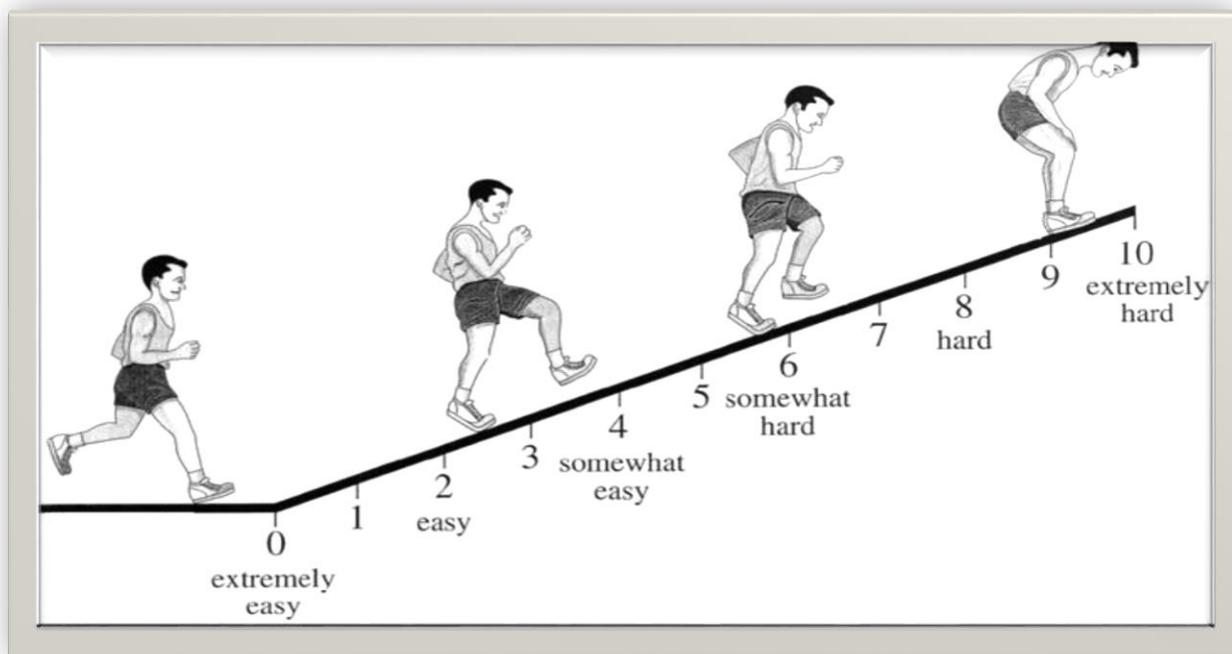


## TRABAJO FIN DE GRADO

“REVISIÓN DE LA FRECUENCIA CARDIACA Y DEL ESFUERZO PERCIBIDO COMO MÉTODOS PARA EL CONTROL DE LA CARGA INTERNA EN EL FÚTBOL”



AUTOR PÉREZ SANCHO SAMUEL

DIRECTOR SAUTU APELLANIZ LUIS MARÍA

GRADO EN CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y DEL DEPORTE

CURSO 2017/18

## CONTENIDO

INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN .....	3
MARCO TEÓRICO.....	5
ANTECEDENTES: .....	5
MODELOS DE LA FRECUENCIA CARDIACA: .....	7
MODELOS DEL ESFUERZO PERCIBIDO: .....	12
MEDICIÓN Y VALORACIÓN DE LA CIE.....	14
LA FRECUENCIA CARDIACA: .....	15
EL ESFUERZO PERCIBIDO:.....	17
Iniciación en el EP; Escalas, aportaciones e indicaciones de uso de Gunnar Borg: .....	18
Método y como calcular la CIE basada en el EP:.....	22
Cuando llevar a cabo la declaración de EP:.....	24
Diferenciación entre EPrespiratorio y EPmuscular:.....	26
Asociación entre el RPE de los entrenadores y el de los jugadores: .....	27
Inconvenientes: .....	30
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	31
REFERENCIAS .....	34

## INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN

A continuación voy a realizar una exposición de cuáles son los motivos que me han llevado a la elección del tema sobre el que trata el presente TFG.

El principal factor fue mi tutor Luis María Sautu, que me propuso llevar a cabo un estudio con el equipo de baloncesto en el que estaba realizando las prácticas. Este estudio trataba de constatar la concordancia entre el esfuerzo percibido en los entrenamientos por el entrenador y por los jugadores.

En un principio lo iba a realizar en ese equipo de baloncesto, pero al ser un equipo profesional y como la temporada no estaba yendo todo lo bien que se esperaba, se puso complicado el tema de realizarlo ahí. Entonces me surgió la posibilidad, a través de un amigo, de poder realizarlo en el equipo de fútbol de categoría juvenil del que es el entrenador.

Entonces me puse manos a la obra, recopilando y leyendo muchísima información en relación al tema del control de la carga interna de entrenamiento en el fútbol, especialmente a través de la frecuencia cardiaca y del esfuerzo percibido. Y también acerca de la correlación entre la declaración del esfuerzo percibido por parte de entrenadores y deportistas.

Pero en el último momento, cuando ya estaba todo listo para el inicio de la toma de datos, mi amigo tuvo que abandonar el equipo por condiciones laborales. Es cierto que podría haber intentado realizarlo con otro de los numerosos equipos de fútbol que hay en Burgos, pero en ese instante estaba frustrado y pensando que no llegaría a presentar el TFG.

Esta sensación me duró un par de semanas, pero mis padres me animaron a que continuara, me hicieron ver que tenía la capacidad suficiente para sacarlo adelante y que todavía había tiempo para llevar a cabo un buen trabajo. Ahí fue cuando se me ocurrió que en vez de empezar un TFG nuevo podría utilizar toda la información previamente analizada y realizar una pequeña revisión sobre los temas planteados anteriormente.

Así, decidí realizar una revisión acerca de la frecuencia cardíaca y especialmente del esfuerzo percibido como métodos para el control de la carga interna de entrenamiento en el fútbol.

Aparte de todo lo mencionado anteriormente, este es un tema que siempre me ha llamado la atención. Toda la vida he estado ligado al fútbol y durante bastantes años, en diferentes equipos, han llevado a cabo el control de la carga a través de estos métodos. También mencionar que por ejemplo en el equipo profesional de baloncesto en el que he realizado las prácticas no han usado ninguno de estos métodos.

Lo que he buscado con esta pequeña revisión bibliográfica basada en literatura científica acerca del control de la carga interna de entrenamiento, es conocer un poco más en profundidad estos dos métodos mencionados. Mostrar su validez, su fiabilidad, la correlación existente entre ambos y también con otros métodos, sus ventajas y desventajas, sus métodos de empleo más eficaces, fórmulas, escalas... para así poder tener un buen control de la carga de entrenamiento en el fútbol, conseguir mejoras en el rendimiento y evitar la aparición de lesiones o sobreentrenamiento.

## MARCO TEÓRICO

### ANTECEDENTES:

Tradicionalmente, se utilizaba la experiencia personal y la destreza de los entrenadores para desarrollar, planificar y conseguir el rendimiento óptimo de los deportistas. Así, la guía del entrenamiento estaba basada en las sensaciones de los deportistas, y las percepciones y presentimientos de los entrenadores. Sin embargo, como ya indicaremos más adelante, esta experiencia e intuiciones de los entrenadores no asegura la concordancia entre lo que percibe realmente el deportista y lo esperado por el entrenador (Brink, Frencken W, Jordet, & Lemmink, 2014; Foster, Carl, Kara, Esten, & Brice, 2001; Viveiros, Costa, Moreira, Nakamura, & Aoki, 2011; Wallace, Slattery, & Coutts, 2009). Por ello, en la actualidad los profesionales del ámbito deportivo se van basando cada vez más en métodos científicos, para optimizar los programas de entrenamiento.

Uno de estos métodos es el control de la llamada carga interna del entrenamiento (CIE) y carga externa del entrenamiento (CEE). La primera es fisiológica mientras que la segunda lo es física. Esta CIE está compuesta por muchos factores como la especificidad, duración, intensidad, magnitud y frecuencia, en tanto que es el estrés fisiológico al que se somete a los deportistas. Así, la duración y la intensidad son los factores en los que se centran para la cuantificación de la CIE (Alexiou, & Coutts, 2008; Casamichana, Castellano, Calleja-Gonzalez, San Román, & Castagna, 2013; Edwards, 1993; Foster et al., 2001; Impellizzeri, Rampinini, Coutts, Sassi, & Marcora, 2004; Scott, Lockie, Knight, Clark, & Janse de Jonge, 2013)

Esta precisión en la CIE va a permitir monitorizar y controlar el proceso de entrenamiento y del partido. Esto permitirá una prescripción óptima del entrenamiento (estrés fisiológico) de manera individual a cada deportista y obtener mejoras en el rendimiento deportivo. Además se simplificará el ajuste del entrenamiento para garantizar el máximo rendimiento durante la competición (Impellizzeri et al., 2004). Por eso el control y la cuantificación de la CIE en el fútbol está justificada. Y ya no solo a nivel grupal, sino que es importante la cuantificación de la CIE para cada jugador (Alexiou & Coutts, 2008) ya que la diferenciación entre el esfuerzo prescrito y el obtenido es mayor en deportes colectivos que en los deportes atléticos (Brink et al.,

2014; Foster et al., 2001; Murphy, Duffield, Kellett, & Reid, 2014; Stewart, & Hopkins, 1997).

En los últimos años han aparecido numerosos estudios que han valorado los efectos de la CIE en los entrenamientos con respecto al rendimiento físico en los jugadores de deportes de equipo (Campo Vecino, 2005; Cuadrado-Reyes, Chiroso L, Chiroso I, Martin-Tamayo, & Aguilar-Martínez, 2012; Medina, & Lorente, 2016; Nogueira et al., 2014) y por supuesto también en fútbol (Akubat, Patel, Barrett, & Abt, 2012; Casamichana et al., 2013; Gómez-Piriz, Jiménez-Reyes, & Ruiz-Ruiz, 2011; Los Arcos, Gil-Rey, Izcue, & Yanci 2013; Los Arcos, Yanci, Mendiguchia, & Gorostiaga, 2014; Yanci, García H, Castillo A, Rivero B, & Los Arcos 2014). Lo que han evaluado ha sido el modelo que se basa en asociar la CIE acumulada tanto en entrenamientos como partidos y los efectos producidos por distintos parámetros físicos. Este modelo es muy sencillo, cumple los parámetros científicos, por lo que debido a esto, a su bajo coste y a su fácil aplicación permite su uso por parte de los preparadores físicos en su día a día.

Teniendo en cuenta que evalúan en qué medida está asociada la variación en la condición física y la carga de entrenamiento, se han tomado métodos de cuantificación de la CIE utilizados anteriormente en deportes atléticos (Foster et al., 2001). Así, la frecuencia cardiaca (FC) y el esfuerzo percibido (EP), se han convertido en indicadores de esfuerzo más empleados para los deportes de equipo. Hay que mencionar, que la gran mayoría de estos estudios se centran en periodos cortos de temporada, de entre mes y medio y 3 meses, tanto de periodo precompetitivo como competitivo (Akubat et al., 2012; Algrøy, Hetlelid, Seiler, & Pedersen, 2011; Casamichana et al., 2013; Gómez-Piriz et al., 2011). Por el contrario son muy pocos los que han valorado esta asociación entre la condición física y la CIE acumulada durante periodos mayores a 3 meses de temporada en futbolistas profesionales (Alexiou & Coutts, 2008; Brink, Nederhof, Visscher, Schmikli, & Lemmink, 2010; Los Arcos, 2014).

## MODELOS DE LA FRECUENCIA CARDIACA:

Como ya hemos mencionado, la FC es uno de los métodos más utilizados en el fútbol para el control de la CIE (Akubat et al., 2012; Alexiou & Coutts, 2008; Campos-Vázquez et al., 2015; Casamichana et al., 2013; Coutts, Rampinini, Marcora, Castagna, & Impellizzeri, 2009; Fanchini, Ghielmetti, Coutts, Schena, & Impellizzeri, 2015; Scott et al., 2013).

Este método es muy usado por equipos profesionales de fútbol para el control de la CIE por la enorme cantidad de información que se obtiene gracias a los sistemas de monitorización de la frecuencia cardiaca. Pero también debemos de mencionar los grandes costes que conllevan estas herramientas, ya que se requiere uno para cada jugador, la prohibición de llevarlos en partidos oficiales, la incomodidad que genera el llevarlos puestos durante todo el entrenamiento y la dificultad que entraña el análisis de los datos obtenidos (Coutts et al., 2009; Impellizzeri et al., 2004). Así, la gran mayoría de los estudios que hemos visto y seleccionado, utilizan el pulsómetro como medio de registro de la FC cada 5 segundos (Alexiou & Coutts, 2008; Coutts et al., 2009; Scott et al., 2013).

Hemos comprobado que en la literatura científica se utiliza la FC como mecanismo de control y cuantificación de la CIE a través de diferentes formas de procesamiento para medir los esfuerzos intermitentes en el fútbol como son el método de Edwards, % FC máxima, % FC de reserva, Lucia TRIMP, impulso de entrenamiento (TRIMP) de Banister y el impulso de entrenamiento individual (iTRIMP) (Akubat et al., 2012; Alexiou & Coutts, 2008; Campos-Vázquez et al., 2015; Casamichana et al., 2013; Los Arcos et al., 2013; Scott et al., 2013).

Como nos muestran Coutts et al., (2009) el porcentaje de la FC de reserva es más precisa que el porcentaje de FC máxima. Esto se debe a que tiene en cuenta la FC en reposo, de ahí que sea capaz de ajustar la dureza del entrenamiento en función de cómo se encuentre el deportista. Mencionar que esta FC de reserva ha sido poco utilizada en el fútbol.

Numerosos autores nos muestran como el método de Edwards (*Ecuación 1 en la página 10*) permite cuantificar la CIE a través de la suma de diferentes zonas de FC de entrenamiento, distribuyendo el esfuerzo en cinco zonas diferentes que tienen un

valor determinado (Alexiou & Coutts, 2008; Campos-Vázquez et al. 2015; Fanchini et al. 2014; Impellizzeri et al., 2004; Los Arcos et al., 2013; Scott et al., 2013).

Casamichana et al., (2013) nos muestran cual es el principal inconveniente de este método de control de la CIE. Este es que no existe información científica que valide las ponderaciones que representan cada una de las cinco zonas de entrenamiento. De tal manera que no tienen un fundamento fisiológico los coeficientes correspondientes a las zonas de FC, ya que se asume algo que en el fútbol no se da en muchas ocasiones, y esto es la linealidad en la respuesta de la FC.

El método Edwards presenta correlaciones fuertes con otros métodos de control de la CIE como RPE-Sesión (Alexiou & Coutts, 2008; Campos-Vázquez et al., 2015; Casamichana et al., 2013; Impellizzeri et al., 2004; Los Arcos et al., 2013), Banister TRIMP (Campos-Vázquez et al., 2015) y distancia total, carga jugador y carrera a baja velocidad del GPS (Casamichana et al., 2013; Scott et al., 2013).

El método TRIMP de Banister (*Ecuación 2 en la página 10*) también se utiliza en fútbol como medida de control del proceso de entrenamiento (Akubat et al., 2012; Alexiou & Coutts, 2008; Impellizzeri et al., 2004; Scott et al., 2013).

Como se va a poder ver más adelante, el método TRIMP posee 2 fórmulas diferentes en función del género. Ambas fórmulas se basan en el producto de la duración de la sesión de entrenamiento (en minutos) y el ratio de la FC, que tiene en cuenta la FC media durante la recuperación, la FC media durante el ejercicio y la FC máxima y un factor de ponderación constante (2,712).

Akubat et al., (2012) nos muestran como el uso de la FC media no tiene en cuenta las fluctuaciones de la FC que se producen en el fútbol como consecuencia de las acciones intermitentes.

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

Como se ha podido ver anteriormente, otro de los métodos utilizados para la cuantificación de la CIE en el fútbol es el Lucia TRIMP (*Ecuación 3 en la página 11*).

Se ha empleado con un enfoque similar al método de Edwards (Impellizzeri et al., 2004). En él, se utilizan los umbrales ventilatorios individuales, previamente obtenidos en pruebas de laboratorio, estableciendo así 3 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 también se les asigna unos coeficientes en relación a esas zonas ( $k=1$  en zona 1,  $k=2$  en zona 2 y  $k=3$  en zona 3). Con lo anterior, 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).

A pesar de que se trata de un método más completo que el método de Edwards debido a la individualización de los umbrales ventilatorios de los deportistas obtenidos en un test de laboratorio, posee una serie de inconvenientes. Estos se deben a que los valores de los coeficientes siguen siendo arbitrarios y no se tiene en cuenta las diferencias obtenidas dentro de un mismo umbral, es decir, si un deportista está trabajando a una intensidad más baja o alta dentro de un determinado umbral ventilatorio (Akubat et al., 2012). Como respuesta a esta serie de inconvenientes, se ha usado el iTRIMP (*Ecuación 4 en la página 11*) en el fútbol, que es un método más avanzado de control de la CIE individual en el futbolista. Esto se debe a que tiene en cuenta la concentración de lactato en sangre y la FC obtenidas en test de campo y laboratorio (Akubat et al., 2012).

Akubat et al., (2012) nos muestran como este sistema supera las deficiencias de métodos anteriores como Edwards, TRIMP de Banister o Lucia TRIMP. Estos usaban zonas de frecuencia cardiaca con coeficientes de ponderación arbitrarios, mientras que el método iTRIMP supera estas limitaciones al estar individualizado para el deportista. De tal manera, la CIE se obtiene a través de la FC, del tiempo de entrenamiento y del lactato sanguíneo obtenido en un test. A pesar de todo lo anterior, no se ha utilizado mucho en el mundo del fútbol, pese a ser un método de control de la CIE válido y fiable.

De lo analizado anteriormente parece que se puede sugerir que la variación de la condición física solo puede ser explicada de manera parcial a través de los distintos métodos basados en la FC para cuantificar la CIE. De manera significativa se destaca la relación de la CIE basada en la FC con las variables aeróbicas, pero en ningún caso

se hace referencia en el fútbol a su condición de deporte de acciones intermitentes. Pese a todo, el acceso a los medidores de la FC es limitado, y a excepción del alto rendimiento, la gran mayoría de los preparadores físicos y técnicos no pueden disponer de estas herramientas. Por lo que es necesario la búsqueda y obtención de un método más accesible mediante el cual se pudiera obtener información similar.

A continuación vamos a mostrar las fórmulas de cada uno de los métodos anteriores que hemos ido viendo.

### MÉTODO EDWARDS:

*Ecuación 1- Método de Edwards*

Método Edwards = (Duración en zona 1 x 1) + (Duración en zona 2 x 2) + (Duración en zona 3 x 3) + (Duración en zona 4 x 4) + (Duración en zona 5 x 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 /// Zona 5 = 90-100 % de la FC máx

### MÉTODO TRIMP DE BANISTER:

*Ecuación 2- Método TRIMP de Banister*

Banister TRIMP:

Hombre: duración (min) x (HRex – HRrest) / (HRmax – HRrest) x 0.64e<sup>1.92</sup>

Mujer: duración (min) x (HRex – HRrest) / (HRmax – HRrest) x 0.86e<sup>1.67</sup>

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

## MÉTODO LUCIA TRIMP:

*Ecuación 3- Método Lucia TRIMP*

TRIMP Lucia = (tiempo en zona 1 x 1) + (tiempo en zona 2 x 2) + (tiempo en zona 3 x 3)

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

## MÉTODO TEAM TRIMP:

*Ecuación 4- Método iTRIMP*

Team TRIMP = Duración (min) x (HRex – HRrest) / (HRmax – HRrest) x 0.2053e<sup>3.5179</sup>

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

## MODELOS DEL ESFUERZO PERCIBIDO:

Según nos muestran Akubat et al., (2012) no se ha podido asegurar una gran asociación entre la acumulación de la CIE obtenida a través del EP general y la variación de la condición física en futbolistas. Otros estudios sobre deportistas de deportes de equipo parece que animan a pensar que este método de cuantificación de la CIE puede tener suficiente capacidad explicativa (Campo Vecino, 2005; Cuadrado-Reyes et al., 2012), para lo cual, ciertos estudios, especialmente en fútbol, nos muestran como la distinción del EP en EPrespiratorio y EPmuscular parece que nos genera información más relevante que únicamente el EP (Los Arcos et al., 2013, 2014; Yanci et al., 2014).

Pese a la alta correlación descrita entre el CIE basada en la FC y CIE basada en el EP en el entrenamiento del fútbol (Akubat et al., 2012; Alexiou & Coutts, 2008; Casamichana et al., 2013; Coutts et al., 2009; Fanchini et al., 2014; Impellizzeri et al., 2004; Scott et al., 2013) y en otros deportes (Campo Vecino, 2005; Cuadrado-Reyes et al., 2012), ninguno de estos estudios ha mostrado asociaciones significativas entre la variación de ciertos aspectos de la condición física en futbolistas y la CIE basada en el EP general. Por lo que de momento parece que no se puede afirmar que la CIE basada en el EP general sea una alternativa a la CIE basada en la FC.

Debido a la ausencia de correlación entre la CIE basada en el EP y la variación de la condición física, en gran parte provocado por la relevancia que tiene la fatiga muscular en el rendimiento físico en el fútbol, puede que la diferenciación del EP previamente mencionada aporte información más relevante. De aquí, señalaremos que el EP general únicamente tiene en cuenta las sensaciones de la totalidad del cuerpo, mientras que la valoración por separado del EPmuscular y EPrespiratorio nos haría una mención específica a la fatiga muscular (tirantez de los músculos) y a la fatiga respiratoria. De tal manera, que la separación del EP en relación a la fatiga muscular y respiratoria nos va a dar 2 valores diferentes de esfuerzo, que podrán ser relacionados con la variación de la condición física. Así se podrá comprobar y conocer el grado de asociación de cada uno de ellos con las diferentes cualidades físicas. Inicialmente, esta diferenciación del EP fue llevado a cabo por estos autores y colaboradores (Los Arcos et al., 2013, 2014; Yanci et al., 2014), pero a raíz de sus

investigaciones se ha ido extendiendo la diferenciación del EP en otros estudios (Gil-Rey, Lezaun, & Los Arcos 2015; Leceaga, Los Arcos, Alvira, & Yanci, 2017).

## MEDICIÓN Y VALORACIÓN DE LA CIE

En la valoración de la CIE la duración es fácilmente medible en minutos, no así la intensidad que puede ser medida por diferentes métodos. Estos pueden ser el EP, concentración de lactato en sangre, consumo de oxígeno o FC entre otros. Pero no todos estos son de fácil aplicación en el fútbol. Además, en la actualidad están apareciendo nuevos métodos como el GPS, pero su uso está restringido a los grandes clubs debido a su precio prohibitivo. Por lo que se precisa de herramientas de fácil aplicación y que no molesten o entorpezcan en demasía la rutina de entrenamientos.

Como ya hemos visto anteriormente, hay 2 métodos que son los más utilizados en la actualidad en el mundo del fútbol. Estos son la FC y el EP, uno de ellos objetivo y el otro subjetivo, respectivamente. Ambos destacan porque son métodos no invasivos, su fácil aplicación y posibilidad de utilizarlos a la vez con todos los jugadores. El uso del EP (Akubat et al., 2012; Algrøy et al., 2011; Casamichana et al., 2013; Coutts et al., 2009; Impellizzeri et al., 2004; Los Arcos et al., 2013, 2014; Los Arcos, Méndez-Villanueva, Yanci, & Martínez-Santos, 2016; Scott et al., 2013; Yanci et al., 2014) y la FC (Akubat et al., 2012; Alexiou & Coutts, 2008; Campos-Vázquez et al., 2015; Casamichana et al., 2013; Coutts et al., 2009; Impellizzeri et al., 2004; Los Arcos et al., 2014; Scott et al., 2013) ha sido muy utilizado en el mundo del fútbol. El primero de ellos mucho más barato y fácil ya que solo requiere de papel y bolígrafo, mientras que el segundo requiere de cierta inversión económica para adquirir pulsómetros u otros instrumentos de medición de la FC.

## LA FRECUENCIA CARDIACA:

La FC como ya hemos mencionada, es uno de los métodos más utilizados para valorar la intensidad del ejercicio en deportes de duración prolongada, entre los cuales se encuentra el fútbol. La FC está considerada como un método válido para cuantificar la CIE en el fútbol pese a las limitaciones que posee tanto específicas para el fútbol como genéricas. Sabemos que el uso de este método se ha basado y se basa en la conocida relación lineal entre la FC y el  $VO_2$  durante un amplio rango de trabajos submaximales de estado-estable. Aunque como ya se ha indicado anteriormente, la validez en el fútbol podría estar discutida debido a la naturaleza intermitente de este deporte, y al gran número de acciones de corta duración y altísima intensidad (por encima del  $VO_{2max}$ ), para las que este método de la FC tiene limitaciones para evaluar. Aún así, este método permite cuantificar la CIE a modo grupal e individual (Akubat et al., 2012; Impellizzeri et al., 2004).

En el apartado de métodos de la FC ya hemos hablado de las diferentes formas de llevar a cabo este control de la CIE. Si bien, mencionar que para llevarlos a cabo es necesario obtener una referencia que permita determinar la intensidad del ejercicio. Las más empleadas a partir de la FC han sido la FCreserva y el porcentaje de la FCmáxima.

Respecto a la primera de estas referencias es usada por el método impulso de entrenamiento (TRIMP) de Banister, que es uno de los métodos más conocidos y utilizados en el fútbol (Akubat et al., 2012; Alexiou & Coutts, 2008; Impellizzeri et al., 2004; Scott et al., 2013). Así, Akubat et al., (2012) nos muestran las deficiencias e inconvenientes ya indicadas de este método. Por lo que años después de la publicación del método original descrito por Banister (Banister, 1991), ese método de TRIMP sufre una serie de modificaciones (Manzi, Iellamo, Impellizzeri, D'ottavio, & Castagna, 2009). Este nuevo método que trata de corregir la arbitrariedad de los coeficientes basado en el TRIMP original es el iTRIMP (Manzi et al., 2009).

Otros métodos también muy habituales en la cuantificación de la CIE en fútbol son los que toman como referencia el porcentaje de la FCmáxima. Entre los distintos métodos basados en diferentes zonas de la FCmáxima divididas en porcentajes destaca el método de Edwards (Edwards, 1993). Su ecuación y división en zonas está comentado anteriormente. Este método ha sido muy utilizado en el ámbito futbolístico

(Alexiou & Coutts, 2008; Campos-Vázquez et al. 2015; Casamichana et al., 2013; Fanchini et al. 2014; Impellizzeri et al., 2004; Los Arcos et al., 2013; Scott et al., 2013). Mencionar también, que muy similar al método de Edwards nos encontramos el propuesto por Stagno y colaboradores originalmente para jugadores de hockey (Stagno, Thatcher, & Van Someren, 2007). Lo que hace en esta propuesta es variar los porcentajes de cada una de las zonas (65-71%, 72-78%, 79-85%, 86-92% y 93-100), así como también los valores del factor que se le asigna a cada una de ellas (1.25, 1.71, 2.54, 3.61 y 5.16). Su uso ha sido muy reducido en el entrenamiento de fútbol.

Independientemente del método utilizado, la utilización de la FC ha tenido una aceptación muy grande en el entrenamiento de fútbol para cuantificar la CIE. Pero es ya mencionado que a esta herramienta no tienen acceso todos los clubs ni preparadores físicos por su coste y que no se pueden utilizar los medidores de FC en partidos oficiales. Esto último es un gran inconveniente debido a que la intensidad del partido es la más alta de toda la semana de entrenamientos. Se puede intentar acercarse a esta intensidad del partido pero no se va a igualar. Así que, se perderá la mayor CIE de toda la semana (Alexiou & Coutts, 2008; Impellizzeri et al., 2004; Los Arcos et al., 2014).

## EL ESFUERZO PERCIBIDO:

Por lo mencionado en el apartado anterior de la FC, se requiere de un método alternativo y/o complementario a esta, que sea económicamente accesible, válido y que se pueda usar en la competición oficial. En el fútbol es muy necesario debido a la falta de eficacia de la FC en la valoración de ejercicios de muy alta intensidad y corta duración (Alexiou & Coutts, 2008). Así, la valoración de la CIE mediante el EP puede ser una solución a este problema. Ésta herramienta de control, ha sido utilizada con éxito en la monitorización del entrenamiento en fútbol (Akubat et al., 2012; Algrøy et al., 2011; Casamichana et al., 2013; Coutts et al., 2009; Impellizzeri et al., 2004; Los Arcos et al., 2013, 2014, 2016; Scott et al., 2013; Yanci et al., 2014).

Por ello, Carl Foster fue el primero en proponer un método de cuantificación de la CIE basado en el EP. Propuso el método Session RPE TL de Foster (Foster et al., 2001), en el que propone la cuantificación de la CIE mediante un sencillo cálculo: multiplicar el valor de RPE proporcionado por el deportista tras el entrenamiento, usando la escala de Borg-10 (Borg, 1998), por la duración total del entrenamiento (minutos). La aplicación de este método ha demostrado ser efectiva y sencilla, sin ningún coste económico y que se puede aplicar a un gran número de jugadores sin dificultad.

En la actualidad, se usan dos tipos de escalas, la propuesta por Foster (Foster et al., 2001) (Escala 3 en la página 23) y la propuesta por Borg (Borg, 1970) (Escala 2 en la página 21). La escala de 1 a 10 puntos de Foster es la más utilizada (Akubat et al., 2012; Algrøy et al., 2011; Campos-Vázquez et al., 2015; Impellizzeri et al., 2004; Fanchini et al., 2014; Los Arcos et al., 2013, 2014, 2016; Nogueira et al., 2014; Scott et al., 2013; Yanci et al. 2014) y la de 15 puntos que va de 6 a 21 de Borg es utilizada en algunos estudios (Brink et al., 2010; Gómez-Pirez et al., 2011). Ambas escalas son igualmente de válidas para la toma del EP del deportista. La escala de 15 puntos tiene estos valores ya que al multiplicar por 10 se obtiene un valor aproximado de la FC del deportista (Brink et al., 2010). Esta última consideración hay que cogerla con pinzas.

### Iniciación en el EP; Escalas, aportaciones e indicaciones de uso de Gunnar Borg:

Para entender el método que propone Foster hay que comprender el origen de la valoración subjetiva del esfuerzo, es decir, los trabajos de Gunnar Borg desde hace más de medio siglo (Borg, 1962). Lo que Borg buscaba era un método que fuese útil para determinar la capacidad de trabajo físico a partir de variables psicológicas. Además, estas percepciones individuales de cada sujeto eran comparables entre sí. Para ello llevó a cabo varios experimentos psicofísicos, sobre un cicloergómetro. Como era de esperar, los resultados muestran que a medida que aumenta el requerimiento físico se produce un incremento lineal del EP. A raíz de aquí, propuso una simple escala de valoración de 21 puntos, con la que ya se podía medir la intensidad de la percepción en relación a una referencia general. Esto le permitió realizar una comparación directa entre sujetos. Además de todo esto, también consiguió describir una alta correlación entre la FC y la intensidad del ejercicio a través de la comentada escala. De ahí pudo comprobar una alta correlación entre la FC y el EP. Con ello presentó la relación entre una medida fisiológica subjetiva (EP) y otra objetiva (FC) durante el ejercicio en cicloergómetro (Borg, 1962).

A raíz de lo expuesto por Borg, numerosos trabajos y estudios intentaron confirmar la validez de criterio entre el EP y diversas variables fisiológicas en distintas situaciones (Chen, Fan, & Moe, 2002). Chen y colaboradores nos muestran en su metanálisis que aunque la FC es fácil de medir y ha sido históricamente considerada como un buen indicador en general del esfuerzo físico, la evidencia que apoya a la FC como un buen indicador de percepción del esfuerzo no es consistente. Y que no presenta una relación más fuerte con el EP que otras medidas del esfuerzo físico como  $VO_2$ ,  $\%VO_{2max}$ , frecuencia respiratoria... A mayores, nos indica que los coeficientes de validez entre las puntuaciones del EP en la escala Borg RPE y las variables fisiológicas objetivas no son tan altas como se ha pensado convencionalmente. Muchos de estos resultados se deben a que las muestras de sujetos eran muy homogéneas, tendiendo a producir coeficientes de validez más bajos que las muestras que son más heterogéneas. Nos deja claro que para futuras investigaciones se requerirá de muestras de sujetos más grandes y heterogéneas.

Unos años más tarde de sus primeras publicaciones, el propio Gunnar Borg diseñó una nueva escala, esta fue la famosa y conocida escala RPE de 15 puntos, y volvió a mostrar su alta correlación entre el EP y la FC en ejercicio físico progresivo (Borg, 1970). En diversos estudios realizados en años posteriores, siguió demostrando la mencionada correlación entre la FC y el EP mediante el uso de ambas escalas que ha propuesto, la inicial de 21 puntos y la nueva escala RPE de 15 puntos (*Escala 2, en la página 21*). Por lo que nos muestra que el EP es un indicador válido de la intensidad del ejercicio en trabajos en cinta rodante o cicloergómetro.

Pero tanto el propio Borg en diversas publicaciones como Chen y colaboradores, nos muestran la existencia de múltiples factores que influyen en la respuesta psicofisiológica y por lo tanto en la relación entre el EP y la intensidad del ejercicio (Borg, 1962, 1970, 1998; Chen et al., 2002). Entre los múltiples factores que exponen destacan los siguientes: la variable fisiológica empleada en la asociación, el tipo de ejercicio físico, la edad, factores psicológicos, el género, las condiciones ambientales y la escala de valoración subjetiva empleada.

Respecto a lo anterior, el EP no correlaciona mejor con unas variables fisiológicas que con otras, aunque probablemente es la valoración respiratoria el mejor indicador del esfuerzo físico (Chen et al., 2012). La correlación entre la FC y el EP varía si la prueba se realiza sobre tapiz rodante, natación, cicloergómetro, etc. Y también si se trata de una prueba de carácter continuo, intermitente, progresivo, submáximo, etc. (Chen et al., 2012).

Borg muestra como parece que la correlación entre la FC y el EP es mayor en adultos que en adolescentes, y también es mayor en aquellos sujetos que poseen mayores conocimientos en matemáticas (Borg, 1998).

Mientras que Borg (1998) y Chen et al., (2012) muestran como las mujeres valoran el esfuerzo físico significativamente más alto que los hombres. Además, como es lógico, las correlaciones varían en función de la escala de valoración subjetiva empleada.

Por todo esto, la relación entre el EP y la intensidad del ejercicio no se debe generalizar. Para cada ejercicio físico, con demandas diferentes, se debería de comprobar. Así, numerosos estudios ya lo han constatado en el entrenamiento en el

fútbol (Akubat et al., 2012; Algrøy et al., 2011; Casamichana et al., 2013; Coutts et al., 2009; Impellizzeri et al., 2004; Los Arcos et al., 2013, 2014, 2016; Scott et al., 2013; Yanci et al., 2014).

Gunnar Borg en estudios previos también elaboró una escala de percepción del esfuerzo con una numeración simple del 0 al 10 con el fin de facilitar su uso y que se hiciera más fácil la puntuación en los valores más extremos. Esta escala es la CR10 de Borg (*Escala 1, en la página 21*). También decir que años más tarde esta escala sufrió una serie de modificaciones, en la que se incorporaron algunos números decimales y el valor 11 (Borg, 1998). Al igual que en las anterior escalas de Borg, se obtuvieron buenas correlaciones entre el EP y distintas variables fisiológicas objetivas y la intensidad del ejercicio.

Todas estas modificaciones que fue realizando Borg, fueron en búsqueda de una mayor precisión y ajuste entre el verdadero EP por los deportistas y el esfuerzo que declaraban al entrevistador. Para ello no solo se modificaron los números de las escalas, sino también los descriptores verbales.

6	Ningún Esfuerzo
7	
8	Extremadamente Ligero
9	Muy Ligero
10	
11	Ligero
12	
13	Algo Duro
14	
15	Duro
16	
17	Muy Duro
18	
19	Extremadamente Duro
20	Máximo Esfuerzo

*Escala 2- E. de Borg de 15 puntos (1970)*

0	Absolutamente Nada
0,3	
0,5	Extremadamente Débil
1	Muy Débil
1,5	
2	Débil
2,5	
3	Moderado
4	Algo Fuerte
5	Fuerte
6	
7	Muy Fuerte
8	
9	
10	Extremadamente Fuerte
11	Máximo Absoluto

*Escala 1- E. CR10 de Borg (1998)*

Además de todo esto, Borg (1998) planteó una estandarización del modo de empleo de estas escalas, para que realmente funcionen los beneficios de esta sencilla herramienta. Mencionar, que sus experimentos fueron llevados a cabo en test en laboratorio, pero la gran mayoría de sus indicaciones son extrapolables al deporte real, y en el caso que nos interesa, al fútbol.

Las instrucciones que plantea son aplicables tanto a la escala de 15 puntos como a la versión CR10 y a su modificación. Los deportistas deben de conocer porque es importante que se valore y recoja la intensidad del EP, para que así se lo tomen en serio y formen parte activa del proceso. No deben de escuchar ni de ver las puntuaciones del resto de compañeros en el caso de deporte colectivo, ya que lo que se quiere es una valoración individual y subjetiva. A poder ser, se debe de realizar la toma de datos siempre en las mismas condiciones. Y se le debe de presentar al deportista de manera fácil y sencilla, con la escala a la vista y previamente informado del significado de cada uno de los descriptores verbales (Borg, 1998).

Ya mencionada la importancia del conocimiento y formación de los deportistas, Borg (1998) nos muestra que tan importante es la formación de estos como de la persona responsable de la recogida de los datos. Por lo que es imprescindible llevar a cabo un periodo de familiarización previa por parte de ambos (Coutts et al., 2009). Así, una buena sintonía entre ellos va a generar que el deportista se exprese de manera más honrada, y que los datos sean válidos y fiables.

Comentado el trabajo que realizó Gunnar Borg, hay que resaltar que este utilizaba el EP para valorar la intensidad de un esfuerzo constante en un momento concreto del ejercicio físico (Borg, 1962,1970, 1998). Por lo tanto, como ya se ha comentado en los primeros párrafos de este apartado, fue Carl Foster el primero en proponer un método de cuantificación de la CIE, entendiendo al conjunto del entrenamiento como una unidad. Lo que buscaba era el EP por los jugadores de baloncesto respecto a la totalidad de la sesión y no sobre un ejercicio o momento concreto del entrenamiento (Foster et al., 2001). Así el concepto inicial de EP propuesto por Borg adquiere una dimensión distinta con Foster.

#### *Método y como calcular la CIE basada en el EP:*

Foster propuso el método Session RPE TL (Foster et al., 2001), basado en la escala CR10 de Borg (1998) a la que realiza una serie de modificaciones. Esta es la famosa escala 0-10 de Foster (2001), en la que varía tanto los valores numéricos como los descriptores semánticos (*Escala 3 en la página 23*). Hay que mencionar que mucha gente confunde estas dos escalas. Son muy similares pero con ciertas

diferencias, especialmente respecto de la última modificación de la escala CR10 realizada por Borg (1998). En la actualidad, cuando se habla de la escala de 10 puntos mayoritariamente se hace referencia a la escala de Foster (2001).

0	Recuperación
1	Sumamente Fácil
2	Fácil
3	Moderado
4	Algo Duro
5	Duro
6	
7	Muy Duro
8	
9	
10	Máximo

*Escala 3- E. 0-10 de Foster (2001)*

C.Foster propone que una vez calculado el EP del entrenamiento, este hay que multiplicarlo por la duración en minutos del mismo y se obtiene la CIE en unidades arbitrarias. Con lo que obtenemos la CIE basada en el EP general (Foster et al., 2001). Posteriormente, también comprueba la correlación entre la CIE basada en diferentes métodos de FC y la CIE basada en el EP. Los resultados que obtiene muestran que hay una alta concordancia entre ambas. No hay que olvidar, que el estudio lo llevó a cabo en jugadores de baloncesto (Foster et al., 2001). Y como se trata de un deporte mixto, al igual que el fútbol, numerosos investigadores se interesaron por las aportaciones de Foster pero aplicadas al mundo del fútbol. Por lo que en los años siguientes fueron saliendo numerosos estudios sobre la manera de cuantificar la CIE

en el fútbol (Akubat et al., 2012; Alexiou & Coutts, 2008; Algrøy et al., 2011; Casamichana et al., 2013; Coutts et al., 2009; Impellizzeri et al., 2004; Los Arcos et al., 2013, 2014, 2016; Scott et al., 2013; Yanci et al., 2014).

La mayor parte de estos estudios, fueron describiendo al igual que Foster una alta correlación entre la CIE basada en el EP y la CIE basada en la FC a través de diferentes métodos. Así, muestran correlaciones altas con el método Edwards y el método TRIMP de Banister (Akubat et al., 2012; Alexiou & Coutts, 2008; Campos-Vázquez et al., 2015; Casamichana et al., 2013; Impellizzeri et al., 2004; Los Arcos et al. 2013), con el porcentaje de la FC máxima (Coutts et al., 2009), con Stagno TRIMP (Campos-Vázquez et al., 2015), con i-TRIMP (Akubat et al., 2012) y también algunos con medidas de carga externa obtenidas con el GPS (Casamichana et al., 2013; Scott et al., 2013). Pero por el contrario, cabe mencionar que algunos autores describen que el EP no se correlaciona siempre con la FC, especialmente en altas intensidades (Campos-Vázquez et al., 2015).

No lo hemos mencionado todavía, pero a raíz de la publicación de Algrøy y colaboradores (Algrøy et al., 2011), más estudios han permitido añadir 0,5 puntos a los valores numéricos de la escala de Foster (Los Arcos et al., 2013, 2014; Yanci et al., 2014).

Es un método útil para el control de la CIE debido a su fácil uso y al no suponer ningún tipo de coste, que valora tanto el estrés físico como psicológico del deportista. Además es un indicador más fiable que otros como la FC 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 (Coutts et al., 2009; Impellizzeri et al., 2004). No obstante, en ocasiones la CIE basada en el EP 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).

#### *Cuando llevar a cabo la declaración de EP:*

En el método Session RPE TL de Foster (Foster et al., 2001) la recogida del EP de los jugadores se lleva a cabo a los 30 minutos de finalizar la sesión. Con esto, lo que pretendía era evitar que el último tramo de la sesión o último ejercicio

condicionasen la respuesta. Así hay numerosos estudios en fútbol que recogen el EP 30 minutos después de finalizar la sesión (Alexiou & Coutts, 2008; Casamichana et al., 2013; Campos-Vázquez et al., 2015; Coutts et al., 2009; Impellizzeri et al. 2004). Pero debido a la incomodidad que esto supone en el día a día de los entrenamientos varios autores han tratado de constatar si varía la declaración de EP por parte de los futbolistas si es recogido antes de los 30 minutos (Fanchini et al. 2014; Los Arcos et al., 2013,2014; Yanci et al., 2014).

Así, Fanchini et al., (2014) llevaron a cabo un estudio para comprobar si el EP por los futbolistas variaba si se declaraba nada más terminar la sesión o esperando 30 minutos, en función de la distribución de los ejercicios de alta intensidad dentro de la sesión. De este modo, Fanchini y colaboradores llegaron a la conclusión que no existían diferencias significativas entre recoger el EP de los futbolistas al final de la sesión o 30 minutos después. Por lo que, los resultados de este estudio muestran que los preparadores físicos y entrenadores pueden diseñar sesiones de entrenamiento sin una preocupación desmedida sobre el efecto de la distribución de los ejercicios intensos en diferentes momentos a lo largo de la sesión. Además, esto es mucho más práctico tanto para el fútbol como para otros deportes, ya que no requiere la necesidad de esperar 30 minutos para la recogida del EP en la sesión (Fanchini et al., 2014).

Por las mismas fechas, Los Arcos et al., (2013, 2014), llevaron a cabo estudios para comprobar la concordancia entre la declaración del EP en futbolistas 10 minutos después de la sesión o 30 minutos. Era necesario validar el uso de la escala de Foster (Foster et al., 2001) a los 10 minutos de finalizar la sesión. Esto era necesario debido a que Fanchini y colaboradores compararon nada más terminar la sesión y la propuesta originaria de Foster, además de que fueron variando la distribución de las cargas dentro de la sesión. Así, lo que llevaron a cabo Los Arcos y colaboradores (2013, 2014) fue interrogar en 2 ocasiones a los jugadores después de una misma sesión de entrenamiento durante un periodo de 6 semanas. Se les preguntó a los 10 minutos de finalizar la sesión y la segunda declaración una vez transcurridos 20 minutos desde la primera. El interrogador fue siempre el mismo, en las mismas condiciones y la respuesta “lo mismo que antes” estaba vetada. Mencionar que en este estudio no solo preguntaban por el EP general sino también por la diferenciación entre EPrespiratorio y EPmuscular. Los resultados que obtuvieron les permitieron afirmar que la declaración del esfuerzo de una sesión a los 10 minutos de finalizar es

equivalente a la realizada a los 30 minutos. Por lo que es válido el uso de la escala de Foster (Foster et al., 2001) a los 10 minutos tras finalizar la sesión en futbolistas.

### *Diferenciación entre EPrespiratorio y EPmuscular:*

Como ya hemos comentado, en los últimos años hay una tendencia de dividir el EP general en EPrespiratorio y EPmuscular (Los Arcos et al., 2013, 2014, 2016; Yanci et al., 2014). Estos autores consideraron que la separación del EP general en aspectos musculares y respiratorios iba a ser beneficioso e iba a aportar información más relevante, especialmente para el fútbol debido a su condición de deporte de esfuerzos intermitentes y mixtos.

En estos estudios, la estructura de utilización del EP es la misma que la comentada por Foster (2001). Utilizaban la escala de 10 puntos para las 2 diferenciaciones de EP, pero se podía añadir 0,5 puntos más a los valores numéricos de Foster (Algrøy et al., 2011). Siguiendo el modelo de Foster (2001), una vez que ya tenían los EP, se multiplicaban por la duración de la sesión en minutos y así, se obtenía la CIE basada en EPrespiratorio y la CIE basada en EPmuscular, ambas dos en unidades arbitrarias (Los Arcos et al., 2013, 2014, 2016; Yanci et al., 2014).

Ya se había comprobado tanto la validez como la correlación positiva entre la CIE basada en el EP general y la CIE basada en la FC a través de diferentes métodos. Esto fue llevado a cabo en numerosos estudios realizados en fútbol (Akubat et al., 2012; Alexiou & Coutts, 2008; Algrøy et al., 2011; Casamichana et al., 2013; Coutts et al., 2009; Impellizzeri et al., 2004; Scott et al., 2013). Pero nadie había llevado a cabo esta misma comparación para la división de EP en muscular y respiratorio. Por lo que en estos estudios (Los Arcos et al., 2013, 2014; Yanci et al., 2014), sí se buscó si existía esa asociación entre CIE de FC (utilizando el método de Edwards) y CIE de EPrespiratorio y EPmuscular. Tras los resultados de estos se puede afirmar que existe una alta correlación entre la CIE basada en la FC, la CIE basada en el EP general, la CIE basada en el EPrespiratorio y la CIE basada en el EPmuscular (Los Arcos et al., 2013, 2014, 2016; Yanci et al., 2014).

Mencionar que a pesar de la anterior correlación positiva, se han encontrado diferencias significativas entre la CIE basada en el EPrespiratorio y EPmuscular

durante las distintas semanas de entrenamiento, diferentes tipos de entrenamiento y diferente distribución de los entrenamientos a lo largo de la semana (Los Arcos et al., 2013). También se ha visto como después de un partido oficial, es significativamente más alto la CIE basada en el EPmuscular que el EPrespiratorio. Por lo que al final de un partido, los jugadores tienen una percepción subjetiva mayor de tensión y fatiga muscular que a nivel central/respiratorio. Así, la fatiga en las piernas se convierte en el factor más limitante del rendimiento a partir del minuto 70 de partido, ya que los jugadores que juegan menos de 70 minutos, parecen tener valores similares de fatiga muscular y respiratoria. En cambio los jugadores que juegan menos de 45 minutos, presentan mayor percepción subjetiva a nivel respiratorio (Los Arcos et al., 2014, 2016).

Como hemos visto, esta diferenciación del EP parece ser adecuada en el fútbol. Una de las razones es que parece ser que un alto EPmuscular, así como una excesiva acumulación de volumen de entrenamiento (tiempo) pueden disminuir la mejora o reducir el rendimiento en varias variables de la condición físicas que son consideradas relevantes para el rendimiento futbolístico (Los Arcos, Martínez-Santos, Yanci, Mendiguchia, & Méndez-Villanueva, 2015).

A raíz de estos estudios, esta corriente de diferenciación del EP general en respiratorio y muscular se está llevando a cabo en más estudios (Gil-Rey et al., 2015; Leceaga et al., 2017).

#### Asociación entre el RPE de los entrenadores y el de los jugadores:

Mucho hemos hablado hasta ahora de las correlaciones entre la CIE basada en el EP general, las CIE basada en el EPrespiratorio y EPmuscular, la CIE basada en la FC, e incluso a través de medidas de carga externa obtenidas con el GPS. Pero nada hemos hablado hasta el momento de la asociación y correlación entre el EP declarado por los jugadores y por los entrenadores.

No son muchos los estudios hasta la fecha que han investigado la relación entre el EP declarado por los deportistas y por los entrenadores. Los primeros que se llevaron a cabo fueron en deportes individuales (Foster et al., 2001; Murphy et al., 2014; Stewart, & Hopkins, 1997; Viveiros et al., 2011; Wallace et al., 2009) y

posteriormente en deportes colectivos (Brink et al., 2014; Campo Vecino, 2005; Cuadrado-Reyes et al., 2012; Nogueira et al., 2014).

Los primeros estudios fueron en nadadores, donde se mostró una relación muy débil entre el EP por los entrenadores y por los nadadores (Stewart, & Hopkins, 1997). También en nadadores años más tarde, se presentó que atletas bien entrenados declaraban un EP mayor que los entrenadores tanto para sesiones de alta intensidad como para las de baja intensidad, es decir, que los entrenadores subestimaban la intensidad de la sesión respecto a los nadadores (Wallace et al., 2009). Pero es cierto que en este último estudio (Wallace et al., 2009) no se encuentran diferencias significativas entre el EP por entrenadores y nadadores durante sesiones diseñadas para ser fáciles, moderadas y difíciles. Pero, atendiendo a investigaciones previas (Foster et al., 2001), los resultados actuales muestran una tendencia de los deportistas a informar intensidades de entrenamiento (EP) más altas en comparación con los entrenadores durante las sesiones diseñadas para ser de baja intensidad y más bajas intensidades de entrenamiento en comparación con los entrenadores durante sesiones diseñadas para ser de alta intensidad. Esto puede ser una causa de adaptaciones incorrectas o de incluso sobreentrenamiento en atletas (Foster et al., 2001). Este estudio fue llevado a cabo por entrenadores profesionales y corredores universitarios.

Esta diferencia también ha sido confirmada por otros artículos de deportes individuales Viveiros et al., (2011) en judo y Murphy et al., (2014) en tenis.

Esta débil correlación entre el EP declarado por los deportistas y la intensidad de entrenamiento planificada y prevista por los entrenadores también fue observada durante toda una temporada en el fútbol (Brink et al., 2014), voleibol (Noguera et al., 2014), baloncesto (Campo Vecino, 2005) y balonmano (Cuadrado-Reyes et al., 2012). Brink et al., (2014), además de lo anterior, demuestran que la correlación entre el EP en deportistas y el EP en entrenadores parece ser menor en deportes de equipo en comparación con deportes individuales (Foster et al., 2001; Murphy et al., 2014; Stewart, & Hopkins, 1997; Viveiros et al., 2011; Wallace et al., 2009). Esto parece ser lógico debido a la dificultad de los entrenadores para planificar y controlar la intensidad de los entrenamientos para grupos en lugar de individuos.

Este estudio de Brink et al., (2014) fue llevado a cabo en futbolistas juveniles de entre 17 y 19 años. Así, los juveniles de 1º año (17 años) percibieron las sesiones de entrenamiento más duras que los juveniles más mayores. Además, a diferencia de los estudios de deportes individuales, en este estudio los jugadores también percibieron las sesiones diseñadas para intensidad intermedia como más duras que los entrenadores (Brink et al., 2014). Este fenómeno puede ser explicado a que el fútbol es un deporte colectivo y el entrenador solo puede seleccionar a 11 jugadores para iniciar y otros 3 más para realizar cambios. Entonces los jugadores tienen que rendir al máximo para mostrar al entrenador que están en mejor forma y poseen mejores cualidades que los otros compañeros. En cuanto a la subestimación por parte de los jugadores en las sesiones de alta intensidad, puede ser debida a que estos pueden esconderse dentro de los ejercicios grupales.

Por todo lo comentado en este apartado, una falta de coincidencia en la intensidad de entrenamiento percibida entre los deportistas y el entrenador tiene implicaciones importantes para el entrenamiento de los atletas. Con el entrenamiento se espera que los deportistas mejoren sus capacidades, condiciones físicas y técnicas, es decir, que mejoren su rendimiento. Esto se consigue con una buena combinación entre carga de entrenamiento y recuperación. Sin embargo, cuando los deportistas entrenan más duro durante las sesiones planificadas como fáciles o de recuperación, es posible que no se recuperen y no tengan una buena adaptación a los estímulos de entrenamiento previamente realizados. Por el contrario, si los deportistas no rinden al máximo en las sesiones planificadas como difíciles previamente, los estímulos de entrenamiento pueden no ser suficientes para generar adaptaciones y conseguir romper con el equilibrio (búsqueda de la supercompensación). Esto acaba generando un patrón de entrenamiento muy monótono, que aumenta el riesgo de sobreentrenamiento y lesiones. Por lo que los resultados anteriores nos muestran que un control deficiente de la carga de entrenamiento puede generar en los deportistas un mayor riesgo de entrenamiento desadaptativo.

### Inconvenientes:

No obstante, también presenta una serie de inconvenientes. Se trata de un método de control de la CIE subjetivo, de tal manera que aunque sea un método de control de la CIE válido, debe ser utilizado conjuntamente a otros métodos de control más objetivos. Generalmente este suele ser la FC, como ya hemos indicado anteriormente. Requiere un proceso de familiarización y aprendizaje por parte de los deportistas y cuerpo técnico y depende de diferentes factores como los psicológicos, ambientales, género, edad y fisiológicos que pueden influir en el deportista (Borg, 1962,1970, 1998; Brink et al., 2010; Chen et al., 2002; Coutts et al., 2009, Impellizzeri et al., 2004).

Muchas personas se piensan que con este método de control de la CIE controlamos el nivel de fatiga o de recuperación de los deportistas, y esto no es así. Por ello, es bueno acompañar a la CIE basada en el EP con la escala de la calidad total de la recuperación (TQR) (Escala 4 en la página 30). Este es un método de control de la recuperación de los deportistas que es necesario tener en cuenta junto al método de control de la CIE, 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 va desde 6 a 20 puntos 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).

Puntuación de recuperación (TQR)	
6	
7	Muy, muy poco recuperado
8	
9	Muy poco recuperado
10	
11	Poco recuperado
12	
13	Moderadamente recuperado
14	
15	Bien recuperado
16	
17	Muy bien recuperado
18	
19	Muy, muy bien recuperado
20	Excepcionalmente recuperado

*Escala 4- E. de Recuperación Total TQR*

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De todo lo que he podido leer durante estos años de la carrera, pero especialmente en este último año para la preparación exclusiva del TFG, he llegado a las siguientes conclusiones:

- La cuantificación de la carga de entrenamiento en el fútbol, así como en otros deportes, es esencial para un correcto control del proceso de entrenamiento, para conseguir mejorar el rendimiento y prevenir la aparición de lesiones, desadaptaciones o sobreentrenamiento. Así, la información que se obtiene de manera directa del proceso de monitorización de las respuestas fisiológicas y físicas individuales, que se dan en la competición o al entrenamiento, es necesaria para poder controlar la carga de entrenamiento.
- La FC es la forma más utilizada para cuantificar la CIE en el fútbol, existiendo diferentes métodos como el porcentaje de FC máxima, el porcentaje de FC reserva, Banister TRIMP, Edwards e iTRIMP. Los pulsómetros nos dan una serie de datos con información muy valiosa, aunque debido a su coste económico no están al acceso de todos los clubes, ni poseen de personal con tiempo suficiente y formación para tratar esos datos.
- De lo anterior surge la necesidad de la búsqueda de un método más económico, accesible y válido para el control de la CIE. Este es el RPE, método subjetivo muy utilizado en el fútbol que valora el estrés físico y psicológico. Es muy útil su utilización cuando en el entrenamiento o deporte se involucra simultáneamente tanto al sistema aeróbico como el anaeróbico. Utilizado por la gran mayoría conjuntamente con la FC.
- La correlaciones entre el control de la CIE derivado de la FC y el control de la CIE derivado del EP general, parecen ser elevadas ante entrenamientos con mayor carga aeróbica y correlaciones más bajas ante ejercicios con alta intensidad y corta duración.
- Hay que tener especial precaución al utilizar dichas medidas de intensidad/carga del ejercicio derivadas de la FC o RPE en el entrenamiento de fútbol de forma intercambiable, es decir, no son intercambiables aunque ambos correlacionen altamente. Esto se debe a la magnitud variable de la relación entre ambas mencionada anteriormente.

- Por lo que queda claro es que el tipo de sesión tiene influencia en la relación entre los marcadores de intensidad de la CIE derivada del EP y de la FC.
- Pero como hemos visto, la FC parece tener limitaciones para medir esfuerzos intermitentes, que son los prioritarios en el fútbol. Por lo que igual se debería de replantear si es correcto el uso de la FC como valor “estándar” para validar otras herramientas.
- Es válida la diferenciación de la CIE basada en el EP muscular y en el EP respiratorio. De hecho, parece aportar más información y más relevante que el EP general en el fútbol. Esta diferenciación, nos va a permitir explicar de manera parcial la variación en la condición física. Algo que no es capaz de hacer el EP general.
- Esta diferenciación ha aportado una mayor concreción en la valoración del esfuerzo y una mayor capacidad explicativa de la herramienta en el entrenamiento del fútbol.
- Parece no haber diferencias entre declarar el esfuerzo percibido 10 minutos después de acabar la sesión o a los 30 minutos después de acabar la sesión que eran los recomendados originalmente para declarar el EP. Esto facilita mucho la recogida de los datos en el fútbol y en deportes de similares características.
- Existen diferencias significativas entre el plan de entrenamiento diseñado por los entrenadores y el ejecutado por los deportistas. Así, los resultados actuales muestran una tendencia de los deportistas a informar intensidades de entrenamiento (EP) más altas en comparación con los entrenadores durante las sesiones diseñadas para ser de baja intensidad y más bajas intensidades de entrenamiento en comparación con los entrenadores durante sesiones diseñadas para ser de alta intensidad. Estas diferencias se dan tanto en deportes individuales como colectivos, pero es cierto que parecen ser más pronunciadas en deportes colectivos como el fútbol. Por lo que es necesario conseguir una mayor paridad en la declaración de EP por parte de entrenadores y jugadores para reducir el riesgo de sobreentrenamiento y lesiones, y conseguir un entrenamiento adaptativo que permita conseguir una mejora en el rendimiento.
- Por todo lo anterior, el EP, especialmente si lo diferenciamos en EP muscular y EP respiratorio, es una herramienta para el control de la CIE válida, fiable,

fácil de utilizar y económica. Pero requiere de un proceso de familiarización, tanto por parte del entrevistador como por parte de los deportistas, y está condicionado por numerosos factores fisiológicos, psicológicos, sociales o ambientales.

## REFERENCIAS

- Akubat, I., Patel, E., Barrett, S., & 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.
- Alexiou, H., & 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.
- Algrøy, E. A., Hetlelid, K. J., Seiler, S., & Pedersen, J. I. S. (2011). Quantifying training intensity distribution in a group of Norwegian professional soccer players. *International Journal of sports physiology and performance*, 6(1), 70-81.
- Andrade Nogueira, F. C. D., Nogueira, R. A., Coimbra, D. R., Miloski, B., Freitas, V. H. D., & Bara Filho, M. (2014). Internal training load: perception of volleyball coaches and athletes. *Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano*, 16(6), 638-647.
- Banister, E. W. (1991). Modeling elite athletic performance. In *Physiological testing of elite athletes* (pp. 403–424). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Borg, G. (1970). Perceived exertion as an indicator of somatic stress. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, 2(2), 92–98.
- Borg, G. (1998). *Borg's Perceived Exertion and pain scales*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Borg, G. A. (1962). Physical performance and perceived exertion.
- Brink, M. S., Frencken, W. G., Jordet, G., & Lemmink, K. A. (2014). Coaches' and players' perceptions of training dose: not a perfect match. *International journal of sports physiology and performance*, 9(3), 497-502.
- Brink, M. S., Nederhof, E., Visscher, C., Schmikli, S. L., & Lemmink, K. A. (2010). Monitoring load, recovery, and performance in young elite soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(3), 597-603.

- Campos-Vázquez, M. A., Mendez-Villanueva, A., Gonzalez-Jurado, J. A., León-Prados, J. A., Santalla, A., & Suarez-Arrones, L. (2015). Relationships between rating-of-perceived-exertion-and heart-rate-derived internal training load in professional soccer players: a comparison of on-field integrated training sessions. *International journal of sports physiology and performance*, 10(5), 587-592.
- Casamichana, D., Castellano, J., Calleja-Gonzalez, J., San Román, J., & Castagna, C. (2013). Relationship between indicators of training load in soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(2), 369-374.
- Chen, M. J., Fan, X., & Moe, S. T. (2002). Criterion-related validity of the Borg ratings of perceived exertion scale in healthy individuals: a meta-analysis. *Journal of sports sciences*, 20(11), 873-899.
- Coutts, A. J., Rampinini, E., Marcora, S. M., Castagna, C., & Impellizzeri, F. M. (2009). 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.
- Cuadrado-Reyes, J., Chiroso Ríos, L. J., Chiroso Ríos, I. J., Martín-Tamayo, I., & Aguilar-Martínez, D. (2012). La percepción subjetiva del esfuerzo para el control de la carga de entrenamiento en una temporada en un equipo de balonmano. *Revista de psicología del deporte*, 21(2).
- del Campo Vecino, J. (2005). La intensidad del entrenamiento en jugadores de baloncesto medida a través de la percepción del esfuerzo y la fatiga (Doctoral dissertation, Universidad Politécnica de Madrid).
- Edwards, S. (1993). High performance training and racing. In *The heart rate monitor book* (pp. 113–123). Sacramento, CA: Feet Fleet Press.
- Fanchini, M., Ghielmetti, R., Coutts, A. J., Schena, F., & Impellizzeri, F. M. (2015). Effect of training-session intensity distribution on session rating of perceived exertion in soccer players. *International journal of sports physiology and performance*, 10(4), 426-430.

- Foster, C., Florhaug, J. A., Franklin, J., Gottschall, L., Hrovatin, L. A., Parker, S., ... & Dodge, C. (2001). A new approach to monitoring exercise training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 15(1), 109-115.
- Foster, J. P., Carl, H., Kara, M., Esten, P. L., & Brice, G. (2001). Differences in perceptions of training by coaches and athletes. *South African Journal of Sports Medicine*, 8(2), 3-7.
- Gil-Rey, E., Lezaun, A., & Los Arcos, A. (2015). Quantification of the perceived training load and its relationship with changes in physical fitness performance in junior soccer players. *Journal of sports sciences*, 33(20), 2125-2132.
- Gómez-Piriz, P. T., Jiménez-Reyes, P., & Ruiz-Ruiz, C. (2011). Relation between total body load and session rating of perceived exertion in professional soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(8), 2100-2103.
- Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., Coutts, A. J., Sassi, A. L. D. O., & Marcora, S. M. (2004). Use of RPE-based training load in soccer. *Medicine & Science in sports & exercise*, 36(6), 1042-1047.
- Irigoyen, J. Y., García Huerta, A., Castillo Alvira, D., Rivero Benito, L. Á., & Los Arcos Larumbe, A. (2014). Evaluación y relación entre distintos parámetros de condición física en futbolistas semi profesionales. *Retos. Nuevas Tendencias En Educación Física, Deporte y Recreación*, (26), 114-117.
- Larumbe, A. L. A. (2014). Control y evaluación de la carga de entrenamiento para la preparación física de jóvenes futbolistas profesionales (Doctoral dissertation, Universidad del País Vasco-Euskal Herriko Unibertsitatea).
- Larumbe, A. L. A., Rey, E. G., Izcue, I., & Irigoyen, J. Y. (2013). Monitoring training load in young professional soccer players. *AGON*, 3(3), 13-21.
- Leceaga, J., Los Arcos, A., Alvira, D. C., & Yanci, J. (2017). INFLUENCIA DEL VOLUMEN DE ENTRENAMIENTO PLIOMÉTRICO EN LA CARGA PERCIBIDA DIFERENCIADA DE FUTBOLISTAS DE ALTO NIVEL. *Pensar en Movimiento: Revista de Ciencias del Ejercicio y la Salud*, 15(2), 27664.

- Los Arcos, A., Martínez-Santos, R., Yanci, J., Mendiguchia, J., & Méndez-Villanueva, A. (2015). Negative associations between perceived training load, volume and changes in physical fitness in professional soccer players. *Journal of sports science & medicine*, 14(2), 394.
- Los Arcos, A., Méndez-Villanueva, A., Yanci, J., & Martínez-Santos, R. (2016). Respiratory and muscular perceived exertion during official games in professional soccer players. *International journal of sports physiology and performance*, 11(3), 301-304.
- Los Arcos, A., Yanci, J., Mendiguchia, J., & Gorostiaga, E. M. (2014). Rating of muscular and respiratory perceived exertion in professional soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(11), 3280-3288.
- Manzi, V., Iellamo, F., Impellizzeri, F., D'ottavio, S., & Castagna, C. (2009). Relation between individualized training impulses and performance in distance runners. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 41(11), 2090-2096.
- Medina, J. Á., & Lorente, V. M. (2016). Comparación entre las cargas planificadas y ejecutadas en el entrenamiento de fútbol sala: la doble escala. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, (29), 48-52.
- Murphy, A. P., Duffield, R., Kellett, A., & Reid, M. (2014). Comparison of athlete-coach perceptions of internal and external load markers for elite junior tennis training. *International journal of sports physiology and performance*, 9(5), 751-756.
- Scott, B. R., Lockie, R. G., Knight, T. J., Clark, A. C., & 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.
- Stagno, K. M., Thatcher, R., & Van Someren, K. A. (2007). A modified TRIMP to quantify the in-season training load of team sport players. *Journal of Sports Sciences*, 25(6), 629-634.

- Stewart, A. M., & Hopkins, W. G. (1997). Swimmers' compliance with training prescription. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29(10), 1389-1392.
- Viveiros, L., Costa, E. C., Moreira, A., Nakamura, F. Y., & Aoki, M. S. (2011). Training load monitoring in judo: comparison between the training load intensity planned by the coach and the intensity experienced by the athlete. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 17(4), 266-269.
- Wallace, L. K., Slattery, K. M., & Coutts, A. J. (2009). The ecological validity and application of the session-RPE method for quantifying training loads in swimming. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(1), 33-38.