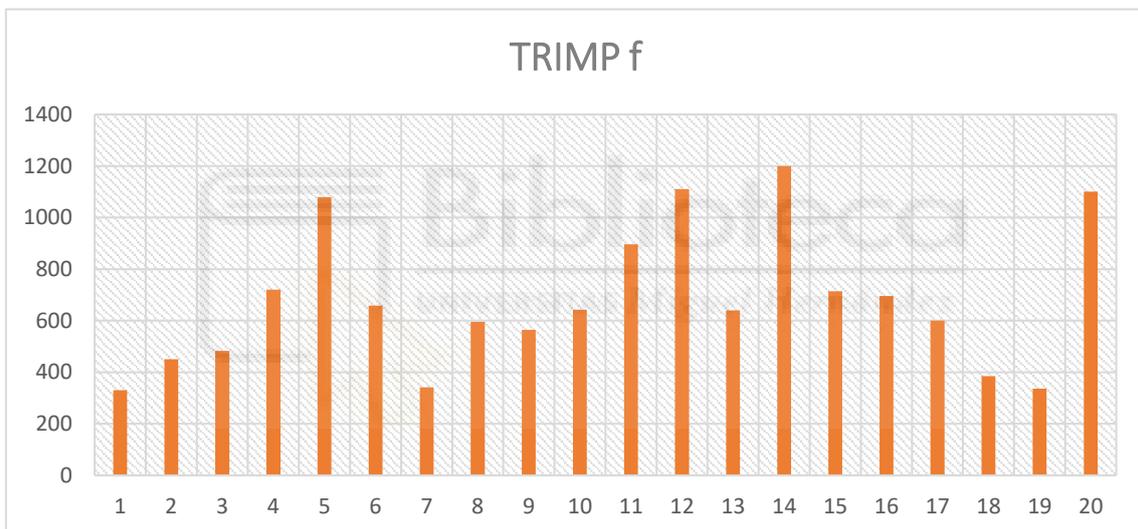
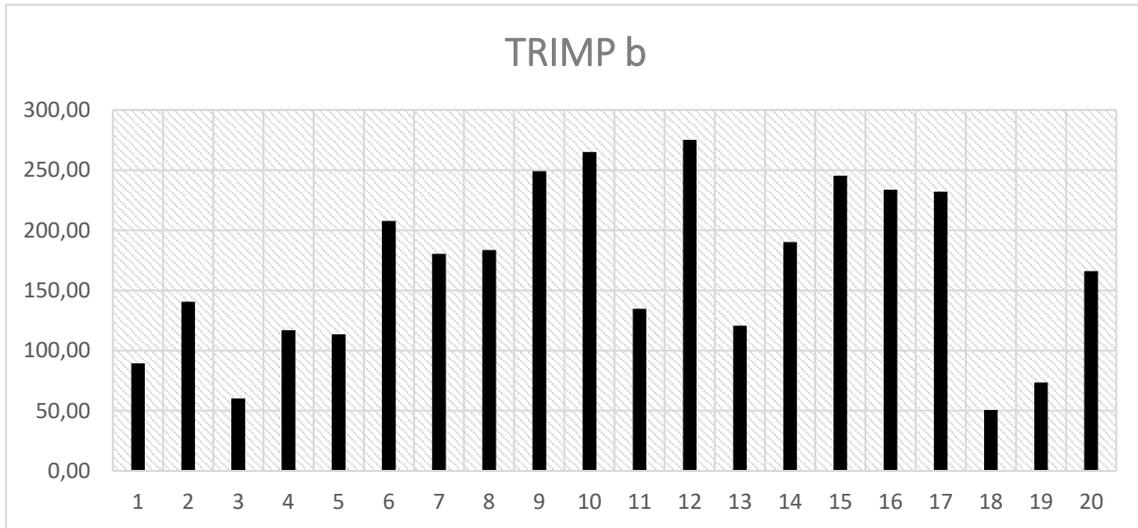
T: duration of the TS (min)

Pre5: RMSSD value before TS (ms)

Post5: RMSSD value 5 minute after TS (ms)

Post30: RMSSD value 30 minute after TS (ms)

El Excel sido completado con valores aleatorios a modo de ejemplo para ver como evolucionan las gráficas de los 3 métodos propuestos. A continuación se muestran las gráficas tras los 20 días de entrenamiento.



BIBLIOGRAFÍA

- Barnes, K. (2017). Comparisons of Perceived Training Doses in Champion Collegiate-Level Male and Female Cross-country Runners and Coaches over the Course of a Competitive Season. *Sports Medicine - Open*, 3(1).
- Barroso, R., Salgueiro, D., do Carmo, E. and Nakamura, F. (2015). The Effects of Training Volume and Repetition Distance on Session Rating of Perceived Exertion and Internal Load in Swimmers. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 10(7), pp.848-852.
- Cardinale, M. and Varley, M. (2017). Wearable Training-Monitoring Technology: Applications, Challenges, and Opportunities. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(Suppl 2), pp.S2-55-S2-62.
- Esteve-Lanao, J., Moreno-Pérez, D., Cardona, C., Larumbe-Zabala, E., Muñoz, I., Sellés, S. and Cejuela, R. (2017). Is Marathon Training Harder than the Ironman Training? An ECO-method Comparison. *Frontiers in Physiology*, 8.
- García-Ramos, A., Feriche, B., Calderón, C., Iglesias, X., Barrero, A., Chaverri, D., Schuller, T. and Rodríguez, F. (2014). Training load quantification in elite swimmers using a modified version of the training impulse method. *European Journal of Sport Science*, 15(2), pp.85-93.
- Halson, S. (2014). Monitoring Training Load to Understand Fatigue in Athletes. *Sports Medicine*, 44(S2), pp.139-147.
- Mujika, I. (2017). Quantification of Training and Competition Loads in Endurance Sports: Methods and Applications. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(Suppl 2), pp.S2-9-S2-17.
- Saboul, D., Balducci, P., Millet, G., Pialoux, V. and Hautier, C. (2015). A pilot study on quantification of training load: The use of HRV in training practice. *European Journal of Sport Science*, 16(2), pp.172-181.
- Sanders, D., Abt, G., Hesselink, M., Myers, T. and Akubat, I. (2017). Methods of Monitoring Training Load and Their Relationships to Changes in Fitness and Performance in Competitive Road Cyclists. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(5), pp.668-675.
- Sanders, D., Myers, T. and Akubat, I. (2017). Training-Intensity Distribution in Road Cyclists: Objective Versus Subjective Measures. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(9), pp.1232-1237.