

Selected Papers from Impact

# Correlaciones del Rendimiento en Carreras Intermitentes y Prolongadas de Alta Intensidad con Tests Fisiológicos y de Rendimiento en Mujeres Atletas de Deportes de Conjunto Moderadamente Entrenadas

## A Meta-Analysis of Core Stability Exercise Versus General Exercise for Chronic Low Back Pain

Aaron J Coutts<sup>1</sup> y Anita C Sirotic<sup>1</sup>

<sup>1</sup>School of Leisure, Sport and Tourism, University of Technology, Sydney, Kuring-Gai Campus, Lindfield, Australia.

### RESUMEN

Un gran número de deportes de conjunto requieren que los atletas realicen esprints máximos o casi máximos de corta duración en forma repetida intercalados con largos períodos de recuperación de actividades de intensidad submáxima. Este tipo de actividad deportiva puede caracterizarse como carreras intermitentes de alta intensidad realizadas durante un período prolongado de tiempo (PHIIR). El objetivo principal del presente estudio fue determinar los factores fisiológicos que mejor se relacionan con una simulación genérica de las PHIIR que reflejen la actividad de carrera durante la actividad deportiva. El segundo objetivo de este estudio fue determinar la relación entre los test más comunes de rendimiento y la simulación genérica de las PHIIR. Luego de una sesión de familiarización, 16 mujeres moderadamente entrenadas ( $VO_{2\text{máx}}=40.0\pm 4.3 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ) pertenecientes a diversos deportes de conjunto realizaron diversas evaluaciones fisiológicas, antropométricas y varios tests de rendimiento y una simulación de PHIIR en una cinta ergométrica no motorizada. La frecuencia cardíaca media y la concentración media de lactato sanguíneo durante la simulación de las PHIIR deportivas fueron  $164\pm 6$  latidos/min y  $8.2 \pm 3.3 \text{ mmol/L}$ , respectivamente. La regresión lineal demostró una relación significativa entre la simulación de las PHIIR deportivas y la velocidad de carrera alcanzada con una concentración de lactato de  $4 \text{ mmol/L}$  (LT) ( $r=0.77$ ,  $p<0.05$ ), con el trabajo en 5 repeticiones de 6 segundos de esprint en bicicleta ( $r=0.56$ ,  $p<0.05$ ), con el test anaeróbico de Wingate ( $r=0.61$ ,  $p<0.05$ ), con la velocidad aeróbica pico ( $V_{\text{max}}$ ) ( $r=0.69$ ,  $p<0.05$ ), y con la distancia alcanzada en el test Yo-Yo de Recuperación Intermitente (Yo-Yo IR1) ( $r=0.50$ ,  $p<0.05$ ) respectivamente. Estos resultados indican que el incremento en el LT está asociado con la mejora en el rendimiento de las PHIIR y que el rendimiento en las PHIIR puede ser monitoreado mediante la determinación del rendimiento en el Yo-Yo IR1, del trabajo en 5 repeticiones de 6 segundos de esprint en bicicleta, del rendimiento en el test de Wingate de 30 segundos, de la  $V_{\text{máx}}$  o del LT. Nosotros sugerimos que los programas de entrenamiento se deberían orientar hacia la mejora del LT y la  $V_{\text{máx}}$

para mejorar el rendimiento en PHIIR en mujeres moderadamente entrenadas. Los estudios futuros deberían examinar los métodos óptimos de entrenamiento que mejoren estas capacidades en deportes de conjunto.

**Palabras Clave:** umbral anaeróbico, simulación de juego, yo-yo test

## ABSTRACT

---

**Objective:** To review the effects of core stability exercise or general exercise for patients with chronic low back pain (LBP). **Summary of Background Data:** Exercise therapy appears to be effective at decreasing pain and improving function for patients with chronic LBP in practice guidelines. Core stability exercise is becoming increasingly popular for LBP. However, it is currently unknown whether core stability exercise produces more beneficial effects than general exercise in patients with chronic LBP. **Methods:** Published articles from 1970 to October 2011 were identified using electronic searches. For this meta-analysis, two reviewers independently selected relevant randomized controlled trials (RCTs) investigating core stability exercise versus general exercise for the treatment of patients with chronic LBP. Data were extracted independently by the same two individuals who selected the studies. **Results:** From the 28 potentially relevant trials, a total of 5 trials involving 414 participants were included in the current analysis. The pooling revealed that core stability exercise was better than general exercise for reducing pain [mean difference (-1.29); 95% confidence interval (-2.47, -0.11); P=0.003] and disability [mean difference (-7.14); 95% confidence interval (-11.64, -2.65); P=0.002] at the time of the short-term follow-up. However, no significant differences were observed between core stability exercise and general exercise in reducing pain at 6 months [mean difference (-0.50); 95% confidence interval (-1.36, 0.36); P=0.26] and 12 months [mean difference (-0.32); 95% confidence interval (-0.87, 0.23); P=0.25]. **Conclusions:** Compared to general exercise, core stability exercise is more effective in decreasing pain and may improve physical function in patients with chronic LBP in the short term. However, no significant long-term differences in pain severity were observed between patients who engaged in core stability exercise versus those who engaged in general exercise.

**Keywords:** exercises, CORE, stability, pain, lumbar

## INTRODUCCION

---

La mayoría de los deportes de conjunto requieren que los atletas repitan en forma regular períodos de ejercicio de alta intensidad y corta duración, intercalados por intervalos de larga duración de ejercicio submáximo durante un período prolongado de tiempo (i.e., 30 minutos) (26). Este tipo de actividad puede ser caracterizada como carreras intermitentes de alta intensidad realizadas durante un período prolongado de tiempo (PHIIR). Hasta la fecha, relativamente pocos estudios han examinado las capacidades fisiológicas que se relacionan con la mejora de las PHIIR. Similarmente, existen pocos datos acerca de la validez de los tests de rendimiento como medios para monitorear las adaptaciones al entrenamiento para deportistas de deportes de conjunto que realizan PHIIR (17).

La mayoría de los estudios previos que han examinado las relaciones entre las mediciones fisiológicas, los resultados en los tests de rendimiento y el rendimiento en las PHIIR, han utilizado el tiempo y el análisis del movimiento durante un juego competitivo como método de criterio para medir el rendimiento en las PHIIR (2, 6-8, 18, 22). Desafortunadamente, la utilidad del tiempo y el análisis del movimiento como medida de criterio del rendimiento de carrera durante partidos de deportes de conjunto es limitada, debido a que este método de medición comúnmente tiene niveles relativamente bajos de confiabilidad test - retest (12). Además, otros han reportado que las correlaciones entre los factores fisiológicos, los resultados en los tests de rendimiento y las mediciones del rendimiento de carrera a partir del análisis de movimiento pueden ser falsas, debido a que los patrones de carrera durante un juego competitivo pueden verse afectados por la oposición del rival, el clima, la táctica del equipo, el resultado parcial del juego o por los fallos arbitrales durante el juego (8, 24, 25). La combinación de estos factores sugiere que se requiere de una medida más precisa de las relaciones entre las medidas fisiológicas y los resultados en los tests de rendimiento.

El reciente desarrollo de una simulación de las PHIIR deportivas que es específica de las demandas impuestas por la mayoría de los deportes de conjunto (1, 11) y el reciente desarrollo de cintas ergométricas no motorizadas (NMT) (19) permite que los científicos repliquen un juego de campo en el laboratorio de investigación. Este desarrollo es muy significativo debido a que los ergómetros NMT permiten una medición más precisa del rendimiento de carrera y además

tienen la capacidad de controlar las condiciones experimentales (11). En la actualidad, las NMT son el único ergómetro conocido que permite un cambio casi instantáneo en la velocidad, una velocidad de carrera próxima a la máxima (19) y también permiten detectar cualquier reducción en la producción de potencia con el comienzo de la fatiga (9). Estas características de las NMT son vitales para la válida replicación de las demandas impuestas por las PHIIR durante un partido en deportes de conjunto y además permiten una medición precisa de las PHIIR en el laboratorio.

Aunque estudios previos han examinado las relaciones entre los componentes fisiológicos, los tests de rendimientos y el rendimiento en las PHIIR en atletas de elite masculinos (2, 6-8, 22), hasta la fecha se han llevado a cabo relativamente pocos estudios que hayan examinado estas relaciones en mujeres atletas de deportes de conjunto (18, 22). Krstrup et al (18) recientemente demostró que las carreras de alta intensidad durante un partido de fútbol tenían una correlación significativa con el máximo consumo de oxígeno pulmonar ( $VO_{2\text{máx}}$ ), con la velocidad de carrera con una concentración de lactato sanguíneo de 2 mmol/L ([BLa-]) y con el rendimiento en el nivel 1 del Yo-Yo test (Yo-Yo IR1), en 14 jugadoras de fútbol de elite. Además, este estudio también demostró que la distancia total cubierta durante un partido de fútbol de 90 minutos estaba tenía una correlación significativa con la velocidad de carrera a una concentración de lactato sanguíneo de 2 mmol/L y con el rendimiento en el Yo-Yo IR1. Interesantemente, no se halló una correlación entre la distancia total cubierta durante los 90 minutos del partido de fútbol y el  $VO_{2\text{máx}}$ . Estos hallazgos muestran que las mediciones de la aptitud aeróbica son importantes para las PHIIR durante un partido de fútbol de elite de mujeres; sin embargo, la relación entre otras mediciones de la aptitud física tales como la capacidad anaeróbica no han sido todavía determinadas.

Para nuestro conocimiento, no se ha intentado realizar una investigación para determinar la relación entre diversas variables fisiológicas, los tests de rendimiento y el rendimiento en las PHIIR utilizando una simulación en NMT específica de las demandas energéticas de los deportes de conjunto (i.e., carreras durante 30 minutos) en un ambiente controlado. Por lo tanto, el objetivo principal del presente estudio fue determinar los factores fisiológicos que mejor se relacionan con una simulación genérica de las PHIIR que reflejen la actividad de carrera de los deportes de conjunto. El segundo objetivo del presente estudio fue determinar la relación entre los tests más comunes de rendimiento y la simulación genérica de las PHIIR en un grupo de mujeres moderadamente entrenadas que participan en deportes de conjunto.

## MÉTODOS

---

### Enfoque Experimental del Problema

En la actualidad, existe limitada información acerca de las capacidades fisiológicas que permiten mejorar el rendimiento en mujeres que participan en deportes de conjunto y que requieren de las PHIIR. El presente estudio examinó las relaciones entre una batería de diversas mediciones fisiológicas y de rendimiento en un grupo de mujeres moderadamente entrenadas con un test estándar de PHIIR utilizando una NMT. Los análisis de regresión lineal permitieron evaluar las relaciones entre los diversos factores fisiológicos, los tests de rendimiento y el rendimiento de carrera en los deportes de conjunto. En base a los hallazgos de estudios previos que examinaron el rendimiento en PHIIR deportivas en mujeres futbolistas de nivel elite utilizando el análisis del tiempo y del movimiento, nosotros hipotetizamos que el  $VO_{2\text{máx}}$  (18), y el umbral de lactato (LT) (18), serían los mejores determinantes fisiológicos relacionados con el rendimiento en las PHIIR. Además, hipotetizamos que el rendimiento en el Yo-Yo IR1 tendría una correlación significativa con el rendimiento en las PHIIR.

### Sujetos

Dieciséis mujeres moderadamente entrenadas ( $VO_{2\text{máx}} = 40.0 \pm 4.3$  mL/kg/min) que realizaba diversos deportes de conjunto, participaron en el presente estudio. Los sujetos eran atletas de deportes de conjunto de nivel regional (9 fútbol americano sin tackles [*touch football*], 2 fútbol, 3 netball y 2 hockey sobre césped). La Tabla 1 muestra las características físicas de los sujetos. Antes del comienzo del estudio, todos los participantes recibieron una clara explicación del estudio en donde se les informó acerca de los riesgos y beneficios asociados con su participación, y se obtuvo el consentimiento por escrito tanto de las jugadoras como de una tutor legal en el caso que fuera apropiado. Todos los procedimientos experimentales fueron aprobados por el Comité de Ética para la Investigación con Humanos de la Universidad.

**Tabla 1.** Características físicas de los sujetos (media  $\pm$  DE)

	Edad (años)	Masa Corporal (kg)	Talla (cm)	$\Sigma$ 9 pliegues cutáneos (mm)	VO <sub>2</sub> máx (mL/kg/min)
<b>Media</b>	20.9 $\pm$ 1.8	59.7 $\pm$ 9.3	162.6 $\pm$ 7.2	121.7 $\pm$ 40.3	40.0 $\pm$ 4.3
<b>Rango</b>	16.0 - 23.0	41.6 - 82.0	151.4 - 172.5	75.0 - 211.9	32.9 - 45.9

## Historia de Entrenamiento

Para ser elegible para el estudio, se requirió que los sujetos hubieran estado entrenando y compitiendo en forma regular en un deporte de conjunto de nivel regional por un mínimo de 12 meses previos al comienzo de las evaluaciones. Todos los sujetos se encontraban en la fase competitiva de su temporada de entrenamiento cuando realizaron los procedimientos de evaluación. En las tres semanas previas a las evaluaciones, todos los sujetos completaron un registro de sus entrenamientos diarios que incluyó la duración de los entrenamientos (minutos) y un índice global de esfuerzo percibido (escala de 10 puntos) (16). Las cargas de los entrenamientos fueron calculadas a partir de los registros utilizando el método del índice de esfuerzo percibido de la sesión delineado por Foster (16). La Tabla 2 muestra la duración semanal y total del entrenamiento y las cargas de entrenamiento para el período de 3 semanas. En el período de tres semanas, los sujetos realizaron sesiones de entrenamiento en equipo una o dos veces a la semana. Además del entrenamiento en equipo, todos los sujetos completaron 2-4 sesiones de entrenamiento físico por semana que consistió de entrenamientos fraccionados, carreras de fondo y entrenamientos de sobrecarga. Cada sujeto también participó en un encuentro competitivo una vez a la semana en su respectivo deporte.

## Procedimientos Experimentales

**Tabla 2.** Carga y duración (media  $\pm$  DE) semanal de los entrenamientos en las tres semanas previas a las evaluaciones. UA = unidades arbitrarias.

Semana	Carga de entrenamiento (UA)	Duración del entrenamiento (h)
1	1135 $\pm$ 162	4.8 $\pm$ 0.7
2	1174 $\pm$ 150	4.4 $\pm$ 0.6
3	1754 $\pm$ 190	5.1 $\pm$ 0.9
<b>Total</b>	<b>4063 <math>\pm</math> 189</b>	<b>14.4 <math>\pm</math> 0.8</b>

## Diseño de la Investigación

Todos los sujetos completaron los siguientes tests durante el estudio: un test para la medición directa del consumo máximo de oxígeno (VO<sub>2</sub>máx); un test de 5 repeticiones de 6 segundos de esprint (RSA) en cicloergómetro; un test de esprint máximo en cicloergómetro de 10 segundos; un test de Wingate de 30 segundos, un test de simulación de PHIIR de 30 minutos en una NMT y un Yo-Yo IR1 test. El test de VO<sub>2</sub>máx fue llevado a cabo en la primera visita al laboratorio; el test RSA de 5  $\times$  6 segundos en cicloergómetro; el test de esprint máximo de 10 segundos en cicloergómetro y el test de Wingate de 30 segundos fueron llevados a cabo en la segunda visita; el test de simulación PHIIR de 30 minutos fue llevado a cabo en la tercera visita; y el Yo-Yo IR1 fue llevado a cabo en la cuarta visita. Entre cada visita al laboratorio se permitieron al menos dos días de recuperación.

Se le pidió a cada sujeto que estandarizara su dieta y que realizara entrenamientos de bajo volumen e intensidad en las 24 horas previas a cada sesión de evaluación. En la semana previa al comienzo de las sesiones de evaluación, todos los sujetos fueron examinados para determinar si había contraindicaciones para la realización de ejercicios luego de lo cual lo sujetos dieron su consentimiento informado. En esta misma semana, todos los sujetos realizaron sesiones de familiarización para todos los tests de laboratorio y para el Yo-Yo IR1. Estas sesiones de familiarización se llevaron a cabo para minimizar el efecto de aprendizaje asociado con la realización de un test por primera vez. Las mediciones antropométricas de la talla, la masa corporal y los pliegues cutáneos fueron llevadas a cabo durante las sesiones de familiarización.

## Máximo Consumo de Oxígeno

Cada sujeto completó un test de  $VO_2$ máx que se llevó a cabo con un protocolo discontinuo y progresivo en cinta ergométrica hasta el agotamiento. El test se llevó a cabo en una cinta ergométrica motorizada (Startrac 4500, Star Tracer, Irvine, CA). El consumo máximo de oxígeno fue medido mediante espirometría en circuito abierto (Physio-Dyne Gas Analysis System, Quogue, NY) y el equipamiento fue calibrado antes y después de cada test con gases de referencia de concentración conocida de acuerdo a las especificaciones de los fabricantes. El neumotacómetro fue calibrado con aire ambiental utilizando una jeringa de 3 litros (Hans Rudolph, Kansas City, MO).

Luego de una entrada en calor de 5 minutos a 7 km/h, los sujetos comenzaron con el protocolo a la misma velocidad de 7 km/h. La velocidad de la cinta se incrementó en 1.5 km/h cada 4 minutos hasta que se alcanzó una  $[BLa^-]$  de 4 mmol/L. Luego de completar cada etapa de 4 minutos, los sujetos realizaron una pausa de 1 minuto que permitió la recolección de muestras sanguíneas para la determinación de la  $[BLa^-]$ , y registrar la frecuencia cardíaca (HR) y el índice de esfuerzo percibido. Una vez que la  $[BLa^-]$  alcanzaba los 4 mmol/L, la velocidad se incrementaba en 0.5 km/h a cada minuto hasta el agotamiento volitivo. El consumo máximo de oxígeno fue definido como el mayor volumen de oxígeno (promedio de 30 segundos) registrado durante el último minuto de ejercicio. Los criterios que indicaban que se había alcanzado el  $VO_2$ máx incluyeron los siguientes: (a) agotamiento volitivo; (b) un índice de intercambio respiratorio igual o mayor a 1.15; y (c) una estabilización en el consumo de oxígeno (incremento < 2 mL/kg/min) con el incremento de la intensidad de ejercicio. Previamente se ha determinado que la confiabilidad de las mediciones del  $VO_2$ máx en este laboratorio era aceptable (error técnico de medición [TME]=1.4 mL/kg/min, TEM%=2.7, coeficiente de variación interclase [ICC]=0.96). El pico de velocidad de carrera durante el test de  $VO_2$ máx ( $V_{max}$ ) fue determinado como la máxima velocidad de la cinta mantenida durante un minuto completo. En este estudio, todos los participantes alcanzaron la  $V_{max}$  con la menor velocidad de la cinta que provocó el  $VO_2$ máx. La confiabilidad inter sesión de la  $V_{max}$  en este laboratorio y utilizando este protocolo fue: TEM=0.4 km/h o TEM% = 2.4, e ICC = 0.97.

### **Umbral de Lactato**

El LT fue determinado utilizando los datos de la  $[BLa^-]$ , la HR, la velocidad y el consumo de oxígeno recolectados durante el test discontinuo y progresivo en cinta ergométrica. Estos datos ( $[BLa^-]$ , HR, velocidad y consumo de oxígeno) fueron luego ingresados en un Programa de Análisis de Lactato programado en Excel de Microsoft (SASI, South Australian Institute of Sport, Adelaide, Australia), el cual calculó el LT como la velocidad de carrera a una  $[BLa^-]$  de 4 mmol/L. Previamente se ha determinado que confiabilidad de este método para la medición del LT en este laboratorio es moderada (TEM = 0.8 km/h, TEM% = 5.9, e ICC = 0.80).

### **Capacidad Amortiguadora de la Sangre**

La capacidad amortiguadora de la sangre ( $\beta$ ) fue determinada a partir de muestras de 100  $\mu$ L de sangre capilarizada recolectadas de las yemas de los dedos utilizando el Analizador Clínico Portátil iSAT (Abbott Diagnostics iSTAT Corporation, East Windsor, NJ) tanto en reposo como al finalizar el test de ejercicio discontinuo y progresivo hasta el agotamiento. La capacidad amortiguadora de la sangre fue determinada a partir de la relación entre la  $[BLa^-]$  y el pH (4). Expresada en unidades llamadas slykes (mmol/L  $\cdot$  unidades de pH), la  $\beta$  fue definida como el incremento en la  $[BLa^-]$  correspondiente a un incremento en el pH de 1.0. la ecuación para calcular la  $\beta$  se muestra a continuación:

$$[BLa^-]_{post} - [BLa^-]_{pre} / [pH]_{b,post} - [pH]_{b,pre}$$

La confiabilidad de las pruebas para la determinación de la  $\beta$  determinada previamente en nuestro laboratorio fue: TEM = 16.3 slykes, TEM% = 9.7%, y ICC = 0.71.

### **Test RSA de 5 $\times$ 6 segundos en Bicicleta Ergométrica**

El test RSA de 5  $\times$  6 segundos en bicicleta ergométrica fue elegido debido a que requiere un mínimo de destreza y, por lo tanto, podría proveer una buena medida del trabajo fisiológico realizado durante esprints repetidos. El test RSA de 5  $\times$  6 segundos fue llevado a cabo según las especificaciones de Bishop et al (5). Luego de una entrada en calor de 5 minutos (ciclismo a una carga constante de aproximadamente 90-100 W seguido de 3 esprints de práctica) cada participante completó un test de esprint máximo de 10 segundos en un cicloergómetro con cupla magnética (SRM Indoor Trainer, Königskamp, Germany). El trabajo total registrado en los primeros 6 segundos del esprint de 10 segundos fue utilizado como el valor de criterio durante las 5 series subsiguientes de 6 segundos. Luego de completar el test de esprint máximo de 10 segundos, los sujetos descansaron durante 5 minutos antes de realizar el test RSA de 5  $\times$  6 segundos. Todos los esprints fueron realizados en la misma posición. El trabajo RSA fue definido como la cantidad total de trabajo (kJ) realizado en los 5 esprints combinados. Este test ha probado ser una evaluación válida (5) y confiable (15) de la RSA.

### **Test de Wingate de 30 segundos**

El test de Wingate de 30 segundos consistió de 30 segundos de ciclismo máximo en un cicloergómetro con cupla magnética (*SRM Indoor Trainer*). Este test fue utilizado para determinar la capacidad anaeróbica de cada sujeto y requiere de muy pocas destreza con un efecto de aprendizaje muy pequeño. Los sujetos realizaron el test de Wingate de 30 segundos luego de transcurridos 20 minutos de la finalización del test RSA de 5 × 6 segundos. Cinco segundos antes del comienzo del esprint, los sujetos fueron instruidos para que asumieran la posición de listos y esperaran la señal de partida. Una vez comenzado el test, los sujetos fueron instruidos para que pedalearan a la máxima frecuencia durante 30 segundos sin levantarse del asiento. El trabajo anaeróbico fue definido como la cantidad total de trabajo (kJ) realizado en el período de 30 segundos.

### **Simulación de las PHIIR Deportivas**

La simulación de las PHIIR deportivas de 30 minutos de duración (2 × 15 minutos) utilizada en el presente estudio se basó en los estudios que llevaron a cabo análisis de tiempo y movimiento en diversas PHIIR en deportes tales como el fútbol, hockey sobre césped, rugby de la unión, y rugby de liga (3, 13, 21, 25, 28). Durante la simulación de las PHIIR deportivas se realizaron dos perfiles de actividad de 15 minutos. En estos perfiles de actividad se incluyeron 6 velocidades de carrera: mantenerse quieto (0% de la velocidad máxima de esprint [MSS]), caminata (20% de la MSS), trote (35% de la MSS), carrera (50% de la MSS), carrera rápida (70% de la MSS) y esprints (100% de la MSS). Estas 6 categorías de movimiento fueron divididas en actividades de tipo aeróbico y anaeróbico en base a la intensidad del movimiento. Las actividades aeróbicas fueron el mantenerse quieto, la caminata, el trote y la carrera, mientras que las actividades anaeróbicas fueron la carrera rápida y el esprint. En base a la contribución del metabolismo aeróbico y anaeróbico utilizado en un partido real (17. 23), el cociente aeróbico/anaeróbico para el perfil de actividad, con respecto al tiempo para este protocolo, fue de 9.5:1. Las 6 categorías de movimiento (mantenerse quieto, caminata, trote, carrera, carrera rápida y esprint) tuvieron una duración particular que se determinó en base a los datos de tiempo y movimiento obtenidos para deportes de conjunto (17). La duración asignada a cada categoría de movimiento se muestra en la Tabla 3. el porcentaje del tiempo total designado a cada categoría de movimiento y los cambios en la actividad que ocurrieron durante la simulación de las PHIIR deportivas también se muestran en la Tabla 3.

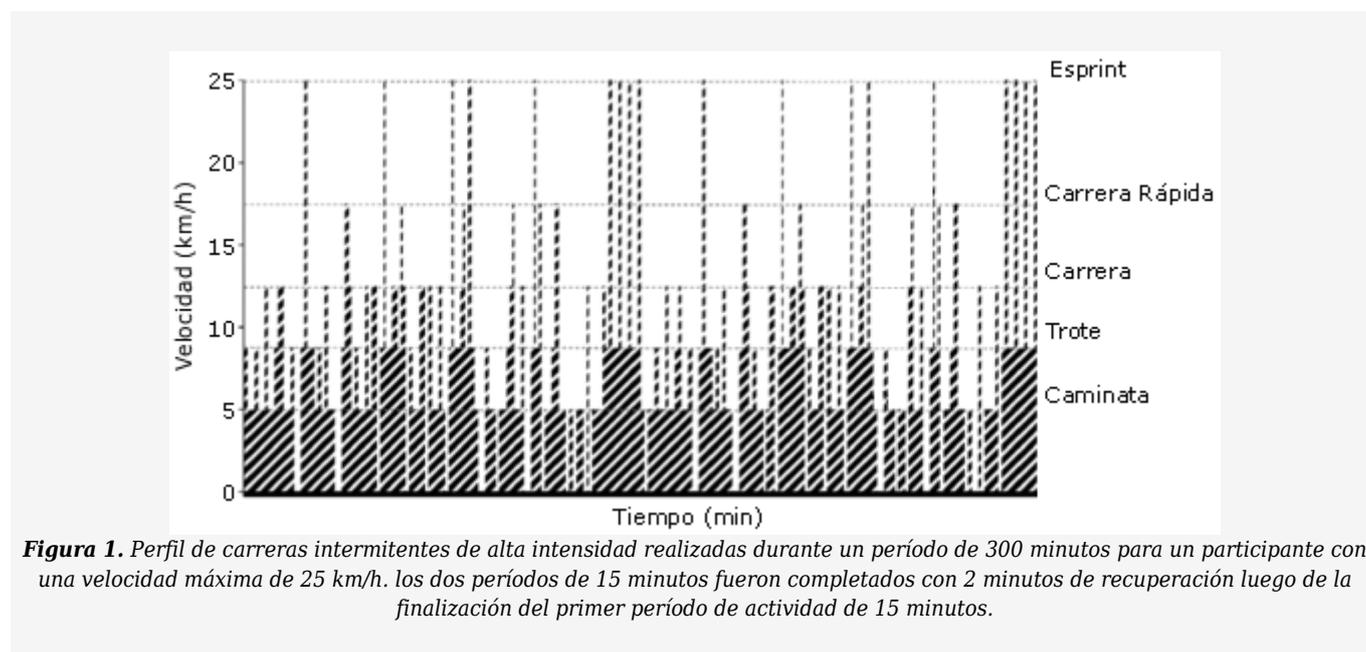
Se utilizó un programa especial para distribuir aleatoriamente la duración de los movimientos de manera crear un protocolo que replicara las demandas generales de carrera observadas durante los partidos de los deportes de conjunto. El programa fue programado con reglas específicas de manera que las secuencias de carrera replicaran los patrones de movimiento específicos que ocurren durante un partido característico de los deportes de conjunto. Por ejemplo: (a) cada esprint siempre estaría precedido y seguido por un trote; (b) solo se permitió agrupar un máximo de 3 movimientos individuales consecutivos (i.e., 3 trotes seguidos), para simular de esta manera los arranques y detenciones característicamente observadas en los partidos de los deportes de conjunto y a la vez evitar períodos prolongados sin cambios en la velocidad; y (c) debía haber un número fijo de esprints de 3 y 6 segundos, lo cual replica la duración de los esprints en las PHIIR características de un partido, en donde la mayoría de los esprints tienen una duración de entre 1 y 3 segundos (3, 13, 21, 28).

**Tabla 3.** Duración, porcentaje del tiempo total designado a cada categoría de movimiento y frecuencia de los cambios de actividad para la simulación deportiva con carreras intermitentes de alta intensidad en un período de 30 minutos.

<b>Categoría</b>	<b>Duración de cada actividad (s)</b>	<b>Tiempo sostenido en cada actividad (%)</b>	<b>Cambios de actividad</b>
Mantenerse quieto	8	17	29
Caminata	8	34	44
Trote	8	27	50
Carrera	6	13	31
Carrera rápida	4	4	12
Esprint	3	5	18
<b>Total</b>			<b>184</b>

Se incorporó un test RSA de 4 × 6 segundos, separados por 16 segundos de trote, al final de cada período de 15 minutos de actividad. Este test RSA de 4 × 6 segundos fue utilizado para valorar el rendimiento en una serie de esprints repetidos en estado de fatiga durante la realización de PHIIR. La capacidad para repetir esprints o actividades de alta intensidad es considerada vital para el resultado de las PHIIR de un partido, debido a que la mayoría de estas actividades están asociadas con importantes eventos durante el partido (28). El resultado fue dos perfiles de actividad de 15 minutos que

comprendieron 93 y 91 cambios de actividad, respectivamente (184 cambios de actividad durante los 30 minutos que duró la simulación de las PHIIR deportivas). La Figura 1 muestra el perfil de actividad para un participante con una velocidad máxima de esprint de 25 km/h.



Todos los sujetos completaron la simulación de las PHIIR deportivas (2 × 15 minutos) en una NMT (Woodway Force 3.0 Treadmill, Waukesha, WI). Para evitar la variabilidad inter sujeto, los sujetos completaron una prueba para valorar la velocidad pico utilizando los métodos de Abt et al (1) para determinar la velocidad en cada categoría de movimiento (mantenerse quieto, caminata, trote, carrera, carrera rápida y esprint). Los sujetos completaron 3 esprints máximos de 6 segundos separados por 2 minutos de recuperación activa. Cada categoría de velocidad (mantenerse quieto, caminata, trote, carrera, carrera rápida y esprint) fue entonces determinada en relación a la MSS de cada sujeto. Se colocó una planilla al nivel de los ojos de cada participante que mostraba las velocidades objetivo que estos debían seguir durante el perfil de actividad. La velocidad del atleta en cada momento se mostraba en una pantalla. Para marcar el momento en que el sujeto debía realizar el cambio de velocidad se utilizó una señal de audio generada por una computadora IBM. Se reprodujeron tres tonos audibles, que comenzaron 3 segundos antes de cada cambio de velocidad. Inmediatamente después del tercer tono, se reproducía una voz grabada que le informaba a cada participante la velocidad siguiente. A todos los sujetos se les dio la misma estimulación verbal para que, cuando les fuera requerido, realizaran los esprints a la máxima velocidad posible ignorando la pantalla. En cualquier otro momento que no fuese este, los sujetos fueron instruidos para que igualaran su velocidad con la mostrada en la pantalla.

Se registraron la velocidad de la cinta, la distancia y las fuerzas horizontales medidas durante cada simulación de las PHIIR deportivas a una frecuencia de muestreo de 10Hz utilizando una interfase XPV7 PCB (Fitness Technology, Adelaide, Australia) y fueron analizadas utilizando el programa Force 3.0 (Innervations, Joondalup, Australia). Los datos recolectados fueron exportados a una planilla de Excel sincronizada con el comienzo de la simulación de las PHIIR. Luego de esto los datos fueron promediados a períodos de 1 segundo (i.e., para cada segundo, se utilizó la media de 10 muestras). Se determinó tanto la distancia total como la distancia cubierta durante los esprints en la simulación de las PHIIR. Los tests de confiabilidad para la distancia total cubierta durante la simulación de las PHIIR realizados previamente en nuestro laboratorio revelaron un TEM=68.0 m, un TEM%=2.0 y un ICC=0.74. Similarmente, la confiabilidad inters sesión de la distancia cubierta durante los esprints en la simulación de las PHIIR en nuestro laboratorio arrojó valores de TEM = 11.3 m, TEM%=2.7 e ICC=0.93.

### **Respuestas Fisiológicas a la Simulación de las PHIIR**

La HR media durante la simulación de las PHIIR fue medida utilizando monitores Polar Vantage NV (Polar Electro Oy, Kempele, Finland) y estos datos fueron analizados con el programa de análisis Polar Precision Performance SW versión 4.02 HR (Polar Electro Oy).

Las concentraciones de lactato sanguíneo fueron determinadas a partir de muestras de 25 µL de sangre capilarizada

recolectadas en la yema de los dedos en tubos capilares heparinizados. Todas las muestras fueron tomadas con los sujetos en posición de parados y fueron analizadas con un Analizador Portátil de Lactato Accusport (Boehringer Mannheim, Mannheim, Germany) inmediatamente después de que cada muestra fuera recolectada. El Analizador Portátil de Lactato Accusport ha reportado ser preciso con concentraciones de hasta al menos 18.7 mmol/L y ser confiable tanto con altas (14.4 mmol/L) como con bajas concentraciones (1.7 mmol/L) (14).

### Test Yo-Yo de Recuperación Intermitente

El test Yo-Yo IR1 fue llevado a cabo de acuerdo con lo indicado por Krustup et al (17) y consistió de la repetición de carreras de 20 metros ida y vuelta, manteniendo el ritmo impuesto por una serie de señales acústicas provistas por un disco compacto. Luego de la finalización de dos intervalos de 20 m, todos los sujetos realizaron 10 segundos de recuperación activa, que consistieron de 10 m de trote alrededor de un cono colocado a 5 m del punto de partida. La velocidad de carrera se incrementó progresivamente hasta el agotamiento volitivo. El rendimiento en el test Yo-Yo IR1 fue definido como la distancia total cubierta hasta el agotamiento. Este test ha mostrado ser un test tanto confiable como válido para evaluar el rendimiento físico en deportes de conjunto tal como el fútbol (17).

### Análisis Estadísticos

Para el cálculo de las medias, DE coeficientes de correlación producto momento de Pearson e ICC se utilizaron métodos estadísticos estándar. La significancia estadística fue establecida a  $p < 0.05$ . Se utilizó el programa SPSS (SPSS, Inc., Chicago, IL) para todos los cálculos estadísticos.

## RESULTADOS

La HR media y la  $[BLa^-]$  durante la simulación de las PHIIR fueron de  $164 \pm 6$  latidos/min y  $8.2 \pm 3.3$  mmol/L, respectivamente. Las características fisiológicas, antropométricas y de rendimiento de los sujetos y los coeficientes de correlación entre las variables y el rendimiento en las PHIIR se muestran en la Tabla 4. Los resultados de los análisis de correlación entre las variables fisiológicas más importantes y la distancia cubierta durante la simulación de las PHIIR también se muestran en la Tabla 4. Además se observó que el LT tuvo una correlación significativa con la distancia total cubierta durante los esprints ( $r=0.71$ ,  $p < 0.05$ ) en la simulación de las PHIIR. No hubo ninguna otra correlación significativa entre las medidas fisiológicas y la distancia cubierta durante los esprints en la simulación de las PHIIR. En términos de los tests de rendimiento, el test Yo-Yo IR1 mostró una correlación moderada con la distancia cubierta durante la simulación de las PHIIR ( $r=0.50$ ,  $p < 0.05$ ).

**Tabla 4.** Variables fisiológicas, antropométricas y de rendimiento relacionadas con la distancia total cubierta durante la simulación deportiva con carreras intermitentes de alta intensidad en un período de 30 segundos (PHIIR). NMT=cinta ergométrica no motorizada; LT=umbral de lactato; RSA=capacidad para repetir esprints; Yo-Yo IR1=nivel 1 de rendimiento en el Yo-Yo test. †Todas las correlaciones significativas a  $p < 0.05$ .

Variable	Media $\pm$ DE	Intervalo	Correlación con las PHIIR
Distancia en la NMT (m)	2577 $\pm$ 272	2055 - 2906	
VO <sub>2</sub> máx (mL/kg/min)	40.0 $\pm$ 4.3	32.9 - 45.9	0.17
LT (km/h)	11.5 $\pm$ 1.2	9.0 - 13.5	0.77†
$\beta$ (slykes)	74.7 $\pm$ 24.4	41.5 - 107.0	0.37
Vmáx (km/h)	14.6 $\pm$ 1.2	12.5 - 16.5	0.69†
Trabajo RSA (kJ)	15.8 $\pm$ 1.9	11.4 - 18.2	0.56†
Trabajo en 10 s (kJ)	3.6 $\pm$ 0.4	3.0 - 4.3	0.47
Trabajo en 30 s (kJ)	12.5 $\pm$ 1.7	8.5 - 15.7	0.61†
Masa corporal (kg)	59.7 $\pm$ 9.3	42.4 - 82.0	0.26
$\Sigma$ 9 pliegues cutáneos (mm)	121.7 $\pm$ 40.3	75.0 - 211.9	0.20
Yo-Yo IR1 (m)	958 $\pm$ 367	480 - 1840	0.50†

## DISCUSION

El objetivo principal del presente estudio fue determinar los factores fisiológicos que mejor se relacionaban con una simulación genérica de las PHIIR, que refleja la actividad de carrera característica de las mujeres que participan en deportes de conjunto. El objetivo secundario del presente estudio fue determinar la correlación entre los resultados de los tests de rendimiento más comunes y el rendimiento en una simulación genérica de las PHIIR en mujeres moderadamente entrenadas que participan en deportes de conjunto. En este estudio, el LT, la  $V_{m\acute{a}x}$ , el trabajo durante un test RSA de  $5 \times 6$  segundos en cicloergómetro, el trabajo durante el test de Wingate de 30 segundos y la distancia cubierta en el test Yo-Yo IR1 tuvieron una correlación moderada con la distancia total cubierta durante la simulación de las PHIIR. Ninguna otra medida fisiológica estuvo significativamente correlacionada con el rendimiento en las PHIIR. La simulación de las PHIIR utilizada en el presente estudio fue efectiva para provocar respuestas de la HR y del lactato sanguíneo similares a las reportadas durante partidos de una variedad de deportes de conjunto (2, 4, 10, 18, 20, 27). La intensidad media durante la simulación de las PHIIR fue del  $86.1 \pm 3.2\%$  de la frecuencia cardíaca máxima, la cual es similar a la intensidad observada en árbitros de alto nivel (8), jugadores de rugby de liga de nivel semi-profesional (10), en basquetbolistas (20) y en jugadores profesionales de fútbol hombres y mujeres (2, 18). Además, la concentración media de lactato durante la simulación de las PHIIR en el presente estudio fue de  $8.2 \pm 3.3$  mmol/L, la cual es similar a los valores reportados en atletas de deportes de conjunto de alto nivel durante un partido (2, 27). Estas respuestas fisiológicas combinadas con la frecuencia de los cambios de actividad (10 segundos) y la distancia cubierta durante la simulación de las PHIIR muestran que este test tiene demandas similares a las demandas de trabajo observadas en la mayoría de los deportes de conjunto.

El presente hallazgo de una correlación significativa entre el LT y la distancia cubierta durante la simulación de las PHIIR ( $r=0.77$ ,  $p<0.05$ ) concuerda con investigaciones previas que han reportado una correlación moderada entre el LT y la distancia total cubierta por los árbitros durante un partido de fútbol de la liga italiana ( $r=0.73$ ,  $p<0.05$ ) (7). Similarmente, Bangsbo y Lindquist (2) también reportaron que el consumo de oxígeno promedio correspondiente a una  $[BLa^-]$  de 3 mmol/L en 20 jugadores de fútbol profesionales daneses tuvo una correlación significativa con la distancia cubierta durante un partido ( $r=0.58$ ,  $p<0.05$ ) y con el rendimiento en un test de carrera que requirió de PHIIR ( $r=0.69$ ,  $p<0.05$ ). Un reciente estudio también mostró una correlación moderada entre la velocidad de carrera a una  $[BLa^-]$  de 2 mmol/L y la distancia total cubierta durante un partido de fútbol ( $r=0.64$ ,  $p<0.05$ ) en 14 jugadoras de fútbol de elite danesas. Estos resultados demuestran que el LT es una capacidad fisiológica importante para el rendimiento en las PHIIR en los deportes de conjunto.

De acuerdo con algunos (8, 17, 18) pero no con todos (2, 27), nosotros hallamos que el  $VO_{2m\acute{a}x}$  expresado en relación a la masa corporal (i.e.,  $mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ) no tuvo una correlación significativa con la distancia total cubierta durante las PHIIR. Estudios previos han mostrado correlaciones pobres y no significativas entre el  $VO_{2m\acute{a}x}$  y la distancia cubierta durante un partido en 8 árbitros de elite de la Serie A (8), con el rendimiento en un test de carrera intermitente en 14 jugadores de fútbol profesionales (2) y con la distancia cubierta durante un partido en 14 jugadoras de fútbol de elite de Dinamarca (18). Sin embargo, en contraste con nuestros hallazgos, otros han reportado una correlación significativa entre el  $VO_{2m\acute{a}x}$  expresado en relación a la masa corporal y la distancia total cubierta durante diferentes competencias de deportes de conjunto ( $r=0.60-0.64$ ,  $p<0.05$ ) (2, 27). Es posible que la falta de una correlación significativa entre la distancia cubierta durante la simulación de las PHIIR y el  $VO_{2m\acute{a}x}$  en el presente estudio se deba a la menor duración del ejercicio utilizado.

La falta de consenso respecto de la fuerza de las correlaciones entre las medidas fisiológicas de la aptitud aeróbica y el rendimiento en las PHIIR en alguno de estos estudios previos puede deberse a sutiles diferencias en las demandas de carrera de los árbitros y los jugadores de fútbol (7), o puede deberse a aspectos metodológicos asociados con la utilización del análisis del tiempo y el movimiento, en lugar de un test estandarizado de carrera como medición de criterio de las PHIIR (12, 24). La ventaja de los métodos utilizados en el presente estudio es que se utilizó un protocolo estandarizado de PHIIR específico de los requerimientos observados en los deportes de conjunto que fue llevado a cabo en el laboratorio, sin la influencia de los oponentes, la táctica y los árbitros. Además, la precisión de este último método es mayor que la del análisis del tiempo y el movimiento que ha sido utilizado en la mayoría de los estudios previos (2, 6-8, 18, 22). Por lo tanto, nosotros sugerimos que los resultados del presente estudio proveen una mayor comprensión de las relaciones entre las medidas fisiológicas y el potencial para el rendimiento en las PHIIR, debido a que se han logrado aislar factores externos tales como los oponentes y la táctica del equipo.

Estudios previos han mostrado que la RSA es importante para la mejora del rendimiento en atletas de deportes de conjunto (5). En el presente estudio hemos demostrado que el test RSA de  $5 \times 6$  segundos en cicloergómetro tuvo una correlación significativa ( $r=0.56$ ,  $p<0.05$ ) con la distancia total cubierta durante la simulación de las PHIIR. Hasta la fecha, solo un estudio ha examinado la relación entre una simulación de la actividad característica de los deportes de conjunto y el test RSA de  $5 \times 6$  segundos en cicloergómetro (5). En acuerdo con los resultados del presente estudio, este estudio previo demostró que el trabajo total completado durante el test RSA de  $5 \times 6$  segundos en cicloergómetro tuvo una correlación

significativa con el tiempo total en sprints de 5, 10 y 15 metros ( $-0.86 < r < -0.76$ ,  $p < 0.05$ ) completados como parte del circuito de sprints repetidos diseñado para replicar los patrones de movimiento del hockey sobre césped. Estos resultados previos también indican que el test RSA de 5 × 6 segundos en cicloergómetro provee cierta información de valor relacionada al rendimiento en PHIIR en los deportes de conjunto.

Se ha sugerido que la capacidad para repetir sprints en sucesión cerrada es un importante componente físico del rendimiento en las PHIIR, y que contribuye al resultado final de un partido competitivo (5, 28). No obstante, el presente estudio falló en mostrar una relación significativa entre el trabajo total realizado durante el test RSA de 5 × 6 segundos en cicloergómetro y la distancia total cubierta en el test RSA de 4 × 6 segundos en NMT o la distancia total cubierta durante los sprints en la simulación de las PHIIR. La falta de correlación entre estas variables muestra que el test RSA de 5 × 6 segundos en cicloergómetro cuando se lleva a cabo sin fatiga no es un buen indicador del rendimiento en sprints repetidos completados durante un juego simulado. Del mismo modo, Bishop et al (5) reportaron correlaciones bajas y no significativas entre el rendimiento en el test RSA de 5 × 6 segundos en cicloergómetro y la reducción en las mediciones de sprints repetidos (para 5, 10 y 15 metros) completados durante la simulación de un partido de hockey sobre césped de 45 minutos en 10 hombres moderadamente entrenados. Conjuntamente, los hallazgos del presente estudio demuestran que aunque el test RSA de 5 × 6 segundos en cicloergómetro está relacionado con el rendimiento global en las PHIIR, este puede no ser un indicador válido del rendimiento en sprints repetidos llevados a cabo con “fatiga” durante un partido simulado característico de los deportes de conjunto.

En el presente estudio se observaron correlaciones significativas entre la  $V_{m\acute{a}x}$  ( $r=0.77$ ,  $p < 0.05$ ) o el test de Wingate de 30 segundos ( $r=0.61$ ,  $p < 0.05$ ) y la distancia cubierta durante la simulación de las PHIIR. Este resultado puede ser explicado por la contribución anaeróbica a las actividades de alta intensidad, tales como las carreras rápidas y los sprints, que fueron incorporados a la simulación de las PHIIR. Los resultados del presente estudio indican que estos tests pueden ser utilizados para monitorear los cambios en rendimiento de las PHIIR. Sin embargo, debido a que estos tests comúnmente son llevados a cabo en el laboratorio, solo un atleta puede ser evaluado por vez, por lo que sugerimos que estos tests no tienen tanta utilidad práctica como el test Yo-Yo IR1 para monitorear el rendimiento en las PHIIR en el campo deportivo.

En el presente estudio, el rendimiento en el test Yo-Yo IR1 tuvo una correlación moderada con la distancia total cubierta durante la simulación de las PHIIR ( $r=0.50$ ,  $p < 0.05$ ). Los resultados del presente estudio concuerdan con los de estudios previos que han demostrado que el test Yo-Yo IR1 es una herramienta efectiva para monitorear las adaptaciones al entrenamiento en jugadores de fútbol (17, 18). Por ejemplo, los valores de rendimiento para el test Yo-Yo IR1 en jugadoras ( $r=0.56$ ,  $p < 0.05$ ) (18) y jugadores ( $r=0.53$ ,  $p < 0.05$ ) (17) de fútbol de nivel elite han mostrado correlacionar moderadamente con la distancia total cubierta durante un partido de fútbol de 90 minutos. Estas correlaciones indican que el test Yo-Yo IR1 puede dar una estimación válida del rendimiento en las PHIIR y ser un test práctico y útil para detectar cambios en el rendimiento de las PHIIR.

## **Aplicaciones Prácticas**

Los resultados del presente estudio indican que el LT es una capacidad fisiológica importante relacionada al rendimiento en las PHIIR. Este hallazgo demuestra la importancia de incrementar el LT para mejorar el rendimiento durante la competencia en deportes de conjunto. Un mayor LT puede permitir que los atletas se desempeñen a una mayor intensidad durante más tiempo, permitiendo que estos jugadores sean más activos y por lo tanto estén más próximos al balón durante el partido. De esta manera, nosotros sugerimos que los programas de entrenamiento para la mejora de la aptitud física estén dirigidos a la mejora del LT. Los resultados del presente estudio también muestran que el rendimiento en las PHIIR puede ser monitoreado con el uso de el test Yo-Yo IR1, el test RSA de 5 × 6 segundos en cicloergómetro, con el test de Wingate de 30 segundos, o mediante la determinación de la  $V_{m\acute{a}x}$  o el LT. Sin embargo, debido a la simplicidad y a la especificidad de las PHIIR, nosotros recomendamos la utilización del test Yo-Yo IR1 para monitorear los cambios en el rendimiento en atletas de deportes de conjunto.

## **Agradecimientos**

Los autores desean agradecer al Dr. Carlo Costagna de la Escuela de Deportes y Ciencias del Ejercicio, Facultad de Medicina y Cirugía, Universidad e Roma Tor Vergata, Roma, Italia, por su asistencia en la revisión del manuscrito.

## **Dirección para el Envío de Correspondencia**

Dr. Aaron Coutts, E-mail: Aaron.Coutts@uts.edu.au

## REFERENCIAS

1. Abt, G.A., P.R.J. Reaburn, M. Holmes, and T. Gear (2003). Changes in peak speed during prolonged high-intensity exercise that simulates team sport play. *J. Sports Sci.* 21:256-257
2. Bangsbo, J., and F. Lindquist (1992). Comparison of various exercise tests with endurance performance during soccer in professional players. *Int. J. Sports Med.* 13:125-132
3. Bishop, D., S. Lawrence, and M. Spencer (2003). Predictors of repeated-sprint ability in elite female hockey players. *J. Sci. Med. Sport.* 6:199-209
4. Bishop, D., M. Spencer, R. Duffield, and S. Lawrence (2001). The validity of a repeated sprint ability test. *J. Sci. Med. Sport.* 4:19-29
5. Castagna, C., G.A. Abt, and S. D'Ottavio (2002). Relation between fitness tests and match performance in elite Italian soccer referees. *J. Strength Cond. Res.* 16:231-235
6. Castagna, C., G.A. Abt, and S. D'Ottavio (2002). The relationship between selected blood lactate thresholds and match performance in elite soccer referees. *J. Strength Cond. Res.* 16:623-627
7. Castagna, C., and S. D'Ottavio (2001). Effect of maximal aerobic power on match performance in elite soccer referees. *J. Strength Cond. Res.* 15:420-425
8. Cheetham, M.E., C. Williams, and H.K. Lakomy (1985). A laboratory running test: Metabolic responses of sprint and endurance trained athletes. *Br. J. Sports Med.* 19:81-84
9. Coutts, A.J., P.R.J. Reaburn, and G.A. Abt (2003). Heart rate, blood lactate concentrations, and estimated energy expenditure in a semi-professional rugby league team during match play: A case study. *J. Sports Sci.* 21:97-103
10. Drust, B., T. Reilly, and N.T. Cable (2000). Physiological responses to laboratory-based soccer-specific intermittent and continuous exercise. *J. Sports Sci.* 18:885-892
11. Duthie, G., D. Pyne, and S.L. Hooper (2003). The reliability of video-based time motion analysis. *J. Hum. Movement Stud.* 44:259-272
12. Duthie, G., D.B. Pyne, and S.L. Hooper (2005). Time motion analysis of 2001 and 2002 super 12 rugby. *J. Sports Sci.* 23:523-530
13. Fell, J.W., J.M. Rayfield, J.P. Gulbin, and P.T. Gaffney (1998). Evaluation of the Accusport lactate analyzer. *Int. J. Sports Med.* 19:199-204
14. Fitzsimons, M., B. Dawson, D. Ward, and A. Wilkinson (1993). Cycling and running tests of repeated sprint ability. *Aust. J. Sci. Med. Sport.* 25:82-87
15. Foster, C., J.A. Florhaug, J. Franklin, L. Gottschall, L.A. Hrovatin, S. Parker, P. Doleshal, and C. Dodge (2001). A new approach to monitoring exercise training. *J. Strength Cond. Res.* 15:109-115
16. Krustrup, P., M. Mohr, T. Amstrup, T. Rysgaard, J. Johansen, A. Steensberg, P.K. Pedersen, and J. Bangsbo (2003). The Yo-Yo Intermittent Recovery test: Physiological response, reliability, and validity. *Med. Sci. Sports Exerc.* 35:697-705
17. Krustrup, P., M. Mohr, H. Ellingsgaard, and J. Bangsbo (2005). Physical demands during an elite female soccer game: Importance of training status. *Med. Sci. Sports Exerc.* 37:1242-1248
18. Lakomy, H.K. (1987). The use of a nonmotorized treadmill for analysing sprint performance. *Ergonomics.* 30:627-637
19. McInnes, S.E., J.S. Carlson, C.J. Jones, and M.J. McKenna (1995). The physiological load imposed on basketball players during competition. *J. Sports Sci.* 13:387-397
20. Meir, R., P. Colla, and C. Milligan (2001). Impact of the 10-meter rule change on professional rugby league: Implications for training. *Strength Cond. J.* 23:(6) 42-46
21. Mohr, M., H. Ellingsgaard, H. Andersson, J. Bangsbo, and P. Krustrup (2003). Physical demands in high-level female soccer—Application of fitness tests to evaluate match performance. *J. Sports Sci.* 22:552-553
22. Ohashi, J., M. Isokawa, H. Nagahama, and T. Ogushi (1993). The ratio of physiological intensity of movements during soccer match-play. In: *Science and Football II. T. Reilly, J. Clarys, and A. Stibbe, eds. London: E & FN Spon, pp. 124-128*
23. Rampinini, E., R. Sassi, A. Sassi, and F.M. Impellizzeri (2004). Soccer performance: Relationships with opponents. In: *9th Annual Congress European College of Sport Science. Clermont-Ferrand, France: European College of Sport Science, p. 354*
24. Reilly, T (2003). Motion analysis and physiological demands. In: *Science and Soccer. T. Reilly and A.M. Williams, eds. London: Routledge, pp. 59-72*
25. Reilly, T., and D. Gilbourne (2003). Science and football: A review of applied research in the football codes. *J. Sports Sci.* 21:693-705
26. Smaros, G (1980). Energy usage during a football match. In: *Proceedings of the 1st International Congress of Sports Medicine Applied to Football. L. Vecchiet, ed. Rome: D. Guanillo, pp. 795-801*
27. Spencer, M., S. Lawrence, C. Rechichi, D. Bishop, B. Dawson, and C. Goodman (2004). Time-motion analysis of elite field hockey, with special reference to repeated-sprint activity. *J. Sports Sci.* 22:843-850

### Cita Original

Xue-Qiang Wang, Jie-Jiao Zheng, Zhuo-Wei Yu, Xia Bi, Shu-Jie Lou, Jing Liu, Bin Cai, Ying-Hui Hua, Mark Wu, Mao-Ling Wei, Hai-Min Shen, Yi Chen, Yu-Jian Pan, Guo-Hui Xu y Pei-Jie Chen (2012) A Meta-Analysis of Core Stability Exercise versus General Exercise for Chronic Low Back Pain. *PLoS ONE* (12): e52082. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0052082>