

CONCORDANCIA ENTRE MEDICION DE CONSUMO DE OXIGENO
MAXIMO EN PRUEBAS DE ERGOESPIROMETRIA EN LABORATORIO Y
YOYO TEST I EN JUGADORES SUB-20 DEL DEPORTIVO CALI.

M.D. Johany Andrés Medina Martinez

UNIVERSIDAD EL BOSQUE
Facultad de Medicina
Postgrado de Medicina Del Deporte
Julio de 2020

UNIVERSIDAD EL BOSQUE

FACULTAD DE MEDICINA

CONCORDANCIA ENTRE MEDICION DE CONSUMO DE OXIGENO MAXIMO EN PRUEBAS
DE ERGOESPIROMETRIA EN LABORATORIO Y YOYO TEST I EN JUGADORES SUB-20 DEL
DEPORTIVO CALI

M.D. Johany Andrés Medina Martinez

Asesor temático: Dr. Camilo Ernesto Povea Combariza

Asesor externo: Dr. Moisés Arturo Cabrera Hernández

Asesor metodológico: Dr Alberto Lineros Montañez

Asociación Deportivo Cali

Escuela Nacional del Deporte

Página de aprobación

NOTA DE SALVEDAD DE RESPONSABILIDAD INSTITUCIONAL.

“La Universidad El Bosque, no se hace responsable de los conceptos emitidos por los investigadores en su trabajo, solo velará por el rigor científico, metodológico y ético del mismo en aras de la búsqueda de la verdad y la justicia”.

Agradecimientos a:

Mis padres por su apoyo constante, a mi esposa por su compañía y amor.

Tabla de contenido

Introducción	11
1. Marco teórico.....	12
1.1 Determinantes del rendimiento en el futbol.....	12
1.2 VO ₂ en el fútbol.....	12
1.3 Niveles.....	14
1.4 Economía de la carrera.....	14
1.5 Distancia de carrera.....	15
1.6 Umbral ventilatorio.....	15
1.7 Evaluación.....	15
1.8 Pruebas de laboratorio VO ₂ directo.....	16
1.9 VO ₂ Indirecto.....	17
1.10 YoYo Test.....	17
1.11 YoYo Test Intermitten Recovery Tests (REC Test).....	18
1.12 Fórmulas.....	20
1.13 Validación y aplicación del Tests YoYo de recuperación intermitente en el Fútbol.....	22
1.14 Utilidad.....	22
1.15 Concordancia con la prueba de laboratorio.....	23
2. Problema de Investigación.....	25
3. Justificación.....	26
4. Objetivos.....	28
5. Propósito.....	29
6. Aspectos metodológicos.....	30
6.1 Tipo y diseño general del estudio.....	30
6.2 Población de referencia y muestra.....	30
6.3 Criterios de inclusión.....	30
6.4 Criterios de exclusión.....	30
6.5 Procedimientos y técnicas.....	31
6.6 Primera fase.....	32

6.7 Segunda Fase.....	32
7. Aspectos éticos.....	34
8. Análisis estadístico.....	35
9. Presupuesto.....	36
10. Resultados.....	37
11. Discusión.....	42
12. Conclusiones.....	46

Bibliografía

Anexos

Tablas y Figuras

Tabla 1. Protocolo de YoYo Test Nivel 1.....	18
Tabla 2. Inconvenientes: Test de laboratorio Vs Test de campo.....	19
Tabla 3. Ventajas: Test de laboratorio Vs Test de campo.....	20
Tabla 4. Matriz de variables.....	31
Tabla 5. Presupuesto.....	36
Tabla 6. Características antropomórficas de los sujetos.....	37
Tabla 7. Respuestas fisiológicas en banda rodante y Test de campo.....	37
Tabla 8. Coeficiente de relación Pears y CCC en YY1R! y banda rodante.....	38
Figura 1. Gráfico de Bland-Altman de VO ₂ max directo en pruebas de campo y banda rodante (ml * kg *min).....	38
Figura 2. Gráfico de Bland-Altman de los valores de las pruebas de campo en YYTIRI VO ₂ max directos e indirectos (ml • kg-1 • min-1).....	39
Figura 3. Gráfico de Bland Altman de los valores de VO ₂ max directo e indirecto en Banda rodante. (ml • kg-1 • min-1)	39
Figura 4. Gráfico de Bland-Altman de los valores de las pruebas de VO ₂ max directo en prueba de campo YYTIRI e indirectos en Banda rodante (ml • kg-1 • min-1).....	40
Figura 5. Gráfico de Bland-Altman de los valores indirectos en las pruebas de banda rodante y de campo en YYTIRI (ml • kg-1 • min-1).....	40
Figura 6. Gráfico de Bland-Altman de los valores indirectos en la prueba de campo en YYTIRI y valores directos en la prueba de banda rodante (ml • kg-1 • min-1).....	41

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar la concordancia entre la medición del consumo máximo de oxígeno ($VO_2\text{max}$) por medio ergoespirometría en laboratorio durante una prueba máxima en banda y una determinación del $VO_2\text{max}$ durante una prueba de yo-yo test en campo (YYTIR1), así como con los valores de $VO_2\text{max}$ estimado por pruebas indirectas por medio de fórmula Bangsbo en jugadores de fútbol juveniles de élite.

Métodos: Se evaluaron jugadores de fútbol menores de 20 años de un club de fútbol de primera división, Las pruebas se realizaron con una semana de diferencia, en ambas pruebas se realizó medición directa de la distancia recorrida, y la medición del VO_2 mediante el ergoespirómetro K4b2, se da inicio a la prueba de ejercicio cardiopulmonar a una velocidad de 8Km.h y 2° de inclinación, con un incremento gradual de la velocidad de 0,5Km.h cada minuto hasta la fatiga. El VO_2 estimado se realizó usando la ecuación descrita por Bangsbo et al. (2008).

Resultados: Los resultados de las pruebas fueron significativamente diferentes en el valor del $VO_2\text{max}$ directo e indirecto en la prueba de laboratorio ($p = 0,002$), $VO_2\text{max}$ indirecto en YYTIR1 y $VO_2\text{max}$ indirecto en la prueba de laboratorio ($p = 0,009$). No se encontraron diferencias significativas en el $VO_2\text{max}$ directo e indirecto en YYIR1, y $VO_2\text{max}$ directo en laboratorio con el $VO_2\text{max}$ indirecto en YYTIR1.

Conclusiones: Existe una pobre concordancia entre las medidas directas e indirectas, el YYTIR1 está bien establecido como una prueba de rendimiento relevante en jugadores de élite, pero las pruebas indirectas no muestran adecuados valores de predicción del $VO_2\text{max}$, mostrando una discrepancia considerable entre las mediciones de $VO_2\text{max}$, en el YYIRT1 y la banda sin fin.

Palabras clave: Consumo De Oxígeno Máximo, Fútbol Elite, Test Yoyo De Recuperación Intermitente I, Análisis De Concordancia.

ABSTRACT

The goal of this study was evaluate the agreement between the measurement of maximum oxygen consumption ($VO_2\text{max}$) by means of ergospirometry in the laboratory during a maximum band test and a determination of $VO_2\text{max}$ during a yo-yo field test (YYTIR1), of the same the values of $VO_2\text{max}$ estimated by indirect tests by means of Bangsbo formula in elite youth soccer players.

Methods: Soccer players under 20 years of age from a first division soccer club were evaluated. The tests were carried out one week apart, in both tests direct measurement of the distance traveled was performed, and the measurement of VO_2 using the K4b2 ergospirometer, The cardiopulmonary exercise test is started at a speed of 8 km / h and 2 ° of incline, with a gradual increase in speed of 0.5 km / h every minute until fatigue. The estimated $VO_2\text{max}$ was made using the equation described by Bangsbo et al. (2008).

Results: The test results were significantly different in the value of both: direct and indirect $VO_2\text{max}$ in the laboratory test ($p = 0.002$), indirect $VO_2\text{max}$ in YYTIR1 and indirect $VO_2\text{max}$ in the laboratory test ($p = 0.009$). No significant differences were found in direct and indirect $VO_2\text{max}$ in YYIR1, and direct laboratory $VO_2\text{max}$ with indirect $VO_2\text{max}$ in YYTIR1.

Conclusions: There is a poor concordance between the direct and indirect measures, the YYTIR1 is well established as a relevant performance test in elite players, but the indirect tests dont show adequate/accuracy $VO_2\text{max}$ prediction values, showing a considerable discrepancy between the measurements of $VO_2\text{max}$, in YYIRT1 and the endless band.

Key words: Maximum Oxygen Consumption, Elite Football, Yoyo Intermittent Recovery Test I, Concordance Analysis.

Introducción

El fútbol conocido como deporte rey es el más practicado en el mundo, la FIFA en el censo del 2007 indica que hay 265 millones de personas que practican este deporte de manera reglamentada (gran censo FIFA 2006), y es un deporte que requiere de un desarrollo físico óptimo para obtener el máximo rendimiento ^{1,2}. Distintos autores vienen postulando diferentes tipos de test para la valoración fisiológica de los futbolistas. No obstante, hasta el momento no se han establecido protocolos unificados para la valoración funcional de los mismos.

Concretamente, el fútbol es un deporte que se caracteriza por su componente intermitente de baja, moderada y alta intensidad, requiriendo a su vez un comportamiento metabólico que involucre procesos aeróbico y anaeróbico ^{3,4}. Dentro de las pruebas para evaluar el rendimiento físico la prueba de esfuerzo en banda sin fin, es utilizada frecuentemente para estimar el VO_2max , que si bien se trata de una prueba segura, representa un esfuerzo físico significativo para el individuo, al punto que solo aquellos deportistas altamente entrenados tienen la capacidad de alcanzar el VO_2max ; además, demanda tiempo y recursos relativamente especializados y costosos.

El Yo-Yo Test ⁵ 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 ²

Por otro lado, algunos autores, sugieren que, en los futbolistas, el consumo máximo de oxígeno pudiera ser mejor predictor de la potencia aeróbica que el umbral de lactato⁶ umbral habitual en los test de campo. Así uno de los objetivos de estas pruebas de laboratorio y de campo es evaluar el consumo de oxígeno máximo como determinante del rendimiento en deportistas y dar evidencia clara si hay concordancia entre los resultados clínicos.

1. Marco teórico

1.1 Determinantes del rendimiento en el fútbol

El fútbol es el juego más conocido a nivel mundial, y como tal es realizado por hombres, mujeres, niños y ancianos con diferentes niveles de condición física, experiencia, entrenamiento e intensidad, y este a su vez depende de condiciones físicas, técnicas, biomecánicas, tácticas, mentales y fisiológicas, e implica la integridad de diferentes aspectos y condiciones que permiten tener un rendimiento óptimo en el terreno de juego: Potencia y resistencia muscular, resistencia aeróbica y anaeróbica, agilidad, coordinación, velocidad de reacción, flexibilidad, saltabilidad que le permitan una adecuada realización de la actividad, y en general el futbolista debe trabajar por alcanzar un adecuado control neuromuscular y nivel cardiovascular, que le permita estar en óptimas condiciones para resistir esfuerzos cortos e intensos como algunos prolongados de baja y moderada intensidad durante los 90 minutos, caminando, corriendo, trotando, además de llevando el balón y dirigiéndolo en la dirección deseada. Y aunque el fútbol no es una ciencia, la ciencia puede ayudar a mejorar su desempeño², de esta forma las pruebas de laboratorio (máxima ergoespirométrica) como las de campo (pruebas indirectas) buscan identificar los niveles de condición física y capacidad aeróbica de los jugadores, siendo este un factor determinante en su rendimiento en el campo de juego. Las variables hemodinámicas registradas durante las pruebas de campo y laboratorio pueden guiar a los entrenadores e investigadores en los protocolos de entrenamiento sirviéndonos de base de las respuestas cardiovasculares del deportista.

1.2 $\dot{V}O_2$ en fútbol

El consumo máximo de oxígeno es una de las principales variables en el ámbito de la fisiología del ejercicio, siendo frecuentemente usado para indicar la capacidad cardiorrespiratoria de un individuo y reflejando principalmente el gasto de energía aeróbica³, la medida del $\dot{V}O_2$ suele valorarse generalmente en esfuerzos continuos incrementales y constantes; ya a comienzos de los '60,

investigadores escandinavos⁷ plantearon la necesidad de su valoración en esfuerzos intermitentes.

Posiblemente el impacto de estos estudios se manifiesta en la actualidad, por el creciente interés de un grupo de investigadores entre otros Bangsbo, 1993; Gaitanos, 1993 – 1999; Balsom, 1995; Billat, 2000; Krstrup, 2001, quienes se han volcado a la descripción y análisis de las variables involucradas en el ejercicio intermitente de alta intensidad.

De manera general el VO_2max es el método más utilizado en la literatura científica para demostrar los efectos del entrenamiento, siendo una herramienta útil en la prescripción del ejercicio, y siendo más asociada a deportes de resistencia aeróbica⁸, en ellos se ha descrito al VO_2max como uno de los principales determinantes fisiológicos. concretamente, Bangsbo en su artículo² describieron cómo el VO_2max 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 estudios con participantes de diferentes modalidades deportivas y no solamente en fútbol. Según Bangsbo (1993) y tras estudios de estimaciones con mediciones de frecuencia Cardíaca, el porcentaje de $\dot{\text{V}}\text{O}_2$ utilizado durante el fútbol se aproxima al 70% del Consumo Máximo de Oxígeno (VO_2max), y bajo estas condiciones, y puntualizando la implicancia aeróbica en el fútbol, la metodología aplicada para la valoración de variables vinculadas al VO_2 , deberían ser válidas, objetivas y confiables.

En particular en el Fútbol, resulta importante la valoración del Consumo Máximo de Oxígeno (VO_2max) de acuerdo a su característica como deporte intermitente de alta intensidad, donde la problemática funcional aeróbica es probablemente exigida en forma máxima frente a requerimientos de recuperación⁹.

Como las exigencias energéticas individuales varían en función del tamaño corporal, el VO_2max generalmente se expresa en relación al peso corporal ($\text{ml}\cdot\text{kg}\cdot\text{min}$). Esto permite una comparación más

precisa entre individuos de diferentes tamaños y sobre todo cuando se ejercitan en actividades donde se desea el peso más relacionado a valores absolutos de VO_2 ($\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$)¹⁰.

1.3 Niveles

El VO_2max en jugadores de futbol adultos se considera habitual entre 50 – 75 ml/kg/min en jugadores de campo y 50-55 ml/kg/min en guardametas, siendo el valor promedio de 60 ml/kg/min¹¹ Helgerud y col encontró un VO_2max de 64.3 ml/kg/min en jugadores sub 18 y con un promedio de 73.9 ml/kg/min¹² y observo mayores valores en mediocampistas y delanteros que en defensores (65 vs 58 mL/kg/min), y en otros estudios se ha identificado que los jugadores jóvenes tienen similares VO_2max que los jugadores sénior pero con menor economía de carrera, lo que conllevaría a diferencias en el rendimiento dado un mayor gasto energético y variación en el punto de llegada a la fatiga¹¹.

También es importante anotar que estudios durante diferentes fases de la temporada de competición muestran cambios en el VO_2max , siendo mayores los niveles, así sería necesario una prueba fácil y económica para ser realizada en varios periodos de la temporada de competición

1.4 Economía de carrera

El costo energético de una carrera es expresado como el oxígeno por metro o por minuto en una intensidad definida, la economía del trabajo está dada sobre una tasa de trabajo submáxima¹³. Así de la economía de carrera depende en parte el consumo de oxígeno muscular y se convierte en un determinante del rendimiento deportivo y del nivel de condición física del deportista.

En atletas de resistencia con un VO_2max relativamente corto, se ha encontrado una economía de carrera hasta del 20% y esto directamente correlacionado con el rendimiento¹¹. Hoff y Helgerud Calculó que una mejora de aproximada del 5% en la economía de carrera funcionaria incrementando la distancia recorrida en aproximadamente 1.000m.

1.5 Distancia recorrida

Previos estudios han mostrado la correlación de VO_2 max y distancia recorrida en juego, igualmente un mejor VO_2 se relaciona con un mejor desempeño en el campo de juego durante la competencia¹⁴. El gráfico denominado “Distance covered in different positions in male and female soccer players” muestra los diversos estudios que claramente muestran correlación en estos resultados (Ver Anexo 1¹¹)

1.6 Umbral ventilatorio

El umbral ventilatorio es el punto en el cual la ventilación se intensifica de forma desproporcionada con respecto al oxígeno consumido y presentado a la mayor intensidad de ejercicio, de frecuencia cardiaca o VO_2 max donde la producción y remoción de lactato es igual. Existen métodos de hallar el umbral tanto por medición de lactato en sangre como por medidas ventilatorias, pero se presentan muy pocos estudios que muestren la relación que puede haber entre el umbral y el rendimiento en el campo de juego, un hallazgo importante es que se ha encontrado que este umbral normalmente debe estar entre el 80% y 90% de la frecuencia cardiaca máxima en jugadores de futbol de elite¹¹, y entre más tarde lleguemos a este umbral mayor tiempo de rendimiento encontraremos en un atleta, indicándonos un mejor desempeño físico con mejores tasas de remoción de productos del metabolismo y menores tasas de fatiga.

1.7 Evaluación

La evaluación de la capacidad física y rendimiento deportivo en futbol se realiza con test que simulan el patrón del juego, la unidad de medida puede variar en distancia recorrida en un tiempo determinada, en tiempo en recorrer una distancia específica y tiempo en llegar a fatiga, todas estas medidas de la capacidad aeróbica. Pero es bien sabido que el futbol es un deporte con gran componente intermitente y anaeróbico y debe tener una batería de test que explore la gran gama de cambios de

dirección velocidad, saltos, giros y evaluación técnica. Las pruebas son utilizadas para determinar los valores de consumo de oxígeno, umbral anaeróbico, economía del trabajo, rendimiento aeróbico máximo, fuerza y potencia, y producción de energía anaeróbica, así como la identificación del talento, dichos test no están del todo aceptados o validados en el fútbol pero aun así son frecuentemente utilizados por entrenadores y preparadores físicos, y aunque la experiencia es empírica, la literatura también muestra que se deben preferir los test de campo sobre los de laboratorio dada su similaridad con el juego real.

Es importante anotar que un test por sí solo no es lo suficientemente sensible ni específico para predecir el rendimiento en el campo de juego y no puede ser usado para identificación y detección de talentos¹¹.

1.8 Pruebas de laboratorio VO₂ directo

Consumo de oxígeno máximo en prueba máxima es la mayor cantidad de oxígeno que el cuerpo puede usar durante un ejercicio máximo, en el laboratorio de forma directa se realiza para medir de forma exacta este VO₂max, esta prueba está estandarizada en banda rodante, siendo este el modo de ejercicio más cercano a su actividad¹⁵. El test de ergoespirometría en banda hasta la fatiga es considerado el gold estándar para la medición del rendimiento aeróbico, pero a su vez requiere, gastos en tiempo, personal entrenado y equipo costoso¹⁶, sin embargo del cual se puede obtener una información en unas condiciones estándar que nos permitiría comparar con futuros test en las mismas condiciones de medición¹⁷.

La capacidad aeróbica debido a su importancia en el ámbito deportivo ha recibido una gran atención como método eficaz para validar la adaptación física de los individuos⁵, hay una gran variedad de test de laboratorio⁵ que fueron desarrollados como un instrumento principal para evaluar el desempeño físico de atletas en diversos deportes.

En la literatura y entre los investigadores existen diferentes puntos de vista entre la utilización de test de campo y laboratorio para evaluar las características fisiológicas de los futbolistas y de todos los deportistas en general. Es evidente que, por las características específicas del fútbol, no existe un test específico para determinar las características variadas antes mencionadas, por lo cual se han diseñado múltiples test de campo para futbolistas y su validación se ha realizado en pruebas en el laboratorio⁵.

1.9 VO₂ indirecto Pruebas de campo

El test de campo puede ser más barato, más específico y precisa de menos equipamiento

1.10 YO-YO Test

Ha sido desarrollada una versión del Test de Leger y del Multistage Fitness Test: el Yo-Yo Endurance Test¹⁸. El protocolo del test mantiene la particularidad del propuesto por la Universidad de Loughborough Además, no sólo la tabla de conversión es muy similar, sino también el resultado final en metros o de idas y vueltas completadas. El sonido del “beep” registrado en el cassette está ajustado con una precisión de 100 ms. La velocidad de partida es de 10 km/h, y el incremento es de 0,5 km/h. La particularidad del test es que posee dos versiones, la primera versión (Nivel 1) comienza a 10 km/h, mientras que la segunda (Nivel 2) se inicia a 11,5 km/h. El pasaje de una versión a la otra requiere que el evaluado haya alcanzado en el Nivel 1, el Nivel de Velocidad 17.

El Yo-Yo Test^{3,5} 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 fútbol¹⁵. 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 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^{3,5}

1.11 *Yo-Yo Intermittent Recovery Test (RECtest)*

Este Test se focaliza en la habilidad de recuperación con posterioridad al ejercicio intenso. Entre los períodos de esfuerzo (5 a 15 s) se plantea una pausa de 10 s. El Test tiene una duración entre 2 y 15 min.

Tabla 1. *Protocolo de Yo-Yo test nivel 1*

*Fase	Velocidad	# Repeticiones (Ida y Vuelta)	Distancia de la fase	Distancia acumulada
1	10	1	40	40
2	11,5	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

*En la tabla se observa el protocolo utilizado durante el test de recuperación intermitente yoyo tipo I, mostrando la velocidad de inicio de la prueba y la distancia acumulada según las idas y vueltas realizadas hasta tener dos fallos en el tiempo de llegada.

El rendimiento del yoyo test fue relacionado con la distancia recorrida en el juego, la reproducibilidad del test es del 0.98 y tiene una correlación positiva del $\dot{V}O_2$, tiempo de fatiga, número de sprint y distancia recorrida en el juego, así este test puede ser un buen indicador para evaluar a los jugadores de fútbol, y se recomienda este test para equipos sin la disponibilidad de $\dot{V}O_2$ directo¹¹.

Basados en esta lógica los test de Yo-Yo intermitente^{3,5} fueron específicamente desarrollados para evaluar la habilidad de individuos en realizar actividades intermitentes de alta intensidad. Además, son utilizados exhaustivamente por científicos y entrenadores en el monitoreo de la capacidad cardiorrespiratoria de jugadores del fútbol²

Otros autores no han encontrado correlación en los datos obtenidos en el laboratorio con el test de Bangsbo¹⁹, ni con el yo-yo test en futbolistas profesionales²⁰. En este mismo estudio Metaxas quienes concluye que es necesaria la realización de pruebas ergoespirométricas para estimar con precisión el consumo máximo de oxígeno en futbolistas, mientras que Stolen, recomienda el yo-yo test cuando no se pueda disponer de un laboratorio para obtener los datos del consumo máximo de oxígeno¹¹.

Tabla 2. *Inconvenientes: Test de laboratorio vs Test de campo*

LABORATORIO	CAMPO
Menor motivación	Dificultad en transporte de materiales
Mayor dificultad para repetición de gestos deportivos	Inestabilidad ambiental
Dificultad para adaptación a los ergómetros	Menor control de protocolos

**En esta tabla se observa la relación de inconvenientes encontrados en la prueba de laboratorio test de ergoespirometría en banda vs la prueba en campo Yo-Yo Test Nivel 1. (Ramos Álvarez, J.J.1; Segovia Martínez, J.C.1 y López-Silvarrey Varela, F.J.1 2014)*

Tabla 3. *Ventajas: Test de laboratorio vs Test de campo*

DISPONIBILIDAD DE MATERIAL	MÁS ECONÓMICOS
Utilización de ergómetros específicos	Requieren poco equipamiento
Control de medios materiales	Accesibilidad
Asepsia	Mayor motivación
Medio estable	Especificidad: utilización medio habitual

En esta tabla se observa la relación de inconvenientes encontrados en la prueba de laboratorio test de ergoespirometría en banda vs la prueba en campo Yo-Yo Test Nivel 1. (Ramos Álvarez, J.J.1; Segovia Martínez, J.C.1 y López-Silvarrey Varela, F.J.1 2014)

1.12 Fórmulas

La estimación del VO₂max a partir de la distancia recorrida el en YO-YO test se realiza a partir de la siguiente fórmula de Bangsbo²:

$$\text{VO}_2\text{max [ml/(min*kg)]} = \text{distancia YO-YO test (m)} \times 0.0084 + 36.4$$

Mediante la fórmula propuesta por Bangsbo, uno de los objetivos es comprobar la idoneidad del Yo-Yo Test Nivel 1 para estimar el VO₂max en jugadores de fútbol.

La estimación del VO₂max a partir de la distancia recorrida en la prueba ergoespirométrica se realiza a partir de la siguiente fórmula de colegio americano de medicina del deporte ACSM:

$$\text{VO}_2\text{max l/(min*kg)} = (\text{vel m/min} \times 0,2) + (\% \text{ inclinación} \times \text{vel m/min} \times 0.9) + 3.5\text{ml/Kg/min.}$$

1.13 Validación y aplicación práctica del Test Yo-Yo de Recuperación Intermitente en el fútbol

Krustrup y col.⁵ demostraron que el YYIRT Nivel 1 tiene una alta reproducibilidad día a día, así como validez, ya que el rendimiento en el test guarda una estrecha relación con el rendimiento físico en los partidos de fútbol. Se ha demostrado que el YYIRT Nivel 1 guarda relación con la capacidad de realizar esfuerzos de ejercicio de alta intensidad durante el partido, no solo en fútbol masculino sino

también en fútbol femenino^{3,5}. Además, se ha demostrado que el test es reproducible, sensible y permite analizar las diferencias en las capacidades físicas de los jugadores en diferentes momentos de la temporada. Fisiológicamente, estos autores mostraron que el flujo de energía aeróbica era máximo y que se producía una gran exigencia sobre el sistema anaeróbico hacia el final del test.

Se ha visto que las diferencias individuales en el rendimiento en el YYIRT dependen del estado de entrenamiento, el momento de la temporada y la fuerza explosiva de los miembros inferiores en jugadores de fútbol^{5,16}

Mujika²¹ evaluaron el rendimiento en el YYIRT Nivel 1 en jugadores y jugadoras de fútbol profesionales y juveniles y sus resultados mostraron que la capacidad de realizar ejercicio intermitente de alta intensidad durante largos periodos de tiempo, como muestran los resultados del YYIRT, constituye una variable discriminativa tanto en el fútbol masculino como en el femenino. El mayor rendimiento en el YYIRT observado en jugadores y jugadoras de primera división en comparación con los jugadores y jugadoras juveniles reveló la necesidad de poseer un alto nivel de resistencia específica para competir a nivel profesional en ambos sexos.

Krustrup⁵ hallaron una correlación significativa entre el rendimiento en el YYIRT y el consumo máximo de oxígeno de sujetos habitualmente activos. Por el contrario, Castagna¹⁶ no observaron dicha correlación en futbolistas aficionados bien entrenados. Esta diferencia sugiere que el YYIRT puede ser considerado un test de campo específico para el fútbol.

Castagna¹⁶ evaluaron los factores fisiológicos determinantes y observaron que la explosividad de los miembros inferiores (es decir, el rendimiento en el salto con contramovimiento) guardaba relación con el rendimiento en el YYIRT en futbolistas masculinos no de élite. En oposición a este estudio, el rendimiento en el YYIRT guardó una relación significativa con el rendimiento en el salto vertical solo en el caso de las jugadoras en el estudio de Mujika²¹, sin embargo, el análisis conjunto de los datos masculinos y femeninos mostró que el rendimiento en el YYIRT guardaba una relación significativa

con el rendimiento en salto con contramovimiento, lo cual sugiere que existe un nivel de rendimiento por encima del cual una explosividad de miembros inferiores superior puede no afectar al YYIRT, además, debido a su relación con las actividades en los partidos^{3,5,22}; el YYIRT debería ser tenido en cuenta por entrenadores y preparadores físicos de fútbol para la selección y el desarrollo de talentos.

En estudios de los mismos autores se observó que los defensas centrales, 985 ± 43 m, n= 21; defensas laterales, 978 ± 40 m, n= 20; volantes laterales, 984 ± 41 m, n= 26; y volantes centrales, 968 ± 48 m, n= 22; tuvieron un desempeño superior en el YYIRT2 ($p > 0.05$) en relación a los delanteros, 894 ± 47 m, n= 24; y guardametas, 602 ± 27 m, n= 6. Además de las diferencias entre las posiciones el desempeño en el YYIRT puede ser influenciado por el nivel de competición y las diferentes épocas de competición^{2,3}.

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 relevantes², 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 test¹⁵.

Por consiguiente, la prueba de YYIRT1 puede servir como una prueba legítima para valorar el estado de preparación para el juego y guiar en la prescripción de entrenamiento en jóvenes jugadores de fútbol²³.

1.14 Utilidad

Estas características pueden sugerir que el YYIRT puede ser usado como indicador específico del rendimiento aeróbico, sin embargo, al usar un protocolo de carrera intermitente y progresivo similar al

YYIRT1⁵. Encontraron buena correlación en jugadores de futbol adultos entre rendimiento y distancia recorrida y rendimiento durante el juego²⁴. Además el YYIRT1 mostró buena correlación con el VO₂max, y a la luz de los hallazgos de estos estudios puede tener validez en el rendimiento específico en el futbol⁵.

En contra prueba Castagna e Impellizeri indicaron que el YYIRT1 no ha probado tener un criterio de validez directa ni tampoco ninguna correlación importante entre el VO₂ pico en la banda rodante y distancia el en YYIRT. Además, el VO₂pico individual alcanzado durante la banda rodante no reflejo el VO₂pico que se obtuvo durante el YYIRT1. Como consecuencia, comparado con las otras pruebas de carrera, YYIRT1 no puede ser considerado una prueba legítima para el poder aeróbico del jugador del fútbol en la juventud moderadamente entrenado²⁴.

De acuerdo a la profusa utilización de metodología indirecta por Profesionales de la Actividad Física y el Deporte, el estudio a su vez, puede orientarse a brindar sustento de validez y precisión a través de la confrontación con tecnología de punta. En este sentido, los resultados brindarán utilidad considerable en los ámbitos educativo, médico preventivo y deportivo, involucrando a las diversas instituciones con tales fines⁹.

1.15 Concordancia con pruebas de laboratorio

En cuanto a los trabajos realizados hasta el momento²⁰, llevaron a cabo un estudio en el que analizaron en jugadores de fútbol las relaciones existentes en el VO₂max analizado directamente en laboratorio y el VO₂max 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 VO₂max obtenidos en el test de campo y los obtenidos en el laboratorio. Por el contrario, Castagna y

col. ²⁴, 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 cardiaca máxima, el cociente de intercambio respiratorio (RER), el pulso de O₂, el VO₂max 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 VO₂max medido directamente en laboratorio. Sin embargo, sí encontraron relaciones significativas entre la distancia recorrida en el *Yo-Yo Test* y el pico de $\dot{V}O_2$ ($r = 0,65$), la frecuencia cardiaca máxima ($r = 0,54$), el pulso de O₂ ($r = 0,55$) y la ventilación máxima ($r = 0,61$). (Sanchez oliva-2014)

Los estudios analizados muestran que el estado de rendimiento anaeróbico durante la prueba del del YYIR2 tenía mayor correlación, y el $\dot{V}O_2$ fue correlacionado en mayor proporción con YYIR1 (de $r = 0,74$) pero solo medianamente con el YYIR2²⁵.

2. Problema de investigación

Existen múltiples pruebas directas e indirectas, de laboratorio y de campo para evaluar el consumo máximo de oxígeno como indicador y evaluación del rendimiento en deportistas, las cuales pueden resultar costosas, requieren un entrenamiento y un equipamiento específico, además son de difícil acceso, motivo por el cual muchos entrenadores no hacen uso de ellas, dichas pruebas indirectas resultan más económicas tanto en dinero como en tiempo y es posible su realización en los mismos campos de entrenamiento y/o juego donde el deportista se desempeña diariamente, adicionalmente los entrenadores y preparadores físicos prefieren dichas pruebas indirectas por su similaridad con las acciones de la competencia, realizándolas con varios jugadores a la vez.

Basado en lo anterior nuestra pregunta de investigación es: ¿Hay concordancia en la medida del consumo máximo de oxígeno al realizar una prueba de laboratorio en banda y el yo-yo test como test de campo en futbolistas sub -20 de un Club de futbol profesional colombiano?

3. Justificación.

Según el gran censo de la FIFA del 2007 hay 265 millones de personas que juegan al fútbol de manera reglamentada con 207 asociaciones de fútbol reglamentadas, estos jugadores requieren de pruebas que midan de manera objetiva su capacidad cardiorrespiratoria antes, durante y después de sus ciclos de entrenamiento y/o competencia, además permite al grupo de entrenadores y grupo médico realizar intervenciones pertinentes para prevenir, controlar y/o mejorar la capacidad individual en forma oportuna, protegiendo la salud del deportista.

En la actualidad se cuenta con equipos y técnicas para valorar el rendimiento físico de los futbolistas, dentro de estas técnicas se cuenta con tests de ejercicio en laboratorio con medición de variables cardiopulmonares y metabólicas, y test de campo que son más cercanas a la realidad de la competencia, así los resultados de dichas pruebas podrían darnos la posibilidad de intercambiar los resultados entre ambos tipos de tests, aunque algunos autores muestran sus dudas a esta posibilidad²⁴. Kemi, OJ et al comparando los datos obtenidos en un test incremental de velocidad en laboratorio y un test específico de campo diseñado por ellos no encontraron diferencias significativas en el $VO_2\max$ ²⁶ Otros autores no han encontrado correlación en los datos obtenidos en el laboratorio con el test de Bangsbo²⁷, ni con el yo-yo test en futbolistas profesionales. En este mismo estudio Metaxas et al concluyen que es necesario la realización de pruebas ergoespirométricas para estimar con precisión el consumo máximo de oxígeno en futbolistas²⁰.

Concretamente, Bangsbo² escribieron 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 Goodman²⁸ comprobaron relaciones significativas entre

el Yo-Yo Test Nivel 1, el Yo-Yo Test Nivel 2 y el VO₂max, utilizando para ello una muestra formada por jugadores de fútbol americano, hockey y cricket de Australia, pero no con jugadores de fútbol¹⁵.

Aunque no existen evidencias que los resultados obtenidos en los test de campo y laboratorio puedan ser intercambiables, la utilización de ambos nos permitiría obtener datos complementarios, esta controversia encontrada en la literatura nos indicaría poder reemplazar la ergoespirometría por pruebas indirectas y con este estudio se busca validar su precisión, ante las ventajas establecidas por la prueba de campo sería importante validar la información obtenida en el yo-yo test y reemplazar una prueba costosa y de difícil realización para algunos entrenadores y equipos de mediano y bajo presupuesto con pruebas de campo de realización económica y reproducible. Datos que nos darían información importante y que serían de gran utilidad en la valoración del futbolista en el transcurso de la temporada²⁹.

4. Objetivos.

Objetivo General

- Determinar la concordancia entre la medición del consumo máximo de oxígeno por medio ergoespirometría en laboratorio durante una prueba máxima en banda y una determinación del consumo de oxígeno durante una prueba de yo-yo test en campo.

Objetivos Específicos

- Establecer el consumo máximo de oxígeno por medio de ergoespirometría durante una prueba máxima en laboratorio.
- Establecer el consumo de oxígeno estimado por medio de fórmula Bangsbo durante una prueba máxima en laboratorio.
- Establecer el consumo máximo de oxígeno por medio de ergoespirometría durante una prueba de yo-yo test en campo.
- Establecer el consumo máximo de oxígeno estimado por medio de fórmula de Bangsbo durante una prueba de yo-yo test en campo.
- Establecer consumo de oxígeno pico por medio de ergoespirometría en una prueba de yo-yo test en campo.

5. Propósito

El propósito de este estudio es comprobar la validez del *Yo-Yo Test* para la obtención del 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, y de esta forma masificar su utilización en el entrenamiento del fútbol como un método fácil, económico de la obtención del VO_2 y VO_{2max} . En este sentido Stolen et al recomiendan el yo-yo test cuando no se pueda disponer de un laboratorio para obtener los datos del consumo máximo de oxígeno¹¹, siendo importante que esta prueba puede ser realizada en condiciones de intermitencia similares a las cuales el futbolista se encuentra entrenando y/o compitiendo en el día a día, permiten de manera simultánea la valoración de varios jugadores a la vez, y traen consigo un menor costo, teniendo en esta prueba una herramienta de control biomédico eficaz y segura que puede ser realizada en las diferentes categorías y clubes del fútbol colombiano.

6. Aspectos Metodológicos

6.1 Tipo y diseño general del estudio

Se trata de un estudio de concordancia

6.2 Población de referencia y muestra

Se tomó una muestra a conveniencia en el tiempo y tamaño de la muestra entre el grupo de jugadores juveniles del Deportivo Cali, que cumplieron los criterios de inclusión, en total se obtuvo una muestra $n= 14$ jugadores sub 20 que completaron las dos pruebas.

6.3 Criterios de inclusión

- Futbolista registrado en la categoría sub 20 del deportivo Cali. (18-20 años cumplidos).
- Aptitud médico-deportiva dada por el club.
- Género masculino.
- Que acepten la participación de manera voluntaria.

6.4 Criterios De Exclusión

- Alteraciones patológicas en el ritmo cardiaco y/o capacidad respiratoria.
- Ingesta de medicamentos que alteren el ritmo cardiaco y/o capacidad respiratoria.
- Consumo de bebidas energéticas, tabaco o sustancias psicoactivas 24 horas previo a la realización de las pruebas.
- Lesiones musculares previas o durante la realización de la prueba y/o haber estado en programas de rehabilitación en los últimos 7 días previos a la realización de las pruebas.

Tabla 4. *Matriz de Variables*

VARIABLE	DEFINICIÓN	DEFINICIÓN OPERACIONAL	CATEGORÍA	TIPO Y ESCALA DE MEDICIÓN
VO ₂ max YO-YO Test	Valor de VO ₂ max encontrado en la prueba YYIRT1	Valor de VO ₂ max encontrado en la prueba YYIRT1	Independiente	Cuantitativa
VO ₂ max ergoespirometria	Valor de VO ₂ max encontrado en ergoespirometria	Valor de VO ₂ max encontrado en la ergoespirometria	Independiente	Cuantitativa
VO ₂ max indirecto YYIRT1	Valor de VO ₂ max por formula en la prueba YYIRT1	Valor de VO ₂ max obtenido por formula de Bangsbo	Independiente	Cuantitativa
VO ₂ max indirecto ergoespirometria	Valor de VO ₂ max por formula en ergoespirometria	Valor de VO ₂ max obtenido por formula de ACSM	Independiente	Cuantitativa

*Matriz de variables usadas en el estudio.

6.5 Procedimientos y técnica

Previo al inicio de las pruebas se realizará la caracterización de la población, registrando los siguientes datos: fecha de nacimiento, edad, posición en el campo de juego, posteriormente se realizará una historia clínica y examen físico completo además se tomarán medidas antropométricas (talla, peso, porcentaje de grasa corporal, el cual será medido por medio de impedanciometría con una Tanita TBF 300 A.

Se diligenció formato de consentimiento informado, se dio explicación clara de la indicación, beneficios y posibles complicaciones referentes a las pruebas, con posterior firma del documento.

6.6 *Primera fase*

Esta fase corresponde a la fase de la prueba de laboratorio, la cual se llevará a cabo en una banda sin fin, calibrada previamente según las recomendaciones del fabricante.

El participante debe permanecer al menos 5 minutos en reposo, finalizando los 5 minutos se registra la tensión arterial y la frecuencia cardiaca. Posteriormente al sujeto se le coloca el ergoespirómetro de marca K4b², previamente calibrado según las recomendaciones del fabricante y se iniciará una fase de calentamiento de 10 minutos, a una baja velocidad, la cual el participante escogerá espontáneamente.

Una vez finalizado el periodo de calentamiento se da inicio a la prueba de ejercicio cardiopulmonar integrado, a una velocidad de 8Km.h y 2 ° de inclinación, con un incremento gradual de la velocidad de 0,5Km.h cada minuto hasta lograr la fatiga, durante la fase de ejercicio se hará un registro continuo de R-R por medio del cardifrecuenciómetro SUUNTO T6C y registro de la tensión arterial al finalizar el esfuerzo. En el momento en el que es suspendida la prueba se inicia una fase de recuperación activa en banda de tres minutos, a una velocidad escogida de manera espontánea por el participante y 2 minutos en posición sentado, durante este periodo se realiza el registro de la presión arterial al minuto 1, 3 y 5 de la recuperación.

6.7 *Segunda fase:*

Corresponde a la prueba de campo, realizada a los siete días posteriores a la fase 1. En este caso el participante debe permanecer al menos 5 minutos en reposo, en decúbito supino, finalizando los 5 minutos se registra la tensión arterial y frecuencia cardiaca. Posteriormente se dará inicio a la fase de calentamiento de 10 minutos, a una baja velocidad, la cual el participante escogerá espontáneamente. Una vez finalizado el periodo de calentamiento se da inicio a la prueba de ejercicio cardiopulmonar integrado, a una velocidad de 8Km.h, con un incremento gradual de la velocidad de 0,5Km.h cada minuto hasta lograr la fatiga, acorde a lo descrito por Léger y Lambert (24 cottin). Los sujetos deberán

hacer un recorrido de 20 metros, marcado previamente con señales visibles en el tiempo dispuesto para cada etapa según el protocolo, el cual será regulado por una señal auditiva. La prueba se da por terminada si el participante tiene más de 2 episodios consecutivos de retardo a la alerta sonora para cubrir la distancia en el tiempo estimado para cada etapa. En el momento en el que es suspendida la prueba se inicia una fase de recuperación activa de tres minutos, a una velocidad escogida de manera espontánea por el participante y 2 minutos en posición sentado, durante este periodo se realiza la toma de la presión arterial al minuto 1, 3 y 5 de la recuperación.

7. Aspectos éticos

Este proyecto tiene aprobación de la Dirección de Postgrados de la Universidad del Bosque.

Radicado bajo aprobación del departamento de investigación de la Escuela Nacional del Deporte, de la Asociación Deportivo Cali en sus divisiones menores y del departamento médico del Deportivo Cali.

Todos los deportistas tendrán una explicación clara de la indicación, beneficios y posibles complicaciones referentes al procedimiento.

Se explico y planteo la posibilidad de presentarse lesiones musculoesqueléticas durante la prueba de laboratorio o la prueba de campo y cuyo manejo de rehabilitación será llevado a cabo por parte del cuerpo médico del deportivo Cali y o por su sistema de aseguramiento de la arl a la cual están afiliados los jugadores.

Consentimiento informado firmado por el paciente (Anexo no 1).

8. Análisis Estadístico

El estándar de oro para medición de consumo máximo de oxígeno es la medición del mismo por ergoespirometría, como es un estudio de concordancia entre el estándar de oro y la durante prueba intervalada tipo yo-yo test se realizó el análisis mediante estudio de correlación de Q Q Plot.

Posteriormente el paquete estadístico SPSS (20.0 para Windows) fue utilizado para todos los análisis estadísticos y los datos se informaron como media desviación estándar (\pm DE).

La hipótesis de normalidad se verificó mediante la prueba de Shapiro-Wilk, mientras que la comparación entre las medias de la prueba de campo y de la banda sin fin se realizó mediante la prueba t pareada.

Se utilizó correlación de Pearson para examinar las relaciones entre VO₂max en la recuperación intermitente Yo-Yo 1 y las pruebas de la cinta rodante y el método de límites de concordancia de Bland-Altman se utilizó para examinar las diferencias individuales entre los valores estimados y directos de VO₂max (ml • kg⁻¹ • min⁻¹). La significancia estadística se estableció en 0,05 ($p \leq 0,05$).

El coeficiente de correlación de concordancia de Lin (CCC) se utilizó para examinar las relaciones entre VO₂max y la frecuencia cardíaca en el YYIR1 y la prueba de laboratorio. El valor del CCC se interpretó como sigue: > 0,99, concordancia casi perfecta; 0,95 a 0,99, concordancia sustancial; 0,90 a 0,95 concordancia moderada; <0,90 concordancia deficiente.

9. Presupuesto.

Tabla 5. Descripción cuantitativa de los equipos

EQUIPO	TOTAL
Ergoespirómetro K4B2 (en alquiler)	400.000
Cardiofrecuenciómetros SUUNTO T6C no 10 (en alquiler)	300.000
Traslado de investigadores a la ciudad de Cali para toma de muestras	1.550.000
Salida de jugadores y equipo de investigador a las salidas de campo ida y vuelta	300.000
Traslado y logística de material para prueba en campo	300.000
Mantenimiento de equipos	100.000
TOTAL	2'950.000

*Se describe los valores calculados por cada equipo y las respectivas acciones de logística, necesarias para la medición.

10. Resultados

Tabla 6. *Características antropométricas de los sujetos*

*VARIABLES (n= 14)	
Edad (años)	18.4 ± 1
Peso (Kg)	72.4 ± 4.2
Estatura (cm)	180 ± 7

*Tabla de valores antropométricos de los sujetos del estudio donde se muestra el rango de edad de estudio es de 18 a 20 años, con una media de 18.4 años, una media del peso de los jugadores de 72.4 kg y una media de la talla de 1.80 cm

Tabla 7. *Respuesta fisiológica en banda rodante y test de campo*

*VARIABLES	YYIR1 (Media ± valores DS)	BANDA (Media ± Valores DS)
VO ₂ max Directo (ml.Kg ⁻¹ .min ⁻¹)	54.9 ± 6.6	55.5 ± 4.2'
VO ₂ max Indirecto (ml.Kg ⁻¹ .min ⁻¹)	56.9 ± 1.6	60.0 ± 3.9'

*Tabla de valores encontrados en las diferentes pruebas y descritos como media DS de valores, resultados de consumo directo e indirecto a partir de Yoyo test (VO₂max Directo (ml.Kg⁻¹.min⁻¹) y el consumo máximo de oxígeno directo e indirecto en la prueba en banda rodante (VO₂max Directo (ml.Kg⁻¹.min⁻¹) . El valor medio obtenido a través del yoyo test fue de 54.9 ± 6.6, inferior mínimamente al obtenido en banda rodante 55.5 ± . 4.2 Resultado que muestra una concordancia adecuada entre resultados. El valor medio obtenido a través del yoyo test fue de 56.9 ± 1.6, inferior al obtenido en banda rodante 60.0 ± 3.9, en donde se evidencia que la no concordancia es por un valor no significativo.

Tabla 8. *Coefficientes de relación de Pearson y CCC en YYIR1 y banda rodante.*

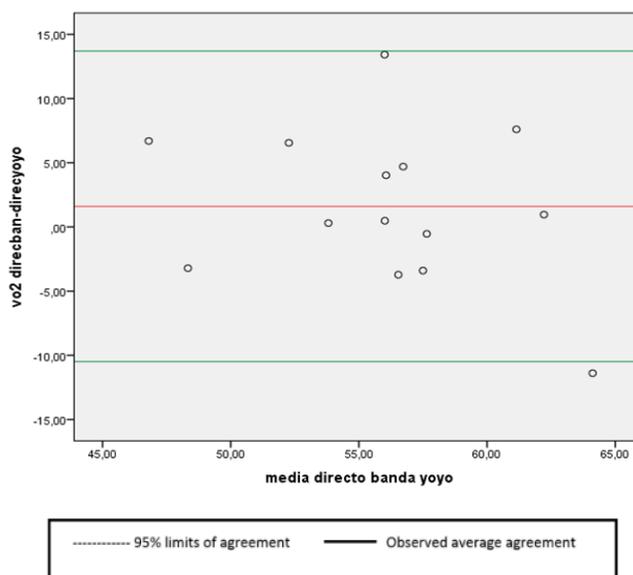
VARIABLES	CORRELACIÓN DE PEARSON	CCC
VO ₂ max Directo	r = 0.71 (p = 0.004)"	0.642'
VO ₂ max Directo-Indirecto YYIR1	r = 0.65 (p = 0.010)"	0.276'
VO ₂ max Directo-Indirecto TP	r = 0.38 (p = 0.177)	0.229'

VO ₂ max Indirecto	r = 0.31 (p = 0.277)	0.142'
VO ₂ max Indirecto YYIR1 - VO ₂ max Directo Banda	r = 0.44 (p = 0.111)	0.269'
VO ₂ max Indirecto Banda - VO ₂ max Directo YYIR1	r = 0.56 (p = 0.034)''	0.345'

*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 en banda rodante, se calculó el coeficiente de correlación de producto Pearson y CCC en yoyo test y en banda rodante, obteniéndose los siguientes valores, $r = 0.44$ ($p = 0.11$), indicando un resultado débil. A continuación, se presenta los datos, que de manera paralela se analizaron y los valores de correlación de Pearson, con los valores de correlación y concordancia de Lin.

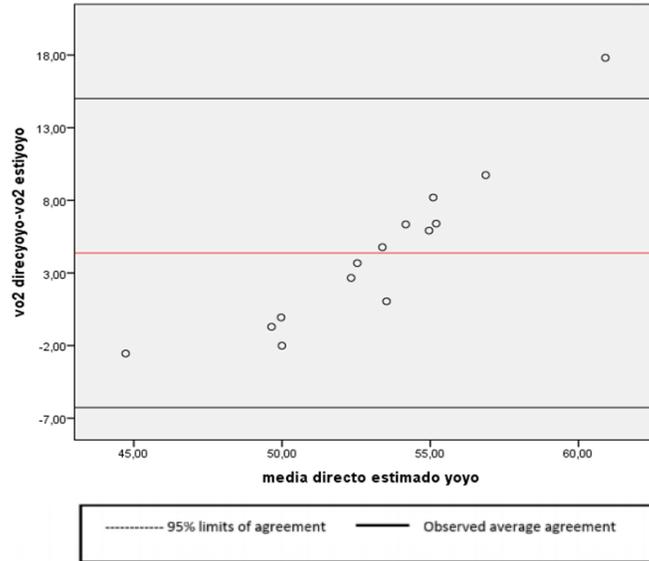
A continuación, se muestran las diferencias individuales mediante el método de Bland Altman, representando gráficamente la diferencia entre las dos mediciones y frente a su media.

Figura 1. Gráfico de Bland-Altman de VO₂max directo en pruebas de campo y banda rodante y los valores directos ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$).



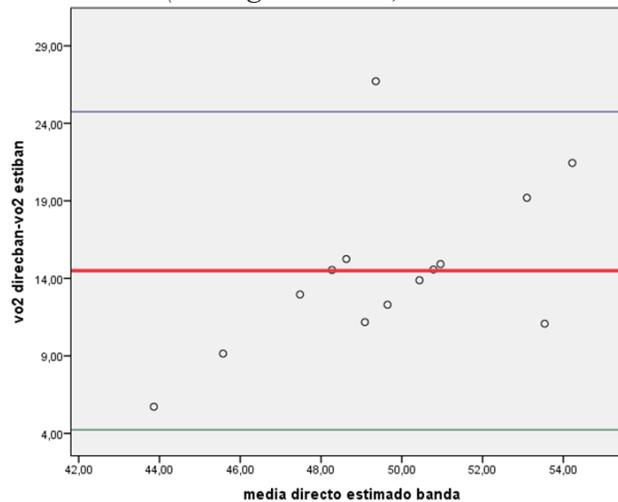
* Se observa una correlación adecuada $r = 0.71$ ($p = 0.004$) con una pobre concordancia CCC: 0.642*, además de una distribución totalmente aleatoria no sistemática y se observa como los valores están por encima y por debajo de 0, indicando que las dos pruebas tienen resultados similares y no se puede establecer que la prueba yoyo test, obtenga valores superiores a la prueba en banda rodante. La línea discontinua representa los niveles de confianza 95%.

Figura 2. Gráfico de Bland-Altman de los valores de las pruebas de campo en YTTIRI VO₂max directos e indirectos (ml • kg⁻¹ • min⁻¹).



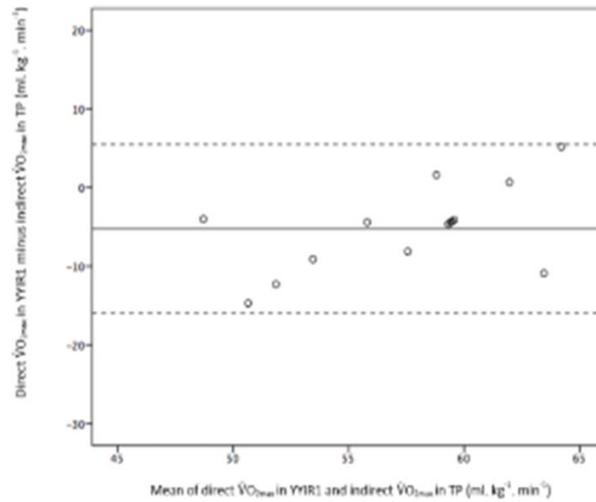
Se observa una correlación adecuada $r = 0.6422$ ($p = 0.010$) con una pobre concordancia CCC: 0.276, un sesgo aleatorio corregido con sesgo sistemático presente, además es importante anotar límites de acuerdo entre -7 Y +15 una enorme diferencia no aceptable estadísticamente aunque persista en intervalos. Para este caso también se observa como los valores están por encima de 0, indicando que las dos pruebas tienen resultados similares y se puede establecer que la prueba yoyo test, obtenga valores superiores a la prueba en banda rodante. La línea discontinua representa los niveles de confianza 95%.

Figura 3. Gráfico de Bland Altman de los valores de VO₂max directo e indirecto en Banda rodante. (ml • kg⁻¹ • min⁻¹).



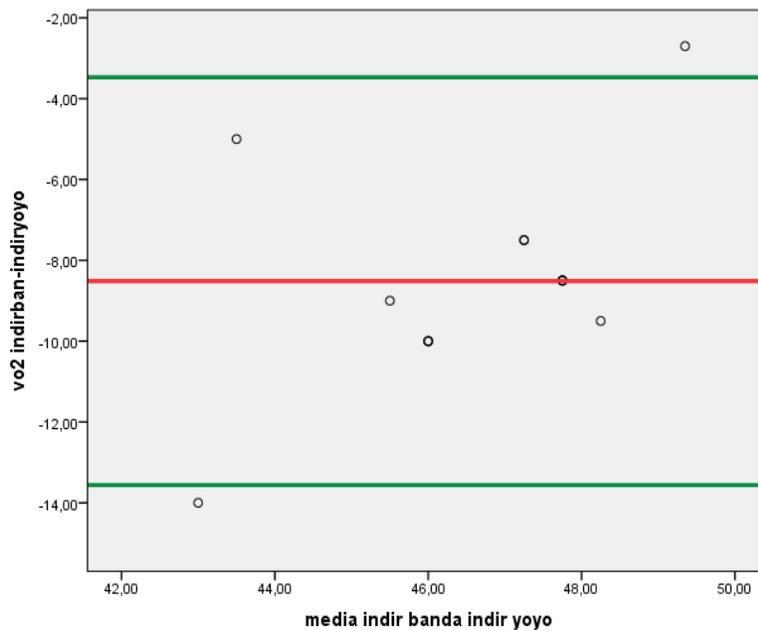
Se observa una pobre correlación $r = 0.38$ ($p = 0.177$) con una pobre concordancia CCC: 0.229 con un sesgo aleatorio presente, además unos límites de acuerdo entre +4 Y + 24 una enorme diferencia no aceptable aunque permanezca dentro de intervalos de confianza.

Figura 4. Gráfico de Bland-Altman de los valores de las pruebas de VO₂max directo en prueba de campo YYTIRI e indirectos en Banda rodante (ml • kg⁻¹ • min⁻¹).



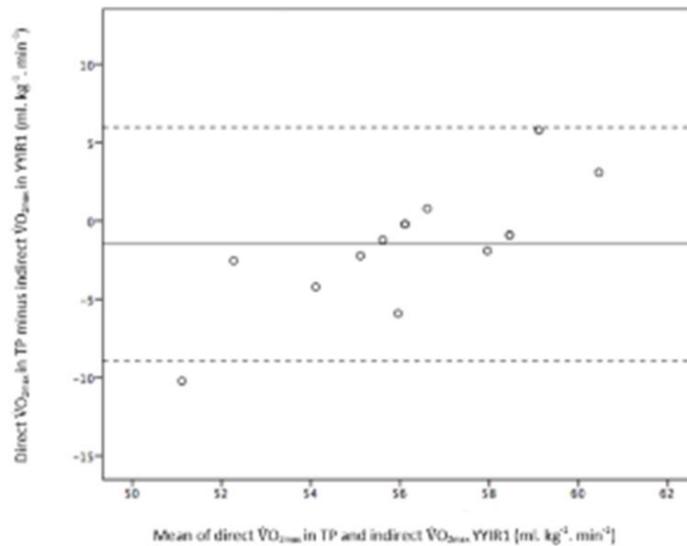
*Se observa una correlación adecuada $r = 0.56$ ($p = 0.034$) con una pobre concordancia CCC: 0.345, con un sesgo aleatorio corregido además unos límites de acuerdo entre -15 y +5 una enorme diferencia no aceptable aunque permanezca dentro de intervalos de confianza.

Figura 5. Gráfico de Bland-Altman de los valores indirectos en las pruebas de banda rodante y de campo en YYTIRI (ml • kg⁻¹ • min⁻¹).



*Se observa una pobre correlación $r = 0.31$ ($p = 0.277$) con una pobre concordancia CCC: 0.142*con un sesgo aleatorio presente, además unos límites de acuerdo entre -13 y -4 una enorme diferencia no aceptable aunque permanezca dentro de intervalos de confianza.

Figura 6. Gráfico de Bland-Altman de los valores indirectos en la prueba de campo en YYTIRI y valores directos en la prueba de banda rodante ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$).



*Se observa una pobre correlación $r = 0.44$ ($p = 0.111$) con una pobre concordancia CCC: **0.269**, límites de confianza entre -9 y + 6 diferencia aceptable aunque permanezca dentro de intervalos de confianza.

La concordancia hallada en las diferentes pruebas se denota como se encuentra a continuación:

- Para el VO_{2max} directo en la prueba de laboratorio y prueba de campo YYIR1 fue 0,6422; IC 95%: (0,138; 0,812) lo que corresponde a una pobre concordancia.
- El VO_{2max} estimado en prueba de campo YYIR1 y directo en prueba de campo YYIR1 fue 0.276; IC 95% (0,138; 0,492) lo que corresponde a una pobre concordancia.
- El VO_{2max} estimado y directo en la prueba de laboratorio fue 0,229; IC 95% (-0.111; 0.520) lo que corresponde a una pobre concordancia.
- El VO_{2max} estimado en la prueba de laboratorio y el VO_{2max} directo en prueba de campo YYIR1 fue 0,345; IC 95% (-0,115, 0,495) lo que corresponde a una pobre concordancia.
- El VO_{2max} estimado en la prueba de laboratorio y prueba de campo YYIR1 fue de 0,142; IC 95% (-0.115; 0.382) lo que corresponde a una pobre concordancia.

- El VO_{2max} directo en la prueba de laboratorio y el VO_{2max} estimado en prueba de campo YYIR1 fue 0,269; IC 95% (-0,052, 0,540) lo que corresponde a una pobre concordancia.

11. Discusión

El objetivo principal de este estudio era establecer si se encuentra una adecuada concordancia entre el VO_{2max} en la prueba gold estándar en laboratorio prueba en banda rodante versus una de las pruebas de campo más utilizada por los entrenadores de fútbol YYTI y determinar y si se encontraba una concordancia que diera certeza a las pruebas de campo, de esta forma determinar si una prueba en campo nos ayuda a establecer de forma certera una de las variables más importantes en toda actividad deportiva incluyendo el futbol tanto aficionado como profesional, así ser una herramienta confiable que nos ayude a controlar y mejorar los pequeños cambios y mejorar las variables y condiciones fisiológicas de los atletas pueden tener un gran impacto en el rendimiento.

El estudio es un esfuerzo por identificar el grado de exactitud de una medición, comparándolo con métodos cuantitativos verificables reproducibles y por métodos teóricos usados frecuentemente y confrontados por diferentes métodos estadísticos.

Para obtener los valores de concordancia perfectos, definidos como idénticos, al comparar pares de datos que tienen la misma unidad de medida, es necesario cumplir con tres requisitos: 1) No hay diferencias en las varianzas (error sistemático constante y error sistemático proporcional), 2) No hay diferencia entre desviación estándar (error sistemático proporcional), 3) Correlación perfecta (sin error aleatorio)³⁰. Revisando la bibliografía actual se encontró que el método estadístico más utilizado para analizar la concordancia en las revistas médicas fue la correlación de Pearson, sin embargo este método

sólo permite evaluar el grado de asociación lineal entre dos variables, independientemente de las unidades de la medición de estas variables, que no refleja necesariamente el grado de concordancia entre ellas, identificando el error aleatorio de la medición, sin cumplir con los otros dos criterios necesarios para ser considerado un método de evaluación de concordancia³¹.

El análisis de comparación de medias con una prueba t corresponde al 18% de las publicaciones, que al igual que la prueba ANOVA evalúa la diferencia de medias, estos valores medios están influenciados por los valores extremos de los datos, lo que en ningún caso refleja el grado de exactitud de las mediciones. La correlación intraclase (ICC), que corresponde al 7%, que aunque es un método para evaluar la concordancia, tiene la dificultad de asumir que el error estándar es el mismo para todos los datos y que los resultados dependen de la heterogeneidad de la muestra, a menor heterogeneidad, menor será el valor de ICC.

El límite de concordancia de Bland-Altman, correspondiente al 85% del total de publicaciones que encontramos que evalúan la concordancia³¹, Siendo éste un método de evaluación de la concordancia de carácter desagregado, que permite diferenciar gráficamente si el error encontrado en la medición es aleatorio o sistemático, aunque asume que la media y la desviación estándar de la diferencia entre los métodos es constante a lo largo de la gama de valores, además requiere para su ejecución una distribución normal lo tomamos para el análisis estadístico y gráfico, adicionalmente usamos otro método menos utilizado en la literatura aplicada a estudios en ciencias del deporte para medir el grado de concordancia y es el coeficiente de concordancia de Lin^{32,33}, que corresponde a un método agregado que combina la medida del error sistemático y el error aleatorio, pero con la dificultad de que no es posible diferenciar cuál de los errores es el que tiene mayor impacto en el resultado^{32, 33}, por lo que en el presente estudio se propone la combinación del método de Bland - Altman y CCC, para el enfoque en la medición del grado de precisión entre métodos, analizando de esta forma la concordancia y

teniendo como base de comparación los estudios ya relacionados donde se realizaron análisis de correlación lineal y asociación.

Según la revisión de la literatura este es el primer estudio que ha comparado el grado de concordancia entre VO₂max directo e indirecto en la prueba gold estándar de la medición del VO₂max en banda sin fin y pruebas de campo específicamente YYIR1. La mayoría de los estudios han evaluado el coeficiente de correlación entre las distancias cubiertas en YYIR1 y VO₂max evaluadas durante las pruebas banda sin fin^{3,16} Krustup y col, encontraron una asociación significativa entre el rendimiento de YYIR1 y VO₂max en las jugadoras de fútbol ($r = 0.55, p = 0.04$)³, y entre el rendimiento de YYIR1 y la captación máxima de oxígeno ($r = 0.71, p < 0.05$) en 8 jugadores de fútbol⁵, análisis similar al hallado en el estudio, aunque no tomamos en cuenta el valor del género y el protocolo utilizado en su estudio.

Castagna en sus estudios de 2005 y 2006 encontró que no hubo correlación significativa entre el desempeño de YYIR1 y VO₂max en jugadores de fútbol amateur¹⁶, similar a los resultados del estudio actual, nuestro estudio muestra que no hay una correlación significativa entre las distancias cubiertas en YYIR1 y VO₂max directo en la prueba de banda sin fin, Probablemente por la diferencia en el tipo de ejercicio al ser dos protocolos diferentes en su tipo, uno siendo continuo y el otro intermitente.

Los datos encontrados no mostraron diferencias significativas entre el VO₂max directo y la FC_{máx} en pruebas en cinta ergométrica y YYIR1, mientras que Martínez-Laguna et al, encontraron diferencias significativas en los valores medios en la captación de oxígeno en las jugadoras de fútbol. Esto puede deberse a la diferencia en el protocolo de laboratorio utilizado y las respuestas específicas de género³⁴. Algunos estudios no mostraron diferencias significativas en la FC_{máx} entre la prueba de caminadora y la de campo^{5,34}, lo que sugiere que esta prueba puede usarse para determinar VO₂max o FC_{máx}. Sin embargo, los datos se analizaron t-test y este método no logra definir el grado de concordancia en pares de datos³⁵.

El presente estudio muestra una correlación significativa entre el VO₂max directo en la prueba de laboratorio con el test YYIR1 ($r = 0.71$, $p = 0.005$) y entre el VO₂max directo con el VO₂max indirecto en la prueba YYIR1 ($r = 0.67$, $p = 0.009$), pero con pobres niveles de concordancia por debajo de 0.9; Martínez-Laguna y col encontraron asociación significativa entre VO₂max directo e indirecto en YYIR1 y VO₂max directo en prueba de laboratorio ($r = 0.83$, 0.67 , $p < 0.05$), con VO₂max directo e indirecto medido significativamente subestimado en YYIR1, en comparación con el VO₂max directo en la prueba de la banda sin fin en jugadores de fútbol femenino, demostrando que YYIR1 no es un buen predictor de VO₂max ³⁴.

Castagna, no encontraron diferencias significativas entre el VO₂max indirecto en YYIR1 y el VO₂max directo en la prueba de laboratorio en jugadores de fútbol amateur¹⁶. Hallazgos similares observados en el presente estudio (figura 1, 2), los límites de acuerdo de Bland-Altman muestran una discrepancia considerable entre el VO₂max medido en YYIR1 y la prueba de banda sin fin^{16,34}.

Para estimar el VO₂max en la banda sin fin se utilizó la ecuación de ACSM ³⁶, y estos datos sugieren que usarlo para predecir VO₂max en jugadores de fútbol menores de 20 años amateur o de nivel profesional conduce a resultados inexactos, con sobrevaloración de valores de VO₂max de 7,5%, hallazgos similares a los encontrados por Koutlianos y coll, con sobrevaloración del 14,6%³⁷

A pesar del grado de correlación entre la prueba de laboratorio y de campo, en este estudio y los datos reportados por otros autores¹⁶, los valores de los coeficientes de correlación de concordancia de Lin fueron inferiores a 0,9, comparando las mediciones directas e indirectas de las pruebas de laboratorio y de campo, de acuerdo con los hallazgos de McBride, esto sugiere una pobre fuerza de concordancia³⁸. La correlación de Pearson muestra un error aleatorio aceptable, pero no proporciona información sobre el error sistemático, así el presente estudio muestra un grado de concordancia pobre entre los métodos analizados.

Conclusiones

El estudio muestra que es importante para entrenadores e investigadores en ciencias del deporte la determinación del $VO_2\text{max}$ en jugadores de fútbol elite y fútbol de canteras y categorías inferiores. Además, muestra que los datos de los jugadores entre 18 y 20 años o sub20 pueden ser extrapolados a jugadores mayores de elite.

Es necesario la medida de los valores de $VO_2\text{max}$ en jugadores elite mediante pruebas directas ya que las pruebas indirectas no muestran adecuados valores de predicción del $VO_2\text{max}$.

Los valores obtenidos en la prueba continua nos pueden reflejar la capacidad y rendimiento físico (no técnico ni táctico) en fútbol, siendo este una actividad intermitente y siendo una base útil en la valoración de jugadores de fútbol base y elite.

El estudio muestra una correlación significativa al comparar el $VO_2\text{max}$ directo medido en laboratorio con el $VO_2\text{max}$ directo e indirecto en la prueba de campo, sin embargo, los resultados muestran una pobre fuerza de concordancia en CCC, resultados confirmados en los límites de concordancia de Bland –Altman, mostrando una discrepancia considerable entre las mediciones de $VO_2\text{max}$, en el YYIRT1 y la banda sin fin.

Estos resultados sugieren que el YYIR1 no es una prueba exacta para la evaluación directa e indirecta de $VO_2\text{max}$ en jugadores de fútbol. Además, estos resultados muestran que la correlación de Pearson y t-test no evalúan el grado de concordancia entre los dos métodos de medición.

Bibliografia

1. Bangsbo J, Nørregaard L, Thorsø F. Activity profile of competition soccer. *Can J Sport Sci.* 1991;16(2):110-116. Accessed Aug 16, 2020.
2. Bangsbo J, Iaia FM, Krstrup P. The yo-yo intermittent recovery test : A useful tool for evaluation of physical performance in intermittent sports. *Sports Med.* 2008;38(1):37-51. Accessed Aug 8, 2020. doi: 10.2165/00007256-200838010-00004.
3. Krstrup P, Mohr M, Nybo L, Jensen JM, Nielsen JJ, Bangsbo J. The yo-yo IR2 test: Physiological response, reliability, and application to elite soccer. *Med Sci Sports Exerc.* 2006;38(9):1666-1673. Accessed Aug 8, 2020. doi: 10.1249/01.mss.0000227538.20799.08.
4. Castagna C, Manzi V, Impellizzeri F, Weston M, Barbero Alvarez JC. Relationship between endurance field tests and match performance in young soccer players. *J Strength Cond Res.* 2010;24(12):3227-3233. Accessed Aug 16, 2020. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181e72709.
5. Krstrup P, Mohr M, Amstrup T, et al. The yo-yo intermittent recovery test: Physiological response, reliability, and validity. *Med Sci Sports Exerc.* 2003;35(4):697-705. Accessed Aug 8, 2020. doi: 10.1249/01.MSS.0000058441.94520.32.
6. Wiswell RA, Jaque SV, Marcell TJ, et al. Maximal aerobic power, lactate threshold, and running performance in master athletes. *Med Sci Sports Exerc.* 2000;32(6):1165-1170. Accessed Aug 16, 2020. doi: 10.1097/00005768-200006000-00021.

7. Christensen EH, Hedman R, Saltin B. Intermittent and continuous running. (A further contribution to the physiology of intermittent work.). *Acta Physiol Scand.* 1960;50:269-286. Accessed Aug 16, 2020. doi: 10.1111/j.1748-1716.1960.tb00181.x.
8. Bassett DR, Howley ET. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Med Sci Sports Exerc.* 2000;32(1):70-84. Accessed Aug 16, 2020. doi: 10.1097/00005768-200001000-00012.
9. Antivero E, Vargas CJ. Consumo de oxígeno (vo₂) directo en jugadores del fútbol profesional argentino. *Calidad de Vida y Salud.* 2008;1(1).
10. Wilmore J, Costill D, Kenney W. *Physiology of sport and exercise*, fourth edition. 4th ed. Human Kinetics Publishers; 2007:592.
11. Stølen T, Chamari K, Castagna C, Wisløff U. Physiology of soccer: An update. *Sports Med.* 2005;35(6):501-536. Accessed Aug 8, 2020. doi: 10.2165/00007256-200535060-00004.
12. Hoff J, Helgerud J. Endurance and strength training for soccer players: Physiological considerations. *Sports Med.* 2004;34(3):165-180. Accessed Aug 17, 2020. doi: 10.2165/00007256-200434030-00003.
13. Segovia J, Ramos Alvarez JJ, López Silvarrey JJ. Test de laboratorio versus test de campo en la valoración del futbolista. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Fisica y del Deporte.* 2009(35).

14. Segovia JC, Ramos Alvarez J, López Silvarrey F. Test de laboratorio versus test de campo en la valoración del futbolista. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte*. 2009;9(35):321-321.
15. Sánchez O, Santalla D, Candela A. Análisis de la relación entre el yo-yo test y el consumo máximo de oxígeno en jóvenes jugadores de fútbol. *Revista Internacional de Ciencias del Deporte*. 2014;10(37):180-193.
16. Castagna C, Impellizzeri FM, Chamari K, Carlomagno D, Rampinini E. Aerobic fitness and yo-yo continuous and intermittent tests performances in soccer players: A correlation study. *J Strength Cond Res*. 2006;20(2):320-325. Accessed Aug 8, 2020. doi: 10.1519/R-18065.1.
17. Segovia JC, Ramos Alvarez JJ, López Silvarrey FJ. Test de laboratorio versus test de campo en la valoración del futbolista. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*. 2009;9(35):312-321.
18. Bangsbo J. The physiology of soccer--with special reference to intense intermittent exercise. *Acta Physiol Scand Suppl*. 1994;619:1-155. Accessed Aug 16, 2020.
19. Chamari K, Hachana Y, Ahmed YB, et al. Field and laboratory testing in young elite soccer players. *Br J Sports Med*. 2004;38(2):191-196. Accessed Aug 16, 2020. doi: 10.1136/bjism.2002.004374.
20. Metaxas TI, Koutlianos NA, Kouidi EJ, Deligiannis AP. Comparative study of field and laboratory tests for the evaluation of aerobic capacity in soccer players. *J Strength Cond Res*. 2005;19(1):79-84. Accessed Aug 8, 2020. doi: 10.1519/14713.1.

21. Mujika I, Santisteban J, Impellizzeri FM, Castagna C. Fitness determinants of success in men's and women's football. *J Sports Sci.* 2009;27(2):107-114. Accessed Aug 16, 2020. doi: 10.1080/02640410802428071.
22. Krustup P, Bangsbo J. Physiological demands of top-class soccer refereeing in relation to physical capacity: Effect of intense intermittent exercise training. *J Sports Sci.* 2001;19(11):881-891. Accessed Aug 16, 2020. doi: 10.1080/026404101753113831.
23. Castagna C, Impellizzeri F, Cecchini E, Rampinini E, Alvarez JCB. Effects of intermittent-endurance fitness on match performance in young male soccer players. *J Strength Cond Res.* 2009;23(7):1954-1959. Accessed Aug 8, 2020. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181b7f743.
24. Castagna C, Impellizzeri FM, Chamari K, Carlomagno D, Rampinini E. Aerobic fitness and yo-yo continuous and intermittent tests performances in soccer players: A correlation study. *J Strength Cond Res.* 2006;20(2):320-325. Accessed Aug 8, 2020. doi: 10.1519/R-18065.1.
25. Rampinini E, Sassi A, Azzalin A, et al. Physiological determinants of yo-yo intermittent recovery tests in male soccer players. *Eur J Appl Physiol.* 2010;108(2):401-409. Accessed Aug 8, 2020. doi: 10.1007/s00421-009-1221-4.
26. Kemi OJ, Hoff J, Engen LC, Helgerud J, Wisløff U. Soccer specific testing of maximal oxygen uptake. *J Sports Med Phys Fitness.* 2003;43(2):139-144. Accessed Aug 16, 2020.
27. Chamari K, Hachana Y, Ahmed YB, et al. Field and laboratory testing in young elite soccer players. *Br J Sports Med.* 2004;38(2):191-196. Accessed Aug 8, 2020. doi: 10.1136/bjism.2002.004374.

28. Thomas A, Dawson B, Goodman C. The yo-yo test: Reliability and association with a 20-m shuttle run and VO₂max. *Int J Sports Physiol Perform*. 2006;1(2):137-149. Accessed Aug 16, 2020. doi: 10.1123/ijsp.1.2.137.
29. Ramos Alvarez JJ, Segovia JC, López Silvarrey JC, Legido Arce JC. El fútbol. valoración funcional. test de campo y laboratorio. Medellín: Cátedra Olímpica.
30. Kottner J, Audigé L, Brorson S, et al. Guidelines for reporting reliability and agreement studies (GRRAS) were proposed. *J Clin Epidemiol*. 2011;64(1):96-106. Accessed Aug 16, 2020. doi: 10.1016/j.jclinepi.2010.03.002.
31. Zaki R, Bulgiba A, Ismail R, Ismail NA. Statistical methods used to test for agreement of medical instruments measuring continuous variables in method comparison studies: A systematic review. *PLoS ONE*. 2012;7(5):e37908. Accessed Aug 16, 2020. doi: 10.1371/journal.pone.0037908.
32. Lin LI. A concordance correlation coefficient to evaluate reproducibility. *Biometrics*. 1989;45(1):255-268. Accessed Aug 16, 2020.
33. Steichen TJ, Nicholas C. A note on the concordance correlation coefficient. *The Stata Journal*. 2002;2(2):183-189.
34. Martínez-Lagunas V, Hartmann U. Validity of the yo-yo intermittent recovery test level 1 for direct measurement or indirect estimation of maximal oxygen uptake in female soccer players. *Int J Sports Physiol Perform*. 2014;9(5):825-831. Accessed Aug 16, 2020. doi: 10.1123/ijsp.2013-0313.

35. Lawrance AJ. Regression transformation diagnostics using local influence. *Journal of the American Statistical Association*. 1988;83(404):1067-1072. Accessed Aug 16, 2020. doi: 10.1080/01621459.1988.10478702.
36. Lippincott Williams & Wilkins. ACSM personal trainer study kit 9 pck pap. ; 2013.
37. Koutlianos N, Dimitros E, Metaxas T, Cansiz M, Deligiannis AS, Kouidi E. Indirect estimation of VO₂max in athletes by ACSM's equation: Valid or not? *Hippokratia*. 2013;17(2):136-140. Accessed Aug 16, 2020.
38. McBride GB. A proposal for strength-of-agreement criteria for lins concordance correlation coefficient. *National Institute of Water & Atmospheric Research*. 2005:10.
39. Cabrera Hernández MA, Tafur Tascon LJ, Cohen DD, García-Corzo SA, Quiñonez Sánchez A, Povea Combariza C, et al. Concordance between the indirect $\dot{V} O_2$ max value estimated through the distance in Yo-Yo intermittent recovery test level 1 and the direct measurement during a treadmill protocol test in elite youth soccer players. *J Hum Sport Exerc - 2018 - Spring Conf Sport Sci*. 2018;13(April):26–8.

ANEXO 1

Distancia recorrida en diferentes estudios según la posición de juego en jugadores de fútbol. (stolen 2005). Distance covered in different positions in male and female soccer players.

Table I. Distance covered in different positions in male and female soccer players

Study	Level/country (sex)	n	Distance covered (m) according to playing position, no. of players in parentheses				Method of measurement
			unspecified	defender	midfielder	attack	
Agnevik ^[12]	Division 1/Sweden (M)	10	10 200				Cine film
Bangsbo et al. ^[7]	Division 1 and 2/Denmark (M)	14		10 100 (4)	11 400 (7)	10 500 (3)	Video
Bangsbo ^[11]	Elite/Denmark (F)	1	9 500 (1) ^a				Video
Brewer and Davis ^[13]	Elite/Sweden (F)		>8 500				
Ekblom ^[3]	Division 1 and 4/Sweden (M)	44		9 600	10 600	10 100	Hand notation
	Division 2/Germany (M)	10	9 800 (10)				
Helgerud et al. ^[10]	Elite juniors/Norway (M)	10	9 107 (10)				Video
	Training group (M)	9	1 035 (9)				
Knowles and Brooke ^[14]	Professional/England (M)	40	4 834				Hand notation
Mohr et al. ^[4]	Division 1/Denmark (M)	24	1 033 (24)				Video
	Top team/Italy (M)	18	1 086 (18)				Video
	Combining both teams (M)	42		9 740 (11) CB 10 980 (9) FB	11 000 (13)	10 480 (9)	
Ohashi et al. ^[15]	National/Japan (M)	2	9 845 (2)				Trigonometry
	League/Japan (M)	2	10 824 (2)				
Reilly and Thomas ^[9]	Division 1/England (M)	32		7 759 (7) CB	9 805 (11)	8 397 (14)	Tape recorder
		8		8 245 (8) FB			
Rienzi et al. ^[8]	EPL/England (M)	6	10 104 (6)				Video
	International/SA (M)	17	8 638 (17)				
	EPL/SA international (M)	23		8 695 (9)	9 960 (10)	7 736 (4)	
Saltin ^[16]	Non-elite/Sweden (M)	5	12 000				Cine film
Smaros ^[17]	Division 2/Finland (M)	7	7 100 (7)				TV cameras
Thatcher and Batterham ^[18]	EPL first-team/England (M)	12	9 741 (12)				
Van Gool et al. ^[6]	EPL U-19/England (M)	12	10 274 (12)				
	University team/Belgium (M)	7		9 902 (2)	10 710 (3)	9 820 (2)	Cine film
Vianni ^[19]	Level unknown/Russia (M)		17 000				
Wade ^[20]	Professional/England (M)		1 600–5 486				
Whitehead ^[2]	Division 1/England (M)	2		11 472 (1)	13 827 (1)		Hand notation
	Division 2/England (M)	2		10 826 (1)	11 184 (1)		
	Top amateur/England (M)	2		9 679 (1)	9 084 (1)		
	College/England (M)	2		6 609 (1)	8 754 (1)		
Winterbottom ^[21]	Professional/England (M)		3 361				
Withers et al. ^[5]	National league/Australia (M)	15		10 169 (5) CB	12 194 (5)	11 766 (5)	Video
		5		11 980 (5) FB			
Zelenka et al. ^[22]	Professional/Czech (M)	1				11 500	

a 80-minute game.

CB = central-back; **Czech** = Czech Republic; **EPL** = English Premier League; **F** = female; **FB** = full-back; **M** = male; **SA** = South America; **U** = under.