

Análisis de la relación entre el Yo-Yo Test y el consumo máximo de oxígeno en jóvenes jugadores de fútbol

Analysis of the relationship between Yo-Yo Test and maximum oxygen uptake in young football players

David Sánchez-Oliva¹, Alfredo Santalla³, José M. Candela², Francisco M. Leo⁴ y Tomás García-Calvo¹

1. Facultad de Ciencias del Deporte. Universidad de Extremadura
2. Club Deportivo Diocesano. Cáceres
3. Facultad del Deporte. Universidad Pablo de Olavide. Sevilla
4. Facultad de Actividad Física y Ciencias del Deporte. Universidad Católica San Antonio. Murcia

Resumen

El presente trabajo tenía como objetivo evaluar la validez del Yo-Yo Test Nivel 1 para estimar el consumo máximo de oxígeno en jugadores de fútbol. Los participantes fueron 15 jugadores fútbol de género masculino, con edades comprendidas entre los 17 y los 19 años ($M = 17,9$; $DT = 0,67$), los cuales realizaron una prueba de esfuerzo progresiva hasta la extenuación y el Yo-Yo Test Nivel 1. Los resultados indicaron diferencias significativas en los valores obtenidos de manera directa e indirecta, siendo los valores inferiores en el consumo de oxígeno estimado con el To-Yo Test. Además, el rendimiento obtenido en el Yo-Yo Test no se relacionó con el consumo máximo de oxígeno relativo al peso en laboratorio, lo que indica que el Yo-Yo Test Nivel 1, a través de la fórmula expuesta por Bangsbo, Iaia, y Krstrup (2008), no es una prueba válida para estimar el consumo máximo de oxígeno en jóvenes jugadores de fútbol.

Palabras clave: consumo de oxígeno; ejercicio intermitente; potencia aeróbica; jóvenes futbolistas.

Abstract

This work aimed to examine the validity of the Yo-Yo Endurance Test Level 1 to estimate the maximum oxygen uptake in football players. Participants were 15 male football players, ranging in age from 17 to 19 years old ($M = 17,9$; $DT = 0,67$), who developed a laboratory test until exhaustion and Yo-Yo Test Level 1. Results showed significant differences in the values directly and indirectly obtained, being the values lower in the oxygen uptake estimated with Yo-Yo Test. Furthermore, Yo-Yo Test performance was not related with maximum oxygen uptake relative to weight on laboratory, showing that Yo-Yo Endurance Test Level 1, through the equation described by Bangsbo, Iaia, and Krstrup (2008) is not a valid test to estimate maximum oxygen uptake in young football players.

Palabras clave: oxygen intake; intermittent exercise; aerobic power; young football players.

Correspondencia/correspondence: David Sánchez-Oliva
Facultad de Ciencias del Deporte. Universidad de Extremadura. España
Email: davidsanchez@unex.es

El fútbol es un deporte que requiere de un buen desarrollo físico para obtener el máximo rendimiento (Bangsbo, Nørregaard, y Thorsøe, 1991; Mohr, Krustup, Bangsbo, y Match, 2003; Stølen, Chamari, Castagna, y Wisløff, 2005). Concretamente, es una modalidad cuya competición se caracteriza por ser intermitente y de alta intensidad, y por lo tanto, requiere de buenos niveles de rendimiento aeróbico y anaeróbico (Bangsbo, Mohr, y Krustup, 2006; Castagna, Manzi, Impellizzeri, Weston, y Barbero, 2010). Además, es un deporte multicomponente, caracterizado por acciones variadas, como sprints, saltos, cambios de dirección, entradas, etc., destacándose también la fuerza y la potencia muscular como determinantes del rendimiento en los jugadores de fútbol (Bangsbo y col., 2006; Castagna y col., 2010).

Por esto, diferentes estudios han tratado de analizar las demandas fisiológicas de la competición en el fútbol, comprobando la importancia para el rendimiento de parámetros como el porcentaje de la frecuencia cardíaca (Castagna y col., 2010), la potencia aeróbica máxima (Castagna, Impellizzeri, Belardinelli, Abt, Coutts, Chamari, y D'Ottavio, 2006) o la distancia recorrida a alta intensidad (Krustup, Mohr, Ellingsgaard, y Bangsbo, 2005; Stølen y col., 2005). Así, la capacidad para poder realizar esfuerzos repetidos e intermitente de alta intensidad a lo largo de un partido parece ser un claro determinante del rendimiento en fútbol (Castagna y col., 2010; Krustup, Mohr, Amstrup, Rysgaard, Johansen, Steensberg, Pedersen, y Bangsbo 2003; Krustup, Mohr, Ellingsgaard, y Bangsbo, 2005; Mohr, Krustup, y Bangsbo, 2005). Por ello, las últimas tendencias en la preparación física del fútbol se centran en la propuesta de estrategias de entrenamiento para controlar y mejorar la capacidad de los jugadores para realizar actividades de alta intensidad durante el partido (Impellizzeri, Marcora, Castagna, Reilly, Sassi, Iaia, y Rampinini, 2006; Rampinini, Bishop, Marcora, Ferrari, Sassi, y Impellizzeri, 2007).

Estos cambios en las necesidades de preparación física han modificado la investigación en fútbol en los últimos años. Tradicionalmente, se ha descrito el perfil fisiológico, biomecánico y antropométrico del futbolista mediante la valoración en laboratorio (Bangsbo, 1994). Para la caracterización de la capacidad/potencia aeróbica, lo más habitual ha sido la determinación del Consumo Máximo de Oxígeno (VO_2max) a través de tests incrementales (en rampa o escalonados). Los protocolos en rampa permiten hallar los umbrales ventilatorios (VT_1 y VT_2), mientras que los escalonados son más útiles para determinar los umbrales mediante la concentración sanguínea de lactato (OPLA y OBLA). Del mismo modo, se ha descrito la exigencia de la competición/entrenamiento combinando estos resultados con los obtenidos en campo. Así, son muchos los estudios que cuantifican la intensidad del ejercicio mediante la frecuencia cardíaca o lactato en campo, basándose en las relaciones FC/VO_2 o lactato/ VO_2 obtenidas en laboratorio (Bangsbo y col., 2006). Por el contrario, para la caracterización de la capacidad anaeróbica, se han utilizado tests aislados en laboratorio como el test de Wingate (WT) en cicloergómetro (Pantelis, 2011; Ünal, Sahinkaya, Namarasli, y Akkaya, 2005) o los Repeat Sprint Ability (RSA) en tapiz (Chaouachi, Manzi, Wong, Chaalali, Laurencelle, Chamari, y Castagna, 2010; Wragg, Maxwell, y Doust, 2000); y test de saltos en plataforma de fuerzas, como los de salto vertical (SJ), salto con contramovimiento (CMJ) o saltos repetidos (RJ) (Chamari, Chaouachi, Hambli, Kaouech, Wisloff, y Castagna, 2008; Malliou, Ispiridis, Beneka, Taxildaris, y Godolias, 2003).

Aún siendo muy útiles, la valoración de estos parámetros en laboratorio han planteado varias limitaciones (Ramos, Segovia, y López-Silvarrey, 2009). Por un lado, al ser pruebas de laboratorio, requieren personal e instrumental especializado, por lo que los costes económicos son elevados. Además, al ser pruebas específicas para cada capacidad (aeróbica y

anaeróbica), estas pruebas exigen días de valoración diferentes en el intento de que la fatiga de uno de los test no contamine los resultados del otro. Esto, unido a que son pruebas individuales, hacen que el coste temporal para valorar a toda una plantilla de fútbol sea también importante. Por otro lado, estas pruebas de laboratorio valoran el grado de desarrollo y la utilización de los sistemas energéticos (aeróbico y anaeróbico) por separado. Esto hace que no reproduzcan las exigencias metabólicas (aeróbicas y anaeróbicas) de forma conjunta y/o alternada de la misma manera que ocurren en la competición. Dado que la utilización del metabolismo anaeróbico está condicionada por el grado de actividad aeróbica (al utilizarse conjuntamente), y dado que el desarrollo del metabolismo aeróbico influye en la capacidad de reutilizar el anaeróbico (resíntesis de fosfocreatina, oxidación de lactato, etc.), este aspecto puede ser una limitación importante (Castagna y col., 2010).

Por estas razones, en los últimos años se han diseñado una serie de tests de campo, cuyo uso ha ido extendiéndose por entrenadores y preparadores físicos en la evaluación del rendimiento fisiológico de los jugadores de fútbol, con el objetivo de que sean específicos en este deporte (reproduciendo las exigencias reales de su competición), y que permitan valorar las capacidades físicas determinantes en un partido de fútbol. Por ello, aunque los tests más utilizados por entrenadores y preparados físicos eran el Test de ida y vuelta de 20m (20MSRT) (Lemmink, Verheijen, y Visscher, 2004; Ramsbottom, Brewer, y Williams, 1988) y el Test Multiestación de condición física (MSFT) (Boreham, Palikzka, y Nichols, 1990; Lemmink y col., 2004), en los últimos años la gran mayoría de estudios y aplicaciones prácticas desarrolladas con jugadores de fútbol han utilizado el Yo-Yo Test (Yo-Yo Intermittent Endurance Test: YYIET) (Bangsbo, Iaia, y Krstrup, 2008).

El Yo-Yo Test (Krstrup y col., 2003, 2006) fue creado específicamente con el objetivo de evaluar el rendimiento de los deportistas ante esfuerzos intermitentes de alta intensidad, y ha sido extensamente utilizado por científicos y entrenadores en la evaluación de la resistencia cardiorrespiratoria de los jugadores de fútbol (Bangsbo y col., 2008). Se trata de una prueba de carrera progresiva de ida y vuelta, en la que se suceden desplazamientos de ida y vuelta de 20 metros y un descanso de 10 segundos. Existen dos versiones del *Yo-Yo Test* (Nivel 1 y Nivel 2), que se diferencian únicamente en la intensidad y la duración de cada uno de los periodos. Así, el nivel 1 se inicia en una velocidad de 10 Km/h, y es normalmente utilizado con deportistas amateurs o categorías inferiores, mientras que el nivel 2 se inicia en 11,5 Km/h, y está destinado a la utilización con deportistas de élite (Krstrup y col., 2003, 2006).

El fútbol es posiblemente el deporte que recoge un mayor bagaje de trabajos encaminados a comprobar la eficacia del *Yo-Yo Test* para la valoración de diferentes parámetros fisiológicos en jugadores de fútbol, tanto amateur como profesional (Bangsbo y col., 2008; Krstrup y col., 2003, 2006). Además, dentro de estos estudios, hay una clara línea de trabajos encaminados a describir la relación entre los resultados obtenidos por los jugadores en el Yo-Yo Test y los diferentes parámetros fisiológicos valorados en laboratorio. En ellos se ha descrito al $VO_2\max$ como uno de los principales determinantes fisiológicos del rendimiento en el *Yo-Yo Test*. Concretamente, Bangsbo y col. (2008) describieron cómo el $VO_2\max$ tenía una mayor relación ($r = .70$) con el rendimiento en el *Yo-Yo Test* Nivel 1 que con el alcanzado en el Nivel 2 ($r = .58$). Sin embargo, este estudio tenía una clara limitación en cuanto a la heterogeneidad de su muestra, debido a que sus resultados fueron obtenidos a partir de diversos estudios con participantes de diferentes modalidades deportivas. Por otro lado, Thomas, Dawson, y Goodman (2006) comprobaron relaciones significativas entre el Yo-Yo Test Nivel 1, el Yo-Yo Test Nivel 2 y el $VO_2\max$, utilizando para ello una muestra formada por jugadores de fútbol americano, hockey y cricket de Australia, pero no con jugadores de fútbol.

En futbolistas jóvenes, esta relación entre el $VO_2\text{max}$ en laboratorio y el $VO_2\text{max}$ estimado a partir de los resultados en el *Yo-Yo Test* no está del todo clara. Además, la falta de unanimidad en los resultados encontrados es acentuada en parte debido a la gran diversidad encontrada en el procedimiento para estimar el $VO_2\text{max}$ a partir del rendimiento en el *Yo-Yo Test*. Entre las aportaciones más relevantes, Bangsbo y col. (2008), basándose en un análisis realizado con 141 sujetos, propusieron una fórmula que estima el consumo máximo de oxígeno a partir de la distancia recorrida en el *Yo-Yo Test* (tanto el nivel 1 como el nivel 2), variando la constante en función del nivel del test.

En cuanto a los trabajos realizados hasta el momento, Metaxas, Koutlianos, Kouidi, y Deligiannis (2005) llevaron a cabo un estudio en el que analizaron en jugadores de fútbol las relaciones existentes en el $VO_2\text{max}$ analizado directamente en laboratorio y el $VO_2\text{max}$ estimado indirectamente a través del *Yo-Yo Test*. Para ello, 35 jugadores de fútbol (18 años de edad media) realizaron, entre otras pruebas, el *Yo-Yo Test* Nivel 1 con análisis de gases portátil y una prueba de esfuerzo máxima en tapiz rodante. En el análisis de regresión lineal que realizaron, estos autores encontraron una relación significativa ($r = 0,47$; $p < 0,05$) entre los valores de $VO_2\text{max}$ obtenidos en el test de campo y los obtenidos en el laboratorio.

Por el contrario, Castagna y col. (2006) realizaron un estudio con 18 jugadores de fútbol (17 años de edad media) en el que trataron de comprobar la validez del *Yo-Yo Test* Nivel 1 para valorar la potencia aeróbica máxima de jugadores no profesionales. Para ello, los participantes realizaron el Nivel 1 del *Yo-Yo Test*, así como una prueba de esfuerzo progresiva en tapiz rodante, valorando la frecuencia cardíaca máxima, el cociente de intercambio respiratorio (RER), el pulso de O_2 , el $VO_2\text{max}$ y la ventilación máxima. Tras el análisis de sus resultados, estos autores no encontraron relaciones significativas entre la distancia recorrida en el *Yo-Yo Test* ($r = 0,53$; $p > 0,05$) y el $VO_2\text{max}$ medido directamente en laboratorio. Sin embargo, sí encontraron relaciones significativas entre la distancia recorrida en el *Yo-Yo Test* y el pico de VO_2 ($r = 0,65$), la frecuencia cardíaca máxima ($r = 0,54$), el pulso de O_2 ($r = 0,55$) y la ventilación máxima ($r = 0,61$).

Por tanto, dado que solamente existen dos trabajos centrados en la utilidad del *Yo-Yo Test* para estimar el $VO_2\text{max}$ de futbolistas jóvenes, cuyos resultados además son contradictorios (Castagna y col., 2006; Metaxas y col., 2005), y que el *Yo-Yo Test* es una prueba de campo ampliamente utilizada en la valoración de campo por entrenadores de futbolistas jóvenes, resulta importante verificar con un tercer estudio si realmente el *Yo-Yo Test* puede ser empleado para estimar el $VO_2\text{max}$, comprobando si la distancia recorrida en esta prueba de campo tiene relación con el $VO_2\text{max}$ medido directamente en laboratorio. Además, teniendo en cuenta que el elevado coste de una prueba de esfuerzo en laboratorio permite realizar dicha prueba a un reducido número de equipos en el fútbol actual, los resultados obtenidos en el presente estudio pueden arrojar una información muy valiosa acerca de un test de campo, sin coste económico, para estimar el consumo máximo de oxígeno en los jugadores de fútbol.

Concretamente, el objetivo de este estudio fue comprobar la validez del *Yo-Yo Test* Nivel 1 para estimar el consumo máximo de oxígeno, analizando las posibles relaciones entre los parámetros obtenidos en él con los parámetros fisiológicos medidos directamente en laboratorio en una prueba de esfuerzo incremental hasta la extenuación. Derivado de este objetivo, la hipótesis de trabajo postulaba que la distancia recorrida en el *Yo-Yo Test* sería una prueba válida para estimar el $VO_2\text{max}$ a partir de la fórmula planteada por Bangsbo y col. (2008).

Método

Participantes

La muestra de este estudio estaba formada por 15 jugadores de fútbol de género masculino, con una edad media de 17.9 ± 0.67 años, perteneciente a la categoría de División de Honor de juveniles durante la temporada 2011-2012. Todos los participantes poseían su ficha federativa con los datos personales, tenían una experiencia previa como jugador de fútbol inferior a 10 años y desarrollaban cuatro sesiones de entrenamiento semanales.

Instrumentos

Valoración de la composición corporal. La composición corporal fue calculada según las indicaciones del Grupo Español de Cineantropometría (GREC) de la Federación Española de Medicina del Deporte (FEMEDE) (Alvero, Cabañas, Herrero, Martínez, Moreno, Porta, Sillero, y Sirvent, 2009). El porcentaje graso fue calculado mediante la ecuación de Yuhasz (Alvero y col., 2009).

$$\% \text{ Graso: } 3.64 + (\text{suma de 6 pliegues cutáneos} \times 0.097)$$

Los pliegues cutáneos se determinaron con el uso del plicómetro en el hemisferio dominante de los sujetos, realizando tres mediciones de cada pliegue, siempre por el mismo técnico, y tomando como medida válida la media de las tres medidas. Se analizaron los siguientes pliegues: Abdominal, Suprailíaco, Tricipital, Subescapular, Muslo y Pierna.

El porcentaje óseo se calculó a partir del peso óseo, utilizando la ecuación de Von Döbeln y Rocha (Alvero y col., 2009).

$$\text{Peso Óseo} = 3.02 \times (\text{Talla}^2 \times \text{D. Biestiloideo} \times \text{D. Bicondiloideo (fémur)} \times 400)^{0.712}$$

Los diámetros se determinaron en el hemisferio dominante de los sujetos del siguiente modo: Bicondíleo de fémur (distancia entre el cóndilo medial y lateral del fémur) y Biestiloideo (distancia entre las apófisis estiloides del radio y cúbito).

El porcentaje residual fue determinado mediante la ecuación de Wurch (Alvero y col., 2009) que considera un valor constante de 24.1% para hombres, lo que hace que todos tengan el mismo y la desviación estándar sea igual a cero.

$$\text{Peso muscular: } \text{Peso corporal} - (\text{peso óseo} + \text{peso residual} + \text{peso graso})$$

El porcentaje muscular fue determinado a partir del cálculo del peso muscular, que se determinó mediante la diferencia entre el peso total y el resto de pesos: óseo, residual y graso.

Espirometría. Para la determinación de los volúmenes pulmonares, todos los participantes realizaron una prueba de función pulmonar para curvas flujo-volumen y capacidades pulmonares, utilizando para ello el modelo Spirobank, de Medical International Research (Roma, Italia), de acuerdo con las directrices de la European Respiratory Society Guidelines (Miller y col., 2005). Se analizaron los siguientes valores:

Volumen Espiratorio Forzado en el primer segundo (Forced Expiratory Volume, FEV): es el volumen de aire expulsado (flujo), en el primer segundo de la espiración forzada realizada tras una inspiración máxima, el valor se expresa en litros (L) o mililitros (mL) por segundo.

Capacidad Vital Forzada (Forced Vital Capacity, FVC): es el máximo volumen de aire espirado mediante una espiración forzada, partiendo de una inspiración máxima, su valor en litros (L) o mililitros (mL).

Flujo Espiratorio Forzado máximo (Peak expiratory flow, PEF): es el flujo respiratorio máximo o pico de flujo, corresponde al flujo máximo conseguido durante la maniobra de espiración forzada, su valor en litros o mL por segundo (L/s o mL/s).

Máxima Ventilación Voluntaria (Maximal Voluntary Ventilation, MVV): se calcula indicando al sujeto que respire durante 15 segundos a volumen y frecuencia respiratoria máxima (la cantidad de aire espirado se expresa en L/min).

Ergoespirometría. Todos los participantes realizaron una prueba de esfuerzo progresiva hasta la extenuación en tapiz rodante, para la determinación del VO_2 max y los umbrales ventilatorios VT_1 y VT_2 . El cálculo de VO_2 max en el laboratorio se realizó de manera directa a través de analizador de gases, registrando el VO_2 max como el valor más alto de VO_2 alcanzado por cada sujeto. El umbral aeróbico (VT_1) se determinó como el punto donde se produce una estabilización en los valores respiratorios (consumo de oxígeno y de dióxido de carbono y ventilación) que se mantienen hasta el segundo umbral (VT_2) (McLellan y Skinner, 1982). El umbral anaeróbico (VT_2) se registró como el momento en el que se dispara la producción de CO_2 por encima del consumo de O_2 absoluto (McLellan y Skinner, 1982). En deportistas entrenados, este valor se corresponde a una intensidad de ejercicio aproximadamente del 80-90% del VO_2 max. Inicialmente, durante un periodo de 5 minutos se llevó a cabo el registro de datos en reposo, analizando: frecuencia cardiaca (lat/min) con un pulsómetro (*Advantage, Polar Electro, Finlandia*) y parámetros de intercambio gaseoso (VO_2 y VE) con un sistema estándar automático (*MGC, Metamax Cortex, Alemania*). Tras un calentamiento consistente en correr a 10 km/h durante 10 minutos en el tapiz, la prueba de esfuerzo se realizó a una velocidad inicial de 10km/h, y un incremento de la misma de 1 k/h cada 2 min hasta alcanzar los 16 km/h. A partir de ahí, el incremento de velocidad fue de 1 km/h cada minuto. El fin de la prueba de esfuerzo lo marcaba el sujeto, dado que era hasta la extenuación voluntaria. Además, una vez analizados los datos, se observó que la prueba era máxima en todos los casos, dado que los valores alcanzados de FC fueron cercanos al máximo teórico y los valores de RQ por encima de 1. Se registraron los parámetros cardiacos (cada 5s), VO_2 y VE (respiración a respiración).

Yo-Yo Test Nivel 1. Tras un calentamiento consistente en la realización de carrera continua durante 10 minutos y la realización de ejercicios de movilidad articular, se realizó el Yo-Yo Test. Se trata de una prueba progresiva y máxima, con trayectos de ida y vuelta de 20 metros (40 metros en total), en la que los sujetos corrían entre dos líneas marcadas en el suelo. Los deportistas tenían que hacer coincidir el sonido emitido por un aparato programado en consonancia con los tiempos establecidos para este nivel (*Yo-Yo Compact Disc: Helle Thompson, Copenhagen, Denmark*) con el momento en que se pisa la línea, habiendo un descanso de 10 segundos entre un desplazamiento y otro. Los sonidos están programados para realizar el primer periodo a una velocidad de 10 Km/h, realizando un incremento progresivo de la velocidad (ver Tabla 1). Se consideró finalizado el test cuando el individuo no conseguía llegar a la línea de los 20 metros dos veces consecutivas, de manera tal que si se atrasa una vez y logra recuperarse, puede permanecer en el test hasta que falle por dos veces consecutivas.

Tabla 1. Protocolo del Yo-Yo Test Nivel 1

Fase	Velocidad	Número de repeticiones (Ida y Vuelta)	Distancia de la fase	Distancia acumulada
1	10	1	40	40
2	12	1	40	80
3	13	2	80	160
4	13.5	3	120	280
5	14	4	160	440
6	14.5	8	320	760
7	15	8	320	1080
8	15.5	8	320	1400
9	16	8	320	1720
10	16.5	8	320	2040
11	17	8	320	2360
12	17.5	8	320	2680
13	18	8	320	3000
14	18.5	8	320	3320
15	19	8	320	3640

La estimación del VO₂max a partir de la distancia recorrida en el Yo-Yo Test se realizó a partir de la siguiente fórmula (Bangsbo y col., 2008):

$$VO_{2max} [ml/(min \cdot kg)] = \text{Distancia Yo-Yo Test (m)} \times 0.0084 + 36.4$$

Procedimiento

En primer lugar, la investigación fue aprobada por la Comisión Ética de la Universidad. Seguidamente, el investigador principal se puso en contacto con el club deportivo para explicarles los objetivos del estudio y solicitarles su participación en el mismo. Desde la dirección del club se consiguió la autorización de los padres a través de un consentimiento informado, debido a la minoría de edad de los participantes. Todas las valoraciones se realizaron en dos días diferentes. En el primero, los sujetos realizaron una valoración antropométrica, una prueba espirométrica y una prueba de esfuerzo en laboratorio hasta la extenuación. Todas las pruebas se llevaron a cabo bajo condiciones atmosféricas controladas y estables (21–24 °C y 45–55% de humedad relativa y presión atmosférica comprendida entre 700 y 715 mm·Hg). Posteriormente, en el segundo día de medición, y en un periodo inferior a 15 días, los participantes realizaron la prueba *Yo-Yo Test* en su nivel 1.

Análisis estadístico

En primer lugar, se comprobó si las muestras se habían obtenido de forma aleatoria, realizando para ello el test de Rachas ($p > .05$), lo que permitió comprobar que no había evidencias para rechazar la hipótesis nula de aleatoriedad de las muestras. Igualmente, se realizó el test de Shapiro-Wilk con el objetivo de comprobar la normalidad de los datos ($p > .05$), evidenciando con ello que los datos seguían una distribución normal. Posteriormente, se calcularon los estadísticos descriptivos de cada una de las variables incluidas en el estudio. Seguidamente, se realizó una prueba t para muestras relacionadas, analizando el estadístico de la prueba t, los grados de libertad y el nivel de confiabilidad. Por último, se analizó el coeficiente de correlación intraclase, y se analizaron las diferencias entre ambas medidas a través del análisis de Bland y Altman, con límites de concordancia en ± 2 desviaciones estándar del residual. Todos los análisis estadísticos fueron realizados a través del paquete estadístico SPSS versión 19.0.

Resultados

Análisis descriptivo

En la Tabla 2 se muestran los descriptivos (media y desviación típica) de los principales parámetros analizados en el estudio. Así, se indican los valores obtenidos en parámetros antropométricos (peso, talla, % Graso y % Muscular), rendimiento obtenido en la prueba Yo-Yo Test (distancia recorrida y consumo máximo de oxígeno estimado) y valores ergoespirométricos (consumo máximo de oxígeno relativo y velocidades, consumo de oxígeno y porcentaje del consumo máximo de oxígeno en el umbral aeróbico y anaeróbico).

Tabla 2. Estadísticos descriptivos

	<i>M</i>	<i>DT</i>
Edad (años)	17.90	0.67
Peso (Kg)	70.95	6.06
Talla (cm)	179.40	6.97
% Graso	9.62	1.29
% Muscular	48.63	1.13
Distancia Yo-Yo Test (m)	1738.67	253.82
VO ₂ max Estimado Yo-Yo Test [ml/(min·kg)]	51.00	2.13
VO ₂ max relativo [ml/(min·kg)]	60.85	3.59
VelVT ₁ (Km/h)	11.33	1.50
VO ₂ VT ₁ relativo [ml/(min·kg)]	34.90	9.97
% VO ₂ max	57.35	15.96
VelVT ₂ (Km/h)	14.33	1.54
VO ₂ VT ₂ relativo [ml/(min·kg)]	47.51	5.35
% VO ₂ max	78.10	8.44

Nota: VO₂max = Consumo máximo de Oxígeno; Vel = Velocidad; VT₁ = Umbral aeróbico; VT₂ = Umbral anaeróbico.

Con el objetivo de conocer las posibles diferencias existentes entre el consumo de oxígeno estimado a partir del Yo-Yo Test y el consumo máximo de oxígeno relativo en prueba de esfuerzo, se llevó a cabo una prueba t para muestras relacionadas. El valor medio obtenido a partir del Yo-Yo Test fue 51.00±2.13 ml/(min·kg), significativamente inferior al obtenido en la prueba de esfuerzo (60.85±3.59); $t_{(14)} = 11.38$; $p = 0.00$. El intervalo de confianza del 95% para la diferencia media entre las dos estimaciones fue de 7.99 a 11.70.

Del mismo modo, con el objetivo de analizar el grado de concordancia entre el consumo máximo de oxígeno estimado a partir del Yo-Yo Test y el consumo máximo de oxígeno analizado directamente en la prueba de esfuerzo, se calculó el coeficiente de correlación intraclass entre ambas medidas, obteniendo un valor débil ($r = 0.05$; $p = .09$). De manera paralela, se analizaron las diferencias individuales mediante el método de Bland y Altman (1986), representando gráficamente las diferencias entre las dos mediciones y frente a su media (Figura 1). El intervalo de confianza al 95% en las diferencias entre el Yo-Yo Test y la prueba de esfuerzo en laboratorio se situó entre 3.37 y 16.33. En la figura 1 se puede apreciar cómo el grado de concordancia entre ambas mediciones muy débil. Concretamente, se aprecia cómo todos los valores son superiores a 0, lo que indica que la prueba Yo-Yo Test, en todos los casos, obtiene valores superiores a los obtenidos en la prueba de esfuerzo. Además, el gráfico muestra cómo a medida que los valores obtenidos son más altos, el grado de concordancia es menor.

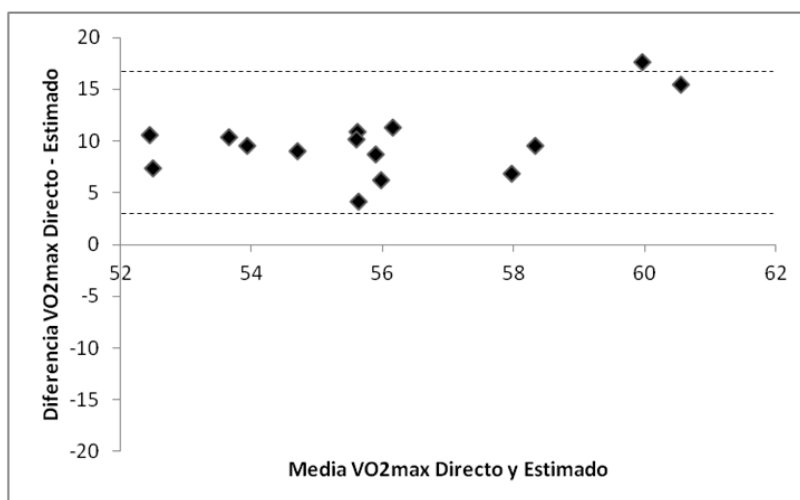


Figura 1. Diferencias individuales mediante el método de Bland y Altman (1986). La línea discontinua representa los límites de confianza al 95%.

Discusión

El presente estudio pretendía analizar las posibles relaciones existentes entre el rendimiento obtenido por futbolistas juveniles en el *Yo-Yo Test* Nivel 1 y los valores obtenidos en laboratorio mediante una prueba de esfuerzo progresiva hasta la extenuación. El principal hallazgo de nuestro estudio fue que el $VO_2\max$ no es un parámetro determinante del rendimiento obtenido en el *Yo-Yo Test* en futbolistas jóvenes. En este sentido, uno de los objetivos era comprobar la idoneidad del *Yo-Yo Test* Nivel 1 para estimar el $VO_2\max$ en jugadores de fútbol, mediante la fórmula propuesta por Bangsbo y col. (2008) en la que el $VO_2\max$ se estima a partir de la distancia recorrida en el *Yo-Yo Test*.

El análisis de los valores medios del $VO_2\max$ estimados a partir del *Yo-Yo Test* y los obtenidos por medición directa en laboratorio reveló una diferencia significativa entre ambos. Concretamente la fórmula de Bangsbo y col. (2008) subestimó el $VO_2\max$ calculado a través del *Yo-Yo Test* un 9,85% menor que el $VO_2\max$ valorado en laboratorio. Esta diferencia es aún más importante en nuestros sujetos, ya que provoca que unos sujetos fisiológicamente “bien entrenados” [$VO_2\max \geq 60$ ml/(min·kg)] no sean considerados como tales si son evaluados solamente mediante el *Yo-Yo Test*.

Nuestros resultados no coinciden con los encontrados por Castagna y col. (2006), en los que no encontraron diferencias significativas entre el $VO_2\max$ obtenido directamente en laboratorio y el estimado a partir del *Yo-Yo Test* Nivel 1. Entre las posibles razones para justificar estas discrepancias, un aspecto importante podría ser las diferencias existentes en cuanto a los protocolos seguidos para obtener el consumo máximo de oxígeno tanto directa como indirectamente. Así, Castagna y col. (2006) realizaron el *Yo-Yo Test* Nivel 1 iniciando la prueba en la velocidad 8, aspecto que modifica ligeramente la distancia total recorrida por los jugadores, y por lo tanto, el $VO_2\max$ estimado. En este sentido, en el presente trabajo se ha aplicado el *Yo-Yo Test* Nivel 1 original (comenzando a una velocidad de 10 km/h) tal y como se describe en la literatura (Bangsbo y col., 2008). Debido a que ambas muestras fueron muy similares en edad, deporte, tamaño y condiciones antropométricas, no podemos intuir las razones de la modificación realizada por Castagna y col. (2006).

En la misma línea, las diferencias en el tipo de prueba utilizada en laboratorio para analizar el consumo máximo de oxígeno podrían también explicar los resultados encontrados. Así, Castagna y col. (2006) se basaron en el protocolo de Bruce (Bruce, Kusumi, y Hosmer, 1973)

para realizar la prueba de esfuerzo, mientras que Metaxas y col. (2005) elaboraron un protocolo propio para realizar esta prueba, realizando fases de 3 minutos de duración, empezando en velocidad 8, y aumentando 2 Km/h en cada fase. Debemos matizar que el protocolo utilizado en el presente estudio, que se asemeja al utilizado por Metaxas y col. (2005), nos parece más adecuado debido a que es más parecido (velocidad de carrera y pendiente) con la carrera en campo que el utilizado por Castagna y col. (2006). De hecho, el Test de Bruce es un test diseñado para evaluación cardiológica (no ergoespiométrica) de sujetos sedentarios (Bruce y col., 1973). Además, basa su incremento de carga en un mayor aumento de pendiente que de velocidad (buscando precisamente no tener que correr para alcanzar la FC máxima en él). Aun coincidiendo en valores, no parece idóneo comparar un $VO_2\text{max}$ alcanzado andando a pendientes $> 15\%$ con un test de campo en el que la pendiente es 0% . Es más, incluso es posible que la propia fatiga en los últimos escalones del Test de Bruce utilizado por Castagna y col. (2006) cuando la pendiente llega al 22% pudiera haber limitado el rendimiento en ese test, provocando unos valores de $VO_2\text{max}$ menores de los reales y, por tanto, similares a los obtenidos en el *Yo-Yo Test*.

Por otro lado, de manera más general, cabe destacar las diferencias que la continuidad de ambos test (prueba de esfuerzo y *Yo-Yo Test*) condiciona la implicación metabólica durante ellos. Así, mientras que la prueba de esfuerzo es un test progresivo y continuo en el que al aumento creciente del sistema aeróbico se le va añadiendo la participación creciente de la glucólisis anaeróbica, el *Yo-Yo Test* es una prueba de carácter intermitente que requiere una mayor implicación anaeróbica (tanto de la glucólisis anaeróbica como de los fosfágenos PC-ATP) y una menor e intermitente activación del sistema aeróbico. Esto hace que el rendimiento alcanzado en el test de campo pueda ser muy diferente al alcanzado en laboratorio en los jugadores, y que éstos presenten una gran variabilidad interindividual. Todos estos factores, en conjunto, pueden explicar las diferencias existentes entre los valores directos y estimados. Para futuras investigaciones, podría resultar especialmente interesante comparar los resultados obtenidos en el *Yo-Yo Test* con una prueba de esfuerzo intermitente en laboratorio, con el objetivo de eliminar el posible efecto anteriormente explicado derivado del componente intermitente (o no) de ambas pruebas.

El segundo objetivo de nuestro estudio era analizar el grado de concordancia entre el rendimiento obtenido en el Yo-Yo Test Nivel 1 y el $VO_2\text{max}$ en una prueba de esfuerzo incremental. El análisis correlacional no indicó relaciones significativas entre el $VO_2\text{max}$ estimado en el *Yo-Yo Test* y el $VO_2\text{max}$ medido en laboratorio. Concretamente, el gráfico realizado siguiendo el método de Bland y Altman (1986) muestra cómo, en todos los sujetos, el valor obtenido en la prueba en laboratorio fue superior al valor estimado a través de la distancia recorrida en el *Yo-Yo Test*. Por esto, nuestros resultados sugieren que el $VO_2\text{max}$ no es una variable directamente determinante del rendimiento de los jugadores juveniles de fútbol en el *Yo-Yo Test* Nivel 1 y que, por tanto, tampoco parecen tener una importancia crucial en el rendimiento alcanzado en pruebas de esfuerzos intermitentes de alta intensidad. Estos resultados sí van en la misma línea que los resultados obtenidos por el estudio de Castagna y col. (2006) con 18 jugadores de fútbol de categoría juvenil, donde tampoco encontraron relaciones significativas entre ambos parámetros. Sin embargo, los resultados no coinciden con los encontrados por Metaxas y col. (2005), en los que sí encontraron relaciones significativas ($p < .05$) entre la distancia recorrida en el *Yo-Yo Test* Nivel 1 y el $VO_2\text{max}$ alcanzado en una prueba de esfuerzo.

Por lo tanto, a tenor de estos resultados, se ha podido comprobar cómo la hipótesis de trabajo no se ha cumplido. De esta forma, se hace necesario la puesta en marcha de más estudios que, valorando tanto la capacidad aeróbica como la anaeróbica, arrojen mayor claridad sobre estas posibles relaciones. Aclarar estos aspectos sería tremendamente útil para determinar qué parámetros fisiológicos pueden determinar el rendimiento ante esfuerzos intermitentes de alta intensidad, catalogadas como el aspecto más determinante en el rendimiento físico del fútbol (Castagna y col., 2010; Krstrup y col., 2005; Mohr y col., 2005, 2003).

En cuanto a las limitaciones del estudio, en primer lugar cabe mencionar el tamaño de nuestra muestra. Por ello, se hacen necesarias más investigaciones con mayor número de participantes encaminadas a ahondar en las posibles relaciones que pueden existir entre la distancia recorrida en el *Yo-Yo Test* y la estimación del $VO_2\text{max}$, a fin de poder desarrollar una fórmula que estime de manera válida y fiable este parámetro en campo. Además, en el caso de utilizar muestras reducidas, sería interesante realizar un seguimiento a los jugadores desarrollando diferentes pruebas a lo largo de la temporada, aspecto que nos podría ayudar a relacionar el $VO_2\text{max}$ de la prueba en laboratorio y la prueba de campo, donde podría verse reflejado si existe una relación entre ambas pruebas en los descensos y aumentos del rendimiento en los jugadores. En esta línea, otra posibilidad que se puede desarrollar para aumentar la fiabilidad ante muestras pequeñas es llevar un seguimiento de los jugadores durante los entrenamientos a través de la frecuencia cardíaca. Esto, sin duda, puede darnos una mayor fiabilidad ante las medidas de campo y laboratorio ya que tendremos más información sobre el estado de forma de los jugadores.

Conclusiones

En resumen, los resultados obtenidos en el presente trabajo indican que la fórmula expuesta por Bangsbo y col. (2008) para estimar el consumo máximo de oxígeno a partir de la distancia recorrida en el *Yo-Yo Test* no es válida con una muestra formada por jóvenes jugadores de fútbol. De manera concreta, la estimación realizada por Bangsbo y col. (2008) tiende a subestimar los valores encontrados con respecto al rendimiento obtenido en una prueba de esfuerzo en laboratorio. Estos hallazgos ofrecen nuevas perspectivas en la evaluación y seguimiento de las cualidades fisiológicas en jugadores de formación. No obstante, ante la escasez de estudios realizados con futbolistas jóvenes, son necesarios más estudios encaminados a esclarecer las posibles relaciones existentes entre el rendimiento en el *Yo-Yo Test* y el $VO_2\text{max}$.

Referencias

- Alvero, J.; Cabañas, M.; Herrero, A.; Martínez, L.; Moreno, C.; Porta, J.; Sillero, M., y col. (2009). Protocolo de valoración de la composición corporal para el reconocimiento médico-deportivo. Documento de consenso del grupo español de cineantropometría de la federación española de medicina del deporte. *Archivos de Medicina del Deporte*, 26(131), 166-179.
- Bangsbo, J. (1994). The physiology of soccer - With special reference to intense intermittent exercise. *Acta Physiologica Scandinavica*, 151(619), 1-155.
- Bangsbo, J.; Iaia, F. M., & Krstrup, P. (2008). The Yo-Yo intermittent recovery test: A useful tool for evaluation of physical performance in intermittent sports. *Sports Medicine*, 38(1), 37-51.
<http://dx.doi.org/10.2165/00007256-200838010-00004>
- Bangsbo, J.; Mohr, M., & Krstrup, P. (2006). Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *Journal of Sports Sciences*, 24(7), 665-74.
<http://dx.doi.org/10.1080/02640410500482529>
- Bangsbo, J.; Nørregaard, L., & Thorsøe, F. (1991). Activity profile of competition soccer. *Canadian Journal of Sport Sciences*, 16(2), 110-116.
- Bland J. M., & Altman D. G. (1986). Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet*, 1, 307-310.
[http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(86\)90837-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(86)90837-8)
- Boreham, C. A.; Palikzka, V. J., & Nichols, A. K. (1990). A comparison between the PWC170 and 20-MST tests of aerobic fitness in adolescent school children. *Journal of Sports Medecine and Physical Fitness*, 30, 19-23.
- Bruce, R. A.; Kusumi, F., & Hosmer, D. (1973). Maximal oxygen intake and nomographic assessment of functional aerobic impairment in cardiovascular disease. *American Heart Journal*, 85(4), 546-562.
[http://dx.doi.org/10.1016/0002-8703\(73\)90502-4](http://dx.doi.org/10.1016/0002-8703(73)90502-4)
- Castagna, C.; Impellizzeri, F. M.; Belardinelli, R.; Abt, G.; Coutts, A.; Chamari, K., & D'Ottavio, S. (2006). Cardiorespiratory responses to Yo-yo Intermittent Endurance Test in nonelite youth soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(2), 326-330.
- Castagna, C.; Manzi, V.; Impellizzeri, F.; Weston, M., & Barbero, J. C. (2010). Relationship between endurance field tests and match performance in young soccer players. *Journal of Strength and Conditioning*, 24(12), 3227-3233.
<http://dx.doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181e72709>
- Chamari, K.; Chaouachi, A.; Hambli, M.; Kaouech, F.; Wisloff, U., & Castagna, C. (2008). The five-jump test for distance as a field test to assess lower limb explosive power in soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(3), 944-950.
<http://dx.doi.org/10.1519/JSC.0b013e31816a57c6>
- Chaouachi, A.; Manzi, V.; Wong, D. P.; Chaalali, A.; Laurencelle, L.; Chamari, K., & Castagna, C. (2010). Intermittent endurance and repeated sprint ability in soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(10), 2663-2669.
<http://dx.doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181e347f4>
- Impellizzeri, F. M.; Marcora, S. M.; Castagna, C.; Reilly, T.; Sassi, A.; Iaia, F. M., & Rampinini, E. (2006). Physiological and performance effects of generic versus specific aerobic training in soccer players. *International Journal of Sports Medicine*, 27(6), 483-492.
<http://dx.doi.org/10.1055/s-2005-865839>

- Krustrup, P.; Mohr, M.; Amstrup, T.; Rysgaard, T.; Johansen, J.; Steensberg, A.; Pedersen, P. K., y col. (2003). The yo-yo intermittent recovery test: physiological response, reliability, and validity. *Medicine and science in sports and exercise*, 35(4), 697-705.
<http://dx.doi.org/10.1249/01.MSS.0000058441.94520.32>
- Krustrup, P.; Mohr, M.; Ellingsgaard, H., & Bangsbo, J. (2005). Physical Demands during an Elite Female Soccer Game: Importance of Training Status. *Medicine y Science in Sports & Exercise*, 37(7), 1242-1248.
<http://dx.doi.org/10.1249/01.mss.0000170062.73981.94>
- Krustrup, P.; Mohr, M.; Nybo, L.; Jensen, J. M.; Nielsen, J. J., & Bangsbo, J. (2006). The Yo-Yo IR2 test: physiological response, reliability, and application to elite soccer. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38(9), 1666-1673.
<http://dx.doi.org/10.1249/01.mss.0000227538.20799.08>
- Lemmink, K. A. P. M.; Verheijen, R., & Visscher, C. (2004). The discriminative power of the Interval Shuttle Run Test and the Maximal Multistage Shuttle Run Test for playing level of soccer. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 44(3), 233-239.
- Malliou, P.; Ispirlidis, I.; Beneka, A.; Taxildaris, K., & Godolias, G. (2003). Vertical jump and knee extensors isokinetic performance in professional soccer players related to the phase of the training period. *Isokinetics and Exercise Science*, 11(3), 165-169.
- McLellan, T. M., & Skinner, J. S. (1982). Blood lactate removal during active recovery related to the aerobic threshold. *International Journal of Sports Medicine*, 3(04), 224-229. <http://dx.doi.org/10.1055/s-2008-1026092>
- Metaxas, T. I.; Koutlianos, N. A.; Kouidi, E. J., & Deligiannis, A. P. (2005). Comparative study of field and laboratory tests for the evaluation of aerobic capacity in soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(1), 79-84.
- Miller, M. R.; Hankinson, J. A. T. S.; Brusasco, V.; Burgos, F.; Casaburi, R.; Coates, A.; Crapo, R., y col. (2005). Standardisation of spirometry. *European Respiratory Journal*, 26(2), 319-38.
<http://dx.doi.org/10.1183/09031936.05.00034805>
- Mohr, M.; Krustrup, P., & Bangsbo, J. (2005). Fatigue in soccer: A brief review. *Journal of Sport Science*, 23, 593-599.
<http://dx.doi.org/10.1080/02640410400021286>
- Mohr, M.; Krustrup, P.; Bangsbo, J., & Match, J. (2003). Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *Journal of Sport Science*, 21(7), 519-528.
<http://dx.doi.org/10.1080/0264041031000071182>
- Pantelis, T. N. (2011). Anaerobic power across adolescence in soccer players. *Human Movement*, 12(4), 342-347.
- Ramos, J. J.; Segovia, J. C., y López-Silvarrey, F. J. (2009). Test de laboratorio versus test de campo en la valoración del futbolista. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y Deporte*, 9, 312-321.
- Rampinini, E.; Bishop, D.; Marcora, S. M.; Ferrari, D.; Sassi, R., & Impellizzeri, F. M. (2007). Validity of simple field tests as indicators of match-related physical performance in top-level professional soccer players. *International Journal of Sports Medicine*, 28(3), 228-235.
<http://dx.doi.org/10.1055/s-2006-924340>
- Ramsbottom, R.; Brewer, J., & Williams, C. (1988). A progressive shuttle run test to estimate maximal oxygen uptake. *British Journal of Sports Medicine*, 22(4), 141-144.
<http://dx.doi.org/10.1136/bjism.22.4.141>

Sanchez-Oliva, D.; Santalla, A.; Candela, J.M.; Leo, F. M., García-Calvo, T. (2014). Análisis de la relación entre el Yo-Yo Test y el consumo máximo de oxígeno en jóvenes jugadores de fútbol. *RICYDE. Revista internacional de ciencias del deporte*, 37(10), 180-193 <http://dx.doi.org/10.5232/ricyde2014.03701>

Stølen, T.; Chamari, K.; Castagna, C., & Wisløff, U. (2005). Physiology of Soccer: An Update. *Sport Medicine*, 35(6), 501–536.
<http://dx.doi.org/10.2165/00007256-200535060-00004>

Thomas, A.; Dawson, B., & Goodman, C. (2006). The yo-yo test: reliability and association with a 20-m shuttle run and VO_2 max. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 1, 137–149. Tomado el 13 de Marzo de 2012, de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19114746>

Ünal, M.; Sahinkaya, T.; Namarasli, D., & Akkaya, V. (2005). The effect of acute creatinine monohydrate loading on wingate test results in 18-21 years old male soccer players. *Acta Physiologica Hungarica*, 92(3-4), 221–230.

Wragg, C. B.; Maxwell, N. S., & Doust, J. H. (2000). Evaluation of the reliability and validity of a soccer-specific field test of repeated sprint ability. *European Journal of Applied Physiology*, 83(1), 77–83.
<http://dx.doi.org/10.1007/s004210000246>