

Article

# Valoración de la Recuperación Entre Esfuerzos y de la Capacidad de Realizar Cambios de Dirección en el Test de Aptitud Intermitente 30-15

## Assessing Inter-Effort Recovery and Change of Direction Ability with the 30-15 Intermittent Fitness Test

Bachar Haydar<sup>1</sup>, Hani Al Haddad<sup>1,2</sup>, Said Ahmaidi<sup>1</sup> y Martin Buchheit<sup>1,2</sup><sup>1</sup>EA-3300: Laboratory of Exercise Physiology and Rehabilitation, Faculty of Sport Sciences, University of Picardie, Jules Verne, Amiens, France<sup>2</sup>Physiology Unit, Sport Science Department, Aspire, Academy for Sports Excellence, Doha, Qatar

### RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue proponer una valoración de campo, novedosa y simple, de la recuperación entre esfuerzos y de la capacidad de realizar cambios de dirección (COD) basada en el rendimiento durante el test de aptitud intermitente 30-15 (30-15<sub>IFT</sub>, un test de ida y vuelta intermitente e incremental) usando tres protocolos diferentes. Cuarenta jugadores de deportes de equipo- (22±2 años) realizaron el test original 30-15<sub>IFT</sub> (grupo A; n=16) y dos versiones modificadas de este test; una sin período de descanso (i.e. carrera continua, 30-15<sub>IFT-CONT</sub>) y otra sin COD (30-15<sub>IFT-LINE</sub>), o (Grupo B; n=24) que realizó el test original 30-15<sub>IFT</sub> y una versión modificada con mayor cantidad de COD (carrera de ida y vuelta de 28 m en lugar de 40 m, 30-15<sub>IFT-28m</sub>). En todos los tests se realizó la determinación de la frecuencia cardíaca (HR), la respuesta del lactato sanguíneo ([La]b), el índice de esfuerzo percibido (RPE) y la velocidad de carrera máxima. No se observaron diferencias estadísticas en la HR máxima (A: p=0,07 y B: p=0,94) ni en el RPE (A: p=0,10 y B: p=0,97) entre los tests. En comparación con los tests 30-15<sub>IFT</sub> (12,3±2,5, p<0,01) y 30-15<sub>IFT-LINE</sub> (11,3±2,6, p=0,07, ES = 0,61), la [La]b fue menor en el test 30-15<sub>IFT-CONT</sub> (9,6±3,3 mmol.L<sup>-1</sup>). En comparación con el test 30-15<sub>IFT</sub>, la velocidad de carrera máxima fue mayor en el test 30-15<sub>IFT-LINE</sub> (103,1±1,7%, p<0,001) y menor en el test 30-15<sub>IFT-CONT</sub> (93,2±1,4%, p<0,001), pero fue similar a la del test 30-15<sub>IFT-28m</sub> (99,7±3,6%, p=0,62). Las velocidades máximas alcanzadas después de los cuatro tests se correlacionaron significativamente pero no perfectamente (r=0,74 a 95, p<0,001 en todos los casos). Estos resultados demuestran que las diferencias en la velocidad de carrera máxima alcanzada luego de las diferentes versiones del test 30-15<sub>IFT</sub> pueden ser usadas por los entrenadores para aislar y evaluar la recuperación entre esfuerzos (i.e. 30-15<sub>IFT</sub> vs. 30-15<sub>IFT-CONT</sub>) y la capacidad de realizar cambios de dirección (COD) (i.e., 30-15<sub>IFT</sub> contra el 30-15<sub>IFT-LINE</sub>) en el campo. Adicionalmente, tal como se observó en este estudio la capacidad de realizar COD parece ser independiente de la longitud de la carrera de ida y vuelta.

**Palabras Clave:** Carrera de alta intensidad, agilidad, ejercicio intermitente, test de campo, relación HR/velocidad.

## ABSTRACT

---

The aim of the present study was to propose a new and simple field assessment of inter-effort recovery and change of direction (COD) ability based on performance during the 30-15 Intermittent Fitness Test (30-15IFT, an intermittent, incremental shuttle-run test) using three different protocols. Forty team-sport players ( $22 \pm 2$  years) performed either (group A;  $n = 16$ ) the original 30-15IFT and two modified versions, one without a rest period (i.e. continuous run, 30-15IFT-CONT) and one without COD (30-15IFT-LINE), or (group B;  $n = 24$ ) the original 30-15IFT and a modified version with more COD (28-m shuttle instead of 40-m, 30-15IFT-28m). Heart rate (HR), blood lactate concentration ([La]b), rating of perceived exertion (RPE) and maximal running speed were recorded for all tests. There was no statistical difference in either maximal HR (A:  $p = 0.07$  and B:  $p = 0.94$ ) or RPE (A:  $p = 0.10$  and B:  $p = 0.97$ ) between tests. Compared with the 30-15IFT ( $12.3 \pm 2.5$ ,  $p < 0.01$ ) and 30-15IFT-LINE ( $11.3 \pm 2.6$ ,  $p = 0.07$ ,  $ES = 0.61$ ), [La]b was lower for 30-15IFT-CONT ( $9.6 \pm 3.3$  mmol.L<sup>-1</sup>). Compared with 30-15IFT, maximal running speed was higher for 30-15IFT-LINE ( $103.1 \pm 1.7\%$ ,  $p < 0.001$ ) and lower for 30-15IFT-CONT ( $93.2 \pm 1.4\%$ ,  $p < 0.001$ ), while it was similar for 30-15IFT-28m ( $99.7 \pm 3.6\%$ ,  $p = 0.62$ ). Maximal speeds reached after the four tests were significantly but not perfectly correlated ( $r = 0.74$  to  $0.95$ , all  $p < 0.001$ ). Present results show that differences in the maximal running speed reached following different versions of the 30-15IFT can be used by coaches to isolate and evaluate inter-effort recovery (i.e. 30-15IFT vs. 30-15IFT-CONT) and COD (i.e., 30-15IFT vs. 30-15IFT-LINE) abilities in the field. Additionally, COD ability as evaluated here appears to be independent of shuttle-length.

**Keywords:** High-intensity running, agility, intermittent exercise, field test, HR/speed relationship

## INTRODUCCION

---

Los atletas que practican deportes de equipo deben realizar carreras repetidas de alta intensidad (Ben Abdelkrim et al., 2007; Luig et al., 2008; Mohr et al. 2003; Sheppard et al., 2007), que incluyen cambios frecuentes de dirección (COD) (Brughelli et al., 2008). Para evaluar la aptitud cardiorrespiratoria en este tipo de deportes específicos se ha utilizado recientemente el Test de Aptitud Intermittente 30-15 (30-15<sub>IFT</sub>; una prueba de carrera de ida y vuelta intermitente e incremental; Buchheit, 2008b) (e.g. Buchheit et al. 2009b; 2009c; Mosey 2009), como una práctica alternativa ampliamente utilizada a los test de campo incrementales y continuos (Léger y Boucher 1980; Léger y Lambert, 1982) o intermitentes (Yo-Yo test, Bangsbo et al., 2008). Al igual que estas pruebas "clásicas", el test 30-15<sub>IFT</sub> permite obtener la frecuencia cardíaca máxima (HR) y el consumo de oxígeno máximo (VO<sub>2</sub>) (Buchheit et al., 2009a), sin embargo, también 1) permite evaluar la recuperación entre esfuerzos, la aceleración, desaceleración y COD y 2) puede ser utilizado para prescribir entrenamiento (Buchheit, 2008b). Por ejemplo, mientras que los protocolos de las diferentes versiones del Yo-Yo Test son evidentemente más específicos de los deportes de equipo que los tests de Léger (Bangsbo et al., 2008), el rendimiento final medido (es decir, la distancia total recorrida) no puede ser utilizada directamente para prescripción de entrenamiento. Adicionalmente, en comparación con la velocidad alcanzada al final del test decampo de Léger, se ha demostrado que la velocidad de carrera final alcanzada al final del test 30-15<sub>IFT</sub> (V<sub>IFT</sub>) sería mas precisa para individualizar el ejercicio de carrera de ida y vuelta intermitente en jugadores de deportes de equipo (Buchheit, 2008b). El test 30-15<sub>IFT</sub> también es atractivo porque el 70% de los jugadores evaluados lo percibió como menos "doloroso" en comparación con los test de campo continuos (Buchheit, 2005). Estudios recientes (Buchheit, 2008a; 2008b; 2009a) han confirmado que la V<sub>IFT</sub> puede ser considerada como un "conjunto" de varias cualidades físicas determinantes de los deportes de equipo. Se ha observado que la V<sub>IFT</sub> está bien relacionada con la aceleración (calculada a partir del tiempo de esprint de 10-m), altura de salto, consumo de oxígeno máximo, control autónomico del ejercicio (calculado a partir de mediciones de variabilidad de la frecuencia cardíaca durante el test, Perandini et al., 2009), recuperación de HR (Buchheit, 2008b) y capacidad de realizar esprints repetidos (Buchheit, 2008a), pero provocaría una mayor acidosis sanguínea que los test de campo tradicionales (Buchheit et al., 2009a). No obstante, aunque la evaluación de un "nivel general de aptitud física específica de los deportes de equipo" es de gran interés para supervisar la capacidad de rendimiento físico de un equipo durante la temporada de competencias (Bangsbo et al., 2008; Buchheit, 2008c), a veces también puede ser necesario valorar una cualidad física específica para individualizar las intervenciones de entrenamiento (es decir, sobre la base de las debilidades/fortalezas de cada jugador). Aunque es posible utilizar numerosos tests de campo para evaluar la aptitud cardiorrespiratoria selectivamente, la aceleración, la velocidad, la fuerza (explosiva) de las piernas y/o la capacidad de COD (ver por ejemplo la batería de tests utilizados en Mujika et al., 2009; Rampinini et al., 2007), no se conoce ningún método para aislar y evaluar en el campo la capacidad de recuperación entre los esfuerzos. Es más, mientras que la capacidad de COD generalmente se evalúa mediante una serie de ejercicios breve (Brughelli et al., 2008), su determinación durante ejercicios intermitentes de alta intensidad, no ha sido evaluada todavía. La evaluación de la capacidad de COD durante las carreras

de diferentes intensidades es de gran importancia para los entrenadores, porque probablemente permite determinar el costo energético de correr durante los desplazamientos deporte-específicos (Buchheit et al., 2011).

En ausencia de una medición de campo y/o de una “metodología de referencia” para medir la recuperación entre esfuerzos y la capacidad de COD durante los ejercicios de alta intensidad, nosotros propusimos investigar un test de campo novedoso y simple para valorar estas cualidades utilizando el test 30-15<sub>IFT</sub>.

## MÉTODOS

---

### Sujetos

Cuarenta jugadores de deportes de equipo de nivel regional a nacional (jugadores de basquetbol, hándbol, futsal y fútbol) participaron voluntariamente en el estudio. Debido a inconvenientes de tiempo y disponibilidad de los jugadores, algunos participantes no pudieron realizar la batería de pruebas completa; fueron divididos en dos grupos experimentales distintos. Grupo A con 16 jugadores (14 varones; 22±5 años, 75±1 kg, 1,78±0,02 m, índice de masa corporal 23,4±1,4 kg·m<sup>-2</sup> y 2 mujeres; 20±2 años, 65±2 kg, 1,72±0,05 m, 22,1± 2,1kg·m<sup>-2</sup>); Grupo B, 24 jugadores (20 varones; 24±2 años, 82±9 kg, 1,85±0,06 m, 23,9±1,8 kg·m<sup>-2</sup> y 4 mujeres: 21±1 años, 67±8 kg, 1,74±0,07 m, 22,5±1,6 kg·m<sup>-2</sup>). Todos los jugadores recibieron información sobre los procedimientos y riesgos asociados con la participación en el estudio y dieron su consentimiento informado por escrito antes de realizar los tests. El estudio fue aceptado por el comité de ética local y cumplió con lo establecido en la Declaración de Helsinki.

### Diseño del estudio

Para medir la recuperación entre esfuerzos y la capacidad de realizar COD durante el ejercicio de alta intensidad, comparamos el rendimiento del test original 30-15<sub>IFT</sub> con el obtenido con tres protocolos modificados que contemplaban ningún período de descanso, ningún COD o un mayor número de COD. Los protocolos de los cuatro test diferentes eran similares con la excepción de, ya sea la presencia de períodos de recuperación o la presencia/cantidad de COD; es intuitivo que la diferencia en la velocidad de carrera sería indirectamente indicativa de la recuperación entre esfuerzos y de la capacidad de COD. Para el grupo A, el esquema experimental incluía tres sesiones de evaluación consecutivas (Tabla 1), y todas las pruebas se realizaban con 7 días de diferencia con un orden establecido al azar: 1) el test 30-15<sub>IFT</sub> original (carrera de ida y vuelta de 40-m con una recuperación de 15 segundos), 2) una versión continua (sin período de descanso/recuperación) o test 30-15<sub>IFT-CONT</sub> y 3) una versión en línea recta (sin COD) o test 30-15<sub>IFT-LÍNE</sub>. En el grupo B, el esquema experimental estuvo compuesto por dos sesiones consecutivas de prueba (Tabla 1), y todas las pruebas fueron realizadas con 7 días de diferencia y fueron fijadas al azar: 1) test original 30-15<sub>IFT</sub> y 2) una versión modificada con una longitud de carrera de ida y vuelta más corta (28-m) o test 30-15<sub>IFT-28m</sub>. Todos los jugadores fueron correctamente familiarizados con los procedimientos de evaluación en las semanas previas a las pruebas. Además se les solicitó que no realizaran ejercicio durante las 24 horas previas a las pruebas. En todos los tests se midieron la frecuencia cardíaca (HR), concentración de lactato sanguíneo ([La]b), índice de esfuerzo percibido (RPE, 0-10 en la escala de Borg) y la velocidad máxima de carrera.

**Tabla 1.** Detalles de los tests de campo realizados por los dos grupos experimentales.

Tests		
Grupo A	30-15 <sub>IFT</sub>	Test original (test de carrera de ida y vuelta intermitente e incremental (40-m))
	30-15 <sub>IFT.CONT</sub>	Igual al test 30-15 <sub>IFT</sub> pero sin períodos de descanso, i.e., realizado de manera continua (test de carrera de ida y vuelta continuo e incremental (40-m))
	30-15 <sub>IFT.LINE</sub>	Igual al test 30-15 <sub>IFT</sub> pero sin COD, i.e., realizado en una pista de 400-m (test en línea recta intermitente e incremental)
Grupo B	30-15 <sub>IFT</sub>	Test original (test de carrera de ida y vuelta intermitente e incremental (40-m))
	30-15 <sub>IFT-28m</sub>	Igual al test 30-15 <sub>IFT</sub> pero con mayor cantidad de cambios de dirección (COD), i.e., realizado a través de una carrera de ida y vuelta de menor distancia (Test de carrera de ida y vuelta intermitente e incremental (28-m))

## Procedimientos

### **Test 30-15<sub>IFT</sub> Original.**

El test 30-15<sub>IFT</sub> se realizó tal como se describió previamente (Buchheit, 2008b) en una pista sintética interior donde la temperatura ambiente era de 18 a 22°C. Brevemente, el test 30-15<sub>IFT</sub> consistió en una carrera de ida y vuelta (40-m) en 30 s intercalada con períodos de 15 s de recuperación pasiva. La velocidad de carrera inicial se fijó en 8 km·h<sup>-1</sup> para los primeros 30 s y después de esto se incrementó 0,5 km·h<sup>-1</sup> cada 30 s. El ritmo de carrera fue controlado con una señal auditiva grabada previamente. Se solicitó a los participantes que completaran tantas etapas (30 s) como pudieran, y la prueba finalizaba cuando el jugador ya no podía mantener la velocidad de carrera requerida (es decir cuando los jugadores eran incapaces de alcanzar una zona de 3-m cercana a cada línea marcada en el momento en que el audio sonaba 3 veces consecutivas). Se ha observado que la velocidad en la última etapa completada ( $V_{IFT}$ ) presenta una buena confiabilidad en dos ensayos consecutivos repetidos con 48h de separación (coeficiente de correlación intraclase = 0,96; error típico = 0,33 (límite de confianza 95%, 0,26 - 0,46) km·h<sup>-1</sup>) (Buchheit, 2005).

### **Test 30-15<sub>IFT</sub> Modificado sin COD.**

El test 30-15<sub>IFT.LINE</sub> se realizó al aire libre siguiendo la misma metodología que para el test 30-15<sub>IFT</sub> (incrementos de velocidad, períodos de recuperación), pero sin COD; por lo tanto el esfuerzo de 30-s se realizó en línea recta (con los conos colocados cada 20 m en una pista de 400 m). Para evitar cualquier potencial efecto de confusión por ejemplo de viento excesivo o de cambios en la temperatura, la prueba se realizó sólo en condiciones de tiempo bueno y despejado, i.e. cuando la velocidad del viento variaba entre -2,0 a +2,0 m·s<sup>-1</sup> y la temperatura era de 19 a 24°C.

### **Test 30-15<sub>IFT</sub> Modificado sin períodos de descanso.**

El test 30-15<sub>IFT.CONT</sub> se realizó siguiendo la misma metodología que el test 30-15<sub>IFT</sub> (incrementos de velocidad, longitud de la carrera de ida y vuelta), pero sin períodos de descanso.

### **Test 30-15<sub>IFT</sub> Modificado con mayor número de COD.**

El test 30-15<sub>IFT-28m</sub> se realizó siguiendo la misma metodología que el test 30-15<sub>IFT</sub> (incrementos de velocidad, períodos de recuperación), pero cambiando la longitud de carrera de ida y vuelta a 28m. Se seleccionó esta distancia para inducir un número mayor de COD y es equivalente a la longitud de un campo de básquetbol, lo que facilita la aplicación de los tests 30-15<sub>IFT-28m</sub> en la mayoría de los gimnasios.

### **Estimación de la capacidad de recuperación entre esfuerzos.**

La única diferencia entre los protocolos 30-15<sub>IFT-CONT</sub> y 30-15<sub>IFT</sub> era la presencia o no de un período de recuperación, es intuitivo que cualquier diferencia en el rendimiento de carrera entre los tests sería indirectamente indicativa de la capacidad de recuperación entre esfuerzos. Por lo tanto, la capacidad de recuperación entre esfuerzos individual se estimó a partir de la diferencia entre las  $V_{IFT}$  alcanzadas después de los tests 30-15<sub>IFT</sub> y 30-15<sub>IFT-CONT</sub>, y a mayor diferencia absoluta en  $V_{IFT}$  mayor sería la capacidad de recuperación entre esfuerzos.

### **Estimación de la capacidad de realizar COD.**

La única diferencia entre los protocolos de los tests 30-15<sub>IFT-LINE</sub>, 30-15<sub>IFT-28m</sub> y 30-15<sub>IFT</sub> fue la presencia y/o el número de COD, es intuitivo que la diferencia en el rendimiento de carrera entre las pruebas sería indirectamente indicativa de la capacidad de realizar COD. Dado que no se observó ninguna diferencia sustancial en el rendimiento de carrera entre los tests 30-15<sub>IFT-28m</sub> y 30-15<sub>IFT</sub> (ver los resultados), sólo se utilizaron los datos de 30-15<sub>IFT</sub> para estimar la capacidad de COD. Además, esta comparación no se realizó en el grupo B porque los participantes de este grupo (quienes realizaron el test 30-15<sub>IFT-28m</sub>) no realizaron el test 30-15<sub>IFT-LINE</sub>. Por lo tanto la capacidad de COD individual se estimó en el Grupo A por medio de la diferencia entre la  $V_{IFT}$  alcanzada después de los tests 30-15<sub>IFT</sub> y 30-15<sub>IFT-LINE</sub>, y una menor diferencia absoluta en  $V_{IFT}$  indicaba una mayor capacidad de realizar COD.

## **MEDICIONES**

### **Determinación de la frecuencia cardíaca (HR).**

Mediante un sistema *Polar Team (Electro Polar, Kempele, Finlandia)* se registró la HR promedio cada 5 segundos. Se calculó la HR promedio a 60, 70, 80, 90 y 100% de la última  $V_{IFT}$  alcanzada en cada protocolo. La mayor HR determinada al final del ejercicio se consideró como  $HR_{m\acute{a}x}$ . ( $lat \cdot min^{-1}$ ). Finalmente, se calculó la relación HR/velocidad de carrera (Boudet et al., 2004) para cada protocolo utilizando la porción lineal (individual) de la relación (i.e. entre 60 a 80% de  $V_{IFT}$ ), y se usó como marcador indirecto del gasto energético de la carrera durante cada test.

### **Concentración de lactato sanguíneo.**

Tres minutos después de cada test, se obtuvieron muestras de sangre capilar de la yema de los dedos (5  $\mu$ L) para determinar la concentración de lactato con un analizador de lactato *Lactate Pro (Arkay Inc, Kyoto, Japón)* (Pyne et al., 2000). La exactitud del analizador se verificó antes de cada sesión de evaluación con los estándares proporcionados por el equipo.

### **Análisis estadístico**

Debido a que las mujeres que participaron en el estudio tenían valores de  $V_{IFT}$  similares a los de los varones y, debido a que todos los análisis se basaron en los cambios dentro de los sujetos, los datos de las mujeres y los varones fueron agrupados. Los datos se presentan en forma de media y desviación estándar ( $\pm$  SD). La distribución de cada variable se comprobó con el test de normalidad de Shapiro-Wilk y la homogeneidad de la varianza se analizó mediante el test de Levene. Para poder implementar comparaciones estadísticas paramétricas que asumen una distribución normal de los datos, los datos que no cumplían los supuestos fueron transformados aplicando la función logaritmo natural (sin embargo, para mayor claridad, todos los datos se presentan en sus valores originales). Para cada grupo por separado, los datos de  $V_{IFT}$ ,  $HR_{m\acute{a}x}$ ,  $La_{1b}$  y RPE fueron analizados mediante un ANOVA de mediciones repetidas de una vía. Los datos de HR durante el ejercicio se analizaron mediante un ANOVA de medidas repetidas de dos vías, utilizando "intensidad" y "test" como factores. En los casos en que se observó una interacción significativa se aplicó el test *post hoc* de Bonferroni. También se calculó el coeficiente de correlación (i.e.  $r$  de Pearson) con límite de confianza 90% (CL) para examinar las relaciones entre las  $V_{IFT}$  alcanzadas después de cada prueba. Además de la significancia estadística, se adoptó el siguiente criterio para interpretar la magnitud de la correlación ( $r$ ):  $\leq 0,1$ , trivial;  $>0,1-0,3$ , pequeño;  $>0,3-0,5$ , moderado;  $>0,5-0,7$ , grande;  $>0,7-0,9$ , muy grande y  $>0,9-1,0$ , casi perfecta. Si en los límites de confianza 90% se solapaban los valores positivos y negativos (es decir incluían el cero), la magnitud se consideraba incierta (Hopkins et al., 2009). Los análisis estadísticos fueron realizados con el software de SigmaStat (*SigmaStat 3,11, Systat software Inc., San José, CA, EE.UU.*). El nivel de significancia se fijó en  $p < 0,05$ . También se calcularon las diferencias estandarizadas entre protocolos (es decir tamaño del efecto o  $d$  de Cohen) (Cohen, 1988) en los casos en que se observó una tendencia hacia la significancia ( $p < 0,10$ ). La magnitud de la diferencia fue considerada trivial ( $d$  de Cohen  $\leq 0,2$ ), pequeña ( $>0,2-0,5$ ), moderada ( $>0,5-0,8$ ) o grande ( $>0,8$ ). Los valores normativos utilizados para determinar cuantitativamente la recuperación entre esfuerzos y la capacidad de COD también fueron calculados utilizando el principio de  $d$  de Cohen. La desviación estándar entre sujetos de las diferencias en  $V_{IFT}$  entre dos pruebas (por ejemplo el test 30-15<sub>IFT-LINE</sub> contra. 30-15<sub>IFT</sub>) se multiplicó por 0,2, 0,5 y 0,8 para

derivar los valores considerados ligeramente (pequeño), moderadamente o principalmente mejores o peores que el valor promedio (Hopkins et al., 2009) para la muestra de jugadores analizada.

## RESULTADOS

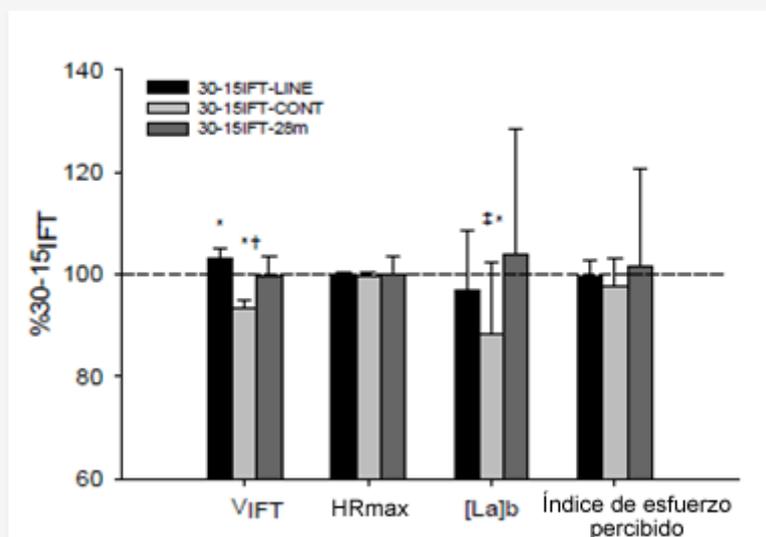
En el grupo A se pudo realizar todas las mediciones. En el grupo B, debido a problemas técnicos y a la pobre calidad de la señal de HR, la  $HR_{\max}$  solo pudo ser obtenida en 20 jugadores (83%) y la relación HR/ velocidad de carrera sólo pudo ser evaluada en 17 participantes (71%). La  $[La]_b$  también se obtuvo sólo en 19 participantes (79%). Los datos de  $V_{IFT}$ ,  $HR_{\max}$ ,  $[La]_b$  y RPE obtenidos con cada protocolo se presentan en la Tabla 2, mientras que la  $V_{IFT}$  alcanzada en cada protocolo, expresada como porcentaje de la velocidad alcanzada con el test original 30-15<sub>IFT</sub> se presenta en la Figura 1.

**Tabla 2.** Diferentes respuestas fisiológicas y velocidades de carrera máximas alcanzadas al final de cada uno de los diferentes protocolos 30-15<sub>IFT</sub>.  $V_{IFT}$  = Velocidad de carrera máxima,  $HR_{\max}$  = Frecuencia cardíaca máxima,  $[La]_b$  = Concentración de lactato sanguíneo, RPE = Índice de esfuerzo percibido, 30-15<sub>IFT</sub> = Test 30-15<sub>IFT</sub>; 30-15<sub>IFT-CONT</sub> = Versión modificada del test 30-15<sub>IFT</sub> sin período de descanso, 30-15<sub>IFT-LINE</sub> = Versión modificada del test 30-15<sub>IFT</sub> sin cambio de dirección, 30-15<sub>IFT-28m</sub> = Versión modificada del tests 30-15<sub>IFT</sub> con carrera de ida y vuelta de 28-m. \*diferencias contra. 30-15<sub>IFT</sub> ( $p < 0,05$ ); †diferencia contra 30-15<sub>IFT-LINE</sub> ( $p < 0,05$ ), ‡diferencia contra 30-15<sub>IFT-LINE</sub> con tamaño de efecto considerado como moderado ( $> 0,5$ ); §diferencia contra 30-15<sub>IFT-LINE</sub> con tamaño de efecto considerado como pequeño ( $0,2 < ES < 0,5$ ).

	Grupo A			Grupo B	
	30-15 <sub>IFT</sub>	30-15 <sub>IFT-LINE</sub>	30-15 <sub>IFT-CONT</sub>	30-15 <sub>IFT</sub>	30-15 <sub>IFT-28m</sub>
$V_{IFT}$ (kmh <sup>-1</sup> )	19,7 (1,2)	21,7 (1,9) *	16,1 (1,0) *†	18,8 (2,1)	18,7 (1,8)
$HR_{\max}$ (lat min <sup>-1</sup> )	197 (10)	197 (7)	194 (8)	198 (9)	199 (9)
HR/velocidad	3,9 (.8)	3,4 (.6)	5,8 (1,1) *†	4,2 (1,0)	3,9 (.8) §
$[La]_b$ (mmol-L <sup>-1</sup> )	12,3 (2,5)	11,3 (2,6)	9,6 (3,2) *‡	11,3 (2,1)	11,5 (2,8)
RPE	9 (1)	9 (1)	8 (1)	8 (1)	8 (1)

### Velocidad de carrera máxima

En el Grupo A, en comparación con el test original 30-15<sub>IFT</sub>, la  $V_{IFT}$  (km·h<sup>-1</sup>) fue mayor en el test 30-15<sub>IFT-LINE</sub> ( $p < 0,001$ ) y menor en el test 30-15<sub>IFT-CONT</sub> ( $p < 0,001$ ). En el grupo B, no se observó ninguna diferencia en  $V_{IFT}$  entre 30-15<sub>IFT</sub> y 30-15<sub>IFT-28m</sub> ( $p = 0,62$ ) (Tabla 2 y Figura 1). En el grupo A se observó una correlación muy grande y significativa entre la  $V_{IFT}$  alcanzada durante el test 30-15<sub>IFT</sub> y la alcanzada en el test 30-15<sub>IFT-LINE</sub> ( $r = 0,82$  (límite de confianza 90% (CL) 0,62; 0,93),  $p < 0,001$ ). De manera similar se observó una correlación muy grande y significativa entre la  $V_{IFT}$  alcanzada con el test 30-15<sub>IFT</sub> y la alcanzada con el test 30-15<sub>IFT-CONT</sub> ( $r = 0,74$  (0,47; 0,89),  $p < 0,001$ ). En el grupo B, la correlación entre las velocidades máximas alcanzadas durante el test 30-15<sub>IFT</sub> y el test 30-15<sub>IFT-28m</sub> fue casi perfecta ( $r = 0,95$  (0,91; 0,98),  $p < 0,001$ ) (Figura 2).

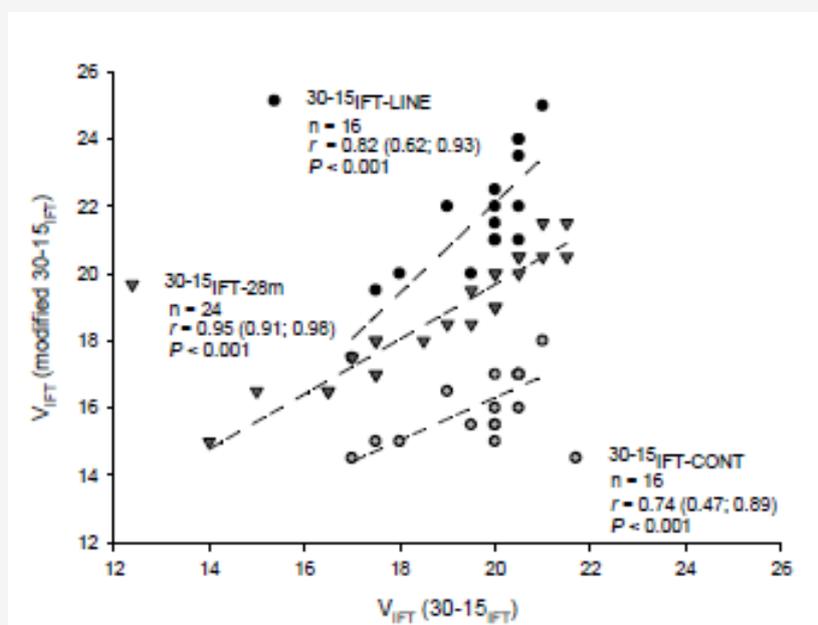


**Figura 1.** Velocidad de carrera Máxima ( $V_{IFT}$ ), frecuencia cardíaca máxima ( $HR_{m\acute{a}x}$ ), concentración de lactato sanguíneo ( $[La]b$ ) e índice de esfuerzo percibido (RPE) alcanzados con cada protocolo, expresados como porcentaje de los valores alcanzados al final del test 30-15 $_{IFT}$  original.

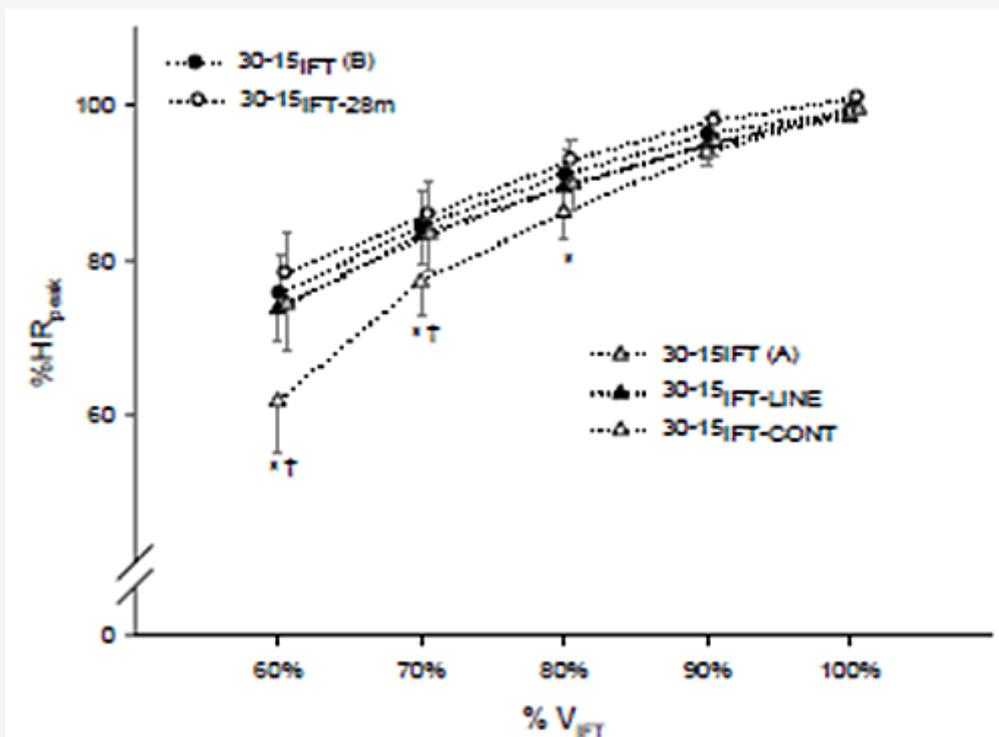
\* $p < 0,05$  contra 30-15 $_{IFT}$ , † $p < 0,05$  contra 30-15 $_{IFT-LINE}$ , ‡diferencia contra 30-15 $_{IFT-LINE}$  con tamaño de efecto moderado ( $> 0,5$ ).

### HR máxima y relación HR/velocidad de carrera

Tal como se puede observar en la Tabla 2 y en la Figura 1, no se observaron diferencias en la  $HR_{m\acute{a}x}$  entre los tres tests 30-15 $_{IFT}$ , ni en el grupo A (ANOVA efecto principal  $p = 0,07$ ) ni en el grupo B ( $p = 0,94$ ). Se observó un efecto significativo de los factores "test" ( $p < 0,001$ ) e "intensidad" ( $p < 0,001$ ) en la HR a 60, 70, 80, 90 y 100% de la última  $V_{IFT}$  de cada protocolo, y también se observó una interacción "intensidad x test" ( $p < 0,001$ ).



**Figura 2.** Relación entre la velocidad máxima ( $V_{IFT}$ ) alcanzada al final del test tradicional 30-15 $_{IFT}$  y las velocidades obtenidas con las versiones modificadas del test 30-15 $_{IFT}$  (es decir, 30-15 $_{IFT-CONT}$ : sin período de descanso [círculos grises], 30-15 $_{IFT-LINE}$ : sin cambios de dirección [círculos negros], 30-15 $_{IFT-28m}$ : con carrera de ida y vuelta de 28 m [triángulos grises oscuros]).



**Figura 3.** Evolución de la frecuencia cardíaca (HR, expresada en forma de porcentaje de frecuencia cardíaca máxima ( $HR_{máx}$ ) alcanzada durante el test original 30-15<sub>IFT</sub>) en los Grupos A y B en función de la intensidad de ejercicio relativa durante los cuatro protocolos (30-15<sub>IFT</sub>= Test original 30-15<sub>IFT</sub>, 30-15<sub>IFT-CONT</sub>= Versión modificada del test 30-15<sub>IFT</sub> sin períodos de descanso, 30-15<sub>IFT-LINE</sub>= Versión modificada del test 30-15<sub>IFT</sub> sin cambios de dirección, 30-15<sub>IFT-28m</sub>= Versión modificada del test 30-15<sub>IFT</sub> con carrera de ida y vuelta de 28 m.  
\*p < 0,05 contra 30-15<sub>IFT</sub> (A), †p < 0,05 contra 30-15<sub>IFT-LINE</sub>

En el grupo A, la HR aumentó significativamente durante el ejercicio con 60 < 70 < 80 < 90 = 100% durante los tests 30-15<sub>IFT</sub>, 30-15<sub>IFT-LINE</sub> y 30-15<sub>IFT-CONT</sub>. En el grupo B, la HR aumentó de manera similar durante los tests 30-15<sub>IFT</sub> y 30-15<sub>IFT-28m</sub> (60 < 70 < 80 < 90 < 100%, p < 0,05) (Figura 3). Cuando se comparó con la HR obtenida durante el test 30-15<sub>IFT-CONT</sub>, la HR fue menor en 60, 70 y 80% en el test 30-15<sub>IFT</sub> (p < 0,05) y en 60 y 70% en el test 30-15<sub>IFT-LINE</sub> (p < 0,05).

La relación HR/velocidad fue mas alta en el test 30-15<sub>IFT-CONT</sub> en comparación con el test 30-15<sub>IFT</sub> (p < 0,001) y 30-15<sub>IFT-LINE</sub> (p < 0,001). Se observó una tendencia hacia una relación HR/velocidad de carrera más alta en el test 30-15<sub>IFT</sub> en comparación con el test 30-15<sub>IFT-28m</sub> (p = 0,05, d de Cohen = 0,39)

### Concentración del lactato sanguíneo ([La]b).

La [La]b fue menor durante el test 30-15<sub>IFT-CONT</sub> que durante el test 30-15<sub>IFT</sub> (p < 0,01) y presentó una tendencia a ser más baja en comparación con el test 30-15<sub>IFT-LINE</sub> (p = 0,07, d de Cohen = 0,61). No se observaron diferencias en la [La]b entre el test 30-15<sub>IFT</sub> y el test 30-15<sub>IFT-28m</sub> (p = 0,88) (Tabla 2).

### Índice de esfuerzo percibido (RPE).

En el grupo A no se observaron diferencias en el RPE entre ninguna de las condiciones de evaluación (ANOVA efecto principal, p = 0,10). De manera similar, no se observaron diferencias significativas en el RPE entre los tests 30-15<sub>IFT</sub> y 30-15<sub>IFT-28m</sub> en el grupo B (p = 0,97) (Tabla 2).

### Recuperación entre esfuerzos y capacidad de COD

La diferencia media absoluta de V<sub>IFT</sub> entre 30-15<sub>IFT</sub> y 30-15<sub>IFT-CONT</sub> fue 3,6 ± 0,8 km·h<sup>-1</sup> y los valores para la capacidad de recuperación entre esfuerzo levemente, moderadamente y marcadamente mejores/peores comparados con la media fueron ± 0,2, ± 0,4 y ± 0,6 km·h<sup>-1</sup>. Con respecto a la capacidad de COD, la diferencia media absoluta de V<sub>IFT</sub> entre los tests 30-15<sub>IFT</sub> y 30-15<sub>IFT-LINE</sub> fue 2,0 ± 1,2 km·h<sup>-1</sup>.

Los valores para la capacidad de realizar COD ligeramente, moderadamente y marcadamente mejores/peores comparados con la media fueron  $\pm 0,2$ ,  $\pm 0,6$  y  $\pm 0,9$   $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ . Para aumentar la generalización de estos resultados (por ejemplo a jugadores que registran valores absolutamente diferentes de  $V_{IFT}$ ) y hacer más entendible la valoración de la recuperación entre los esfuerzos y de la capacidad de realizar COD, diseñamos una escala visual (Figura 4; con todo los valores expresados en forma de porcentaje de la  $V_{IFT}$ ).



**Figura 4.** Escala para evaluar la recuperación entre esfuerzos (izquierda) y la capacidad de realizar cambios de dirección (derecha) durante las carreras intermitentes de alta intensidad, obtenida a partir de las diferencias de velocidad de carrera máxima ( $V_{IFT}$ ) entre los diferentes tests.  $30-15_{IFT}$ = Test 30-15 $_{IFT}$  original;  $30-15_{IFT.CONT}$ =Versión modificada del test 30-15 $_{IFT}$  sin período de descanso,  $30-15_{IFT.LINE}$ = Versión modificada del test 30-15 $_{IFT}$  sin cambio de dirección. Ver la sección metodología para obtener información sobre el cálculo de los umbrales.

## DISCUSIÓN

En un esfuerzo por proponer una valoración novedosa, simple y factible de llevar a cabo en el campo, de la recuperación entre esfuerzos y de la capacidad de COD durante ejercicios de carrera de alta intensidad, comparamos el rendimiento y diferentes respuestas fisiológicas obtenidas con el test 30-15 $_{IFT}$  original con las obtenidas con tres protocolos modificados de este test que contemplaban la ausencia de un período de descanso, ningún COD o una mayor cantidad de COD. Los resultados principales del estudio presente fueron los siguientes: 1) la diferencia absoluta media en  $V_{IFT}$  entre los tests 30-15 $_{IFT}$  y 30-15 $_{IFT.CONT}$  fue  $3,6 \pm 0,8$   $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ ; entre los tests 30-15 $_{IFT}$  y 30-15 $_{IFT.LINE}$  fue  $2,0 \pm 1,2$   $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$  y entre los tests 30-15 $_{IFT}$  y 30-15 $_{IFT.28m}$  fue  $0,1 \pm 0,6$   $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ , y 2) aunque se observó una correlación casi perfecta entre las velocidades máximas alcanzadas durante el test 30-15 $_{IFT}$  y el test 30-15 $_{IFT.28m}$  ( $r=0,95$ ), las relaciones para el test 30-15 $_{IFT}$  contra el test 30-15 $_{IFT.CONT}$  ( $r=0,74$ ) y entre 30-15 $_{IFT}$  y 30-15 $_{IFT.LINE}$  ( $r=0,82$ ) sólo fueron elevadas.

### Naturaleza máxima del test y diseño del estudio

El análisis de la recuperación entre esfuerzos y de la capacidad de realizar COD durante ejercicios de alta intensidad sólo puede ser preciso si se realiza a través de pruebas que se realicen hasta el agotamiento. Los datos presentes demuestran que todos los tests pueden ser considerados máximos, porque se alcanzaron valores similares de HR $_{máx}$ , concentraciones de lactato sanguíneo (por encima de  $\geq 9$   $\text{mmol}\cdot\text{L}_i$ ) y de RPE ( $\geq 8$ ). Sin embargo, una de las limitaciones de este estudio fue que todos los tests no fueron realizados por la misma cohorte, pero debido a que no encontramos ninguna diferencia significativa entre los tests realizados con 28 o 40 m (Grupo B), finalmente todos los cálculos para evaluar la recuperación entre esfuerzos y la capacidad de COD fueron realizados en los mismos jugadores (Grupo A).

### Valoración de la capacidad de recuperación entre esfuerzos durante los ejercicios de alta intensidad.

En ausencia de una metodología para medir a campo la capacidad de recuperación entre esfuerzos de ejercicios de alta intensidad, nosotros nos propusimos analizar la diferencia de rendimiento entre el test 30-15 $_{IFT}$  y el test 30-30-15 $_{IFT.CONT}$ . Como era esperable, la remoción del período de recuperación provocó un rendimiento mas pobre (es decir una  $V_{IFT}$  más

lenta, con una diferencia media de  $3,6 \pm 0,8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ). La recuperación de las reservas parciales de fosfocreatina (PCr) es posible durante cada período de recuperación de 15-s durante el test 30-15<sub>IFT</sub> (Glaister, 2005), pero esto no se produciría durante el test continuo (30-15<sub>IFT-CONT</sub>). Como era de esperar, en comparación con el test original 30-15<sub>IFT</sub>, la demanda energética aumentó más rápidamente durante el test 30-15<sub>IFT-CONT</sub> (esto se pudo evidenciar por la mayor pendiente de la relación HR/velocidad de carrera, Figura 3), lo que probablemente provocó la aparición temprana de fatiga y la interrupción del ejercicio. La menor velocidad alcanzada durante el test 30-15<sub>IFT-CONT</sub> probablemente también fue la responsable de los menores valores de lactato sanguíneo máximos. La recolección de datos de RPE al final de cada fase durante el test 30-15<sub>IFT</sub> y en los momentos equivalentes durante el test 30-15<sub>IFT-CONT</sub> también podría haber ayudado a comprender más detalladamente la causa de la interrupción del ejercicio prematura durante el test 30-15<sub>IFT-CONT</sub> (Tucker, 2009). Sin embargo, es importante destacar que 30-15<sub>IFT-CONT</sub> explica sólo el 54% de la varianza de 30-15<sub>IFT</sub> (Figura 2), lo que sugiere que las diferencias individuales en la capacidad de recuperación podrían explicar parcialmente la diferencia en la  $V_{IFT}$  observada en jugadores que presentaron un rendimiento similar en el test 30-15<sub>IFT-CONT</sub>. La importante SD de las diferencias medias entre las velocidades de carrera del test 30-15<sub>IFT</sub> contra el test 30-15<sub>IFT-CONT</sub> (es decir  $0,8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ) también confirma esta variabilidad inter individual en la respuesta a los períodos de recuperación.

Basados en esta línea de pensamiento, en los jugadores de deportes de equipo moderadamente entrenados (al menos los que poseen características similares a las de los participantes de este estudio), una diferencia absoluta mayor que  $4 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  (>20%) entre 30-15<sub>IFT</sub> y 30-15<sub>IFT-CONT</sub> podría ser indicativa de una "buena" capacidad de recuperación (i.e. como mínimo "grande", en función del valor d de Cohen) entre esfuerzos; recíprocamente, una diferencia menor a  $3 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  entre 30-15<sub>IFT</sub> y 30-15<sub>IFT-CONT</sub> (<15%) podría reflejar una "pobre" capacidad de recuperación (Figura 4). Por ejemplo, en el estudio presente, tres jugadores (20%) con capacidad de recuperación entre esfuerzos probablemente "buena", presentaron una diferencia en la velocidad de carrera de  $4,5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ , mientras que otros tres con capacidad de recuperación entre esfuerzos probablemente "pobre" presentaron una diferencia de  $2,5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ . Estudios futuros que investiguen las variables fisiológicas tales como los ajustes neuromusculares (es decir los cambios en la capacidad de generar fuerza voluntaria máxima o sostenida) (Perrey et al., 2010), los cambios en el contenido muscular de ATP/PCr, en la capacidad buffer muscular (Glaister, 2008) y/o en los niveles de oxigenación muscular (Dupont et al., 2004) durante los tests 30-15<sub>IFT</sub> y 30-15<sub>IFT-CONT</sub> podrían ayudar a mejorar nuestra comprensión sobre los determinantes de la capacidad de recuperación entre esfuerzos durante los ejercicios intermitentes de alta intensidad.

### **Valoración de la capacidad de realizar cambios de dirección durante los ejercicios de alta intensidad**

Aunque la capacidad de COD generalmente se evalúa con series de ejercicio únicas y breves (Brughelli et al., 2008), hasta el momento no se ha realizado su evaluación durante ejercicios intermitentes de alta intensidad. Es importante destacar que actualmente no hay ninguna "prueba de referencia" para evaluar COD (Brughelli et al., 2008). Para sugerir una manera simple de evaluar la capacidad de COD durante el ejercicio de alta intensidad, nosotros investigamos el efecto sobre la  $V_{IFT}$  de quitar (30-15<sub>IFT-LINE</sub>) o aumentar el número de COD (30-15<sub>IFT-28m</sub>). Tal como esperábamos, y en concordancia con los resultados previos obtenidos con pruebas continuas incrementales (Ahmaidi et al., 1992; Buchheit et al., 2011), se alcanzó una velocidad final más rápida sin COD (probada por la diferencia absoluta de  $2,0 \pm 1,2 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  entre la  $V_{IFT}$  alcanzada durante el test 30-15<sub>IFT</sub> y el test 30-15<sub>IFT-LINE</sub>).

A pesar la ausencia de cambios significativos en la relación de HR/velocidad (Tabla 2 y Figura 3), es posible que las fases de desaceleración, de COD y de aceleración durante el test original 30-15<sub>IFT</sub> fueran las responsables de una mayor demanda energética en comparación con el test 30-15<sub>IFT-LINE</sub> (Osgnach et al., 2010), lo que a su vez, podría haber producido la interrupción temprana del ejercicio (Buchheit et al., 2011). En comparación con el test 30-15<sub>IFT-LINE</sub>, la disminución en la  $V_{IFT}$  durante el test 30-15<sub>IFT</sub> podría estar también relacionada con factores no metabólicos tales como la alteración de la estructura muscular (debido al inherente trabajo excéntrico en la fase de desaceleración) o a factores psicológicos (Tucker, 2009). El rendimiento durante el test 30-15<sub>IFT-LINE</sub> explicó sólo el 67% de la variación alcanzada durante el test 30-15<sub>IFT</sub> (Figura 2) algo que sugiere la existencia de diferencias entre los individuos en la capacidad de realizar COD. La importante desviación estándar (SD) para la diferencia media entre las velocidades de carrera durante el tests 30-15<sub>IFT</sub> contra el test 30-15<sub>IFT-LINE</sub> (es decir  $1,2 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ) confirma esta variabilidad inter individual en la respuesta a COD.

Notablemente, la creciente capacidad de COD (30-15<sub>IFT-28m</sub>) no afectó ni a la  $V_{IFT}$  ni a la relación HR/velocidad (Tabla 2 y Figura 3), y ambos valores de  $V_{IFT}$  se correlacionaron casi perfectamente (Figura 2, con 90% de varianza compartida). El hecho que jugadores que tuvieron un buen rendimiento en la carrera de ida y vuelta de 40 m también tuvieran un buen rendimiento en las carreras de 28-m, demuestra que la capacidad de realizar COD puede ser independiente de la longitud de la carrera de ida y vuelta. Es necesario analizar si la capacidad de realizar COD puede ser considerada como una cualidad general (Clarke y Clarke, 1970) usando otros ángulos de COD y/o longitudes de carreras de ida y vuelta. Sin embargo, podemos sugerir que jugadores que presentan una diferencia absoluta mayor que  $3 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  (>15%) entre 30-15<sub>IFT</sub> y 30-15<sub>IFT-LINE</sub> podrían presentar una capacidad de realizar COD "pobre" (i.e. principalmente peor que el promedio),

recíprocamente, una diferencia absoluta menor que  $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  (<6%) entre  $30\text{-}15_{\text{IFT}}$  y  $30\text{-}15_{\text{IFT-LÍNE}}$  podría ser indicativa de una "buena" capacidad de COD (Figura 4). Por ejemplo, en el estudio presente, tres jugadores con capacidad de realizar COD probablemente "buena" (20%) presentaron una diferencia en la velocidad de carrera de  $0,5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ , mientras que otro con capacidad de realizar COD "pobre" presentó una diferencia de  $4 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ .

Finalmente, es importante destacar que la concentración de lactato sanguíneo no fue afectada por la presencia o la cantidad de COD (los valores de lactato sanguíneo fueron similares en los tres tests considerados aquí). Aunque esto contrasta con lo observado en estudios anteriores que informaron valores de lactato sanguíneo más altos después de carreras de ida y vuelta en comparación con carreras en línea recta (Ahmaidi et al., 1992; Dellal et al., 2010), es posible que en comparación con el test  $30\text{-}15_{\text{IFT-LÍNE}}$ , la menor velocidad de carrera durante el test  $30\text{-}15_{\text{IFT}}$  haya compensado la probablemente mayor participación del sistema anaeróbico que generalmente ocurre al correr con COD, produciendo a su vez, valores similares de lactato sanguíneo. De manera similar, es posible que la falta de diferencia en las concentraciones de lactato sanguíneo entre  $30\text{-}15_{\text{IFT}}$  y  $30\text{-}15_{\text{IFT-28m}}$  esté relacionada con la velocidad de carrera similar alcanzada al final de ambos tests (Tabla 2). Nuevamente, estudios futuros que analicen el RPE y/o la respuesta de lactato sanguíneo al final de cada fase nos podrían aportar una nueva visión sobre los mecanismos que regulan la interrupción prematura del ejercicio durante los tests de COD.

## CONCLUSION

---

Para concluir, nuestros resultados obtenidos con jugadores de deportes de equipo moderadamente entrenados demuestran que la recuperación entre esfuerzos y la capacidad de realizar COD durante una carrera de ida y vuelta intermitente de alta intensidad presentan una elevada variabilidad inter individual (tal como se puede inferir a partir de las SD de las diferencias medias entre los rendimientos de carrera en los diferentes tests y la dispersión de las correlaciones entre los resultados de los tests), y por consiguiente podría explicar las diferencias en la capacidad de resistencia intermitente de alta intensidad entre atletas con niveles similares de aptitud cardiorrespiratoria. La comparación de la velocidad de carrera máxima alcanzada durante el test original  $30\text{-}15_{\text{IFT}}$  con las velocidades alcanzadas durante dos protocolos modificados ( $30\text{-}15_{\text{IFT-CONT}}$  y  $30\text{-}15_{\text{IFT-LÍNE}}$ ) puede permitir una valoración sencilla a campo de la recuperación entre esfuerzos y de la capacidad de realizar COD durante una carrera de ida y vuelta de alta intensidad. Estos datos pueden ser usados por los entrenadores para completar el perfil físico de un jugador que podría resaltar la potencial necesidad de realizar intervenciones de entrenamiento orientadas a la recuperación entre esfuerzos o a la capacidad de realizar COD. Es necesario realizar estudios adicionales en poblaciones que difieran en la recuperación entre esfuerzos y en la capacidad de realizar COD (i.e en función de la edad y/o del estado de entrenamiento) para evaluar la sensibilidad del presente método.

## AGRADECIMIENTOS

---

Los autores desean agradecer a los atletas por haber participado con mucho entusiasmo en el estudio

## REFERENCIAS

---

1. Ahmaidi, S., Collomp, K. and Prefaut, C. (1992). The effect of shuttle test protocol and the resulting lactacidaemia on maximal velocity and maximal oxygen uptake during the shuttle exercise test. *European Journal of Applied Physiology*, 65, 475-479.
2. Bangsbo, J., Iaia, F.M. and Krstrup, P. (2008). The Yo-Yo intermittent recovery test: a useful tool for evaluation of physical performance in intermittent sports. *Sports Medicine* 38, 37-51.
3. Ben Abdelkrim, N., El Fazaa, S. and El Ati, J. (2007). Time-motion analysis and physiological data of elite under-19-year-old basketball players during competition. *British Journal of Sports Medicine* 41, 69-75.
4. Boudet, G., Albuissou, E., Bedu, M. and Chamoux, A. (2004). Heart rate running speed relationships-during exhaustive bouts in the laboratory. *Canadian Journal of Applied Physiology* 29, 731-742.
5. Brughelli, M., Cronin, J., Levin, G. and Chaouachi, A. (2008). Understanding change of direction ability in sport: a review of resistance training studies. *Sports Medicine* 38, 1045-1063.
6. Buchheit, M. (2005). [The 30-15 Intermittent Fitness Test: a new intermittent running field test for intermittent sport players - Part 1]. *Approches du Handball* 87, 27-34.

7. Buchheit, M. (2008a). 30-15 Intermittent Fitness Test and repeated sprint ability. *Science & Sports* 23, 26-28.
8. Buchheit, M. (2008b). The 30-15 Intermittent Fitness Test: accuracy for individualizing interval training of young intermittent sport players. *Journal of Strength and Conditioning Research* 22, 365-374.
9. Buchheit, M. (2008c). Field tests to monitor athletic performance throughout a team-sport season. *Science & Sports* 23, 29-31.
10. Buchheit, M., Al Haddad, H., Leprêtre, P.M., Millet, G., Newton, M. and Ahmaidi, S. (2009). Cardiorespiratory and cardiac autonomic responses to 30-15 Intermittent fitness test. *Journal of Strength and Conditioning Research* 23, 93-100.
11. Buchheit, M., Haydar, B., Hader, K., Ufland, P. and Ahmaidi, S. (2011). Assessing running economy during field running with changes of direction: application to 20-m shuttle-runs. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. In Press.
12. Buchheit, M. Laursen, P.B. Kuhnle, J. Ruch, D. Renaud, C. and Ah-maidi, S. (2009). Game-based training in young elite handball players. *International Journal of Sport Medicine* 30:251-258.
13. Buchheit, M., Laursen, P.B., Millet, G.P., Pactat, F. and Ahmaidi, S. (2007). Predicting Intermittent Running Performance: Critical Velocity vs. *Endurance Index*. *International Journal of Sport Medicine* 29, 307-315.
14. Buchheit, M., Lepretre, P.M., Behaegel, AL., Millet, G.P., Cuvelier, G. and Ahmaidi, S. (2009). Cardiorespiratory responses during running and sport-specific exercises in handball players. *Journal of Science in Medicine and Sport* 12, 399-405.
15. Clarke, D. and Clarke, H. (1970). Research processes in physical education, recreation and health. *Engelwood Cliffs, N.J., Prentice-Hall*.
16. Cohen, J. (1988). Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences. *Hillsdale, Lawrence Erlbaum*.
17. Dellal, A., Keller, D., Carling, C., Chaouachi, A., Wong, D.P. and Chamari, K. (2010). Physiologic effects of directional changes in intermittent exercise in soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research* 24, 3219-3226.
18. Dupont, G., Moalla, W., Guinhouya, C., Ahmaidi, S. and Berthoin, S. (2004). Passive vs. active recovery during high-intensity intermittent exercises. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 36, 302-308.
19. Glaister, M. (2005). Multiple sprint work: physiological responses, mechanisms of fatigue and the influence of aerobic fitness. *Sports Medicine* 35, 757-777.
20. Glaister, M. (2008). Multiple-sprint work: methodological, physiological, and experimental issues. *International Journal of Sports Physiology and Performance* 3, 107-112.
21. Hopkins, W.G., Marshall, S.W., Batterham, A.M. and Hanin, J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 41, 3-13.
22. Léger, LA. and Boucher, R. (1980). An indirect continuous running multistage field test: the Université de Montreal track test. *Canadian Journal of Applied Sport Sciences* 5, 77-84.
23. Léger, LA. and Lambert J. (1982). A maximal multistage 20-m shuttle run test to predict VO<sub>2</sub> max. *European Journal of Applied and Occupational Physiology* 49, 1-12.
24. Luig, P., Machado Lopez, C., Pers, J., Perse, M., Kristan, M., Schander, I., Zimmermann, M., Henke, T. and Platen, P. (2008). Motion characteristics according to playing position in international men's team handball. In: *Abstract Book of 13th Annual Congress of the European College of Sport Science, 9-12 July, Estoril, Portugal*. 241
25. Midgley, A.W., McNaughton, L.R. and Carroll, S. (2007). Physiological determinants of time to exhaustion during intermittent treadmill running at VO<sub>2</sub>max. *International Journal of Sport Medicine* 28, 273-280.
26. Mohr, M., Krusturup, P. and Bangsbo, J. (2003). Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *Journal of Sports Sciences* 21, 519-528.
27. Mosey, T. (2009). High intensity interval training in youth soccer players - using fitness testing results practically. *Journal of Australian Strength and Conditioning* 17, 49-51.
28. Mujika, I., Santisteban, J., Impellizzeri, F.M. and Castagna, C. (2009). Fitness determinants of success in men's and women's football. *Journal of Sports Sciences* 27, 107-114.
29. Osgnach, C., Poser, S., Bernardini, R., Rinaldo, R. and 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, 170-178.
30. Perandini, L.A.B., Chimin, N., Okuno, J., Lima, J.R.P., Buchheit, M. and Nakamura, F. (2009). Parasympathetic withdrawal during 30-15 intermittent fitness test correlates with its' maximal running speed in male handball players. *Journal of Exercise Physi-ology-online* 12, 29-39.
31. Perrey, S., Racinais, S., Saimouaa, K. and Girard, O. (2010). Neural and muscular adjustments following repeated running sprints. *European Journal of Applied Physiology* 109, 1027-1036.
32. Pyne, D.B., Boston, T., Martin, D.T. and Logan, A. (2000). Evaluation of the Lactate Pro blood lactate analyser. *European Journal of Applied Physiology* 82, 112-116.
33. Rampinini, E., Bishop, D., Marcora, S.M., Ferrari Bravo, D., Sassi, R. and Impellizzeri, F.M. (2007). Validity of simple field tests as indicators of match-related physical performance in top-level professional soccer players. *International Journal of Sport Medicine* 28, 228-235.
34. Sheppard, J.M., Gabbett, T., Taylor, K.L., Dorman, J., Lebedew, A.J. and Borgeaud, R. (2007). Development of a repeated-effort test for elite men's volleyball. *International Journal of Sports Physiology and Performance* 2, 292-304.
35. Tucker R. (2009). The anticipatory regulation of performance: the physiological basis for pacing strategies and the development of a perception-based model for exercise performance. *British Journal of Sports Medicine* 43, 392-400.

## Cita Original

Bachar Haydar, Hani Al Haddad, Said Ahmaidi and Martín Buchheit . Assessing inter-effort recovery and change of direction ability with the 30-15 Intermittent Fitness Test. *Journal of Sports Science and Medicine*. (2011) 10, 346-354