

CONSUMO DE OXÍGENO (VO₂) DIRECTO EN JUGADORES DEL FÚTBOL PROFESIONAL ARGENTINO

Respuestas durante la Aplicación de Procedimientos Indirectos en Campo y
Laboratorio

*ENRIQUE ANTIVERO, CIRO JAVIER VARGAS**



RESUMEN

Como forma de determinar y describir las respuestas del Consumo de Oxígeno (VO₂) Directo en 12 (doce) futbolistas durante la aplicación de procedimientos indirectos en campo y laboratorio, 6 (seis) jugadores profesionales fueron evaluados a través de un analizador telemétrico durante la ejecución del Yo-Yo Endurance Test Nivel 1 (ENDtest) (Bangsbo, 1996) en Campo de Juego, mientras que para los 6 (seis) sujetos restantes, fue utilizado un analizador fijo en laboratorio durante la ejecución del Yo-Yo Intermittent Recovery Test Nivel 1 (RECTest) (Bangsbo, 1996) en cinta rodante. Mientras que el VO₂ Máximo (VO₂máx) Indirecto fue 52,1 ml.min⁻¹.kg⁻¹ (DS = 2,5 ml.min⁻¹.kg⁻¹; CV = 4,7%), el VO₂máx Directo Telemétrico (VO₂máxT) obtenido durante el último minuto de ejecución del ENDtest fue 63,6 ml.min⁻¹.kg⁻¹ (DS = 6,1

* El equipo de investigación estuvo conformado por: *JORGE RAMÓN CONTRÓ*, Director, Área Biológica, Facultad de Actividad Física y Deporte, Universidad de Flores Sede Comahue, Cipolletti, Rep. Argentina; *ENRIQUE ANTIVERO*, Autor, Área Biológica, Facultad de Actividad Física y Deporte, Universidad de Flores Sede Comahue; *CIRO JAVIER VARGAS*, Autor, Área Biológica, Facultad de Actividad Física y Deporte, Universidad de Flores Sede Comahue; *LUIS WALTER ZABALA*, Área Biológica, Facultad de Actividad Física y Deporte, Universidad de Flores Sede Comahue; *NOELIA GONZÁLEZ*, Integrante; *MARCOS MASIP*, Becario.

ml.min-1.kg-1; CV = 9,5%). El Coeficiente Rs entre los valores Indirectos y Directos fue 0,83, mientras que el Coeficiente Rs2 fue 0,69. De acuerdo a estos valores, se observa una importante tendencia de subestimación del VO2máx Máximo Indirecto respecto al VO2máxT ($p < 0,05$). La manifestación de VO2 Directo en Analizador Fijo (VO2F) obtenido durante la velocidad arbitraria final de 17,5 km/h (Nivel de Velocidad: 20, Intervalos: 8, Distancia: 2680 m) del RECtest para el segundo grupo de futbolistas, fue en promedio de 39,5 ml.min-1.kg-1 (DS = 2,7 ml.min-1.kg-1; CV = 6,9%), con valores promedio máximos de 58,6 ml.min-1.kg-1 (DS = 4,3 ml.min-1.kg-1; CV = 7,4%) y mínimos de 20,4 ml.min-1.kg-1 (DS = 1,1 ml.min-1.kg-1; CV = 5,5%). A pesar que durante la ejecución de RECtest en cinta rodante, los jugadores no se someten a la exigencia de aceleraciones y desaceleraciones para los cambios de dirección propios del test, la manifestación del VO2 ofrece las características propias del Ejercicio Intermitente de Alta Intensidad en Fútbol, confirmando elevados requerimientos durante las fases de Trabajo respecto a las de Recuperación ($p < 0,05$).

Palabras Clave: VO2 directo telemétrico * fútbol argentino * Yo-Yo Tests * aptitud física * correlación.

ABSTRACT

In order to determine and describe Direct Oxygen Uptake (VO₂) responses in 12 (twelve) soccer players during Indirect Field Tests Procedures in field and laboratory; 6 (six) professional players were tested with a portable telemetric analyzer during field execution of the Yo-Yo Endurance Test Level 1 (ENDtest) (Bangsbo, 1996), while for the other 6 (six) players, a laboratory fixed analyzer was applied during the execution of the Yo-Yo Intermittent Recovery Test Level 1 (RECtest) (Bangsbo, 1996) in Treadmill. Estimated Maximal VO₂ (VO₂max) was 52.1 ml.min-1.kg-1 (DS = 2.5 ml.min-1.kg-1; CV = 4.7%), while Telemetric Direct VO₂max (VO₂maxT) during the last minute for the ENDtest was 63.6 ml.min-1.kg-1 (DS = 6.1 ml.min-1.kg-1; CV = 9.5%). Rs Coefficient between Estimated and Direct determinations was 0.83, while Rs2 Coefficient was 0.69. Indirect results show an important VO₂max subestimation tendency against VO₂maxT ($p < 0.05$). Direct VO₂ Expression by fixed laboratory analyzer (VO₂F) in the last group of players during the final arbitrary RECtest velocity of 17.5 km/h (Velocity Level: 20, Interval: 8, Distance: 2680m), was in average 39.5 ml.min-1.kg-1 (DS = 2.7 ml.min-1.kg-1; CV = 6.9%) with maximal and minimal means of 58.6 ml.min-1.kg-1 (DS = 4.3 ml.min-1.kg-1; CV = 7.4%) and 20.4 ml.min-1.kg-1 (DS = 1.1 ml.min-1.kg-1; CV = 5.5%) respectively. Although during Treadmill execution of RECtest players should not be exposed to energy demanding activities like accelerations and decelerations applied in the field change of direction conditions, VO₂ manifestation could be referred to the Intermittent High Intensity characteristics of Soccer, with high and low requirements during work and recovery phases respectively ($p < 0.05$).

Keywords: telemetric direct VO₂ * argentine soccer * Yo-Yo Tests * physical fitness * correlation.

INTRODUCCION

El Fútbol es posiblemente, el deporte líder en el mundo. Es jugado por millones de personas, y los principales encuentros nacionales como internacionales son observados por un porcentaje considerable de la población mundial. La televisión satelital ha permitido que el fútbol trascienda los límites nacionales e internacionales. Son pocas las personas que no prestan atención a los resultados de su equipo, o el de su país. Las principales naciones futbolísticas, entre las que se encuentra sin lugar a dudas nuestro país, tienen sus propias ligas profesionales de prestigio; en particular los Torneos Locales de la Asociación del Fútbol Argentino (AFA), como la Primera División A, Nacional B y B Metropolitana.

El Nacional B, es uno de los Torneos Locales donde se muestran los mejores jugadores del interior del país. Estos futbolistas constituyen una referencia en su profesión, dignos de un estudio científico detallado. En particular, y debido al lugar de realización del presente trabajo, se han tomado sujetos de los dos equipos más importantes de la región de Cuyo (Argentina), pertenecientes a la categoría.

El Consumo de Oxígeno (VO₂), es una de las variables profusamente analizadas dentro del ámbito de la Actividad Física y el Deporte, como forma de valorar la dinámica funcional aeróbica de deportistas y no deportistas.

Los fenómenos fisiológicos ligados al rendimiento deportivo pueden asumir roles diversos. En actividades deportivas como el Fútbol, el VO₂ y sus variables relacionadas (en particular Consumo Máximo de Oxígeno y Umbrales Funcionales), no siempre determinan el rendimiento deportivo de un futbolista, ya que éste está caracterizado fuertemente por otros contenidos físicos, sumados a los técnicos, tácticos, psicológicos y sociales de la acción. De todas formas nadie duda de su importancia para permitir un mayor desempeño en cuanto a dinamismo y recuperación durante y después del juego.

Uno de los principales problemas que se plantea resolver cuando se intenta planificar y programar un plan de entrenamiento dirigido a mejorar las condiciones físicas de un futbolista, es el de individualizar las características fisiológicas que debe poseer un buen jugador; de allí la importancia de la evaluación diagnóstica que nos puede mostrar el grado de desarrollo alcanzado en una o varias cualidades físicas.

Según Bangsbo (1993) y tras estudios de estimaciones con mediciones de Frecuencia Cardíaca, el porcentaje de VO₂ utilizado durante el juego se aproxima al 70% del Consumo Máximo de Oxígeno VO₂ Máximo. Bajo estas condiciones, y puntualizando la implicancia aeróbica en el Fútbol, la metodología aplicada para la valoración de variables vinculadas al VO₂, deberían ser válidas, objetivas y confiables.

En particular en el Fútbol, resulta importante la valoración del Consumo Máximo de Oxígeno (VO₂máx) de acuerdo a su característica como Deporte Intermitente de Alta Intensidad, donde la problemática funcional aeróbica es probablemente exigida en forma maximal frente a requerimientos de recuperación y esporádicos de estado estable.

No menos importante resulta la valoración del VO₂ durante la dinámica específica del Fútbol, donde no sólo un elevado requerimiento podría estar involucrado con en esfuerzos de alta intensidad, sino también durante los períodos de recuperación.

Dentro del ámbito de la aplicación práctica, generalmente existe la utilización de diversos procedimientos evaluativos (generalmente indirectos) para estimar variables aeróbicas. Tales procedimientos, colaboran en la estimación por ejemplo del VO₂máx, con diversos porcentajes de error respecto a valoraciones directas.

Mientras diversos estudios sugieren correlaciones a partir de procedimientos directos en condiciones de laboratorio, existe poca evidencia de valoraciones bajo condiciones específicas o próximas al juego. De esta forma, resulta remarcable la posibilidad de utilización de tecnología que permita valorar en forma directa, en campo y en condiciones de juego, a aquellos deportistas que serán exigidos bajo tales circunstancias.

El problema de investigación del presente estudio se ha construido con la intención de describir cómo determinados procedimientos indirectos (tests) vinculados con el sistema aeróbico, solicitan la manifestación del VO₂ para los futbolistas evaluados; el cual será medido para un grupo en forma directa – telemétrica bajo condiciones específicas y en campo de juego, y para el segundo grupo igualmente en forma directa, pero con utilización de un equipo fijo en laboratorio y sobre una cinta rodante (Treadmill).

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 fines.

Recuento Histórico Yo-Yo Tests (Castagna, 1999)

Maximal Multistage 20 m Shuttle Run Test: Test de Leger

Desde 1983 (Mercier y col., 1983) se ha venido gestando la versión final del test que hoy posee una velocidad de partida de 8,5 km/h, con un incremento de 0,5 km/h por minuto (Leger y col., 1984, 1988, 1989). Esta última versión del test que se considera la mas utilizada en el mundo, es la que se reconoce como Test de Leger.

Multistage Fitness Test (MFT): La versión europea del Test de Leger

Sucesivamente a la publicación del protocolo del Test de Leger, en Europa (Gran Bretaña), surge una nueva propuesta aunque sobre la base del concepto de Leger, con el objetivo de incrementar la precisión del test. La innovación se vinculó con la modalidad de cálculo del resultado final del test.

En la versión original del test (Leger y col., 1982, 1984, 1988 y 1989) la determinación del resultado corresponde al cómputo de la velocidad de carrera o del palier efectivamente completado. Tal procedimiento, equipara el resultado de diversos sujetos aunque no hayan finalizado en forma conjunta. Esta situación significa una limitación en la discriminación inter e intra individual.

La primer versión europea desarrollada en la Universidad Queen de Belfast (Paliczka y col., 1987), se preocupó en considerar el número de idas y vueltas de cada velocidad de carrera o palier.

La versión europea más popular del Test de Leger, es la validada en 1988 por Ramsbottom y colaboradores. En su estudio, el equipo del Departamento de Educación Física y Ciencia del Deporte de la Universidad de Loughborough (Ramsbottom y col., 1988), utilizando el nuevo cálculo de Paliczka y col., operaron una reestructuración del Test de Leger. El autor, con una muestra de 74 sujetos (36 varones y 38 mujeres) con edades comprendidas entre 19 y 36 años, valoró el test con relación al VO₂máx determinado en forma directa. De este estudio, se desarrolló una tabla a la cual fue posible asignar la estimación del VO₂máx al número de idas y vueltas efectuadas (distancia de carrera del test). Según la normativa del test (Brewer y col., 1988), la primer velocidad de carrera o palier fue efectuada a 8 km/h, y la velocidad se incrementó cada minuto en 0,14 m/s (Ramsbottom y col., 1988).

Yo-Yo Endurance Test (ENDtest): Un nuevo capítulo

Recientemente ha sido desarrollada una versión del Test de Leger y del Multistage Fitness Test: el Yo-Yo Endurance Test (Bangsbo 1994, 1997). El protocolo del test mantiene la particularidad del propuesto por la Universidad de Loughborough (Ramsbottom y col., 1988, Bewer y col., 1998). 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 esta ajustado con una precisión de 100 ms. La velocidad de partida es de 8 km/h, y el incremento es de 0,5 km/h.

La particularidad del test es que posee dos versiones, una para principiantes y la otra para avanzados. La primer versión (Nivel 1) comienza a 8 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.

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.

El Yo-Yo Intermittent Recovery Test (Bangsbo, 1996) es particularmente aplicable en deportes en los cuales la habilidad para manifestar ejercicio en forma intensa después de pausas pequeñas de descanso, es decisiva para el desarrollo de la competición, como lo son el Bádminton, Fútbol y Básquetbol.

Muchas veces un esfuerzo de velocidad o un período de ejercicio intenso, es requerido rápidamente con posterioridad a uno previo. De esta forma es necesario que los participantes tengan una buena habilidad de recuperación rápida después de un ejercicio duro.

Estudios Comparativos

El desarrollo del Test de Leger (Leger y col., 1982, 1984, 1988 y 1989) y el Multistage Fitness Test (Ramsbottom y col., 1988), han ofrecido a través de sus publicaciones, parámetros que informan sobre el nivel de validez y precisión entre la determinación Directa en Laboratorio y su correspondiente estimación Indirecta en Campo.

La Tabla 1, ofrece una reseña de los trabajos previamente mencionados.

Tabla 1 – Resultados comparativos

Tests	Edad	Sexo	n	VO2máx (ml.min- 1.kg ⁻¹)	Shuttle Test (ml.min- 1.kg ⁻¹)	% Error	R	Referencia
20 m SRT (2min)	24.8- 27.3	M+F	59-32	47.3	41.9	11.4	0.84	Leger,1982
20 m SRT (1min)	31.0- 31.0	M+F	53-24	49.4	47.1	4.7	0.90	Leger,1988
Multistage Fitness Test	JA	M+F	36-38	53.0	50.3	5.0	0.92	Ramsbottom, 1988

METODOS

Sujetos

La Provincia de Mendoza está localizada en el centro-oeste de la República Argentina. Presenta un clima semidesértico, está ubicada a 700 m sobre el nivel del mar, y presenta una gran amplitud térmica debido al clima de montaña que posee.

Para desarrollar el presente estudio se tomó una muestra de 6 (seis) jugadores pertenecientes al Club SM, que participa en la Primera División (Nacional B) del Fútbol Argentino, a quienes fue aplicado el ENDtest.

Complementariamente fueron evaluados 6 (seis) jugadores pertenecientes al Club GC que participan en similar torneo, a quienes fue aplicado el RECtest (Test Intermitente).

El estudio incluyó para el ENDtest a 4 (cuatro) delanteros, 1 (uno) mediocampista y 1 (uno) defensor, y para el RECtest a 3 (tres) delanteros, 1 (uno) mediocampista y 2 (dos) defensores.

Sus características antropométricas son presentadas en la tabla 2 y 3.

NOMBRE	POSICION	EDAD	MASA (KG)	ESTAT (CM)
NS	DL	31.3	66.3	170.1
VE	DL	25.2	69.8	166.9
AJ	MC	19.1	64.1	170.0
ZD	DF	20.2	66.2	176.4
SM	DL	19.0	71.3	176.8
LN	MC	19.4	62.2	175.0
X		22.4	66.7	172.5
Dt		5.0	3.4	4.1
CV		22.2	5.1	2.4

Tabla 2 – Características Antropométricas Muestra ENDtest (n=6)

Valores promedio, desvíos estándar y coeficientes de variación

Tabla 3 – Características Antropométricas Muestra RECtest (n=6)

NOMBRE	POSICION	EDAD	MASA (KG)	ESTAT (CM)
BM	DF	19.9	71.5	183.9
ZA	DL	21.9	87.2	187.0
MD	DF	20.5	73.5	173.3
CE	DL	20.3	72.1	169.8
AM	MC	18.3	62.0	172.1
RM	DL	18.1	63.6	171.0
X		19.8	71.7	176.2
Dt		1.4	9.0	7.3
CV		7.2	12.5	4.2

Valores promedio, desvíos estándar y coeficientes de variación

Analizador de Gases Telemétrico

Para el análisis del ENDtest se utilizó el analizador de gases telemétrico (Cosmed K4b2, Italia), el cual consiste en un ergoespirómetro portátil, que permitió monitorear la función cardiorrespiratoria de los futbolistas respiración a respiración (breath by breath) en el campo de juego.

El equipo está compuesto por una unidad portable, llevada por el futbolista mediante un arnés anteroposterior, en donde el analizador de gases se ubica en la cara anterior del cuerpo y la batería por detrás (Figura 1).



Figura 1 – Colocación del Analizador Telemétrico Cosmed K4b2

Esta unidad portable memoriza hasta 16000 respiraciones registradas por medio de una máscara facial (Figura 2), y transmite la información telemetricamente a una unidad receptora. La unidad receptora está conectada a su vez por un cable serial a la PC (notebook), lo que permite visualizar el test en forma gráfica en el monitor en tiempo real.

La masa total del equipo (analizador de gases y batería) es de 475 g, lo que hace fácil de ser transportado por el futbolista.

La unidad portable que tiene el futbolista es capaz de enviar información telemétrica hasta una distancia máxima de 1000 m a la unidad receptora, para analizar los datos en tiempo real.

Previo a la realización del Test correspondiente, fue colocado el Analizador en el jugador a evaluar. Los procedimientos de ubicación y calibración fueron controlados por personal especializado, bajo estricta observancia de parámetros técnicos requeridos por el equipamiento.

Durante la ejecución del ENDtest se utilizó un frecuenciómetro (Polar Target, Finlandia), a través del cual se registró la frecuencia cardíaca, la cual fue enviada en forma telemétrica al analizador de gases, el cual la registró y la almacenó para su posterior análisis.



Figura 2 – Máscara Facial del Analizador Telemétrico Cosmed K4b2

Analizador de Gases Fijo

Para el análisis del RECTest se utilizó un analizador de gases (MedGraphics BREEZE Ex, Estados Unidos), el cual consiste en un ergoespirómetro fijo, que permitió monitorear la función cardiorrespiratoria de los futbolistas respiración a respiración (breath by breath) en laboratorio.

A diferencia de la tarea a través de una carrera lenta, como la que se sugiere durante la fase de recuperación del RECTest cuando se efectúa en campo, durante el test en cinta rodante (Tackmaster, Estados Unidos), la fase de Recuperación se efectuó en forma pasiva, ubicando los pies en los apoyos laterales de la cinta rodante (Figura 3). De esta forma, la cinta proseguía o aumentaba su velocidad sin solución de continuidad hasta la velocidad arbitraria final de 17,5km/h (Nivel de Velocidad: 20, Intervalos: 8, Distancia: 2680 m).

Previo a la realización del test correspondiente, fue colocada la boquilla que conecta el analizador con el jugador a evaluar. Los procedimientos de ubicación y calibración fueron controlados por personal especializado, bajo estricta observancia de parámetros técnicos requeridos por el equipamiento.

Durante el RECTest, se utilizó un frecuenciómetro (Polar Vantage NV, Finlandia), a través del cual se registró la frecuencia cardíaca con intervalos de 5 s en tiempo real.



Figura 3 – Ajuste Dispositivos del Analizador Fijo MedGraphics BREEZE Ex

Yo-Yo Endurance Test

El primer grupo de jugadores fue evaluado a través del Yo-Yo Endurance Test Nivel 1 (Bangsbo, 1996), el cual estima el VO_2 máx relativo en forma indirecta. Los datos obtenidos a través del ENDtest y del analizador de gases telemétrico, fueron obtenidos en forma simultánea en campo de juego.

Cada sujeto realizó en forma individual el ENDtest en el campo de juego con el analizador de gases telemétrico incorporado en su cuerpo, siguiendo las indicaciones de la prueba emitidas por la cinta del cassette (Figura 4).

Para la administración del test, se delimitó el espacio de aplicación dentro del campo de juego, bajo condiciones de suelo ideales (terreno llano, seco y césped bajo). La distancia que establece el test se delimitó entre dos líneas a 20 m una de la otra. El futbolista recorrió la distancia de ida y vuelta, a una velocidad incremental hasta el agotamiento. El ritmo de carrera fue controlado por un sistema de audio previamente temporizado, el cual incrementó la velocidad aproximadamente cada un minuto (Leger, 1988; Ramsbottom, 1988; Bangsbo, 1996). El test ha sido sugerido e internacionalmente utilizado con el objeto de estimar indirectamente el VO_2 máx.

La velocidad de inicio fue de 8 km/h (9 s para los 20 m), y cada futbolista recorrió hacia adelante una distancia de 20m a tiempo con la primera señal emitida por el cassette. Si el sujeto corría demasiado rápido, debía esperar en la marca hasta la siguiente señal. El test, cuya velocidad aumentó regularmente (aprox. cada 1 m), finalizó cuando el futbolista fue incapaz de sostener la velocidad indicada (Figura 5).



Figura 4 – Ejecución del ENDtest en campo de juego

El criterio que se utilizó para la determinación del resultado final de cada estudio, fue el último trayecto de 20 m alcanzado por cada futbolista, o agotamiento del mismo; con su correspondiente estimación de VO₂máx.

Respecto a los valores Directos obtenidos simultáneamente por el analizador telemétrico, se tomó como criterio el VO₂máx Directo Telemétrico (VO₂máxT) obtenido durante el último minuto del test.

Según sugerencia del Instituto Australiano del Deporte (Withers et al., 2000), todos los volúmenes espirados/inspirados sobre los cuales el VO₂máx es calculado deberían superar los 60s. Si los datos son colectados en menores duraciones (por ej. 2*30 s, o en este caso respiración a respiración), deberían ser promediados.

Este grupo de investigadores considera valores máximos de VO₂, a los alcanzados bajo las siguientes condiciones:

- 1 – Plateau en VO₂ más allá del incremento de carga;
- 2 – Valor de RQ >1,10;
- 3 – Concentración de Lactato posterior al esfuerzo >8 mmol/l;
- 4 – Los puntos 2 y 3 son complementarios al 1er. criterio, y no indican por ellos mismos que el VO₂máx se ha alcanzado.



Figura 5 – Registro de Datos por medio del Analizador Telemétrico durante el ENDtest

Yo-Yo Intermittent Recovery Test

Complementariamente se aplicó al segundo grupo de jugadores, un test de características intermitentes, el cual consistió en esfuerzos incrementales de 20 m con recuperación activa de 10 s.

La recolección de datos por medio del RECtest, fue efectuada con un equipo fijo de análisis de gases, mientras los evaluados realizaron el esfuerzo intermitente sobre una cinta rodante (Figura 6).

Cuando se aplica en campo, se trata de un test similar al mencionado con anterioridad, al cual se le agrega un trayecto a 5 m a uno de sus extremos, el cual es recorrido durante el tiempo de recuperación activa. El test, que ha sido vinculado con la capacidad de recuperación al ejercicio intermitente de alta intensidad (Bangsbo, 1996), igualmente como el anterior, fue controlado por un sistema de audio previamente temporizado.

En su aplicación al laboratorio y como forma de valorarlo a través de un equipo fijo, el test se adaptó a una cinta rodante, manteniendo o incrementando la velocidad, y ubicando los pies en los apoyos laterales de la cinta para descansar en forma pasiva durante las fases de recuperación.



Figura 6 – Registro de Datos por medio del Analizador Fijo durante el RECtest

Para ambos tests fue realizada una entrada en calor previa, la cual consistió en un ajuste de 3 a 5min. de carrera lenta para brindar en el ENDtest, comodidad al evaluado en el transporte del analizador telemétrico; y en el RECtest, para familiarizar al evaluado con la tarea de subir y bajar de la cinta rodante durante la ejecución.

Tratamiento Estadístico

El tratamiento estadístico utilizado incluyó el cálculo del Coeficiente de Correlación de Rango de Spearman R_s y R_{s2} , y las diferencias estadísticas fueron determinadas a través del Test de Wilcoxon, con un nivel de significación al $p < 0,05$ (Thomas et al. 1996).

Consentimiento

La totalidad de los participantes fueron autorizados por los responsables de la Conducción Técnica Institucional, una vez informados acerca de los objetivos del presente estudio.

RESULTADOS

Yo-Yo Endurance Test

De acuerdo a las características descriptivas del presente trabajo, se exponen en la Tabla 4, los resultados del VO_2 máx Indirecto Estimado, Paliere o Niveles de Velocidad e Intervalos, frecuencia cardiaca máxima alcanzada y el lactato final post – esfuerzo; conjuntamente con el VO_2 máxT obtenido durante el último minuto de ejecución del ENDtest (Bangsbo, 1996).

Mientras que el VO_2 máx Indirecto fue $52,1 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ (DS = $2,5 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$; CV = 4,7%), el VO_2 máxT obtenido durante el último minuto de ejecución del ENDtest fue $63,6 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ (DS = $6,1 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$; CV = 9,5%).

Los resultados son presentados en la tabla 4.

Tabla 4 – Variables Funcionales ENDtest

NOMBRE	ENDTEST (L1)	VO2máx ml.min-1.kg-1	VO2máxT ml.min-1.kg-1	RQ	FC (L/M)	AL (MMOL/L)
NS	11.1	47.9	60.0	1.2	187	7.9
VE	11.10	50.9	57.9	1.2	196	10.7
AJ	12.3	52	59.6	1.1	195	6.5
ZD	12.8	53.1	64.1	1.1	198	11.4
SM	12.10	53.7	65.7	1.1	202	4.3
LN	13.1	54.9	74.4	1.2	189	8.7
X		52.1	63.6	1.1	194.5	8.3
Dt		2.5	6.1	0.1	5.6	2.6
CV		4.7	9.5	4.9	2.9	32.0

Valores promedio, desvíos estándar y coeficientes de variación

El VO2máx Indirecto promedio estimado a través del ENDtest para los Mediocampistas fue 49,5 ml.min-1.kg-1, para los Delanteros fue 50,8 ml.min-1.kg-1 y para el Defensor fue 53,1 ml.min-1.kg-1.

El VO2máxT promedio para los Mediocampistas fue 65,7 ml.min-1.kg-1, para los Delanteros fue 67,1 ml.min-1.kg-1 y para el Defensor 64,1 ml.min-1.kg-1.

El Coeficiente Rs entre los valores Indirectos y Directos fue 0,83, mientras que el Coeficiente Rs2 fue 0,69 (Figura 7). De acuerdo a estos valores, se observa una importante tendencia de subestimación del VO2máx Indirecto respecto el VO2máxT (p<0,05).

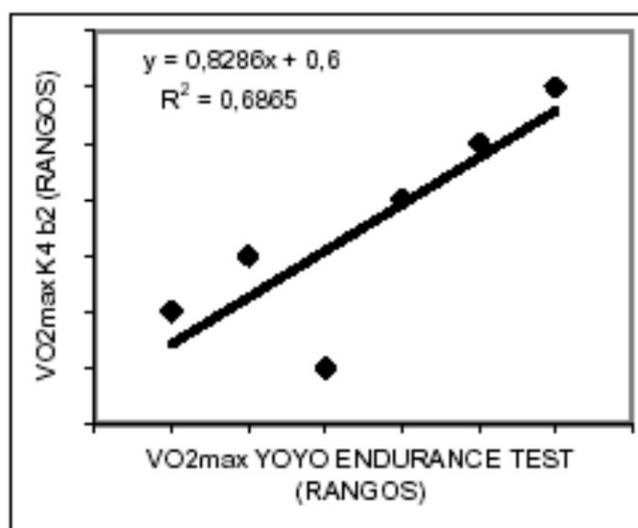


Figura 7 – Coeficiente Rs2 (n = 6): VO2máx Yo-Yo Endurance Test: Consumo Máximo de Oxígeno (rangos)

ESTIMADO, y VO2máx K4b2: Consumo Máximo de Oxígeno (rangos) durante el último minuto de ejercicio

DETERMINADO teleméricamente en forma directa durante la ejecución del ENDtest.

Yo-Yo Intermittent Recovery Test

Las Tablas 5 y 6, hacen referencia a los resultados del RECTest obtenidos con analizador Fijo durante la velocidad arbitraria final de 17,5 km/h (Nivel de Velocidad: 20, Intervalos: 8, Distancia: 2680 m).

La manifestación del VO₂ Directo en Analizador Fijo (VO₂F) para el segundo grupo de futbolistas, fue en promedio de 39,5 ml.min⁻¹.kg⁻¹ (DS = 2,7 ml.min⁻¹.kg⁻¹; CV = 6,9%), con valores promedio máximos de 58,6 ml.min⁻¹.kg⁻¹ (DS = 4,3 ml.min⁻¹.kg⁻¹; CV = 7,4%) y mínimos de 20,4 ml.min⁻¹.kg⁻¹ (DS = 1,1 ml.min⁻¹.kg⁻¹; CV = 5,5%).

Tabla 5 – Variables Funcionales Yo-Yo Intermittent Recovery Test

NOMBRE	RECTEST (L1)	VEL (KM/H)	DIST (M)	VO ₂ F ml.min ⁻¹ .kg ⁻¹	DS	MAX	MIN
BM	20.8	17.5	2680	38.9	9.4	57.7	22.5
ZA	20.8	17.5	2680	37.2	7.4	53.5	20.8
MD	20.8	17.5	2680	37.5	8.9	54.9	19.5
CE	20.8	17.5	2680	42.6	12.0	65.0	20.1
AM	20.8	17.5	2680	43.2	11.7	62.0	20.2
RM	20.8	17.5	2680	37.6	9.0	58.7	19.5
X				39.5	9.7	58.6	20.4
Dt				2.7	1.8	4.3	1.1
CV				6.9	18.3	7.4	5.5

Valores promedio, desvíos estándar y coeficientes de variación

La Tabla 6, informa sobre la frecuencia cardiaca obtenida durante el RECTest. A pesar que durante la ejecución de RECTest en cinta rodante, los jugadores no se someten a la exigencia de aceleraciones y desaceleraciones para los cambios de dirección propios del test, la manifestación del VO₂ ofrece las características propias del Ejercicio Intermitente de Alta Intensidad en Fútbol.

Tabla 6 – Variables Funcionales Yo-Yo Intermittent Recovery Test

NOMBRE	RECTEST (L1)	FC	DS	MAX	MIN	%FCMT	ENDTEST (L1) ml.min ⁻¹ .kg ⁻¹
BM	20.8	145.4	2.2	150	142	72.7	54.9
ZA	20.8	167.7	0.7	169	166	84.7	54.9
MD	20.8	162.1	2.2	166	158	81.3	55.5
CE	20.8	164.7	2.0	168	161	82.5	56.0
AM	20.8	181.6	1.7	184	177	90.0	59.8
RM	20.8	165.1	2.0	169	161	81.8	61.7
X		164.4	1.8	167.7	160.8	82.1	57.1
Dt		11.6	0.6	10.8	11.4	5.6	2.9
CV		7.1	31.6	6.5	7.1	6.9	5.1

Valores promedio, desvíos estándar y coeficientes de variación

La Figura 8, muestra claramente el brusco incremento y disminución de VO₂ durante las fases de Trabajo y Recuperación del RECTest en la velocidad arbitraria final de 17,5km/h. Vale la pena puntualizar las importantes diferencias, que en promedio

alcanzan los 38,2 ml.min-1.kg-1 entre los valores máximos y los mínimos de VO₂ ($p < 0,05$) previamente informadas en la Tabla 5, y claramente observadas en la Figura 8; las cuales demuestran el patrón de manifestación durante el ejercicio intermitente, donde no son alcanzados niveles de estado estable mas propios del ejercicio continuo constante.

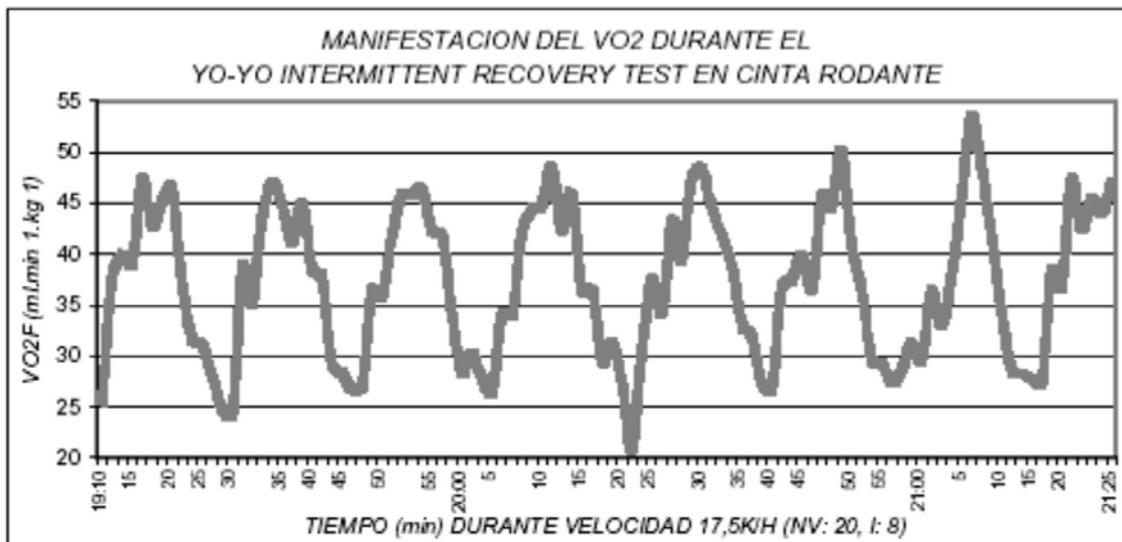


Figura 8 – Manifestación del VO₂ durante el RECTest para el sujeto ZA con Analizador Fijo durante la velocidad arbitraria final de 17,5km/h (Nivel de Velocidad: 20, Intervalos: 8, Distancia: 2680m). Tiempo en minutos para la velocidad final y VO₂F: Dinámica del Consumo de Oxígeno (ml.min-1.kg-1) Directo en analizador Fijo durante las fases de trabajo y recuperación

Según Mohr et al. (2002), la distancia para el RECTest durante su ejecución en campo de juego, alcanza en promedio para jugadores profesionales 2260m; distancia que se aproxima a la recorrida a alta intensidad (velocidades similares y por sobre 15km/h) para los mismos jugadores durante encuentros competitivos ($X = 2430$, $DS = 140$ m).

A pesar de que durante la ejecución del RECTest sobre cinta rodante, los futbolistas no estuvieron expuestos a aceleraciones, desaceleraciones y cambios de dirección, que probablemente hubieran resultado en una menor distancia alcanzada durante la ejecución en campo de juego; se determinó arbitrariamente la velocidad final de 17,5km/h (Nivel de Velocidad: 20, Intervalos: 8, Distancia: 2680m) como referencia, la cual supera levemente a la mencionada para el estudio previo (Velocidad: 17km/h, Nivel de Velocidad: 19, Intervalos: 6, Distancia: 2260m).

La intensidad relativa del RECTest para el segundo grupo de futbolistas, puede estimarse a partir de la determinación de los valores promedios de Frecuencia Cardíaca alcanzada durante la velocidad arbitraria final de 17,5km/h (Nivel de Velocidad: 20, Intervalos: 8, Distancia: 2680m). En este sentido, el porcentaje promedio de Frecuencia Cardíaca Máxima Teórica (%FCMT) alcanzado fue de 82,1% ($DS = 5,6$, $CV = 6,9$); el cual por estimación teórica de valores de VO₂ rondaría aproximadamente el 70% del VO₂máx (Pollock et al., 1978).

Según Bangsbo (1993), y pesar de que la Frecuencia Cardíaca no siempre refleja el VO₂ actual (Astrand y Rodahl, 1992), la comparación entre el ejercicio continuo (tipo

de ejercicio donde mayormente se han realizado las relaciones entre FC y VO₂) y el intermitente en cinta rodante, han demostrado similares relaciones entre FC y VO₂ en una amplia gama de tasas de trabajo.

Asimismo y mas allá de la posible tendencia de subestimación planteada para el ENDtest en su determinación directa telemétrica, pero como forma de brindar un elemento mas de corroboración para la estimación de la intensidad relativa del RECTest; la comparación entre el valor promedio de VO₂ alcanzado durante el RECTest (X = 39,5; DS = 2,7; CV = 6,9) y el estimado a partir del ENDtest previamente efectuado con el segundo grupo de futbolistas (X = 57,1 ml.min⁻¹.kg⁻¹; DS = 2,9; CV = 5,1), alcanzó un 69,2%, lo cual representa un valor muy próximo al requerido por estimación a partir del %FCMT.

DISCUSION

El Consumo de Oxígeno (VO₂), es una de las variables profusamente analizadas dentro del ámbito de la Actividad Física y el Deporte, como forma de valorar la dinámica funcional aeróbica de deportistas y no deportistas.

Tal cual se mencionó con anterioridad, dentro del ámbito de la aplicación práctica, generalmente existe la utilización de diversos procedimientos evaluativos (generalmente indirectos) para estimar variables aeróbicas. Tales procedimientos, colaboran en la estimación por ejemplo del VO₂máx, con diversos porcentajes de error respecto a valoraciones directas.

Hemos observado como diversos estudios de referencia, han sugerido correlaciones a partir de procedimientos directos en condiciones de laboratorio. No obstante las correlaciones han sido informadas como aceptables, siempre han quedado por determinarse en forma directa, los valores alcanzados bajo condiciones de campo y propias de juego.

Según Naughton et al. (1996), los resultados de un estudio comparativo entre el Test de Leger, la versión europea de Ramsbottom y correlaciones directas de VO₂ (Quinton Metabolic Cart), informan que los dos procedimientos indirectos estiman valores significativamente diferentes a los determinados en forma directa. De todas formas, la versión europea que subestima el VO₂máx directo (7,7%), es más precisa que el Test de Leger, el cual lo sobrestimó en un 11,4%.

Nuestros resultados a pesar de constituir una muestra relativamente pequeña (n = 6), si bien con un error del 18,1% (p<0,05), concuerdan con la tendencia de subestimación respecto a los valores alcanzados en forma directa y telemétrica. De todas formas, el acceso a un mayor número de casos, y un consecuente tratamiento estadístico paramétrico, podrá brindar la consistencia necesaria para avalar el supuesto.

Las condiciones de realización de ENDtest para el presente estudio (campo de juego y calzado de fútbol) en comparación a la de los estudios originales (superficies sólidas y antideslizantes) y el equipamiento utilizado, podrían abrir interrogantes sobre las correlaciones realizadas entre la valoración Indirecta y Directa.

Cabe considerar según Duffield et al. (2004), de acuerdo al análisis de precisión y confiabilidad del analizador telemétrico Cosmed K4b2, que la diferencia porcentual

encontrada también pueda estar vinculada con una tendencia de sobreestimación del analizador telemétrico respecto a valores igualmente directos, pero obtenidos con equipamiento fijo, tal cual fueran generadas las correlaciones de los estudios de referencia.

Llegados a este punto de discusión y respaldados por un desarrollo tecnológico actual sin precedentes en el ámbito de las Ciencias Aplicadas a la Actividad Física y el Deporte, también podríamos avanzar en la interesante problemática de “Gold Standard Methods”, como forma de indagar acerca de los procedimientos y equipamientos más adecuados para explorar las variables de estudio; pero esto, seguramente con el requerimiento de una mayor cantidad de sujetos, podrá ser planteado para ser abordado en un futuro proyecto de investigación.

Como hemos observado durante la ejecución del ENDtest, mientras la manifestación del VO₂ suele valorarse generalmente en esfuerzos continuos incrementales y constantes; ya a comienzos de los '60, investigadores escandinavos (Christensen et al., 1960) 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 – 2001), quienes se han volcado a la descripción y análisis de las variables involucradas en el ejercicio intermitente de alta intensidad.

Según algunos hallazgos a partir de aquellos históricos y visionarios estudios, los autores informaron que la FC tiende a mantenerse durante los niveles de trabajo (5 s) mientras que el VO₂ cae abruptamente durante las fases de recuperación, influyendo sobre la disminución del Pulso de Oxígeno.

Vale la pena mencionar, que aunque el trabajo intermitente manifestado en cinta rodante puede vincularse al Fútbol, durante el juego, los futbolistas realizan varias actividades de alta exigencia como aceleraciones, cambios de dirección, desaceleraciones, saltos, levantarse del suelo y activaciones estáticas que no pueden reproducirse en laboratorio (condiciones de ejecución en los estudios clásicos y en el presente, para el RECtest).

En este sentido, Bangsbo (1993) con el objeto de determinar la influencia del ejercicio intermitente en diversas variables fisiológicas, realizó comparaciones entre la demanda de las actividades realizadas durante un encuentro de Fútbol (Time Motion), y las mismas ejecutadas sobre cinta rodante. Los resultados indicaron para similares tareas, menores niveles de FC y de lactacidemia, y un 70% del requerimiento de VO₂ sobre la cinta, respecto a la exigencia en el juego.

Aunque de acuerdo a la ejecución del RECtest en cinta rodante, el requerimiento fisiológico pudo verse subestimado, nuestros resultados, con equipamiento (Analizador Fijo respiración a respiración) y metodología específica (Yo-Yo Intermittent Recovery Test), comprueban similares hallazgos a los estudios clásicos, e incorporan la posible dinámica de manifestación del VO₂ durante la práctica de deportes de conjunto, en particular el Fútbol (Figura 8).

Como conclusión, vale la pena puntualizar a partir de nuestra modesta percepción y experiencia, sobre el creciente interés dentro del ámbito de la Actividad Física y el Deporte, por la aplicación de procedimientos indirectos como los aquí utilizados. A

pesar que la orientación del presente estudio ha sido dirigida inicialmente a indagar sobre la respuesta funcional directa a partir de la administración de tests indirectos, los resultados podrían orientar futura discusión respecto a criterios de calidad como la validez y precisión.

Es importante recalcar que si bien el presente estudio se vincula con deportistas profesionales, esto no se trata de una condición de aplicación exclusiva, sino que resultan igualmente decisivas las valoraciones en los múltiples niveles aptitudinales incluida la rehabilitación, tras la relevancia de los conocidos beneficios de la práctica de Actividad Física de características aeróbicas.

De acuerdo a la línea de investigación propuesta en el presente trabajo, se plantea de interés continuar con la problemática de la manifestación del VO₂, y ahondar en su correlación con variables de juego obtenidas a través de estudios de Time – Motion. De esta forma será posible indagar sobre las demandas fisiológicas durante la misma práctica en deportes de conjunto, como el Fútbol y el Hockey s/Césped.

BIBLIOGRAFIA

- Ahmaidi S., Collomp K., Caillaud C., Prefaut C. (1.992) Maximal and functional aerobic capacity as assessed by two graduated field methods in comparison to laboratory exercise testing in moderately trained subjects. *Int J Sports Med.* 13 (3): 243 – 248.
- Astrand PO., Rodahl K. (1.992) *Fisiología del Trabajo Físico* 3ra. Edición. Bs. As., Argentina. Ed. Médica Panamericana.
- Balsom, P. (1.994) Evaluation of physical performance. In Ekblom, P. *Football (Soccer)*, (107 –109). Blackwell Scientific Publications.
- Balsom, P. (1.995) High Intensity Intermittent Exercise. Performance and metabolic responses with very high intensity short duration work periods. Stockholm, Sweden. Department of Physiology and Pharmacology, Physiology III, Karolinska Institute.
- Bangsbo, J. (1.996) *Yo - Yo tests*. Copenhagen, Denmark. August Krogh Institute.
- Bangsbo, J. (1.994) *The Physiology of Soccer – with Special Reference to Intense Intermittent Exercise*. Copenhagen, Denmark. *Acta Physiol. Scand.*, 150, S615.
- Bangsbo, J. (1.994) *Fitness Training in Football*. Copenhagen, Denmark. DBU.
- Bangsbo, J. 1.992 Time and Motion characteristics of competitive soccer. *Science and Football* 6.
- Bangsbo, J. (1.991) Activity profile for competition soccer. *Can J Sport Sci.* 16:110 – 116.
- Billat VL., Slawinski J., Bocquet V., Chassaing P., Demarle A., Lafitte L., Chassaing P., Koralsztein JP. (2.000) Intermittent runs at the velocity associated with maximal oxygen uptake enables subjects to remain at maximal oxygen uptake for longer time than intense but submaximal runs. *Eur J Appl Physiol* 81: 188 – 196.

- Billat VL, Slawinski J, Bocquet V, Chassaing P, Demarle A, Koralsztein JP. (2001) Very short (15s-15s) interval-training around the critical velocity allows middle-aged runners to maintain VO₂ max for 14 minutes. *Int J Sports Med* Apr; 22(3):201-8.
- Castagna C. (1.999) La valutazione della massima potenza aeróbica con i test a navetta. Ancona, Italy. *L quaderni di Teknosport*, 2.
- Christensen EH., Hedman R., Saltin B. (1.960) Intermittent and continuous running. (A further contribution to the physiology of intermittent work). *Acta Physiol. Scand.* 50. 269-286.
- Duffield R., Dawson B., Pinnington HC., Wong P. (2004) Accuracy and reliability of a Cosmed K4 b2 portable gas analysis system. *J Sci Med Sport.* Mar; 7(1):11-22.
- Ekblom, B. (1.986) Applied physiology of soccer. *Sports Med.* 3:50-60.
- Gaitanos GC, Williams C, Boobis LH, Brooks S. (1993) Human muscle metabolism during intermittent maximal exercise. *J Appl Physiol.* Aug; 75(2):712-9.
- Grant S., Corbett K., Amjad AM., Wilson J., Aitchison T. (1995) A comparison of methods of predicting maximum oxygen uptake. *Br J Sports Med.* Sep; 29(3):147-52.
- Leger LA, Lambert J. (1982) A maximal multistage 20-m shuttle run test to predict VO₂ max. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 49(1):1-12.
- Leger LA., Rouillard M. (1983) Speed reliability of cassette and tape players. *Can J Appl Sport Sci.* Mar; 8(1):47-8.
- Leger L, Gadoury C. (1989) Validity of the 20 m shuttle run test with 1 min stages to predict VO₂max in adults. *Can J Sport Sci.* Mar; 14(1):21-6.
- Leger LA, Mercier D, Gadoury C, Lambert J. (1988) The multistage 20 metres shuttle run test for aerobic fitness. *J Sports Sci.* Summer; 6(2):93-101.
- Naughton LM, Cooley D, Kearney V, Smith S. (1996) A Comparison of two different shuttle run tests for the estimation of VO₂ Max. *J Sports Med Phys Fitness* Jun;36(2):85-9.
- Paliczka VJ., Nichols AK., Borehan CA. (1.987) A multi-stage shuttle run as a predictor of running performance and maximal oxygen uptake in adults. *Br J Sports Med.* 21 (4): 163 – 165.
- Ramsbottom R., Brewer J., Williams C. (1988) A progressive shuttle run test to estimate maximal oxygen uptake. *Br J Sports Med.* Dec; 22(4):141-4.
- Thomas JR., Nelson JK. (1.996) *Research Methods in Physical Activity* 3rd Edition. United States. Human Kinetics.
- Withers R., Gore C., Gass G., Hahn A. (2000) Determination of Maximal Oxygen Consumption (VO₂max) or Maximal Aerobic Power. In Christopher John Gore, Australian Institute of Sports. *Physiological Tests for Elite Athletes* (114 – 127). Australian Sports Commission.