



TRABAJO FIN DE GRADO

“REVISIÓN DE MÉTODOS PARA LA CUANTIFICACIÓN DE LA CARGA EN FÚTBOL”

OPCIÓN: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

GRADO EN CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y EL DEPORTE

ALUMNO: JOAN REY MARTÍNEZ

TUTOR ACADÉMICO: RAFAEL SABIDO SOLANA

CURSO ACADÉMICO 2014-2015

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE

ÍNDICE

1. CONTEXTUALIZACIÓN	2
2. PROCEDIMIENTO DE REVISIÓN (METODOLOGÍA)	3
3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA (DESARROLLO)	4
4. DISCUSIÓN	5
5. CONCLUSIONES	11
6. APLICACIÓN PRÁCTICA	13
7. BIBLIOGRAFÍA	15
8. ANEXOS	16
8.1. ANEXO 1. TABLA-RESUMEN DE LOS ARTÍCULOS	16
8.2. ANEXO 2. FÓRMULAS	25
8.3. ANEXO 3. ESCALAS	26
8.4. ANEXO 4. IMÁGENES DE MATERIAL DE USO PARA CONTROLAR LA CARGA	27

1. CONTEXTUALIZACIÓN

En el deporte es necesario una adecuada planificación y periodización del entrenamiento deportivo a través del control de las cargas de entrenamiento con el fin de producir una serie de adaptaciones y optimizar el rendimiento de los deportistas (Rebelo et al. 2012; Akubat, Patel, Barrett y Abt, 2012).

Según Vasconcelos (2005), la carga de entrenamiento se define como “la suma de los estímulos efectuados sobre el organismo del atleta”. Asimismo, podemos distinguir entre carga de entrenamiento interna y externa (Vasconcelos, 2005), siendo definida la carga externa como el conjunto de actividades que se le propone al deportista para provocar una serie de adaptaciones en su organismo y la carga interna como la respuesta individual que tiene el organismo frente a las exigencias resultantes de la carga externa aplicada.

De este modo, podemos decir que el control de la carga de entrenamiento es un proceso complejo cuya función es regular el proceso de entrenamiento a través del estudio del conjunto de estímulos externos que se aplican al deportista y del análisis de los resultados y efectos producidos por los mismos (González y Ribas, 2002).

La magnitud de las cargas de entrenamiento depende fundamentalmente de diferentes variables como son el volumen, la intensidad, la frecuencia y la densidad. Por tanto, es necesario conocer diferentes métodos de cuantificación de las cargas de entrenamiento que sean considerados como válidos y fiables, con el fin de saber aplicar de forma racional las cargas de trabajo en los deportistas para evitar la aparición de lesiones o malas adaptaciones (Casamichana, Castellano, Calleja, San Román y Castagna, 2013).

El fútbol es un deporte de cooperación-oposición de carácter intermitente, ya que está caracterizado por la alternancia de esfuerzos realizados a diferentes intensidades con periodos de recuperación que varían, siendo necesario desarrollar un buen nivel de condición física para obtener un buen rendimiento deportivo (Castagna, Impellizzeri, Cecchini, Rampinini y Álvarez, 2009).

Por ello, el control de las cargas de entrenamiento viene siendo desde hace unos años y hasta ahora uno de los principales problemas de los preparadores físicos y técnicos por las características del propio deporte y del deportista, ya que normalmente las sesiones de entrenamiento se hacen en grupo y con tareas de naturaleza intermitente (Impellizzeri, Rampinini, Coutts, Sassi y Marcora, 2004; Alexiou y Coutts, 2008).

De este modo, nos centraremos en el fútbol como deporte para analizar los principales métodos de cuantificación de la carga de entrenamiento que existen en la actualidad para conocer las diferentes herramientas que pueden ser utilizadas por los preparadores físicos y técnicos para un buen control del proceso de entrenamiento.

Ante esta situación, en la literatura científica existen diferentes autores (Alexiou y Coutts, 2008; Akubat et al. 2012; Scott, Lockie, Knight, Clark y Janse de Longe, 2013) que analizan la problemática del control de la carga de entrenamiento del fútbol, teniendo en cuenta los diferentes métodos y herramientas que pueden ser útiles de cara al control del entrenamiento en el fútbol.

Para cuantificar la carga de entrenamiento en el fútbol las principales variables a tener en cuenta son el volumen y la intensidad (Brink, Nederhof, Visscher, Schmikli y Lemmink, 2010). Así, se suele determinar el volumen a través de la duración del entrenamiento (minutos) y la intensidad a través de diferentes indicadores (Impellizzeri et al. 2004; Fanchini, Ghielmetti, Coutts, Schena y Impellizzeri, 2014). Permitiendo al cuerpo técnico examinar la respuesta de los jugadores a una carga de entrenamiento cuantificada y, por lo tanto, evaluar si se están cumpliendo los requerimientos del entrenamiento planificados (Scott et al. 2013).

Dentro de los indicadores de carga, encontramos los de tipo biológico como son la frecuencia cardiaca (FC), el consumo de oxígeno (V02) y el lactato en sangre (La); los de tipo perceptivo como la percepción subjetiva del esfuerzo (RPE) y la escala visual analógica (VAS) y los de tipo biomecánico como el sistema de posicionamiento global (GPS).

En resumen, el objetivo de esta revisión bibliográfica es conocer cada uno de los diferentes métodos de cuantificación de la carga de entrenamiento utilizados en fútbol analizando los pros y contras de cada uno de ellos a través de la búsqueda bibliográfica en la literatura científica y el análisis de las correlaciones existentes entre los diferentes métodos de control de la carga en este deporte. Para así conocer qué herramientas son más adecuadas para tener un buen control de la carga de entrenamiento durante toda la temporada de fútbol que permita que exista un buen rendimiento y evitar la aparición de lesiones por el uso de cargas irracionales.

2. PROCEDIMIENTO DE REVISIÓN (METODOLOGÍA)

La revisión sistemática de la literatura científica para la realización de este trabajo de fin de grado se ha llevado a cabo a través de la búsqueda de información en diferentes bases de datos como:

- Pubmed (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/>)
- Researchgate (<https://www.researchgate.net/>)
- Scholar Google (<http://scholar.google.es/>)

En esta búsqueda, se ha empleado el siguiente descriptor: “monitoring training load soccer” utilizándose las tres bases de datos mencionadas, seleccionándose un total de 68 artículos para realizar una breve lectura (título y abstract), siendo rechazados 24 artículos y leídos a texto completo 44 artículos tras aplicar los criterios de inclusión. Finalmente, se rechazaron 20 artículos no relevantes y se seleccionaron los 24 artículos más relevantes.

De este modo, para la selección de los estudios científicos consultados en esta revisión se han seguido los siguientes criterios de inclusión:

- Publicación posterior al año 2004.
- Estudios hechos con futbolistas.
- Utilización de alguno de los métodos de cuantificación de la carga.
- Estudios redactados en inglés.
- Estudios publicados en revistas pertenecientes al catálogo JCR.

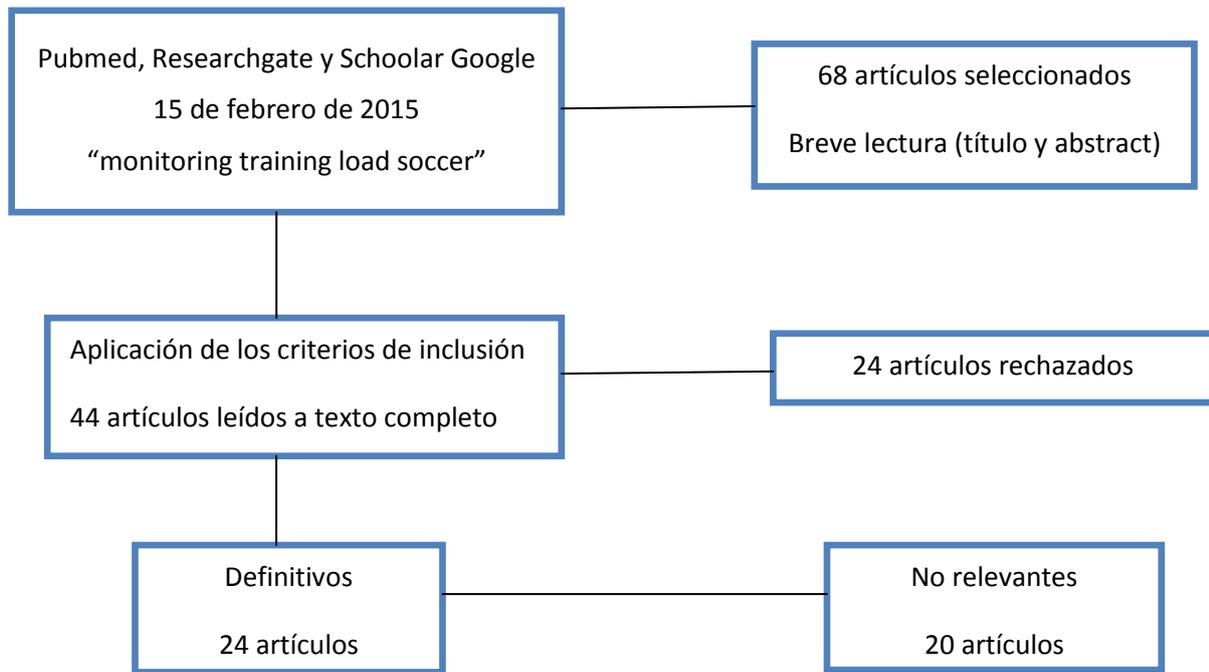


Figura 1: Proceso de selección de los artículos

3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA (DESARROLLO)

Se ha diseñado una tabla sobre el problema que se aborda en este trabajo de fin de grado, habiendo un total de 24 artículos seleccionados entre 2004 y 2014 ordenados de forma cronológica, desde la fecha más antigua a la más reciente (Ver Tabla-Resumen en Anexo 1).

Los apartados que componen las tablas son los siguientes: autores, muestra, método, evaluación y material, resultados y conclusiones.

Las muestras que aparecen en los diferentes artículos están distribuidas de la siguiente forma en función del número de futbolistas que participan en el estudio: 10-20 futbolistas (67%), 20-30 futbolistas (25%), 40-50 futbolistas (4%), 50-60 futbolistas (4%).

La edad de los futbolistas que aparecen en los diferentes artículos están distribuidos del siguiente modo en función de las siguientes franjas de edad: 10-15 años (5%), 15-20 años (33%), 20-25 años (38%), 25-30 años (24%).

La duración del periodo de estudio que aparece en los diferentes artículos están distribuidos de la siguiente forma en función de las siguientes franjas de semanas: 2-4 semanas (35%), 4-6 semanas (5%), 6-8 semanas (20%), 8-10 semanas (10%), 10-12 semanas (5%), + 12 semanas (25%).

La gran mayoría de los artículos seleccionados incluyen una evaluación de los jugadores a través del uso de tests de campo o laboratorio, habiendo un total de 20 estudios (83%) que sí la incluyen y un total de 4 estudios (17%) que no incluyen test de valoración.

Los métodos de cuantificación de la carga en fútbol que aparecen en los estudios están distribuidos del siguiente modo en función del número de artículos en donde se utiliza un método de control determinado: GPS (10%), RPE (37%), VAS (6%), FC (39%), VO2 (2%), La (6%).

En resumen, la mayoría de los artículos seleccionados para esta revisión han sido realizados con futbolistas jóvenes, tamaños de la muestra medio-bajos, duración del estudio

corta y larga, tests de valoración y siendo la FC y el RPE los indicadores de intensidad más utilizados.

4. DISCUSIÓN

Actualmente, existen diferentes métodos de cuantificación de la carga en fútbol que son utilizados por el cuerpo técnico de los clubes para un correcto control del proceso de entrenamiento, con el fin de recibir información sobre la carga prescrita por el entrenador (carga externa) y la respuesta fisiológica de los jugadores a esa carga (carga interna) (Brink et al. 2010).

La carga de entrenamiento se debe combinar con una buena recuperación para mejorar el rendimiento y evitar la aparición de lesiones, fatiga o malas adaptaciones (Alexiou y Coutts, 2008; Wong et al. 2011; Casamichana et al. 2013).

Por ello, se van a comentar cada uno de los diferentes métodos de cuantificación de la carga que son utilizados en el fútbol con el fin de conocer qué indicadores de carga existen, cómo se utilizan, qué ventajas e inconvenientes presentan y qué correlaciones presentan entre ellos. Para mostrar una serie de herramientas que puedan ser utilizadas por los entrenadores y preparadores físicos que les permitan un buen control de todo el proceso de entrenamiento.

De este modo, vamos a hacer una explicación de los diferentes indicadores de la carga en función de si son de tipo biológico, perceptivo o biomecánico.

- **FRECUENCIA CARDIACA**

La frecuencia cardiaca es uno de los métodos de control de la carga de entrenamiento que es más utilizado en el fútbol (Little y Williams, 2007; Coutts, Rampinini, Marcora, Castagna y Impellizzeri, 2007; Alexiou y Coutts, 2008; Rebelo et al. 2012; Akubat et al. 2012; Scott et al. 2013, Casamichana et al. 2013, Fanchini et al. 2014; Campos et al. 2014).

Es muy utilizada en equipos profesionales de fútbol para el control de la intensidad del entrenamiento por la gran cantidad de información que aportan los datos obtenidos a través de los sistemas de monitorización de la frecuencia cardiaca. No obstante, los principales inconvenientes que encontramos son los costes de estas herramientas, ya que se necesitan un gran número para los diferentes jugadores, la incomodidad de llevarlos puestos, la imposibilidad de llevarlos puestos en partidos oficiales y las dificultades de análisis de los datos obtenidos, que requiere mucho tiempo y una buena formación (Impellizzeri et al. 2004; Coutts et al. 2007; Rebelo et al. 2012).

En la mayoría de estudios seleccionados, para el uso de la frecuencia cardiaca como medio de cuantificación se utilizan pulsómetros con un registro cada 5 segundos (Coutts et al. 2007; Alexiou y Coutts, 2008; Rebelo et al. 2012; Scott et al. 2013).

En la literatura científica se utiliza la frecuencia cardiaca como medio de control y cuantificación de la carga de entrenamiento en diferentes formas de procesamiento para medir los esfuerzos intermitentes en el fútbol como son el % FC máxima, % FC de reserva, método de Edwards, impulso de entrenamiento (TRIMP) de Banister, Lucia TRIMP y el impulso de entrenamiento individual (iTRIMP).

La monitorización de la carga de entrenamiento a través del porcentaje de la frecuencia cardiaca máxima se utiliza en el fútbol como medida de control de la carga válido por su relación directa con el consumo máximo de oxígeno (Wong et al. 2011) (Ver Anexo 2).

Es útil para estimar la intensidad de entrenamiento en ejercicios de resistencia continuos por su correlación con el RPE y % VO₂ máximo. No obstante, presenta algunos inconvenientes

como el hecho de subestimar la intensidad en situaciones anaeróbicas como los sprints, las acciones explosivas y los factores psicológicos y ambientales que pueden influir como la ansiedad, el estrés o la temperatura (Little y Williams, 2007).

Por otro lado, encontramos una medida más precisa que el % FC máxima, como es el % FC de reserva, ya que tiene en cuenta la FC de reposo, de tal forma que se puede ajustar la intensidad del entrenamiento en función del estado en el que se encuentre el deportista. No obstante, la utilización de la FC de reserva de entrenamiento no es apenas utilizada en el fútbol (Coutts et al. 2007) (Ver Anexo 2).

El método de Edwards permite cuantificar la carga de entrenamiento a través de la suma de zonas de frecuencia cardíaca de entrenamiento, distribuyendo el esfuerzo en cinco zonas diferentes que tienen un valor determinado (Impellizzeri et al. 2004; Alexiou y Coutts, 2008; Jeong, Reilly, Morton, Bae y Drust, 2011; Rebelo et al. 2012; Los Arcos, Gil-Rey, Izcue y Yanci, 2013; Scott et al. 2013; Campos et al. 2014; Fanchini et al. 2014) (Ver Anexo 2).

El principal inconveniente de este método de control de la carga es que no existe información científica que valide las ponderaciones que representan cada una de las cinco zonas de entrenamiento, de tal forma que los coeficientes correspondientes a las zonas de FC no tienen un fundamento fisiológico, ya que se asume una linealidad en la respuesta de la frecuencia cardíaca, cuando realmente en el fútbol no se da en muchas ocasiones (Casamichana et al. 2013).

El método Edwards presenta correlaciones fuertes con otros métodos de control de la carga como RPE-sesión (Impellizzeri et al. 2004; Alexiou et al. 2008; Casamichana et al. 2013; Los Arcos et al. 2013; Campos et al. 2014); Banister TRIMP (Rebelo et al. 2012; Campos et al. 2013) y distancia total, player load y carrera a baja velocidad del GPS (Casamichana et al. 2013; Scott et al. 2013).

El método TRIMP de Banister también se utiliza en fútbol como medida de control del proceso de entrenamiento (Impellizzeri et al. 2004; Alexiou y Coutts, 2008; Rebelo et al. 2012; Akubat et al. 2012; Scott et al. 2013).

De este modo, el método TRIMP se obtiene a través del producto de la duración de la sesión de entrenamiento (en minutos) y el ratio de la frecuencia cardíaca, que tiene en cuenta la frecuencia cardíaca media durante la recuperación, la frecuencia cardíaca media durante el ejercicio y la frecuencia cardíaca máxima y un factor de ponderación (constante) en función de si el deportista es mujer o hombre (Ver Anexo 2).

El principal inconveniente de este método de cuantificación es que el uso de la frecuencia cardíaca media, no tiene en cuenta las fluctuaciones en la frecuencia cardíaca que se producen en acciones intermitentes que tienen lugar en el fútbol y que sólo el género es el único factor que hace que existan diferencias en la carga de entrenamiento individual (Akubat et al. 2012).

El método TRIMP presenta correlaciones fuertes con otros métodos de control de la carga como RPE (Impellizzeri et al. 2004; Alexiou et al. 2008, Akubat et al. 2012), Team TRIMP (Akubat et al. 2012) y variables del GPS como la distancia total, el player load y la carrera a baja velocidad (Scott et al. 2013)

Por otro lado, el método Lucia TRIMP ha sido utilizado también para cuantificar la carga de entrenamiento en fútbol con un enfoque similar al del método de Edwards (Impellizzeri et al. 2004). Utiliza los umbrales ventilatorios individuales obtenidos en pruebas de laboratorio, estableciendo tres zonas de entrenamiento diferentes: zona 1 "por debajo del umbral aeróbico", zona 2 "entre umbral aeróbico y anaeróbico" y zona 3 "por encima del umbral anaeróbico" y unos coeficientes en relación a esas zonas ($k=1$ en zona 1, $k=2$ en zona 2 y $k=3$ en zona 3. De este modo, la carga de entrenamiento se obtiene a través del sumatorio del

producto del tiempo empleado en cada una de las zonas y el coeficiente correspondiente a esas zonas (Impellizzeri et al. 2004) (Ver Anexo 2).

No obstante, a pesar de que es un método más completo que el método de Edwards por la individualización de los umbrales ventilatorios de los deportistas obtenidos en un test de laboratorio, los valores de los coeficientes siguen siendo arbitrarios y no se tiene en cuenta las diferencias obtenidas en función de si un deportista está trabajando a una intensidad más baja o alta en un determinado umbral ventilatorio, lo cual debe tenerse en cuenta para un correcto control del entrenamiento para conseguir las adaptaciones adecuadas (Akubat et al. 2012).

Para solucionar estos problemas, también se ha utilizado el iTRIMP en el fútbol, que es un avance en el control de la carga de entrenamiento individual en el futbolista, ya que tiene en cuenta la frecuencia cardiaca y la concentración de lactato en sangre obtenidas en tests de campo y laboratorio (Akubat et al. 2012; Manzi, Bovenzi, Impellizzeri, Carminati y Castagna, 2013)

Además, a diferencia de los métodos anteriores como Lucia TRIMP o Edwards TRIMP que usaban zonas de frecuencia cardiaca con coeficientes de ponderación arbitrarios, los valores del método iTRIMP superan estas limitaciones al estar individualizado para el deportista (Akubat et al. 2012)

De este modo, la carga de entrenamiento se obtiene a través del tiempo de entrenamiento, la frecuencia cardiaca y el lactato sanguíneo obtenido en un test. No obstante, a pesar de ser un método de control de la carga válido y fiable para el fútbol, no se ha utilizado mucho (Akubat et al. 2012; Manzi et al. 2013). No obstante, se ha visto que el método iTRIMP está correlacionado con mejoras en el consumo máximo de oxígeno, umbrales ventilatorios y test intermitente yo-yo 1 (Manzi et al. 2013)

A raíz de ahí, se propone el impulso de entrenamiento de equipo (Team TRIMP), que es una ecuación que permite controlar la carga de entrenamiento del equipo que se basa en los datos individuales del iTRIMP de los jugadores (Akubat et al. 2012) (Ver Anexo 2). El Team TRIMP presenta correlaciones fuertes con el Banister TRIMP ($r=0.92$) (Akubat et al. 2012).

- **LACTATO SANGUINEO**

El lactato sanguíneo también ha sido utilizado en el fútbol como medida fisiológica de control de la carga (Eniseler, 2005; Coutts et al. 2007).

Se ha utilizado conjuntamente a la frecuencia cardiaca, de tal forma que se mide la frecuencia cardiaca correspondiente a una concentración de lactato sanguíneo de 2 y 4 mmol/L, permitiendo cuantificar la carga de entrenamiento individual en función de sus umbrales ventilatorios (Eniseler, 2005)

La forma de cuantificación de la carga sigue un enfoque muy similar al método Edwards y Lucia TRIMP, distribuyendo el porcentaje del tiempo pasado en tres zonas de entrenamiento diferentes: zona 1 "por debajo del umbral aeróbico", zona 2 "entre umbral aeróbico y anaeróbico" y zona 3 "por encima del umbral anaeróbico" y unos valores en relación a esas zonas (1 en zona 1, 2 en zona 2 y 3 en zona 3 (Eniseler, 2005).

De este modo, la carga de entrenamiento se obtiene a través del sumatorio del producto del porcentaje de tiempo empleado en cada una de las zonas y el valor correspondiente a esas zonas (Eniseler, 2005).

La intensidad del ejercicio o del entrenamiento a través de un analizador de lactato, que es una herramienta portátil que mide el lactato en sangre usando una pequeña gota de sangre obtenida del deportista en la oreja o dedo, siendo muy eficaz para situaciones anaeróbicas presentes en fútbol (Eniseler, 2005; Coutts et al. 2007).

No obstante, los principales inconvenientes de esta medida de control de la carga son los costes que requieren estos sistemas, la dificultad de análisis de los resultados obtenidos si no se tiene una formación técnica adecuada, la importancia del momento de la toma para el análisis de los datos, el rechazo que puede haber en ciertos deportistas a su uso y la variabilidad intraindividuos que existe por diferentes factores como la temperatura o la hidratación (Coutts et al. 2007) El lactato presenta correlaciones fuertes con el RPE ($r=0.63$) (Coutts et al. 2007).

- **CONSUMO DE OXÍGENO**

El consumo de oxígeno es una medida de control de la carga de entrenamiento utilizada sobretudo en deportes individuales por su linealidad con la frecuencia cardíaca durante ejercicios continuos de resistencia a intensidades submáximas, siendo poco usado en deportes intermitentes como el fútbol (Wong et al. 2011).

Es una herramienta útil para determinar la intensidad en sesiones de entrenamiento aeróbico, aunque presenta varios inconvenientes como la utilización simultánea de varios sistemas portátiles de analizadores de gases, el coste de estas herramientas, la dificultad de análisis de los datos y la incomodidad de llevarlos puestos, ya que modifica la actividad de los jugadores en ciertas acciones de lucha para que no exista contacto (Wong et al. 2011).

Por ello, se estima indirectamente el porcentaje del consumo de oxígeno al que están trabajando los futbolista a través de otras medidas de control de la carga como la frecuencia cardíaca y la percepción subjetiva del esfuerzo, que están correlacionadas con el consumo de oxígeno en ejercicios de resistencia continuos (Impellizzeri et al. 2004; Wong et al. 2011).

- **PERCEPCIÓN SUBJETIVA DEL ESFUERZO**

La percepción subjetiva del esfuerzo es un método de control subjetivo de la carga interna del deportista que es muy utilizado en fútbol (Fanchini et al. 2014; Yanci et al. 2014; Arcos et al. 2014; Campos et al. 2014).

Existen dos tipos de escalas, la escala del 1 al 10 de Borg que es utilizada en la gran mayoría de los estudios (Fanchini et al. 2014; Yanci et al. 2014; Arcos et al. 2014; Campos et al. 2014) y la escala de 15 puntos que va del 6 al 20 que es utilizada en algunos estudios (Little et al. 2007; Brink et al. 2010; Gómez et al. 2011) (Ver Anexo 3).

Ambas escalas son igualmente de válidas para la toma de la percepción subjetiva del esfuerzo del deportista, siendo la escala de del 1 al 10 la más utilizada. La escala de 15 puntos que va del 6 al 20, tiene estos valores ya que al multiplicar por 10 se obtiene un valor aproximado de la frecuencia cardíaca del deportista (Little et al. 2007; Brink et al. 2010). No obstante, también se les permite a los deportistas añadir un signo +, que es interpretado como 0.5 puntos para añadir en los valores enteros (Algroy et al. 2011).

Es un método útil para el control de la carga interna individual debido a su fácil uso y al no suponer ningún coste para los clubes, que valora el estrés físico y psicológico del deportista, siendo un indicador más fiable que otros como la frecuencia cardíaca en situaciones donde exista una participación simultánea del sistema aeróbico y anaeróbico como son las acciones explosivas, de 1x1 o 2x2 y los partidos de fútbol (Impellizzeri et al. 2004, Coutts et al. 2007). No obstante, en ocasiones el RPE de los jugadores puede subestimar la carga en acciones de muy alta intensidad cuando van intercalados con amplios periodos de recuperación (Scott et al. 2013).

De este modo, la carga de entrenamiento se obtiene a través del RPE-sesión por medio del producto de la duración del entrenamiento y la percepción subjetiva del esfuerzo global del deportista a lo largo de toda la sesión (Impellizzeri et al. 2004, Coutts et al. 2007; Jeong et al. 2011) (Ver Anexo 2).

El RPE de los deportistas se suele valorar a los 30 minutos de acabar el entrenamiento o el partido con el fin de reducir la influencia que pueden tener las actividades realizadas al final de la sesión (Impellizzeri et al. 2004; Coutts et al. 2007; Alexiou y Coutts, 2008; Jeong et al. 2011).

Actualmente, existen dos variantes dentro de la percepción subjetiva del esfuerzo que son utilizadas para el control subjetivo de la carga de entrenamiento en fútbol, como son el RPE-muscular y el RPE-respiratorio (Yanci et al. 2014; Arcos et al. 2014). Tienen la misma estructura de utilización que el RPE, obteniéndose la carga a través del producto de la duración del entrenamiento con el valor de RPE del deportista, pero utilizan la percepción del esfuerzo del deportista a nivel muscular (dolor tren inferior) y respiratorio, permitiendo tener una valoración del estrés de la carga de entrenamiento, siendo normalmente más alto el RPE muscular que el respiratorio (Yanci et al. 2014; Arcos et al. 2014).

Por otro lado, recientes estudios debaten la controversia existente a la hora de valorar cuál es el momento adecuado para que los deportistas indiquen su percepción subjetiva del esfuerzo del entrenamiento (Fanchini et al. 2014).

De este modo, Fanchini et al. 2014 realizaron un estudio para observar si el RPE de los futbolistas era diferente al finalizar la sesión y 30 minutos después en función de la manipulación de la distribución de un ejercicio de alta intensidad, llegando a la conclusión que no existían diferencias significativas entre recoger el RPE de los futbolista al final o 30 minutos después de la sesión.

Por lo tanto, los resultados de este estudio muestran que los entrenadores y preparadores físicos pueden diseñar sesiones de entrenamiento sin una excesiva preocupación sobre el efecto de la distribución de los ejercicios intensos en diferentes momentos del entrenamiento, siendo más práctico para futbolistas y cuerpo técnico obtener el RPE al final de la sesión (Fanchini et al. 2014).

Además, es importante que los deportistas se familiaricen con su uso antes de hacer valoraciones de su RPE con el fin de que los datos obtenidos sean válidos y fiables, pudiendo ser utilizado a lo largo de la sesión de entrenamiento para obtener el RPE después de un determinado ejercicio, además de obtener un RPE global de la sesión (Coutts et al. 2007).

No obstante, también presenta una serie de inconvenientes, ya que es un método de control de la carga subjetivo, de tal forma que aunque sea un método de control de la carga válido, debe ser utilizado conjuntamente a otros métodos de control más objetivos; requiere un proceso de familiarización y aprendizaje por parte de los deportistas y cuerpo técnico y depende de diferentes factores como los psicológicos, ambientales y fisiológicos que pueden influir en el deportista (Impellizzeri et al. 2004, Coutts et al. 2007, Brink et al. 2010).

El RPE muestra correlaciones altas con métodos de frecuencia cardiaca como Banister TRIMP ($r=0.84$), LT zone ($r=0.83$) y el método de Edwards ($r=0.85$) (Alexiou et al. 2008). También, se han visto correlaciones fuertes entre RPE con el % FC pico ($r=0.6$) y lactato ($r=0.63$) (Coutts et al. 2007). En la misma línea, se han visto correlaciones altas entre RPE con medidas de carga externa del GPS como la distancia total recorrida, player load y la carrera de baja velocidad (Casamichana et al. 2013; Scott et al. 2013). Otros autores (Impellizzeri et al. 2004; Akubat et al. 2012; Casamichana et al. 2013; Los Arcos et al. 2013; Campos et al. 2014) también encuentran correlaciones fuertes entre el RPE con el método Edwards y Banister TRIMP ($r=0.5-0.85$; $r=0.75$; $r=0.57$, $r=0.84$ y $r=0.73-0.87$). No obstante, existen autores (Little et al. 2007; Campos et al. 2014) que exponen que el RPE no se correlaciona siempre con la FC, sobre todo en altas intensidades.

Por último, destacar que la percepción subjetiva del esfuerzo a menudo viene acompañada del uso de la calidad total de la recuperación (TRQ), que es un método de control de la recuperación de los deportistas que es necesario tener en cuenta junto al método de

control de la carga, ya que si no existe una buena recuperación por la fatiga no hay un rendimiento óptimo (Brink et al. 2010).

El TQR es una escala de recuperación de 15 puntos, que oscila entre valores del 6 al 20, en donde los deportistas deben registrar el valor que consideren oportuno antes de cada sesión de entrenamiento o partido, permitiendo evaluar el estrés de la carga de entrenamiento (Brink et al. 2010, Fanchini et al. 2014).

- **ESCALA VISUAL ANALÓGICA**

La escala visual analógica es un método de control subjetivo de la carga del deportista que es fácil de utilizar y requiere de un bajo coste, siendo implantado recientemente en el fútbol (Rebello et al. 2012).

Es un cuestionario que presenta dos preguntas: ¿Cómo calificas el esfuerzo realizado durante la sesión de entrenamiento o partido de hoy? Y ¿Cómo has percibido la demanda física de la sesión de entrenamiento o partido de hoy? (Rebello et al. 2012) (Ver Anexo 3).

Presenta una escala horizontal de 100 mm, habiendo colocadas las palabras “sin ningún esfuerzo” y “esfuerzo máximo” en los diferentes extremos para la pregunta 1 y las palabras “sin exigencia” y “exigencia máxima” en los diferentes extremos para la pregunta 2, en donde los deportistas deben marcar una distancia determinada en la escala que corresponde a un valor determinado que los deportistas no saben, que sería aproximadamente de 1 punto por cada cm de separación (Rebello et al. 2012) (Ver Anexo 3).

De este modo, podemos decir que la escala visual analógica es un método basado en el RPE, en donde la carga de entrenamiento se obtiene a través del producto de la duración de la sesión (minutos) por el valor obtenido del 1 al 10 (Rebello et al. 2012) (Ver Anexo 2).

Este método de control subjetivo de la carga física y psicológica de entrenamiento requiere al igual que en el RPE de un proceso de familiarización y aprendizaje del cuerpo técnico y deportistas y la valoración se obtiene a los 30 minutos de finalizar la sesión o partido con el fin de que no influya en el resultado del futbolista las actividades realizadas al final de la sesión (Rebello et al. 2012).

Como inconvenientes encontramos que al igual que el RPE, sigue siendo un método de control de la carga subjetivo, de tal forma que aunque sea una herramienta válida y útil, debe estar acompañada de otros métodos de control más objetivos y depende de diferentes factores como los psicológicos, ambientales y fisiológicos que pueden influir en la valoración del deportista (Rebello et al. 2012).

La VAS presenta correlaciones fuertes con otros métodos basados en la frecuencia cardíaca como el método Edwards y Banister TRIMP ($r=0.60-0.72$) (Rebello et al. 2012).

También, la VAS es utilizada como el RPE para evaluar la percepción del dolor en el tren inferior, siguiendo un método muy parecido al RPE-muscular, que consiste en una escala horizontal de 100 mm, la cual incluye dos términos: “sin dolor” y “máximo dolor posible” en los dos extremos para evaluar la percepción subjetiva del dolor en el tren inferior (Fanchini et al. 2014) (Ver Anexo 3).

De este modo, los deportistas marcan una distancia determinada en la escala de 10 cm que corresponde a un valor determinado que los deportistas no saben, que sería aproximadamente de 1 punto por cada cm de separación (Fanchini et al. 2014).

- **GPS**

El GPS es un indicador de carga externa que está siendo utilizado en los últimos años por equipos profesionales de fútbol (Casamichana y Castellano, 2010; Casamichana et al. 2013; Gaudino et al. 2013; Scott et al. 2013).

Ofrece información muy útil, ya que permite cuantificar los movimientos de los jugadores durante el entrenamiento, sobre todo teniendo en cuenta las diferencias existentes en las distancias recorridas por los jugadores en función del momento de juego y de la posición (Gaudino et al. 2013; Casamichana et al. 2013).

Además, es un método fiable y válido para las diferentes situaciones de juego de fútbol como las acciones intermitentes y de alta intensidad presentes en juegos en espacios reducidos, de tal forma que parece ser más útil que otros métodos de control de la carga como RPE y FC, ya que estos dos últimos pueden subestimar la intensidad (Scott et al. 2013). No obstante, también es importante resaltar que la tasa de muestro de los datos de los dispositivos GPS utilizados en muchos estudios suele ser de 1Hz en donde la fiabilidad para movimientos de alta intensidad es baja, de tal forma que no está del todo claro (Casamichana y Castellano, 2010).

El material utilizado son dispositivos GPS que son utilizados en el fútbol profesional porque son ligeros, pequeños y relativamente baratos para estos clubes, siendo la unidad de medida los Hz, permitiendo la entrada rápida de los datos a través del análisis automático de múltiples jugadores al mismo tiempo, facilitando su análisis (Casamichana y Castellano, 2010).

De este modo, los sistemas GPS ofrecen información sobre la distancia total recorrida, la distancia recorrida a alta intensidad, la distancia recorrida a velocidad de sprint, el ratio trabajo/descanso, la frecuencia de los esfuerzos a alta intensidad y la frecuencia de los esfuerzos a velocidad de sprint (Scott et al. 2013; Casamichana et al. 2013).

No obstante, los principales inconvenientes de esta medida de control de la carga son los costes que requieren estos sistemas para ciertos clubes, la imposibilidad de utilizarlos en partidos oficiales de fútbol, muestreo de datos bajos (1Hz) y los errores existentes por no tener en cuenta los cambios de dirección (Casamichana y Castellano, 2010; Gaudino et al. 2013; Scott et al. 2013).

Por otro lado, se puede obtener la carga del jugador (body load) por el acelerómetro incorporado en los dispositivos GPS a través de una ecuación donde se tiene en cuenta las aceleraciones producidas en los tres planos de movimiento del cuerpo a través de un acelerómetro (Scott et al. 2013; Casamichana et al. 2013).

El GPS presenta correlaciones fuertes con métodos de control de la carga interna como el RPE-sesión, Banister TRIMP y método Edwards en algunos parámetros como la distancia total recorrida, el player load y la carrera a velocidad baja ($r=0.71-0.84$) (Casamichana et al. 2013; Scott et al. 2013).

5. CONCLUSIONES

- La cuantificación de la carga en el fútbol es esencial para un correcto control del proceso de entrenamiento con el fin de mejorar el rendimiento deportivo y prevenir la aparición de lesiones, fatiga o malas adaptaciones.

- Existen diferentes métodos de control de la carga desde un punto de vista biológico (frecuencia cardiaca, lactato sanguíneo y consumo de oxígeno); perceptivo (percepción subjetiva del esfuerzo y escala visual analógica) y biomecánico (GPS).

- Existen correlaciones fuertes entre muchos de los métodos de cuantificación de la carga interna y externa.

- La FC es la forma más utilizada para cuantificar la carga interna en el fútbol, existiendo diferentes métodos como el de Edwards, Banister TRIMP, Lucia TRIMP, iTRIMP, % FC máx y % FC reserva. Aporta información muy valiosa a través de los datos obtenidos por los pulsómetros, aunque su adquisición sólo está al alcance de determinados clubes que puedan permitirse invertir en este material y el análisis de los datos obtenidos requiere tiempo y una buena formación (Ver Anexo 4).

- El La es un método objetivo de control de la carga interna individual que es utilizado junto a la frecuencia cardiaca para determinar las zonas de entrenamiento teniendo en cuenta valores de lactato determinados. Es un método muy útil para situaciones anaeróbicas, que requiere el uso de aparatos que no están al alcance de todos los clubes, siendo un método invasivo, donde la toma se debe realizar al poco tiempo de acabar un esfuerzo con el fin de no alterar los resultados para el análisis de los datos obtenidos (Ver Anexo 4).

- El VO2 es un método de cuantificación de la carga interna que es poco utilizado en el fútbol, siendo estimado a través de un test de campo o de laboratorio para después poder estimar el % del VO2 máx al que se está trabajando usando como referencia la frecuencia cardiaca en los umbrales aeróbico y anaeróbico. Es un método útil para el entrenamiento de resistencia aeróbico a intensidades submáximas, teniendo varios inconvenientes como son los costes de los sistemas portátiles de análisis de los gases, la incomodidad de llevarlos puestos y la dificultad de análisis de los datos obtenidos (Ver Anexo 4).

- El RPE es un método subjetivo de control de la carga interna que es muy utilizado en fútbol por su fácil uso y bajo coste, que valora el estrés físico y psicológico. Es muy útil para situaciones donde exista una participación simultánea del sistema aeróbico y anaeróbico, siendo utilizado por muchos clubes conjuntamente a la frecuencia cardiaca. Como inconvenientes encontramos que es un método subjetivo, requiere de un proceso de aprendizaje y familiarización y depende de diferentes factores que pueden influir en la valoración del deportista.

- La VAS es un método subjetivo de control de la carga interna de entrenamiento que ha sido implantado recientemente en el fútbol y es muy semejante al sistema del RPE, con la diferencia de que presenta una escala de 10 cm donde están situados a los extremos dos términos derivados de dos cuestiones que son planteadas con el fin de que el jugador que establece los límites inferior o superior para que el deportista señale una zona determinada de la escala que tiene un valor asignado.

- El GPS es un método de control de la carga externa de entrenamiento que está siendo muy utilizado en equipos de fútbol de primer nivel por la gran información que aporta sobre los movimientos de los jugadores, permitiendo una mayor individualización al tener en cuenta las distancias recorridas por los jugadores y sus velocidades, que no aportan los métodos de control de la carga interna. Sin embargo, también presenta una serie de inconvenientes como son los costes que requieren el uso de los sistemas GPS para ciertos clubes, la imposibilidad de utilizarlos en partidos oficiales, muestreo de datos bajo y los errores presentes por no tener en cuenta los cambios de dirección (Ver Anexo 4).

- Como propuestas de nuevas líneas de trabajo e intervención, sería importante conocer otros métodos de control de la carga externa como los sistemas de video de Amisco y Pro-zone que son utilizados desde hace poco en el fútbol; conocer nuevos métodos de control de la carga que puedan ser utilizados en otros deportes; conocer cómo puede influir la recuperación y la fatiga en el rendimiento deportivo de los deportes colectivos y, por último, conocer cómo los diferentes parámetros hormonales y bioquímicos pueden afectar en el control de la carga de entrenamiento.

6. APLICACIÓN PRÁCTICA

Dado que la FC y el RPE son los indicadores de carga de entrenamiento más utilizados en fútbol, vamos a proponer una herramienta que puede ser utilizada para el control de la carga de entrenamiento a través de la información analizada en la literatura científica sobre las situaciones de entrenamiento más habituales en el fútbol.

Con el siguiente método de cuantificación de la carga que queremos proponer, buscamos una herramienta fácil de utilizar y de bajo coste que pueda tener una aplicabilidad en el fútbol, sobretodo para todos aquellos equipos que no disponen de los medios necesarios para un buen control de la carga de entrenamiento.

Esta herramienta que hemos propuesto consiste en una versión modificada del RPE de 10 puntos que tiene además en cuenta diferentes zonas de frecuencia cardiaca en función de la situación trabajada en el entrenamiento con los datos que disponemos que han sido tratados en algunos estudios que podemos ver en la literatura científica (Alexandre et al. 2012; Morgans, Orme, Anderson y Drust, 2014)

RPE	ZONA OBJETIVO	% FC máx.	TIPO TAREAS
1-2	MUY SUAVE	50-60%	RECUPERACIÓN, COMPENSATORIO, FLEXIBILIDAD
3-4	SUAVE	60-70%	CALENTAMIENTO, MÉTODO CONTINUO UNIFORME, CAPACIDAD AERÓBICA, TÉCNICA DE BALÓN SIN DESPLAZAMIENTO, ACCIONES BALÓN PARADO (JUGADAS ESTRATEGIA)
5-6	MODERADA	70-80%	CAPACIDAD AERÓBICA, MÉTODO CONTINUO VARIABLE (FARTLECK), LSG (9X9 Y 10X10), PARTIDO ENTRENAMIENTO, CIRCUITO TÉCNICO CON BALÓN, EJERCICIOS TÉCNICO-TÁCTICOS CON BALÓN, ENTRENAMIENTO TÁCTICO (11X11), LANZAMIENTOS A PORTERÍA
7-8	INTENSA	80-90%	POTENCIA AERÓBICA, PARTIDO OFICIAL Y AMISTOSO, MSG (5X5,6X6,7X7 Y 8X8), ACCIONES COMBINATIVAS TÉCNICO-TACTICAS RÁPIDAS (POSESIONES)
9	MUY INTENSA	90-95%	POTENCIA AERÓBICA, SSG (2X2, 3X3 Y 4X4), HIIT-LONG INTERVALS
10	MÁXIMA	95-100%	CAPACIDAD Y POTENCIA ANAERÓBICA CON/SIN BALÓN, RST, SIT, HIIT-SHORT INTERVALS

Figura 2: Escala de percepción subjetiva del esfuerzo adaptada para fútbol

De este modo, disponemos de una escala de percepción subjetiva del esfuerzo adaptada al fútbol, que cuenta con un total de seis zonas de entrenamiento diferentes (muy suave, suave, moderada, intensa, muy intensa y máxima) con un valor asignado del RPE (del 1 al 10) y del % FC máx (50 al 100%) en función de la tarea trabajada en el entrenamiento.

Cabe destacar que hay algunos valores del RPE que están entre dos valores numéricos, de tal forma que el cuerpo técnico elegirá entre uno de los dos valores en función de la intensidad que haya marcado para la actividad teniendo en cuenta diferentes factores como el espacio de juego, el número de jugadores y las reglas (número de comodines, con/sin porterías, número de toques...).

Por lo tanto, para hacer el sumatorio de la carga de entrenamiento seguiríamos un procedimiento muy parecido al del método Edwards, de tal forma que se haría un sumatorio del producto de la duración del volumen de trabajo de cada actividad por el valor de

intensidad asignado con ayuda de la escala de percepción subjetiva del esfuerzo modificada para fútbol que tenemos.

De este modo, el principal objetivo será relacionar la carga prescrita por el cuerpo técnico a través del uso de RPE adaptado con la respuesta fisiológica de los deportistas a esa carga establecida a través de la recogida de datos al final de la sesión o partido sobre el RPE de los jugadores, para saber si estamos aplicando la carga adecuada.

Por ejemplo, para un martes donde el objetivo principal de la sesión sea desarrollar la potencia aeróbica, le asignaríamos un valor a esa sesión (7) y se multiplicaría por el tiempo de práctica útil de la sesión (80 minutos de tiempo de práctica útil en una sesión que dura 90 minutos)

$$7 \times 80 = 560 \text{ UC}$$

Es importante que con el fin de no evitar problemas a la hora de hacer el diseño de la sesión, se tenga en cuenta el tiempo invertido del trabajo del preparador físico, que le correspondería el calentamiento, el comienzo de la parte principal y la vuelta a la calma, que como podemos ver en el ejemplo de la sesión que aparece en la siguiente tabla, ocuparía la parte del preparador físico un total de 44 minutos siendo la suma de cargas 264 UC. Al entrenador le faltaría sumar 296 UC para llegar a la carga que estaba pactada para ese día, por lo que al quedarle 36 minutos de entrenamiento técnico-táctico, la intensidad media debería ser de 7, por lo que deberá realizar actividades que se sitúen entre 6 y 8.

MES MARZO		MACROCICLO COMPETICIÓN II				
MESOCICLO COMPETITIVO VI		MICROCICLO COMPETITIVO				
DÍA LUNES 23		HORARIO 20.30 A 22.00 H				
CONTENIDO: POTENCIA AERÓBICA						
INTENSIDAD (RPE): 7		VOLUMEN (min): 80		CARGA (UC): 560		
PARTE SESIÓN	TAREAS	CUANTIFICACIÓN				CARGA
		IT	VT	ID	VD	
CALENTAMIENTO	C.C + EST. DINÁM.+C.E	4	20	---	----	80
PARTE PRINCIPAL	SSG (POTENCIA AERÓBICA-4X4)	9	16	4	6	168
	MSG (POTENCIA AERÓBICA-8X8+2)	8	14	4	2	120
	PARTIDO 11X11	6	22	---	----	132
VUELTA A LA CALMA	ESTIRAMIENTOS + COMPENSATORIO	2	8	---	----	16
TOTALES				80		516

IT: INTENSIDAD TRABAJO ID: INTENSIDAD DESCANSO VT: VOLUMEN TRABAJO VD: VOLUMEN DESCANSO

AZUL: TAREAS ENTRENADOR

VERDE: TAREAS PREPARADOR FÍSICO

7. BIBLIOGRAFÍA

1. Akubat, I., Patel, E., Barrett, S., y Abt, G. (2012). Methods of monitoring the training and match load and their relationship to changes in fitness in professional youth soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 30(14), 1473-1480.
2. Alexandre, D., Da Silva, C.D., Hill-Haas, S., Wong, P., Nataly, A.J., De Lima, J.R., Bara, M.G., ... Karim, C. (2012). Heart rate monitoring in soccer: interest and limits during competitive match play and training, practical application. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(10), 2890-2896.
3. Alexiou, H., y Coutts, A.J. (2008). A comparison of methods used for quantifying internal training load in women soccer players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 3(3), 320-330.
4. Algroy, E.A., Hetleid, K.J., Seiler, S., y Stray, J.I. (2011). Quantifying training intensity distribution in a group of Norwegian professional soccer players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 6(1), 70-81.
5. Arcos, A.L., Yanci, J., Mendiuchia, J., y Gorostiaga, E.M. (2014). Rating of muscular and respiratory perceived exertion in professional soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(11), 3280-3288.
6. Brink, M.S., Nederhof, E., Visscher, C., Schmikli, S.L., y Lemmink, K.A. (2010). Monitoring load, recovery, and performance in young elite soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(3), 597-603.
7. Campos, M.A., Méndez, A., González, J.A., León, J.A., Santalla, A., y Suárez, L. (2014). Relationships between RPE- and HR- derived measures of internal training load in professional soccer players: a comparison of on-field integrated training sessions. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. Ahead of print.
8. Casamichana, D., y Castellano, J. (2010). Time-motion, heart rate, perceptual and motor behaviour demands in small-sides soccer games: effects of pitch size. *Journal of Sports Sciences*, 28(14), 1615-1623.
9. Casamichana, D., Castellano, J., Calleja, J., San Román, J., y Castagna, C. (2013). Relationship between indicators of training load in soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(2), 369-374.
10. Coutts, A.J., Rampinini, E., Marcora, S.M., Castagna, C., y Impellizzeri, F.M. (2007). Heart rate and blood lactate correlates of perceived exertion during small-sided soccer games. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12(1), 79-84.
11. Eniseler, N. (2005). Heart rate and blood lactate concentrations as predictors of physiological load on elite soccer players during various soccer training activities. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(4), 799-804.
12. Fanchini, M., Ghielmetti, R., Coutts, A.J., Schena, F., y Impellizzeri, F.M. (2014). Effect of training session intensity distribution on session-RPE in soccer players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. Ahead of print.
13. Gaudino, P., Iaia, F.M., Alberti, G., Strudwick, A.J., Atkinson, G., y Gregson, W. (2013). Monitoring training in elite soccer players: systematic bias between running speed and metabolic power data. *International Journal of Sports Medicine*, 34(11), 963-968.
14. Gómez, P.T., Jiménez, P., y Ruiz, C. (2011). Relation between total body load and session rating of perceived exertion in professional soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(8), 2100-2103.
15. González, J.J., y Ribas, J. (2002). Bases de la programación del entrenamiento de fuerza. Barcelona: INDE.
16. Impellizzeri, F.M., Rampinini, E., Coutts, A.J., Sassi, A., y Marcora, S.M. (2004). Use of RPE-based training load in soccer. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(6), 1042-1047.

17. Jeong, T.S., Reilly, T., Morton, J., Bae, S.W., y Drust, B. (2011). Quantification of the physiological loading of one week of “pre-season” and one week of “in-season” training in professional soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 29(11), 1161-1166.
18. Little, T., y Williams, A.G. (2007). Measures of exercise intensity during soccer training drills with professional soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(2), 367-371.
19. Los Arcos, A., Gil-Rey, E., Izcue, I., y Yanci, J. (2013). Monitoring training load in young professional soccer players. *International Journal of Sports Science*, 3(1), 13-21.
20. Manzi, V., Bovenzi, A., Impellizzeri, M., Carminati, I., y Castagna, C. (2013). Individual training-load and aerobic-fitness variables in premiership soccer players during the precompetitive season. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(3), 631-636.
21. Morgans, R., Orme, P., Anderson, L. y Drust, B. (2014). Principle and practices of training for soccer. *Journal of Sport and Health Science*. 3(4), 251-257.
22. Owen, A.L., Wong, P., McKenna, M., y Dellal, A. (2011). Heart rate responses and technical comparison between small- vs. large-sided games in elite professional soccer. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(8), 2104-2110.
23. Rebelo, A., Brito, J., Seabra, A., Oliveira, J., Drust, B., y Krustup, P. (2012). A new tool to measure training load in soccer training and match play. *International Journal of Sports Medicine*, 33(4), 297-304.
24. Scott, B.R., Lockie, R.G., Knight, T.J., Clark, A.C., y Janse de Jonge, X.A. (2013). A comparison of methods to quantify the in-season training load of professional soccer players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 8(2), 195-202.
25. Vasconcelos, A. (2005). *Planificación y organización del entrenamiento deportivo*. Barcelona: Paidotribo.
26. Wong, P., Carling, C., Chaouachi, A., Dellal, A., Castagna, C., Chamari, K., y Behm, D.G. (2011). Estimation of oxygen uptake from heart rate and ratings of perceived exertion in young soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(7), 1983-1988.
27. Wrigley, R., Drust, B., Stratton, G., Scott, M., y Gregson, W. (2012). Quantification of the typical weekly in-season training load in elite junior soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 30(15), 1573-1580.
28. Yanci, J., Martínez, R., y Los Arcos, A.L. (2014). Respiratory and muscular perceived efforts after official games in professional soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(11), 49.

8. ANEXOS

8.1. ANEXO 1. TABLA-RESUMEN DE LOS ARTÍCULOS

AUTORES	MUESTRA	MÉTODO	EVALUACIÓN Y MATERIAL	RESULTADOS Y CONCLUSIONES
Impellizzeri et al. 2004	19 jugadores de fútbol Edad: 17.6 ± 0.7 años Peso: 70.2 ± 4.7 kg Altura: 178.5 ± 4.8 cm	Duración: 7 semanas Periodo competitivo 4 sesiones de entrenamiento/semana Uso de métodos basados en la frecuencia cardiaca (Edwards, Banister TRIMP, Lucia TRIMP) y de RPE-sesion	Test incremental (protocolo de Helgerud) antes y después del periodo de estudio de 7 semanas RPE a los 30 minutos después entrenamiento Pulsómetros	Correlaciones significativas entre los diferentes métodos de la frecuencia cardiaca y el RPE-sesion (r=0.5 a 0.85) RPE útil en acciones de participación sistemas aeróbico y anaeróbico (2x2, sprints...) RPE requiere familiarización y influyen factores psicológicos, ambientales y fisiológicos
Eniseler 2005	10 jugadores de fútbol de la primera división de la liga de Turquía Edad: 24.4 ± 4.1 años Peso: 70.7 ± 3.1 kg Altura: 176.4 ± 6.2 cm	Duración: 2 semanas Periodo preparatorio Registro de la FC en : partido amistoso, partido modificado, entrenamiento táctico y entrenamiento técnico Control de la carga con FC debajo de 2 mM, entre 2 y 4 mM y por encima de 4 mMol	Test incremental de ida y vuelta de 20 m para determinar la FC en las concentraciones de lactato de 2 y 4 mM Analizador de lactato Pulsómetros	Diferencias significativas entre las diferentes actividades, siendo el partido amistoso y modificado las más intensas (50% y 24% del tiempo por encima de 4 Mm) Intensidad del ejercicio individualizada a través de la FC en los umbrales de lactato
Little et al. 2007	28 jugadores de fútbol de la segunda división de Inglaterra Edad: 24 ± 5 años Peso: 80.2 ± 5.8 kg Altura: 182.6 ± 7.8 cm	Duración: 3 meses Periodo competitivo 6 tipos de entrenamiento en espacios reducidos (2x2, 3x3, 4x4, 5x5, 6x6 y 8x8) Uso de la FC y del RPE (escala 15 puntos)	Test intermitente de ida y vuelta (Yo-Yo) para registrar la FC máx de los jugadores Pulsómetros RPE tras ejercicio	No correlaciones significativas entre RPE Y FC en las diferentes situaciones FC subestima intensidad del ejercicio (RPE mayor en 2x2 que 3x3 y menor % FC máx alcanzado)

<p>Coutts et al. 2007</p>	<p>20 jugadores de fútbol Edad: 25 ± 5 años Peso: 73 ± 9 kg Altura: 178.8 ± 5.2 cm</p>	<p>Duración: 10 meses/ 67 sesiones Periodo competitivo 2-3 sesiones de entrenamiento/semana</p> <p>Uso del % FC pico, RPE y lactato en juegos en espacios reducidos</p>	<p>Test intermitente de ida-vuelta (Yo-Yo nivel 1 y nivel 2) y test de consumo máximo de oxígeno Pulsómetro y analizador de lactato RPE 30 min después entr.</p>	<p>Correlaciones significativas entre RPE con %FC pico y lactato (r=0.6 y r= 0.63)</p> <p>RPE útil en acciones de participación sistemas aeróbico y anaeróbico (2x2, sprints...) RPE requiere familiarización y influyen varios factores Lactato requiere análisis de datos, variabilidad intraindividuos y costes</p>
<p>Alexiou et al. 2008</p>	<p>15 jugadoras de fútbol Edad: 19.3 ± 2 años Peso: 64.8 ± 7.7 kg Altura: 169 ± 5.1 cm</p>	<p>Duración: 16 semanas Periodo competitivo 8 sesiones de entrenamiento/semana</p> <p>Uso de métodos basados en la frecuencia cardiaca (Edwards, Banister TRIMP, LT zone) y de RPE-sesion</p>	<p>Test incremental de consumo máximo de oxígeno y test de umbrales del lactato Pulsómetro RPE 30 min después entrenamiento</p>	<p>Correlaciones significativas entre RPE-sesion con Banister TRIMP, LT zone y Edwards (r=0.84,0.83 y 0.85)</p>
<p>Brink et al. 2010</p>	<p>18 jugadores de fútbol de la primera división de Holanda sub-19 Edad: 17 ± 0.5 años Peso: 72.4 ± 7.8 kg Altura: 180.4 ± 7.3 cm</p>	<p>Duración: 1 temporada Periodo preparatorio y competitivo 6 sesiones/semana</p> <p>Uso de RPE (escala de 15 puntos) junto a escala de recuperación TRQ</p> <p>RPE-sesion para control de la carga</p>	<p>Test submáximo interválico (ISRT) para determinar capacidad aeróbica y FC máx una vez al mes</p>	<p>Una carga de entrenamiento alta (RPE-sesion) con una buena recuperación (TQR) aumenta el rendimiento en test submaximal ISRT RPE requiere familiarización y influyen factores psicológicos, ambientales y fisiológicos</p>

<p>Casamichana et al. 2010</p>	<p>10 jugadores de fútbol de un equipo regional de España sub-16 Edad: 15.5 ± 0.5 años Peso: 62.9 ± 3.7 kg Altura: 174 ± 7 cm</p>	<p>Duración: 2 semanas Periodo competitivo 3 SSG (5x5 con porteros) variando área/jugador Uso de la FC, RPE y GPS</p>	<p>Test intermitente de ida-vuelta (Yo-Yo nivel 1) para detectar FC máx Pulsómetros Dispositivos GPS RPE</p>	<p>A mayor área de juego/jugador mayor FC, RPE, mayor distancia recorrida y mayor tiempo efectivo de juego GPS permite control de la carga externa (movimiento de los jugadores) Tasa de muestro datos baja 1Hz (poco fiable acciones de alta intensidad)</p>
<p>Wong et al. 2011</p>	<p>46 jugadores de fútbol de la primera división de China sub-14 Edad: 13.5 ± 0.7 años Peso: 50.9 ± 8.8 kg Altura: 165 ± 10 cm</p>	<p>Duración: 2 semanas Periodo competitivo 2 sesiones/semana Uso de la frecuencia cardiaca, RPE y consumo de oxígeno</p>	<p>Test máximo de V02 máx en laboratorio en dos semanas separadas Pulsómetros Sistema portátil de análisis de gases RPE</p>	<p>El uso de RPE y % FC máx estima el % VO2 máx en ejercicios de resistencia continuos (R²=83%) Uso de RPE eficaz para ejercicios no continuos (R²=59%) Relación directa entre FC y VO2 Altos costes, dificultad de análisis de datos e incómodo para jugadores</p>
<p>Owen et al. 2011</p>	<p>15 jugadores de fútbol de la primera división de Escocia Edad: 26.3 ± 4.9 años Peso: 79.5 ± 8.1 kg Altura: 182.4 ± 6.9 cm</p>	<p>Duración: 3 semanas Periodo competitivo 3-4 sesiones/ semana Comparación 3x3 y 9x9 con porteros Uso de la FC en las diferentes situaciones</p>	<p>Test máximo de V02 máx en laboratorio para determinar FC máx Pulsómetros</p>	<p>Los juegos en espacios reducidos con menor número de jugadores (3x3) muestra una FC más alta en comparación con un mayor número de jugadores (9x9)</p>

Jeong et al. 2011	12 jugadores de fútbol de la primera división de Corea Edad: 24 ± 3 años Peso: 73 ± 4 kg Altura: 178 ± 6 cm	Periodo preparatorio y competitivo Análisis de la carga de entrenamiento de una semana de ambos periodos 5-6 sesiones/semana Uso de la FC (método Edwards) y RPE-sesion	Test de Course Navette (Multi- stage fitness test) para determinar la FC máx RPE 30 min después del entrenamiento y pulsómetros	La carga de entrenamiento (RPE-sesion) y la FC era más alta durante la pretemporada en comparación con la temporada
Gomez et al. 2011	22 jugadores de fútbol de la primera división de España Edad: 26.7 ± 4.2 años Peso: 73.7 ± 3.3 kg Altura: 179.7 ± 4.1 cm	Duración: 2 meses Periodo competitivo 13 sesiones de entrenamiento Uso de la carga corporal total (obtenida por GPS y acelerometría) y RPE (escala de 15 puntos) Control de la carga por RPE-sesion	----- Dispositivos GPS (con acelerometría) RPE	No existen correlaciones significativas entre la carga corporal total y el RPE (r=0.23) La carga corporal total no es un indicador válido del control de la carga de entrenamiento.
Algroy et al. 2011	11 jugadores de fútbol de la primera división de Noruega Edad: 24 ± 5 años Peso: 77.6 ± 5.4 kg Altura: 181 ± 5 cm	Periodo preparatorio y competitivo 4 semanas de pretemporada y 2 semanas en la competición Uso de dos métodos basados en la FC (tiempo en zonas y session goal) y RPE (tres zonas de intensidad con umbrales ventilatorios) Control de la carga por RPE-sesion (posibilidad añadir +: 0.5 puntos)	Test incremental para detectar VO2 máx, FC máx y FC correspondiente a los dos umbrales ventilatorios (VT1 y VT2) Pulsómetros RPE	Correlaciones significativas en la intensidad entre session goal y RPE Uso de la frecuencia (tiempo en zonas) no es un buen indicador de la intensidad del entrenamiento

Rebelo et al. 2012	51 jugadores de fútbol sub-16 de 3 equipos de la primera división de Portugal Edad: 15.6 ± 0.3 años Peso: 61.5 ± 2.2 kg Altura: 168.7 ± 1.5 cm	Duración: 4 semanas Periodo competitivo Análisis de un total 495 sesiones de entrenamiento y 64 partidos entre todos los sujetos Uso de dos métodos basados en la FC (Edwards, Banister TRIMP) y VAS-TL (Visual Analogic Scale Training Load)	Test máximo de V02 máx en laboratorio para determinar FC máx y test intermitente de ida-vuelta (Yo-Yo nivel 1 y nivel 2) Pulsómetros Cuestionario VAS 30 min después entrenamiento	Correlaciones significativas entre el método Edwards, TRIMP y VAS-TL (r=0.60-0.72) El uso de VAS-TL es un indicador válido para el control de la carga de los entrenamientos y partidos, aunque requiere proceso de aprendizaje y familiarización y está influido por otros factores
Akubat et al. 2012	9 jugadores de fútbol sub-18 de un club de la segunda división de Inglaterra Edad: 17 ± 1 años Peso: 72.9 ± 6.7 kg Altura: 181 ± 5 cm	Duración: 6 semanas Periodo competitivo 4-6 sesiones/semana Uso de tres métodos basados en la FC (Banister TRIMP, Team TRIMP y iTRIMP) y RPE-sesion	Test máximo de V02 máx en laboratorio para determinar FC máx y test de umbrales de lactato Pulsómetros RPE	Correlaciones significativas entre Banister TRIMP con Team TRIMP y RPE-sesion (r=0.92 y 0.75) No hubieron diferencias significativas en los cambios en los umbrales de lactato, a excepción del iTRIMP Método iTRIMP mayor individualización
Wrigley et al. 2012	24 jugadores de fútbol 8 sub-18 8 sub-16 8 sub-14	Duración: 2 semanas Periodo competitivo Utilización de la frecuencia cardiaca y RPE Control de la carga con RPE-sesion	----- Pulsómetros RPE	La carga de entrenamiento semanal aumentó con la edad La intensidad de trabajo en los entrenamientos fue menor que en los partidos en todos los grupos de edad

<p>Scott et al. 2013</p>	<p>15 jugadores de fútbol de un club de la primera división de Australia Edad: 24.9 ± 5.4 años Peso: 77.6 ± 7.5 kg Altura: 181.1 ± 6.9 cm</p>	<p>Periodo competitivo 29 sesiones de entrenamiento</p> <p>Utilización de dos métodos basados en la frecuencia cardiaca (método Edwards y Banister TRIMP), RPE-sesión, GPS y acelerometría</p>	<p>Test intermitente de ida-vuelta (Yo-Yo nivel 1) para detectar FC máx</p> <p>Pulsómetros</p> <p>Dispositivos GPS (con acelerómetro)</p>	<p>Correlaciones significativas entre las medidas de carga externa del GPS (distancia total, carga jugador y carrera baja velocidad) con los de carga interna (Edwards, TRIMP y RPE-sesión) (r=0.71-0.84) GPS más útil que RPE y FC para controlar todas las situaciones de juego</p>
<p>Casamichana et al. 2013</p>	<p>28 jugadores de fútbol de un club de la tercera división de España Edad: 22.9 ± 4.2 años Peso: 73.6 ± 4.4 kg Altura: 177 ± 5 cm</p>	<p>Duración: 4 meses 44 sesiones de entrenamiento</p> <p>Utilización de la FC (método Edwards), RPE-sesión y GPS</p>	<p>Test intermitente de ida-vuelta (Yo-Yo nivel 1) para detectar FC máx</p> <p>GPS de 10 Hz (con acelerómetro)</p> <p>RPE de los jugadores obtenido 30 min después de la sesión</p> <p>Pulsómetros</p>	<p>GPS cuantifica carga externa (movimiento jugadores) Ponderaciones de método Edwards no tienen fundamento fisiológico</p> <p>Correlaciones significativas entre RPE-sesión con método Edwards, carga jugador y distancia total (r=0.57, 0.74 y 0.76) Correlaciones significativas entre Edwards con carga jugador y distancia total recorrida (r=0.70 y 0.72)</p>
<p>Manzi et al. 2013</p>	<p>18 jugadores de fútbol de la primera división de Italia Edad: 28.4 ± 3.2 años Peso: 79.9 ± 5.5 kg Altura: 182 ± 5.3 cm</p>	<p>Duración: 8 semanas Periodo preparatorio 7 sesiones/semana</p> <p>Utilización del método iTRIMP a través del uso de la FC y lactato</p>	<p>Test de laboratorio incremental de VO2 max para detectar FC máx y umbrales ventilatorios y test de campo de ida-vuelta (Yo-Yo 1)</p>	<p>Correlaciones significativas entre el método iTRIMP con mejoras de rendimiento en el VO2 max, VT y Yo-Yo 1 (r=0.77, 0.78 y 0.69)</p>

<p>Los Arcos et al. 2013</p>	<p>19 jugadores de fútbol de un club de la segunda división B de España Edad: 20.9 ± 1.7 años Peso: 76.1 ± 7.8 kg Altura: 181 ± 6 cm</p>	<p>Duración: 8 semanas Periodo competitivo 4 sesiones/semana</p> <p>Utilización del método Edwards (FC) y RPE-sesion (respiratorio y muscular)</p>	<p>Test submaximal de umbral anaeróbico para detectar FC</p> <p>RPE de los jugadores obtenidos 10 minutos después de la sesión y pulsómetros</p>	<p>Correlaciones significativas entre el método Edwards con el RPE-sesion muscular y respiratorio (r=0.84 y 0.88)</p> <p>Diferencias significativas en el RPE-sesion respiratorio y muscular en las diferentes semanas y distintos entrenamientos</p>
<p>Gaudino et al. 2013</p>	<p>26 jugadores de fútbol de clubes de la primera división de Inglaterra Edad: 26 ± 5 años Peso: 79 ± 5 kg Altura: 182 ± 7 cm</p>	<p>Duración: 10 semanas Periodo competitivo Comparación de las mediciones de alta intensidad en función de la posición de juego</p> <p>Utilización del GPS para estimar la carga externa</p>	<p>GPS de 15 Hz</p> <p>Coste energético y potencia metabólica</p>	<p>GPS cuantifica carga externa (movimiento jugadores)</p> <p>Los centrocampistas recorrían las mayores distancias y los delanteros recorrían las distancias a mayor intensidad</p> <p>El GPS subestima el gasto energético total, ya que no tiene en cuenta las aceleraciones y frenadas</p>
<p>Fanchini et al. 2014</p>	<p>19 jugadores de fútbol sub-17 de un club de la segunda división de Suiza Edad: 16 ± 1 años Peso: 64 ± 6 kg Altura: 173 ± 5 cm</p>	<p>Duración: 4 semanas Periodo competitivo Análisis de 4 sesiones de entrenamiento, 1 sesión/semana Comparación del RPE obtenido justo al finalizar la sesión o 30 min después</p> <p>Uso de la FC (método Edwards) y RPE-sesion, TQR y VAS para el dolor en piernas</p>	<p>Test intermitente de ida-vuelta (Yo-Yo nivel 1) para detectar FC máx</p> <p>RPE de los jugadores al finalizar el ejercicio, la sesión y 30 min después sesión</p> <p>Pulsómetros</p>	<p>No habían diferencias significativas en el RPE obtenido de los jugadores justo al finalizar la sesión o 30 min después</p>

Yanci et al. 2014	17 jugadores de fútbol de un club de la tercera división de España Edad: 20.5 ± 1.8 años	Duración: 23 partidos Periodo competitivo Análisis del RPE muscular y respiratorio después de de los partidos de fútbol Uso del RPE muscular y respiratorio (posibilidad añadir +: 0.5 puntos)	RPE de los jugadores 10 min o más tarde de finalizar el partidos	El RPE de los jugadores fue calificado con puntuaciones altas (mayor a 6) El RPE muscular era mayor que el RPE respiratorio tras el partido (6.9 y 6.7)
Arcos et al. 2014	21 jugadores de fútbol	Duración: 9 semanas Periodo competitivo Influencia del RPE-muscular y respiratorio en el rendimiento Uso de la FC y RPE-sesion muscular y respiratorio	Test de salto vertical, de resistencia y de velocidad antes y después Pulsómetros RPE	El RPE muscular era mayor que el RPE respiratorio tras el partido (7.4 y 6.4) Correlaciones significativamente negativas entre los valores obtenidos en RPE muscular y rendimiento en salto vertical y velocidad carrera (r=-0.59)
Campos et al. 2014	9 jugadores de fútbol de un club de la segunda división de España Edad: 26.7 ± 4.5 años Peso: 74.5 ± 5.7 kg Altura: 176.5 ± 6.8 cm	Duración: 9 meses Periodo competitivo 5 sesiones/semana Relación entre diferentes métodos de control de la carga durante las sesiones físicas, técnicas y tácticas Uso de método derivados de la FC (método Edwards y Stagno TRIMP) y RPE-sesion	Test intermitente de ida-vuelta (Yo-Yo nivel 1) para detectar FC máx en tres momentos diferentes RPE de los jugadores obtenidos 30 minutos después de la sesión Pulsómetros	Correlaciones significativas entre RPE-sesion y FC en ejercicios de posesión balón y técnico-tácticos (r=0.61 a 0.68), no en altas intensidades Correlaciones significativas entre RPE-sesion con método Edwards y Stagno TRIMP (r=0.73 y 0.87) Correlaciones significativas entre Edwards y Stagno TRIMP (r=0.92 a 0.98)

8.2. ANEXO 2. FÓRMULAS

% FC máxima

$$\% \text{ HRmax} = \text{HR} \times \text{HRmax}^{-1}$$

% FC reserva

$$\% \text{ HRR} = (\text{HRexer} - \text{HRrest}) \times (\text{HRmax} - \text{HRrest})^{-1}$$

MÉTODO EDWARDS

$$\text{Método Edwards} = (\text{duración en zona 1} \times 1) + (\text{duración en zona 2} \times 2) + (\text{duración en zona 3} \times 3) + (\text{duración en zona 4} \times 4) + (\text{duración en zona 5} \times 5)$$

zona 1 = 50-60 % de la FC máx, zona 2 = 60-70 % de la FC máx, zona 3 = 70-80 % de la FC máx, zona 4 = 80-90 % de la FC máx y zona 5 = 90-100 % de la FC máx

MÉTODO TRIMP DE BANISTER

Banister TRIMP

Hombre: duración (min) x (HRex – HRrest) / (HRmax – HRrest) x 0.64e^{1.92x}

Mujer: duración (min) x (HRex – HRrest) / (HRmax – HRrest) x 0.86e^{1.67x}

e = 2.712, HRex = frecuencia cardiaca media durante el ejercicio, HRrest = frecuencia cardiaca media durante la recuperación, HRmax = frecuencia cardiaca máxima

MÉTODO LUCIA TRIMP

$$\text{TRIMP Lucia} = (\text{tiempo en zona 1} \times 1) + (\text{tiempo en zona 2} \times 2) + (\text{tiempo en zona 3} \times 3)$$

ZONAS	COEFICIENTE K	UMBRALES VENTILATORIOS
1	1	< VT 1
2	2	VT1/ VT2
3	3	> VT2

MÉTODO TEAM TRIMP

$$\text{Team TRIMP} = \text{Duración (min)} \times (\text{HRex} - \text{HRrest}) / (\text{HRmax} - \text{HRrest}) \times 0.2053e^{3.5179x}$$

$e = 2.712$, HR_{ex} = frecuencia cardiaca media durante el ejercicio, HR_{rest} = frecuencia cardiaca media durante la recuperación, HR_{max} = frecuencia cardiaca máxima

RPE-SESION

$RPE- \text{sesion} = \text{Duración Sesión} \times PSE$
--

VAS-TL

$VAS-TL = \text{Duración sesión} \times VAS$
--

8.3. ANEXO 3. ESCALAS.

ESCALA RPE (0-10) / ESCALA RPE (6-20)

0	
1	Extremadamente ligero
2	Ligero
3	Moderado
4	
5	Duro
6	
7	Muy duro
8	
9	
10	Extremadamente duro

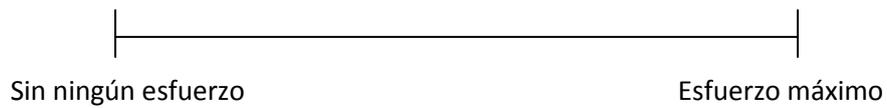
6		14	
7	Muy muy ligero	15	Duro
8		16	
9	Muy ligero	17	Muy duro
10		18	
11	Bastante ligero	19	Muy muy duro
12		20	
13	Algo ligero		

ESCALA RPE (0-10) CON UMBRALES VENTILATORIOS

0	Descanso	
1	Muy fácil	
2	Fácil	
3	Moderado	
4	Algo difícil	VT1
5	Duro	
6		VT2
7	Muy duro	
8	Muy muy duro	
9	Casi máximo	
10	Máximo esfuerzo	

ESCALA VISUAL ANALÓGICA

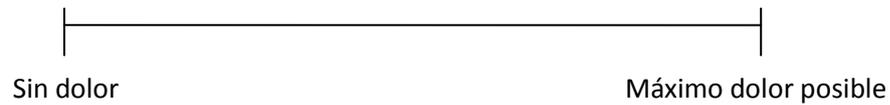
¿Cómo calificas el esfuerzo realizado durante la sesión de entrenamiento o partido de hoy?



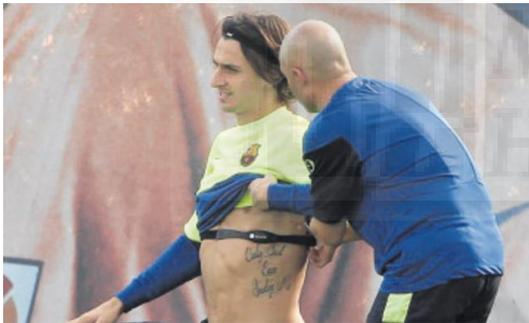
¿Cómo has percibido la demanda física de la sesión de entrenamiento o partido de hoy?



VAS para percepción del dolor del tren inferior



8.4. ANEXO 4. IMÁGENES DE MATERIAL DE USO PARA CONTROLAR LA CARGA



Pulsómetro



Analizador de lactato



Sistema portátil de análisis de gases



Sistema GPS

