

FACULTAD DE EDUCACIÓN Y DEPORTE
Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte
Curso: 2020-2021

**RELACIÓN ENTRE EL TEST DE UMBRALES DE LACTATO Y EL “30-15
INTERMITTENT FITNESS TEST” EN JUGADORAS SEMI-PROFESIONALES DE
FÚTBOL**

AUTOR/A: Iñaki Guardia Razquin

DIRECTOR/A: Ibai García Tabar

Fecha, 20 de mayo de 2021

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
MÉTODOS.....	4
Participantes.....	4
Diseño del Estudio.....	4
Procedimiento de los Teses	4
Análisis Estadísticos.....	6
RESULTADOS	7
DISCUSIÓN.....	13
APLICACIONES PRÁCTICAS	18
LIMITACIONES DEL ESTUDIO	18
CONCLUSIONES	19

DECLARACIÓN

El papel que he desempeñado en la realización de este TFG se presenta a continuación:

1. Garcia Tabar I, propuso la idea del trabajo y diseñó y preparó la realización de los teses. Por mi parte, debido a la realización de estos teses en pretemporada, no pude participar en la recogida de datos del presente estudio. Sin embargo, al estar de prácticas con el grupo de investigación a partir de noviembre, pude participar activamente en la recogida de datos durante los teses realizados en diciembre, los cuáles fueron realizados siguiendo la misma metodología.
2. Los análisis de los datos extraídos durante los teses no fueron tratados por mí, por ello los diferentes parámetros de velocidades, cómo la velocidad en el umbral a 3 mmoles/L de lactato o la velocidad aeróbica máxima que fueron calculadas por interpolación lineal no fueron estimados por mí.
3. Yo fui el único encargado de la realización de la escritura de todos los apartados del trabajo, incluyendo el diseño de las figuras o tablas, así como la realización de la estadística.

RESUMEN

Introducción: El principal objetivo del estudio fue conocer la relación entre el test de umbrales de lactato y el “30-15 intermittent fitness test”, en jugadoras élite de fútbol. **Metodología:** Quince futbolistas femeninas, semiprofesionales (edad 22 ± 5 años) pertenecientes a un equipo de fútbol de la Primera División B femenina española participaron en el estudio. Realizaron un test discontinuo progresivo y maximal para la determinación de los umbrales de lactato, y un test intermitente maximal para la determinación de la velocidad final alcanzada durante la última etapa completada (VIFT). Las relaciones entre ambos tests fueron examinadas. **Resultados:** Se encontraron correlaciones “large” entre el test de umbrales de lactato y el “30-15 intermittent fitness test”. V_{3mm} ($r = 0,70$; $P = 0,003$; IC95%: 0,300 a 1,18, SEE: 1,02), V_{4mm} ($r = 0,70$; $P = 0,04$; IC95%: 0,293 a 1,22, SEE: 1,07). Correlaciones altas entre el (VIFT) y la frecuencia cardiaca y el % de velocidad aeróbica máxima (VAM) a velocidades bajas también fueron encontradas. **Conclusiones:** Las magnitudes de correlación altas y los bajos SEEs indican que el VIFT se podría estimar mediante los umbrales de lactato, o incluso con la variable sub-maxima velocidad al 90% de la $F_{cmáx}$ (V_{90}). Estas ecuaciones podrían ser utilizadas para estimar uno de los tests a través del otro y de esta manera, poder pautar entrenamiento tanto continuo como interválico de alta intensidad con estos resultados.

Palabras clave: Teses de campo, fútbol femenino; umbrales de lactato; VIFT; entrenamiento de resistencia; capacidad aeróbica.

ABSTRACT

Purpose: The aim of the current study was to examine the relationship between performance of the 30–15 Intermittent Fitness Test (30-15IFT) and the lactate thresholds in elite female soccer players. **Method:** Fifteen elite female soccer players (age, 22 ± 5 years) who belonged to a Spanish women's First Division B soccer team participated in the study. They performed a discontinuous progressive maximal running test for determination of fixed blood lactate concentration (FBLC) thresholds, and an intermittent maximal running test for determination of the (30-15IFT). Relationships between both tests were examined. **Results:** There was a large correlation between (30-15IFT) and lactate thresholds. V_{3mm} ($r = 0,70$; $P=0,003$; 95% confidence limits [CL] 0.300 to 1,18). V_{4mm} ($r=0.70$; $P=0,04$; 95% confidence limits [CL] 0.293 to 1,22). High correlations between (30-15IFT) and submaximal heart rates and maximal aerobic speed were also founded. **Conclusions:** High correlation magnitudes and low SEEs indicate that VIFT could be estimated using lactate thresholds, or even with the submaximal variable V_{90} . Therefore, the equations of the present study could be very useful to estimate one test through the other, and in this way, be able to guide continuous and interval training with these results.

Keywords: field test; women soccer; lactate thresholds; VIFT; endurance training; aerobic capacity

INTRODUCCIÓN

La importancia, y popularidad, del fútbol femenino ha incrementado drásticamente estos últimos años. Esto se puede ver reflejado tanto en el aumento de las ayudas económicas o en su repercusión, como se puede observar con la aparición de partidos de fútbol femenino, u otros deportes, en televisiones y diarios deportivos (Barbero González and Miguel Ángel, 2016). Esta mayor visibilización ha hecho que los recursos destinados al fútbol femenino aumenten, haciéndolo cada vez más competitivo (Cardoso de Araújo and Mieben, 2017).

Al igual que este aumento en la competitividad, los requerimientos fisiológicos también han ido siendo cada vez más exigentes, requiriendo grandes demandas fisiológicas. Aunque se pueden encontrar diferencias en los aspectos fisiológicos entre el fútbol masculino y femenino, (Mohr, Krstrup, Andersson, Kirkendal and Bangsbo, 2008; Tarnopolsky, MacDougall, Atkinson, Tarnopolsy and Sutton, 1985; Baumgart, Hoppe and Freiwald, 2014), las demandas aeróbicas en fútbol femenino siguen siendo muy elevadas (Krstrup, Mohr, Elingsgaard and Bangsbo, 2005, Mohr, et al, 2008), y proporcionalmente semejantes al fútbol masculino (Davies and Brewer, 1993). Incluso se puede observar cómo las futbolistas, a pesar de tener valores absolutos más bajos en las acciones explosivas, en otras variables como la frecuencia cardiaca máxima, en las velocidades a 2 y 4 m/mol L de lactato y en la distancia total recorrida, no se encuentran diferencias significativas respecto al fútbol masculino (Cardoso de Araujo, Baumgart, Jansen and Freiwald and Hoppe, 2020; Mohr, et al, 2008).

Como he mencionado, las demandas aeróbicas son muy elevadas. Por ello, y a pesar de que la capacidad aeróbica no sea considerada el factor más limitante del rendimiento en fútbol, se considera que existe un valor mínimo de resistencia aeróbica imprescindible para poder llegar a jugar en cierto nivel (Mohr M, Krstrup P and Bangsbo J, 2003; Wisloff U, Helderud J and Hoff J, 1998). En el fútbol femenino, como en el masculino, las vías aeróbicas son la más utilizadas a lo largo de un partido, ya que la mayor parte del tiempo de un partido se pasa a intensidades bajas (Gentles, Coniglio, Besemer, Morgan and Mahnken, 2018; Alghannam, 2012; Osganch, Poser, Bernardini, Rinaldo and Prampero, 2010). Por ello, desarrollar un buen nivel de resistencia aeróbica permite tener una mejor recuperación entre esfuerzos de alta intensidad, lo que implica mejorar la capacidad de repetir sprints (Dolci, Hart, Kilding, Chivers, Piggott and Spiteri, 2018; Tomlin and Wenger, 2002) independientemente del sexo (Hottenrott, Ketelhut, Schneider, Wiewelhove and Ferrauti, 2020), aspecto muy importante en el fútbol.

Respecto a la condición aeróbica en fútbol, cabe quizá destacar una diferencia entre sexos. El estudio de (Krstrup et al, 2005) mostró una correlación entre el consumo máximo de oxígeno

(VO₂max) y la distancia total recorrida a alta intensidad durante un partido en fútbol femenino. Pero en cambio, esto no fue observado en fútbol masculino (Krustrup, Mohr, Amstrup, Rysgaard, Johansen, Steensberg, Pedersen and Bangsbo, 2003). Otros estudios también van en esta línea, observando una buena correlación entre la velocidad a dos y a cuatro milimoles de lactato con el resultado del test yo-yo en mujeres futbolistas, pero no observando esto en una muestra con hombres futbolistas (Baugmar, et al, 2014). Esto, como se ha mencionado anteriormente, puede ser debido a que las mujeres futbolistas suelen tener una capacidad anaeróbica más baja que los hombres relativo al máximo, ya que cuentan con diferente composición y propiedades del músculo esquelético (Shepard, 2000), lo que les hace utilizar más la vía aeróbica para una misma intensidad relativa a la máxima (Andell, Thomas, Hicks, Hunter and Howatson, 2020)

Por todo ello, se podría decir que tener una buena capacidad aeróbica es fundamental para jugar a fútbol de alto nivel, y más aún si cabe en fútbol femenino (Krustrup, 2005). Esto hace que el cuerpo técnico de cada equipo tenga que entender la gran importancia de observar frecuentemente los cambios que se pueden dar en esta capacidad a lo largo de la temporada y tener un buen control sobre ello.

Para esto, la mayoría de personas consideran el máximo estado estable de lactato (MLSS) como el método “gold standard” para determinar la capacidad aeróbica, así como para pautar entrenamiento aeróbico (Ianetta, Inglis and Mattu, 2020). Sin embargo, la aplicación en el fútbol puede llegar a ser inviable debido a la dificultad y el tiempo que conlleva el procedimiento de esta prueba (Mann, Lamberts and Lambert, 2013).

A pesar de esto, el test de umbrales de lactato suele ser un test utilizado por equipos de élite, ya que sirve para aproximar y predecir la intensidad en el MLSS de los futbolistas de élite de una manera más sencilla (45 minutos para todo el equipo) y con ello, posibilita la construcción de zonas de entrenamiento para prescribir entrenamiento a los deportistas (Guellich, Seiler and Emrich, 2009).

Por otro lado, también se han diseñado tests prácticos intermitentes con el fin de semejar la intermitencia de fútbol competitivo. Entre ellos, el “30-15 intermittent fitness test” es uno de los más famosos. Este test fue inventado por Martin Buchheit (Buchheit, 2008) y supuso una alternativa al test yo-yo, ya que la velocidad alcanzada al final de la prueba (VIFT), es muy adecuada para la prescripción de entrenamiento interválico (Buchheit and Rabbani, 2014). Este test intenta ser un test específico para deportes intermitentes, ya que no sólo se evalúa la capacidad aeróbica de los atletas, sino que la velocidad final conseguida en el test, también depende de otros factores como la capacidad anaeróbica, o la capacidad de recuperación (Buchheit, 2008). Esto se debe a que durante la prueba se realizan gestos como cambios de

dirección, aceleraciones y frenadas, con la intención de simular las acciones que se dan durante un partido (Buchheit, 2008).

Ambos tests se utilizan para elaborar zonas de entrenamiento, o prescribir entrenamiento aeróbico. Por un lado, Buchheit argumenta que las velocidades finales a las que llegan los jugadores en los tests continuos, son obtenidos por esfuerzos diferentes a los esfuerzos que se realizan en los deportes intermitentes (Buchheit, 2008), por lo que piensa que los tests intermitentes pueden ser más adecuados para pautar ejercicio aeróbico en fútbol. Por otro lado, algunos estudios observan como las velocidades finales en los tests intermitentes, dependen de otras capacidades como la anaeróbica (Castagna, Impellizzeri, Chamari, Carlomagno and Rampinini, 2006), y esto interferiría en el resultado final. En consecuencia, estos autores argumentan que mediante los tests intermitentes, no se pueden generar zonas de entrenamiento aeróbica precisas.

Por ello, teniendo en cuenta que a pesar de que ambos tests se utilicen de manera similar, las velocidades alcanzadas al final de estos tests pueden no depender de los mismos factores (Buchheit, 2008). Tener la posibilidad de contar con los resultados de ambos tests permite a los cuerpos técnicos contar con más posibilidades para pautar entrenamiento aeróbico. Debido a esto, el principal objetivo del estudio es conocer la relación entre el test de umbrales de lactato y el “30-15 intermittent fitness test”, en jugadoras élite de fútbol. A conocimiento del presente autor, este sería el primer estudio en la literatura que relaciona los umbrales de lactato de concentraciones fijas y la velocidad pico alcanzada en el “30-15 intermittent fitness test” en jugadoras femeninas de élite de fútbol. Estudiar la equivalencia entre estos dos tests podría ser de gran interés para el staff de acondicionamiento físico de los equipos de fútbol. Si con uno de los dos tests, se puede estimar el otro, esto implicaría que se podría pautar entrenamiento aeróbico continuo (capacidad aeróbica, es decir, umbrales de lactato) como aeróbico intermitente (potencia aeróbica, es decir, 30-15 intermittent fitness test) con la exclusiva evaluación de uno de los dos test. Se estudio también la relación de estos dos tests capacidad aeróbica (umbrales de lactato) y potencia aeróbica intermitente [(“30-15 intermittent fitness test”) con el sprint (capacidad anaeróbica)] para tratar de indagar entre las diferentes exigencias fisiológicas de ambas evaluaciones.

MÉTODOS

Participantes

Quince futbolistas femeninas, semiprofesionales (edad 22 ± 5 años, peso $60,6 \pm 6,1$ kg, 160 ± 10 centímetros, índice de masa corporal $22,8 \pm 2,1$ kg/m² y porcentaje de grasa $18,2 \pm 4,1$ %) pertenecientes a un equipo de fútbol de la Primera División B femenina española participaron en el estudio. Ninguna participante era consciente de tener disfunciones cardiovasculares, respiratorias y circulatorias, y no estaban tomando ninguna sustancia o medicación conocida que pudiera influir en su rendimiento físico. Los procedimientos experimentales fueron explicados anteriormente a las jugadoras y cuerpo técnico. Las participantes o sus tutores legales, permitieron voluntariamente la participación a través de un informe escrito consentido. Los procedimientos fueron aprobados por el comité de ética local (P1-001/19), conforme con la declaración de Helsinki.

Diseño del Estudio

Se realizó un estudio transversal, con el objetivo de observar las asociaciones existentes entre la velocidad alcanzada durante la última etapa completada del test 30-15 (VIFT) y el test de umbrales de lactato en futbolistas femeninas.

Procedimiento de los Teses

El estudio se realizó durante los primeros días de esta misma pretemporada 2020-21. El test de umbrales de lactato se realizó durante el primer entrenamiento después de la pandemia por el COVID-19, y el test 30-15 a la semana siguiente. Los teses fueron integrados en el calendario de entrenamiento acorde con el staff y entrenadores. Esto implica que el estudio no modificó la rutina habitual de entrenamiento. Las futbolistas comieron 2 horas antes del test, y se les indicó que el día previo a los teses no realizaran ejercicio intenso, ni fumar o beber alcohol en las 2 horas previas al test. Ambos teses se realizaron con una diferencia de una semana entre uno y otro, pero con la misma estandarización de los procedimientos de los teses. Las jugadoras estaban familiarizadas con los procedimientos ya que se habían testado anteriormente. Previo al comienzo de los teses se realizó un calentamiento de 15 minutos, que incluye carrera continua a baja intensidad, movimientos articulares y progresiones. Para realizar el test de umbrales de concentraciones fijas de lactato, se dividió el grupo en 3 grupos de 7-8 futbolistas, sin embargo, tras un error en los pitidos del test de umbrales de lactato, no se cuenta con los datos de 8 participantes. Por lo tanto, la muestra final se compone de 15 jugadoras semiprofesionales, y no de 23.

Test de umbrales de concentraciones fijas de lactato

Las participantes realizaron un test de carrera discontinua progresiva alrededor de un campo de fútbol (100 x 50 m). La velocidad inicial fue 8.5km/h, y esta se incrementó 1,5 km/h cada 5 minutos hasta el agotamiento, con 3 minutos de descanso entre estadios. Para asegurarse de una velocidad constante, se pusieron conos cada 25m, y se les indicó a las jugadoras que tenían que ir a una velocidad de carrera marcada por una señal acústica (MATLAB R2015a, The MathWorksInc., USA) conectada a un ordenador portátil (MALIBU-212P, Fonestar, Spain) y mp4 (Sporty II, Sunstech, China). Además, la frecuencia cardiaca fue recogida cada 15 segundos (Polar M400, PolarElectro OY, Finland) y promediado con los últimos 3 minutos de cada estadio. Inmediatamente después de cada estadio, y siempre y cuando las participantes tuvieran una concentración de lactato por debajo a los 4 mmol/L de sangre, se tomaron muestras de sangre de un lóbulo de la oreja (Arkray KDK Corporation, Lactate Pro LT-1710, Shiga, Japan).

La frecuencia cardiaca máxima se consideró la frecuencia cardiaca pico obtenida en el test. Las velocidades máximas, y las submáximas asociadas con los umbrales de lactato de 3 mmol-L y 4 mmol-L, y la velocidad al 90% de la $F_{cmáx}$ (V_{90}) se determinaron mediante interpolación lineal.

Test 30-15 intermittent fitness test

Las participantes realizaron el test 30-15, que, como su nombre indica, consiste en realizar 30 segundos de carrera con periodos de recuperación de 15 segundos. La velocidad inicial fue de 8 km/h para los primeros 30 segundos. La velocidad fue incrementándose en 0,5 km/h cada 45 segundos. Las jugadoras tenían que correr de un lado a otro entre dos líneas separadas por 40 metros, con una intermedia a los 20 metros. El ritmo fue determinado por una señal auditiva que les ayudaba a ajustar su velocidad de carrera y así llegar en el tiempo indicado a la línea correspondiente, ya sea la del medio campo, o la de los lados. Durante el periodo de recuperación de 15 segundos, las futbolistas caminaron en la dirección en la que estaban yendo hasta llegar a la línea más cercana (ya sea hacia la línea del medio o hacia las de los extremos de la zona de evaluación, dependiendo del lugar en el que se haya finalizado la carrera). Desde esa línea empezaron la carrera una vez que volviera a sonar el pitido. Se les informó que

debían completar la mayor cantidad posible de etapas. La prueba finalizó cuando las jugadoras ya no pudieron mantener la velocidad de carrera o cuando no pudieron alcanzar la zona de 3 m alrededor de cada línea en la que debió estar en el momento de la señal de audio consecutivamente 3 veces. La velocidad alcanzada durante la última etapa completada, se consideró la VIFT de las jugadoras (Buchheit, 2008). Esta VIFT fue utilizada para subsiguientes análisis.

Sprint de 20m

Las participantes realizaron 2 sprints máximos en el campo de fútbol. El sprint comenzaba cuando las jugadoras estuvieran listas y en el momento que ellas quisieran. La carrera comenzaba 0,5 metros atrás de la línea de comienzo. El tiempo fue automáticamente activado por fotocélulas (Polifemo, Microgate) cuando las participantes cruzaron la línea de comienzo (0 metros) y se cogió el tiempo a los 5 metros y a los 20 metros. La mejor marca fue la seleccionada para los subsiguientes análisis.

Análisis Estadísticos

Se utilizaron métodos estadísticos estándar para el cálculo de las medias, desviaciones estándar (DE), errores estándar de las estimaciones (ES) e intervalos de confianza (IC). Los datos se analizaron usando estadística paramétrica tras la confirmación de la normalidad (Kolmogorov-Smirnov test) y homocedastidad (Prueba de Levene). Se utilizaron análisis ordinarios de regresión lineal con los coeficientes de correlación de Pearson (r) para determinar la dirección y la magnitud de las relaciones. Las magnitudes de las correlaciones se interpretaron como se ha descrito previamente (Hopkins, Marshall, Batterham and Hanin, 2009), la precisión de cada regresión lineal se evaluó utilizando el error estándar de estimación (SEE) y el IC del 95%. Todos los análisis se realizaron utilizando IBM SPSS Statistics 22 (IBM Corporation, Armonk, NY, EE. UU). La significancia se fijó en $P < 0,05$, y las estadísticas descriptivas se informaron cómo (\pm DE).

RESULTADOS

Descripción de los valores obtenidos en el test de umbrales de lactato y en el test “30-15 intermittent fitness test”

La figura 1 presenta los valores medios del test de umbrales de lactato en cada estadio, tanto en porcentaje de la frecuencia cardiaca máxima (%FCmáx), como en valores de lactato en sangre (mmol/L) y en porcentaje de la velocidad aeróbica máxima (%VAM).

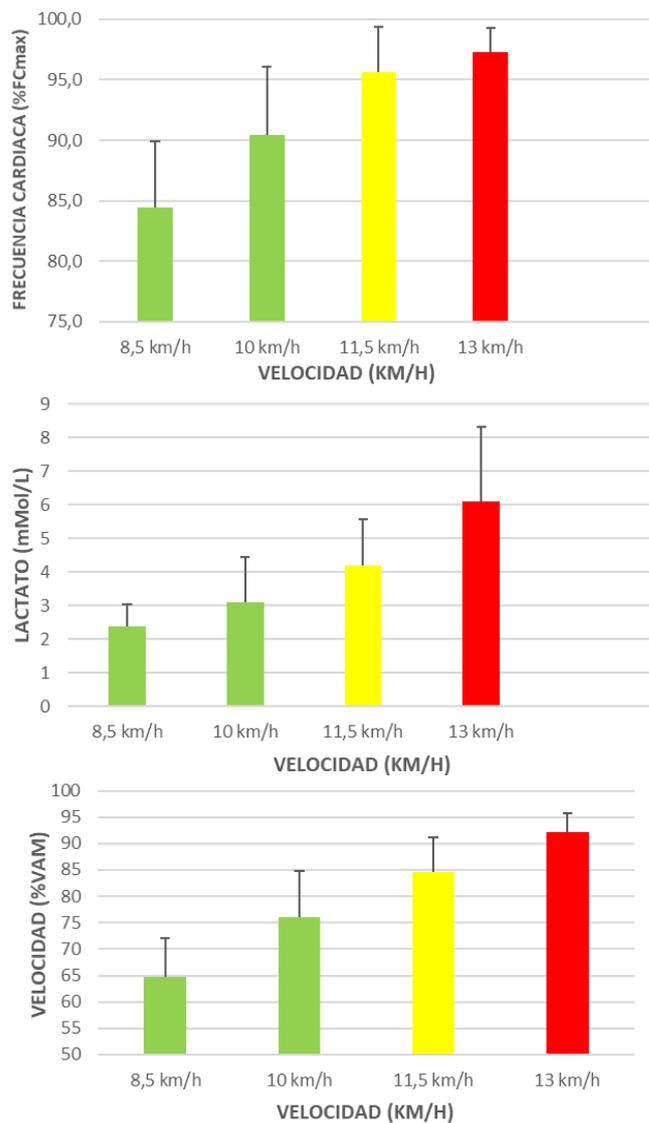


Figura 1

Media del porcentaje de la frecuencia cardiaca máxima (Panel superior), de la concentración de lactato en sangre (Panel intermedio) y del porcentaje de la velocidad aeróbica máxima (Panel inferior) en cada estadio

Nota. Las columnas verdes indican los estadios completados por todas las jugadoras (n = 15), la columna amarilla el estadio completado por 11 jugadoras y la columna roja el estadio completado por 7 jugadoras.

Los valores máximos de este test en FC_{máx}, lactato y VAM fueron (196 ± 6 p/m, 9.1 ± 2.2 mmol/L, $96,7 \pm 3,7$ %), respectivamente.

En cuanto a la prueba VIFT, podemos observar como la velocidad media fue de $17,5\text{km/h} \pm 1,19$ y el rango de 15km/h a 19km/h .

Relaciones entre el test umbrales de lactato y el test “30-15 intermittent fitness test”

En la siguiente tabla se muestra la relación entre las variables predictoras prácticas, que en este caso son el %FC_{max}, mMol/L de lactato y el %VAM en cada estadio, con el VIFT.

Tabla 1: Relación entre las variables predictoras prácticas con el VIFT (n = 15)

	8.5 km·h⁻¹	10 km·h⁻¹	11.5 km·h⁻¹
FC (%FC_{max})	“0.716”***	“0,576” **	“0,799”***
Velocidad (%VAM)	“0,855”***	“0,850”***	“0,791” ***
Concentración de lactato (mmol/L)	“0,687” ***	“0,705”***	“0,610” **

Nota. FC_{max}, frecuencia cardiaca máxima; VAM, velocidad aeróbica máxima

Nivel de significación: P < 0.05 (*); P = 0.01-0.05(**); P <0.01(***)

Como se puede observar, todas las variables guardan una relación muy estrecha “very large” en todos los estadios con el VIFT, excepto la variable %FC_{max} en el estadio 10km/h , y la variable mmol/L de lactato en los estadios $8,5$ y 11 km/h , que guardan una relación estrecha “large” según la escala de Hopkins (0,5-0,7) (Hopkins, Marshall, Batterham and Hanin, 2009).

Por otro lado, se analizaron las relaciones entre el VIFT con la velocidad al 90% de la FC_{máx} (V90), la velocidad a 3mmol/L de lactato en sangre (V3mM) y la velocidad a 4mmol/L de lactato en sangre (V4mM). En estas gráficas se puede observar esta relación en cuánto a la variable km/h .

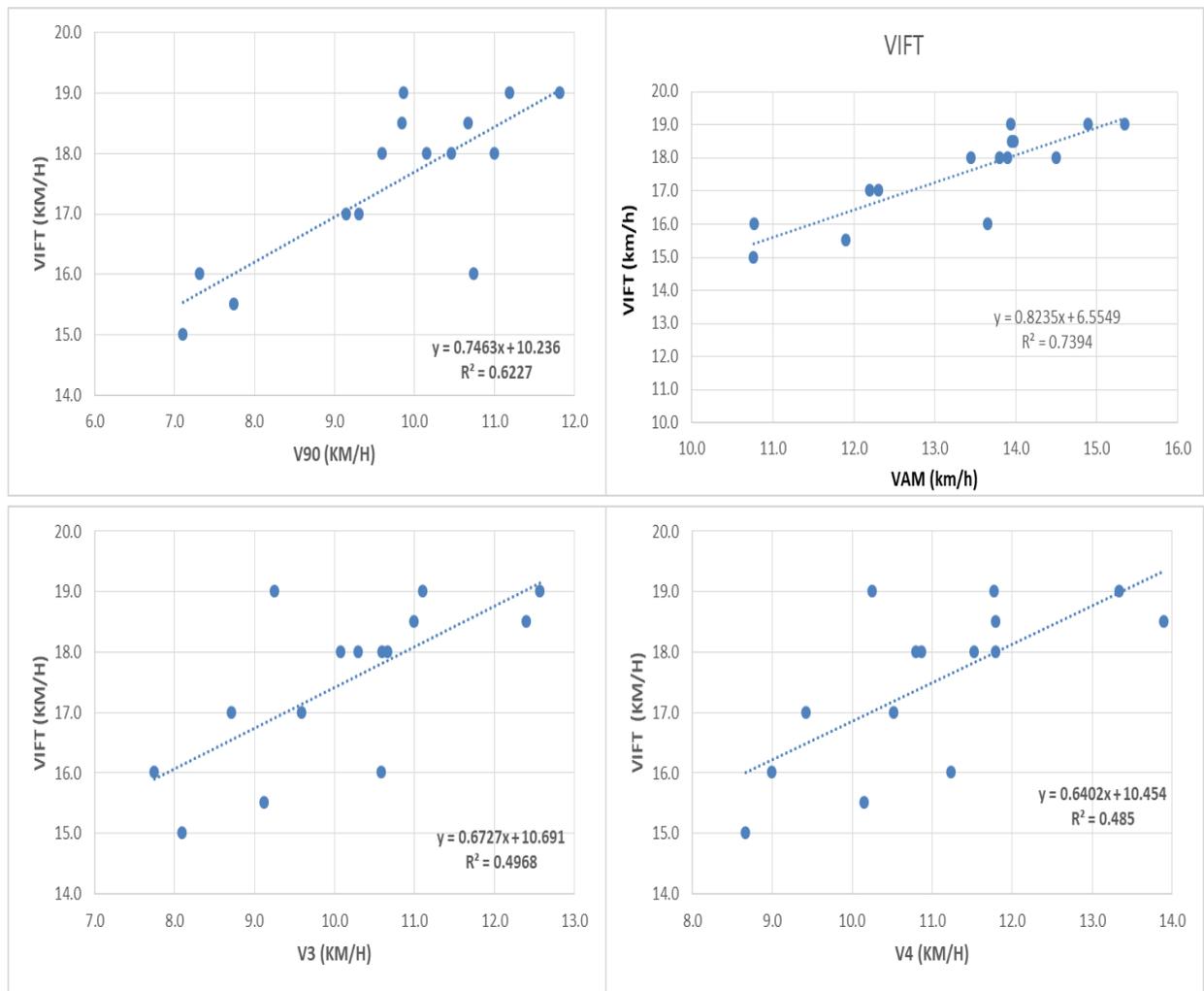


Figura 2: Relaciones entre la velocidad alcanzada en el “30-15 intermittent fitness test” (VIFT) con la velocidad al 90% de la Fcmáx (V90), la velocidad a 3mmol/L de lactato en sangre (V3mM), la velocidad a 4mmol/L de lactato en sangre (V4mM) y la velocidad aeróbica máxima (VAM).

Como se puede observar, tanto V90 ($r= 0,796$; $P= 0,000$; IC95%: 0,459 a 1,225, SEE: 0,887), V3mM ($r= 0,70$; $P= 0,003$; IC95%: 0,300 a 1,18, SEE: 1,02), V4mM ($r = 0.70$; $P = 0.04$; IC95%: 0.293 a 1.22, SEE: 1.07) y VAM ($r=0,860$; $P=0,000$; IC95%: 0,530 a 1,117; SEE = xxx) guardaron una relación muy estrecha con VIFT según la escala de Hopkins (0,7-0,9). (Hopkins, Marshall, Batterham and Hanin, 2009). También se puede apreciar cómo tanto V90 y VAM guardan una mejor relación con el VIFT que V3mM Y v4mM.

Por otro lado, se hizo lo mismo en cuanto a la relación entre la velocidad en los dos umbrales (V3mM y V4mM) en % de VIFT, con la velocidad en cada umbral en km/h (Figura 3).

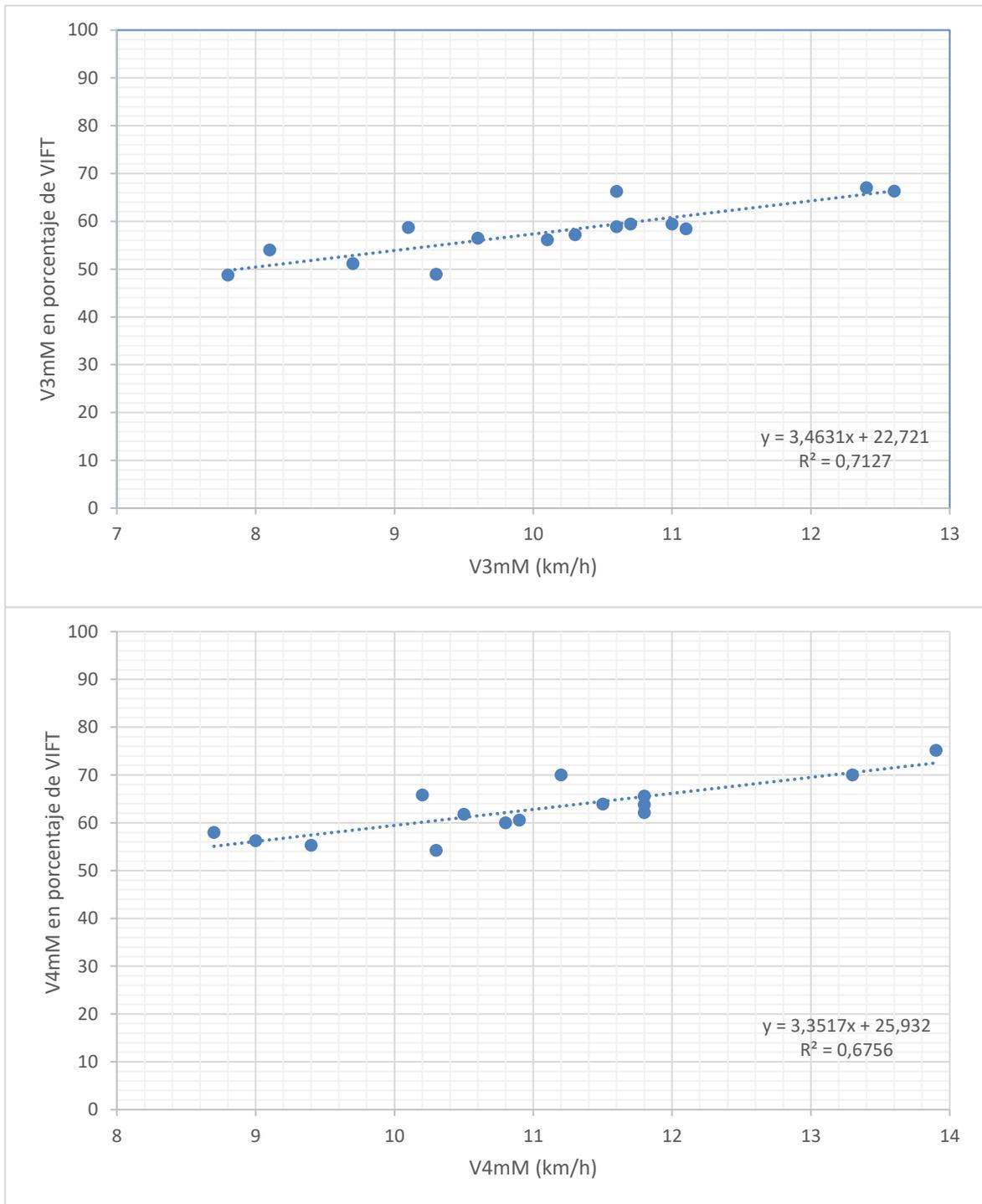


Figura 3
 Relación entre la velocidad a 3mmol/L y 4mmol/L de lactato en sangre (V3mM y V4Mm) en valores absolutos (km/h) con los umbrales de lactato (V3mM Y v4mM) en porcentaje de la velocidad alcanzada en el “30-15 intermittent fitness test” VIFT (%VIFT).

Como se puede observar la relación entre los umbrales en valores absolutos con los umbrales en porcentaje de VIFT, guardan una relación muy estrecha. Las magnitudes de las correlaciones fueron $r = 0.84-0.88$, V3mM en km/h con V3mM en porcentaje de VIFT ($r = 0,844$; $P = 0,000$;

IC95%: 0,127 a 0,284, SEE: 0,777) y V4mM con V4mM en porcentaje de VIFT ($r= 0,882$; $P= 0,000$; IC95%: 0,118 a 0,285, SEE: 0,853).

Por último, hay una mala relación de ambos tests, con el sprint de 5 metros, tanto V3mM ($r=0,047$; $P=0,869$), V4mM ($r=0,127$; $P=0,653$), como VIFT ($r=0,160$; $P=0,568$). La relación del sprint de 20 metros con V3 ($r=0,048$; $P=0,864$), con V4 ($r=0,136$; $P=0,630$) y con VIFT ($r=0,141$; $P=0,615$), también guarda una mala relación.

DISCUSIÓN

A juicio del presente autor, este es el primer estudio donde se trata de describir las relaciones entre los umbrales de lactato de concentraciones fijas (V3mM y V4mM) y el VIFT. Las altas magnitudes de correlaciones, cómo los relativamente bajos SEEs, indican que el VIFT se podría estimar 1) mediante los umbrales V3mM y V4mM, 2) mediante la variable máxima incruenta VAM, 3) mediante la variable incruenta sub-maxima V90, 4) o incluso mediante los porcentajes de FCmax (%FCmax) a una velocidad sub-máxima determinada. Estas ecuaciones podrían ser de gran utilidad para el cuerpo técnico de los equipos de fútbol femenino. Su utilización en el campo de entrenamiento permite estimar uno de los téses a través del otro y así poder pautar entrenamiento tanto continuo como interválico con una sola evaluación. De la misma manera, pueden ser de gran utilidad en futbolistas que salen de lesión para pautar entrenamiento aeróbico continuo e interválico de baja y media intensidad, ya que en estas jugadoras está desaconsejado realizar esfuerzos máximos intensos, y, por lo tanto, está desaconsejado medir el VIFT.

Valores de test de umbrales de lactato y la velocidad obtenida en el “30-15 Intermittent Fitness Test” en comparación con literatura

A pesar del aumento de interés científico sobre el fútbol femenino, no existen muchos datos sobre los umbrales de lactato y el VIFT en el fútbol de élite femenino. Pocos son los estudios que han medido la respuesta de la concentración del lactato en sangre en un test progresivo incremental en las futbolistas de élite (Krustrup, et al, 2005; Baugmart, et al, 2014; Ingebrigsten, et al, 2011; Cardos de Araújo, et al, 2020). Las participantes del presente estudio mostraron una media en V4mM de 11.0 km/h, un 18% más bajo que jugadores de la Bundesliga (Baugmart, et al, 2014; Cardos de Araújo, et al, 2020), pero un 17% mayor que la primera y segunda división nacional de Noruega de fútbol femenino (Ingebrigsten, et al, 2011). Lo mismo sucede con el test VIFT, pocos son los estudios en los cuáles han utilizado este test en equipos de fútbol femenino (Covic, Jeleskovic, Alić, Rađo, Kafedžić, Sporiš, McMaste and Milanović, 2016; Arazi, Keihananiyan, EatemadyBoroujeni, Oftade, Takhsha, Asadi and Ramirez-Campilo, 2017; Poehling, Tsai, Manson, Koehle and Meylan, 2020; Dolci, Jliding, Spitri, Chivers, Piggott, Maiorana and Hart, 2020; Manson, Brughelli and Harris, 2014). Las participantes de este estudio mostraron una media de VIFT de $17,5 \pm 1,2$ km/h, un 7 % mayor que jugadoras semi-profesionales iraníes que mostraron valores de $16,3 \pm 3,7$ km/h tras un programa de entrenamiento interválico de alta intensidad (Arazi et al, 2017). Por otro lado, se muestra un porcentaje casi idéntico al de jugadoras de élite pertenecientes a la primera liga nacional de su país, de las cuales 8 jugadoras jugaban en su selección nacional (Covic et al, 2016). Estas mostraron una media de velocidad final del test (VIFT) de $17,4 \pm 0,9$ km/h. Por último, jugadoras de una selección nacional absoluta obtuvieron dos medallas Olímpicas mostraron

valores de VIFT de $19,2 \pm 1,2$ km/h (Manson et al, 2014), un 9% mayor que las jugadoras del presente estudio.

La comparación de los resultados de nuestra muestra respecto al V4mM / VIFT de otros estudios previos son algo imprecisos debido a las ligeras diferencias metodológicas como por ejemplo la elección del momento de las evaluaciones (eje. pretemporada vs durante la temporada). De todos modos, estas comparaciones sugieren que la muestra del presente estudio es una muestra representativa de jugadoras de semi-profesionales élite de fútbol. Los valores absolutos mostrados en este estudio pueden ayudar a generar datos normativos para el fútbol femenino de élite y servir como valores de referencia para el personal de otros equipos de fútbol femenino de todo el mundo.

Relaciones entre el test de umbrales de lactato y la velocidad obtenida en el “30-15 Intermittent Fitness Test”

El resultado principal de este trabajo es la relación encontrada entre la VAM, V90 y los umbrales de lactato con el VIFT. A conocimiento del presente autor este es el primer estudio mostrando dichas relaciones en fútbol femenino. Tal como se muestra en los resultados la V90 y la VAM guardaron una relación muy estrecha (*very large*) ($r = 0.79$ y 0.86) con el VIFT con unos SEEs relativamente bajos (4.0 y 4.8% de la media de VIFT). La magnitud de estas relaciones es muy similar a las encontradas por otros investigadores en jugadores masculinos jóvenes, como se puede observar en un estudio en el que se encontró una relación muy estrecha entre la velocidad aeróbica máxima conseguida al final de un test incremental (VAM) y el VIFT ($r = 0,89$) (Buchheit and Mendez, 2013). Este estudio, por lo tanto, extiende resultados previos obtenidos en futbolistas jóvenes masculinos, y confirma que la VAM es un buen predictor del VIFT. Además, proporciona la relación y ecuación entre la V90 y VIFT por primera vez. Este parámetro se puede determinar durante una prueba submáxima, lo que lo puede hacer más adecuado que el VAM, ya que es un estimador sencillo, no invasivo, de bajo coste y bastante preciso del VIFT en jugadoras semiprofesionales de fútbol. (Buchheit, Simpson and Lacombe, 2020)

A conocimiento de los autores, este es el primer trabajo que muestra las relaciones del VIFT con los umbrales de lactato en fútbol. Estas relaciones son algo inferiores que las de V90/VAM vs VIFT, aunque también son *very large* ($r \approx 0.70$), con unos SEEs algo mayores, pero considerablemente bajos también ($\approx 6\%$). Las relaciones estrechas y los bajos SEEs podrían estimar el VIFT con bastante precisión mediante los umbrales de lactato. El uso de estas

ecuaciones presentadas en la sección de resultados puede ser de gran interés para los diferentes cuerpos técnicos de los equipos de fútbol femenino. A día de hoy el “30-15 Intermittent Fitness Test” está muy de moda y se está usando mucho en el fútbol, de manera rutinaria. Una de las pegas de este tipo de test es que es un test máximo, que no solamente mide la capacidad aeróbica (Castagna, et al, 2006; Buchheit, 2008). Cuando una jugadora sufre una lesión grave, antes de volver al equipo necesita hacer acondicionamiento general inespecífico (Lacome, Simpson, Broad and Buchheit, 2018; Nassis, Brito, Figueiredo and Gabbett, 2019). En este caso el VIFT seguramente habrá cambiado debido al desentrenamiento. Sin embargo, no se le puede volver a medir el VIFT por la imposibilidad que tiene la jugadora de hacer esfuerzos máximos antes de volver con el equipo en la fase de readaptación (Nassis, Brito, Figueiredo and Gabbett, 2019). En cambio, sí que se le podría medir los umbrales de lactato de manera sub-máxima. Con estos, se le podría pautar entrenamiento aeróbico, y estimado con ellos el VIFT, se le podría pautar también entrenamiento interválico de baja y media intensidad. Es por ello que, teniendo en cuenta la moda del VIFT (Buchheit, 2010), para el staff de los equipos de fútbol poder equiparar el VIFT con los umbrales mediante las ecuaciones presentadas en este trabajo es de mucha utilidad. De hecho, este hallazgo es un hallazgo que en este equipo concreto de este trabajo ya se está poniendo en práctica en la vida real. No solo se está poniendo en práctica con las jugadoras que vuelven de lesión, sino que también con aquellas que vuelven al equipo después de haber sufrido las consecuencias del COVID19. La puesta en práctica de medir los umbrales y con ellos estimar el VIFT en las jugadoras que están preparándose para volver a jugar con el equipo bien por lesión o bien por COVID, está siendo muy satisfactoria.

Predicción de la velocidad obtenida en el “30-15 Intermittent Fitness Test” mediante variables más prácticas y sencillas

La tabla 1 muestra unas correlaciones *large* to *very large* entre la FC (%FCmax) y el lactato (mM/L) conseguido en cada uno de los estadios del test de umbral, con el VIFT. Una sola toma de lactato tomada después de 5 min de carrera continua a 8.5 km/h, velocidad muy sub-máxima (64% VAM), guarda una buena relación con VIFT y por lo tanto tiene el potencial de ser usada para la estimación de VIFT. Esta metodología podría incluso implementarse como rutina de calentamiento y facilitar la monitorización de la capacidad aeróbica (en caso de que sea de interés) con tan solo un reactivo enzimático de lactato que cuesta cerca de 2 euros. En caso de no tener posibilidad de utilizar este método con lactato, la FC obtenida durante los 5 min de carrera a una velocidad de 8.5 km/h podría ser también utilizada para la estimación de VIFT. Esta variable (FC 8.5 km/h) no cuesta dinero, es muy sencilla, y sub-máxima, por lo que podría ser una variable a utilizar en la monitorización de los cambios inducidos por el entrenamiento en VIFT. Lo mismo sucede con los estadios de 10 y 11.5 km/h. Ambos guardan una buena relación con VIFT, y por lo tanto tiene el potencial de ser usado para la estimación de este. Estas

relaciones no son tan altas como las descritas en la sección anterior (V90, VAM, V3mM, V4mM vs VIFT), y sus SEEs también son algo mayores. Por lo tanto, más que para una estimación precisa de VIFT, estas variables submáximas y prácticas podrían ser utilizadas para una rápida medición y sencilla monitorización con relativa precisión del VIFT en casos puntuales. Como se ha mencionado anteriormente, estos hallazgos pueden ser de gran utilidad para el staff de los equipos de fútbol para facilitar la monitorización de la VIFT. Estos hallazgos, sin embargo, deberán de ser confirmados mediante estudios longitudinales.

Umbrales de lactato en porcentaje de la velocidad obtenida en el “30-15 Intermittent Fitness Test”

La figura 3 hay que interpretarla con cautela, debido a las limitaciones de la misma, pero podría ser un indicativo de una limitación que podría tener el pautar entrenamiento mediante marcadores máximos, en este caso mediante el VIFT. La figura 3 muestra la relación entre los umbrales de lactato en valores absolutos con sus respectivos valores relativos a VIFT. Se observa que a mayor capacidad aeróbica (mayor velocidad de umbral) el umbral de lactato, en vez de ocurrir a la misma intensidad en todos los sujetos, ocurre a una mayor intensidad respectiva a la VIFT. Se sabe desde hace mucho que los indicadores de máxima estabilidad metabólica (“MMSS”), como los umbrales de lactato, ocurren a un diferente porcentaje de marcadores máximos de capacidad aeróbica como son la VAM, FCmax o el volumen de oxígeno máximo (Katch, Weltman, Sady and Freedson, 1978; Hueley, Hagberg, Allen, Seals, Young, Cuddihee and Holloszy, 1984). Por lo tanto, entrenar a un mismo porcentaje de estos marcadores puede producir diferentes adaptaciones en los deportistas (Scharhag-Rosenberger, Meyer, Gäßler, Faude and Kindermann, 2010; Buchheit, Chivot, Parouty, Mercier, Al Haddad, Laursen and Ahmaidi, 2010) debido a que pueden estar entrenando en un diferente dominio de intensidad de ejercicio según la visión contemporánea de este espectro de intensidades (Ianneta, Calaine, Fullerton, Passfield and Murias, 2018; Keir, Fontana, Robertson, Murias, Paterson, Kowalchuk and Pogliaghi, 2015; Ianneta et al, 2020). Esto se debe a que, por ejemplo, a deportistas con un umbral mayor, cómo se puede ver en la figura 3, trabajar a un porcentaje de su máximo de VIFT no les supondría el mismo esfuerzo que a otros con un umbral menor. Es bien conocido también, que en entrenamiento interválico existe el MMSS (Carminatti, Batista, Tramontin, Costa, de Lucas, and Borszcz, 2020). Lo que ocurre es que, debido a las infinitas posibilidades de combinaciones de duración de tiempo de la serie y duración de descanso, existen diferentes MMSS para una misma velocidad. La figura 3 muestra que el MMSS podría ocurrir a un diferente porcentaje del VIFT en estas jugadoras femeninas. La limitación más importante de esta figura, así como de su interpretación, es que el indicador de MMSS es un indicador de MMSS continuo, y no MMSS interválico. Aunque podría indicar que esto mismo

podría ocurrir en caso de medir un marcador de MMSS interválico. Para comprobar esto, se necesitan más estudios en los que midan el MMSS en trabajo interválico pautado mediante una misma velocidad relativa a VIFT.

Relación de la capacidad aeróbica (umbrales de lactato) y de la potencia aeróbica (VIFT) con el sprint de 5 y 20m

Las correlaciones de ambos tests con los sprints de 5 y 20 metros no son significativas. Esto difiere con los resultados obtenidos en otro artículo en los que relacionan el test 30-15 intermittent fitness test con un sprint de 10m. En este, las relaciones entre ambas pruebas son buenas $r=0,63$, $p<0,05$ (Buchheit, 2008). Otros autores también van en esta línea, viendo relaciones en una muestra de futbolistas entre el resultado del yo-yo test y el CMJ (Castagna, et al, 2006). Sin embargo, en otro estudio con 52 jugadores de fútbol amateurs, no se pudieron observar estas buenas relaciones entre este test con el sprint de 10m, ni con el CMJ (Scott, Hodson, Govis and Dascombe, 2017). Por el contrario, otros autores observaron una relación aún mayor en el test 30-15 con la velocidad máxima que el yo-yo test, concluyendo que el 30-15 es aún más dependiente de la vía anaeróbica (Buchheit and Rabbani, 2014) Todo esto podría ser indicativo de que, a pesar de que el 30-15 intermittent fitness test suele ser utilizado para medir la capacidad aeróbica, hay que tener en cuenta la existencia de aspectos anaeróbicos que pueden ser limitantes del rendimiento en esta prueba. En cambio, este estudio va en contra de la línea marcada por los anteriores trabajos principalmente publicados con jugadores masculinos. Precisamente, el hecho de que sean jugadoras femeninas puede ser uno de los motivos por los cuales en este trabajo no se hayan encontrado relaciones entre los tests de resistencia (capacidad y potencia) aeróbicos y los tests de resistencia anaeróbicos (sprint). Las mujeres deportistas son más oxidativas que los hombres y por lo tanto en tests máximos de resistencia utilizan menos las vías glucolíticas para obtener la velocidad pico en comparación con los hombres. (Ansdell et al., 2020; Shepard, 2000; Tarnopolsky et al., 1990) Por lo tanto, en la obtención de VAM y VIFT, las mujeres utilizan menos la vía anaeróbica y es por lo que estos tests pueden guardar peor relación con tests anaeróbicos, como el sprint o el CMJ, en comparación con los hombres. De todos modos, también hay estudios en hombres donde no se observa relación entre tests intermitentes de potencia aeróbica (eje. Yo-Yo) y salto vertical ni sprint (Arregui-Martin, García-Tabar, and Gorostiaga, 2020). Por lo tanto, la relación del VIFT con rendimiento en pruebas anaeróbicas, al menos en mujeres, queda aún por estar definitivamente confirmado.

APLICACIONES PRÁCTICAS

La estimación del VIFT mediante las variables no-invasiva, sub-máximas y objetiva de FC a los diferentes estadios submáximos podrían usarse de manera rutinaria para monitorizar sin costes de manera más sencilla el VIFT. Por otro lado, el resultado principal de este estudio es que las ecuaciones de estimación de VIFT mediante V90, V3mM y V4mM podrían ser de gran utilidad para el cuerpo técnico de los diferentes equipos de futbol femenino. Con estas ecuaciones, se podría pautar entrenamiento aeróbico continuo o interválico en función de los umbrales o VIFT, respectivamente, habiendo solo realizado un test y no los dos. Estas ecuaciones pueden ser de especial interés para jugadoras que salen del proceso de rehabilitación, antes de volver con el equipo a competir. Por otro lado, pasando a las ecuaciones de las variables predictoras prácticas, se podría decir que su uso también permite ajustar continuamente las intensidades del entrenamiento, al igual que podría utilizarse para evaluar el nivel de fatiga generado tras un periodo de entrenamiento o competiciones. Además, con este trabajo también se han creado valores normativos, ya que no existen muchos artículos en los que se informen de los valores de jugadoras profesionales, y menos aún de futbolistas españolas. Por ende, otros equipos femeninos con un nivel aeróbico similar también podrían beneficiarse de estas ecuaciones.

LIMITACIONES DEL ESTUDIO

La principal limitación de este estudio es que es un estudio observacional transversal. Dicho de otro modo, la mayor limitación es que estas relaciones se observaron en un momento concreto de la temporada en un equipo concreto. Además, el tamaño de la muestra puede ser algo pequeño, por ello, para generalizar las ecuaciones sería de fundamental importancia validar las ecuaciones en otro momento de la temporada y en otros equipos de fútbol femenino. Un siguiente paso también sería, mediante estudio longitudinal, comprobar que los cambios inducidos por el entrenamiento en las variables predictoras son acompañados por cambios en el VIFT. Otra limitación a considerar es la realización de este estudio solo con una muestra de jugadoras femeninas, por ello, sería interesante considerar hacer esto mismo con una muestra de jugadores masculinos. Además, las ecuaciones reportadas en el presente estudio solo son aplicables a individuos con un nivel de aptitud física de resistencia aeróbica dentro del rango del de la muestra del presente estudio. Como vemos, y a pesar de que los resultados son prometedores, son necesarios más estudios para utilizar con total precisión, validez y seguridad las ecuaciones desarrolladas en el presente TFG de investigación.

CONCLUSIONES

A juicio del presente autor, este es el primer estudio donde se trata de describir las asociaciones entre los umbrales de lactato y el VIFT. Las magnitudes de correlación altas y los bajos SEEs indican que el VIFT se podría estimar mediante los umbrales de lactato, o incluso con la variable sub-maxima V90. Estas ecuaciones podrían ser de gran utilidad para el cuerpo técnico de los equipos de fútbol femenino, tanto para su utilización a la hora de estimar uno de los tests a través del otro y así poder pautar entrenamiento tanto continuo como interválico de alta intensidad, cómo, de la misma manera, para su utilización en futbolistas lesionadas pautando entrenamiento aeróbico e interválico de baja y media intensidad. Por otro lado, se puede observar cómo el “30-15 intermittent fitness test” podría no tener una implicación anaeróbica tan alta en el fútbol femenino cómo en el masculino. Aún así, son necesarios más estudios tanto para poder afirmar la escasa relación entre el VIFT con los tests anaeróbicos en fútbol femenino, cómo para poder utilizar con total precisión, validez y seguridad las ecuaciones del presente estudio.

REFERENCIAS

- Alghannam A. F. (2012). Metabolic limitations of performance and fatigue in football. *Asian journal of sports medicine*, 3(2), 65–73. <https://doi.org/10.5812/asjasm.34699>
- Ansdell, P., Thomas, K., Hicks, K. M., Hunter, S. K., Howatson, G., & Goodall, S. (2020). Physiological sex differences affect the integrative response to exercise: acute and chronic implications. *Experimental physiology*, 10.1113/EP088548. Advance online publication. <https://doi.org/10.1113/EP088548>
- Arazi, H., Keihaniyan, A., EatemadyBoroujeni, A., Oftade, A., Takhsha, S., Asadi, A., & Ramirez-Campillo, R. (2017). Effects of Heart Rate vs. Speed-Based High Intensity Interval Training on Aerobic and Anaerobic Capacity of Female Soccer Players. *Sports (Basel, Switzerland)*, 5(3), 57. <https://doi.org/10.3390/sports5030057>
- Arregui-Martin, M. A., Garcia-Tabar, I., & Gorostiaga, E. M. (2020). Half Soccer Season Induced Physical Conditioning Adaptations in Elite Youth Players. *International journal of sports medicine*, 41(2), 106–112. <https://doi.org/10.1055/a-1014-2809>
- Barbero González, Miguel Ángel (2016) *Tratamiento informativo del deporte femenino español en los Juegos Olímpicos en el diario ABC (1924-2012)*. [Tesis]
- Baumgart, C., Hoppe, M. W., & Freiwald, J. (2014). Different endurance characteristics of female and male german soccer players. *Biology of sport*, 31(3), 227–232. <https://doi.org/10.5604/20831862.1111851>
- Buchheit M. (2005). Illustration de la programmation du travail intermittent à partir de la vitesse atteinte à la fin du 30-15 Intermittent Fitness Test - 1ère partie. *Approches du Handball* 88: 36-46.
- Buchheit M. (2005) Illustration de la programmation du travail intermittent à partir de la vitesse atteinte à la fin du 30-15 Intermittent Fitness Test - 2ème partie. *Approches du Handball* 89: 41-47.
- Buchheit M. (2008). The 30-15 intermittent fitness test: accuracy for individualizing interval training of young intermittent sport players. *Journal of strength and conditioning research*, 22(2), 365–374. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181635b2e>

Buchheit, M., Chivot, A., Parouty, J., Mercier, D., Al Haddad, H., Laursen, P. B., & Ahmaidi, S. (2010). Monitoring endurance running performance using cardiac parasympathetic function. *European journal of applied physiology*, *108*(6), 1153–1167. <https://doi.org/10.1007/s00421-009-1317-x>

Buchheit, M., & Laursen, P. B. (2013). High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle: Part I: cardiopulmonary emphasis. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, *43*(5), 313–338. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0029-xc>

Buchheit, M., & Mendez-Villanueva, A. (2013). Supramaximal intermittent running performance in relation to age and locomotor profile in highly-trained young soccer players. *Journal of sports sciences*, *31*(13), 1402–1411. <https://doi.org/10.1080/02640414.2013.792947>

Buchheit, M., & Rabbani, A. (2014). The 30-15 Intermittent Fitness Test versus the Yo-Yo Intermittent Recovery Test Level 1: relationship and sensitivity to training. *International journal of sports physiology and performance*, *9*(3), 522–524. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2012-0335>

Buchheit, M., Simpson, B. M., & Lacombe, M. (2020). Monitoring Cardiorespiratory Fitness in Professional Soccer Players: Is It Worth the Prick?. *International journal of sports physiology and performance*, *15*(10), 1437–1441. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2019-0911>

Cardoso de Araújo, M., Baumgart, C., Jansen, C. T., Freiwald, J., & Hoppe, M. W. (2020). Sex Differences in Physical Capacities of German Bundesliga Soccer Players. *Journal of strength and conditioning research*, *34*(8), 2329–2337. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002662>

Cardoso de Araújo M, & Mieben K. (2017). Twenty Years of the FIFA Women's World Cup: An Outstanding Evolution of Competitiveness. *Women in Sport and Physical Activity Journal* *25*(1), 60-64

Carminatti, L. J., Batista, B. N., da Silva, J. F., Tramontin, A. F., Costa, V. P., de Lucas, R. D., & Borszcz, F. K. (2020). Predicting Maximal Lactate Steady State from Carminatti's Shuttle Run Test in Soccer Players. *International journal of sports medicine*, *42*(2), 153–160. <https://doi.org/10.1055/a-1224-3985>

Castagna, C., Impellizzeri, F. M., Chamari, K., Carlomagno, D., & Rampinini, E. (2006). Aerobic fitness and yo-yo continuous and intermittent tests performances in soccer players: a

correlation study. *Journal of strength and conditioning research*, 20(2), 320–325. <https://doi.org/10.1519/R-18065.1>

Čović, N., Jelešković, E., Alić, H., Rađo, I., Kafedžić, E., Sporiš, G., McMaster, D. T., & Milanović, Z. (2016). Reliability, Validity and Usefulness of 30-15 Intermittent Fitness Test in Female Soccer Players. *Frontiers in physiology*, 7, 510. <https://doi.org/10.3389/fphys.2016.00510>

Davis, J. A., & Brewer, J. (1993). Applied physiology of female soccer players. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 16(3), 180–189. <https://doi.org/10.2165/00007256-199316030-00003>

Dolci, F., Hart, N. H., Kilding, A., Chivers, P., Piggott, B., & Spiteri, T. (2018). Movement Economy in Soccer: Current Data and Limitations. *Sports (Basel, Switzerland)*, 6(4), 124. <https://doi.org/10.3390/sports6040124>

Dolci, F., Kilding, A. E., Spiteri, T., Chivers, P., Piggott, B., Maiorana, A., & Hart, N. (2020). High-intensity Interval Training Shock Microcycle Improves Running Performance but not Economy in Female Soccer Players. *International journal of sports medicine*, 10.1055/a-1302-8002. Advance online publication. <https://doi.org/10.1055/a-1302-8002>

Garcia-Tabar, I., & Gorostiaga, E. M. (2018). A "Blood Relationship" Between the Overlooked Minimum Lactate Equivalent and Maximal Lactate Steady State in Trained Runners. Back to the Old Days?. *Frontiers in physiology*, 9, 1034. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.01034>

Garcia-Tabar, I., Rampinini, E., & Gorostiaga, E. M. (2019). Lactate Equivalent for Maximal Lactate Steady State Determination in Soccer. *Research quarterly for exercise and sport*, 90(4), 678–689. <https://doi.org/10.1080/02701367.2019.1643446>

Gentles, J. A., Coniglio, C. L., Besemer, M. M., Morgan, J. M., & Mahnken, M. T. (2018). The Demands of a Women's College Soccer Season. *Sports (Basel, Switzerland)*, 6(1), 16. <https://doi.org/10.3390/sports6010016>

Gorostiaga, E. M., Walter, C. B., Foster, C., & Hickson, R. C. (1991). Uniqueness of interval and continuous training at the same maintained exercise intensity. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 63(2), 101–107. <https://doi.org/10.1007/BF00235177>

Guellich, A., Seiler, S., & Emrich, E. (2009). Training methods and intensity distribution of young world-class rowers. *International journal of sports physiology and performance*, 4(4), 448–460. <https://doi.org/10.1123/ijspp.4.4.448>

Hopkins, W. G., Marshall, S. W., Batterham, A. M., & Hanin, J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Medicine and science in sports and exercise*, 41(1), 3–13. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31818cb278>

Hottenrott, L., Ketelhut, S., Schneider, C., Wiewelhove, T., & Ferrauti, A. (2020). Age- and Sex-Related Differences in Recovery From High-Intensity and Endurance Exercise: A Brief Review, *International Journal of Sports Physiology and Performance*, , 1-11. Retrieved Apr 22, 2021, from <http://journals.humankinetics.com/view/journals/ijsp/aop/article-10.1123-ijsp.2020-0604/article-10.1123-ijsp.2020-0604.xml>

Hurley, B. F., Hagberg, J. M., Allen, W. K., Seals, D. R., Young, J. C., Cuddihee, R. W., & Holloszy, J. O. (1984). Effect of training on blood lactate levels during submaximal exercise. *Journal of applied physiology: respiratory, environmental and exercise physiology*, 56(5), 1260–1264. <https://doi.org/10.1152/jappl.1984.56.5.1260>

Iannetta, D., Inglis, E. C., Fullerton, C., Passfield, L., & Murias, J. M. (2018). Metabolic and performance-related consequences of exercising at and slightly above MLSS. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 28(12), 2481–2493. <https://doi.org/10.1111/sms.13280>

Iannetta, D., Inglis, E. C., Mattu, A. T., Fontana, F. Y., Pogliaghi, S., Keir, D. A., & Murias, J. M. (2020). A Critical Evaluation of Current Methods for Exercise Prescription in Women and Men. *Medicine and science in sports and exercise*, 52(2), 466–473. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002147>

Jamnick, N. A., Pettitt, R. W., Granata, C., Pyne, D. B., & Bishop, D. J. (2020). An Examination and Critique of Current Methods to Determine Exercise Intensity. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 50(10), 1729–1756. <https://doi.org/10.1007/s40279-020-01322-8>

Katch, V., Weltman, A., Sady, S., & Freedson, P. (1978). Validity of the relative percent concept for equating training intensity. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 39(4), 219–227. <https://doi.org/10.1007/BF00421445>

Keir, D. A., Fontana, F. Y., Robertson, T. C., Murias, J. M., Paterson, D. H., Kowalchuk, J. M., & Pogliaghi, S. (2015). Exercise Intensity Thresholds: Identifying the Boundaries of Sustainable Performance. *Medicine and science in sports and exercise*, 47(9), 1932–1940. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000613>

Krustrup, P., Mohr, M., Amstrup, T., Rysgaard, T., Johansen, J., Steensberg, A., Pedersen, P. K., & Bangsbo, J. (2003). The yo-yo intermittent recovery test: physiological response, reliability, and validity. *Medicine and science in sports and exercise*, 35(4), 697–705. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000058441.94520.32>

Krustrup, P., Mohr, M., Ellingsgaard, H., & Bangsbo, J. (2005). Physical demands during an elite female soccer game: importance of training status. *Medicine and science in sports and exercise*, 37(7), 1242–1248. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000170062.73981.94>

Lacome, M., Simpson, B., Broad, N., & Buchheit, M. (2018). Monitoring Players' Readiness Using Predicted Heart-Rate Responses to Soccer Drills. *International journal of sports physiology and performance*, 13(10), 1273–1280. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-0026>

Mann, T., Lamberts, R. P., & Lambert, M. I. (2013). Methods of prescribing relative exercise intensity: physiological and practical considerations. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 43(7), 613–625. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0045-x>

Manson, S. A., Brughelli, M., & Harris, N. K. (2014). Physiological characteristics of international female soccer players. *Journal of strength and conditioning research*, 28(2), 308–318. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31829b56b1>

Milanović, Z., Sporiš, G., James, N., Trajković, N., Ignjatović, A., Sarmiento, H., Trecroci, A., & Mendes, B. (2017). Physiological Demands, Morphological Characteristics, Physical Abilities and Injuries of Female Soccer Players. *Journal of human kinetics*, 60, 77–83. <https://doi.org/10.1515/hukin-2017-0091>

Mohr, M., Krustrup, P., Andersson, H., Kirkendal, D., & Bangsbo, J. (2008). Match activities of elite women soccer players at different performance levels. *Journal of strength and conditioning research*, 22(2), 341–349. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318165fef6>

Mohr, M., Krustrup, P., & Bangsbo, J. (2003). Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *Journal of sports sciences*, 21(7), 519–528. <https://doi.org/10.1080/0264041031000071182>

Mosey T. (2009) High intensity interval training in youth soccer players - using fitness testing results practically. *J Aust Strength Cond* 17:49-51.

Nassis, George & Brito, João & Figueiredo, Pedro & Gabbett, Tim. (2019). Injury prevention training in football: let's bring it to the real world. *British Journal of Sports Medicine*. 53. bjsports-2018. 10.1136/bjsports-2018-100262.

Osgnach, C., Poser, S., Bernardini, R., Rinaldo, R., & di Prampero, P. E. (2010). Energy cost and metabolic power in elite soccer: a new match analysis approach. *Medicine and science in sports and exercise*, 42(1), 170–178. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181ae5cfd>

Poehling, R. A., Tsai, M. C., Manson, S. A., Koehle, M. S., & Meylan, C. (2020). Physical performance development in a female national team soccer program. *Journal of science and medicine in sport*, S1440-2440(20)30864-1. Advance online publication. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2020.12.009>

Scharhag-Rosenberger, F., Meyer, T., Gässler, N., Faude, O., & Kindermann, W. (2010). Exercise at given percentages of VO₂max: heterogeneous metabolic responses between individuals. *Journal of science and medicine in sport*, 13(1), 74–79. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2008.12.626>

Scott, B. R., Hodson, J. A., Govus, A. D., & Dascombe, B. J. (2017). The 30-15 Intermittent Fitness Test: Can It Predict Outcomes in Field Tests of Anaerobic Performance?. *Journal of strength and conditioning research*, 31(10), 2825–2831. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001563>

Shephard R. J. (2000). Exercise and training in women, Part I: Influence of gender on exercise and training responses. *Canadian journal of applied physiology = Revue canadienne de physiologie appliquee*, 25(1), 19–34. <https://doi.org/10.1139/h00-002>

Tarnopolsky, L. J., MacDougall, J. D., Atkinson, S. A., Tarnopolsky, M. A., & Sutton, J. R. (1990). Gender differences in substrate for endurance exercise. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 68(1), 302–308. <https://doi.org/10.1152/jappl.1990.68.1.302>

Tomlin, D. L., & Wenger, H. A. (2002). The relationships between aerobic fitness, power maintenance and oxygen consumption during intense intermittent exercise. *Journal of science and medicine in sport*, 5(3), 194–203. [https://doi.org/10.1016/s1440-2440\(02\)80004-4](https://doi.org/10.1016/s1440-2440(02)80004-4)

Wisløff, U., Helgerud, J., & Hoff, J. (1998). Strength and endurance of elite soccer players. *Medicine and science in sports and exercise*, 30(3), 462–467. <https://doi.org/10.1097/00005768-199803000-00019>