

apunts

MEDICINA DE L'ESPORT

www.apunts.org



ORIGINAL

## Respuestas fisiológicas y neuromusculares en sprints repetidos con cambio de dirección y en línea recta

Juliano dal Pupo<sup>a,\*</sup>, Daniele Detanico<sup>a</sup>, Lorival J. Carminatti<sup>a,b</sup> y Saray G. Santos<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Biomechanics Laboratory, Sports Center, Federal University of Santa Catarina, Florianópolis, Brasil

<sup>b</sup> Human Performance Research Laboratory, State University of Santa Catarina SC, Florianópolis, Brasil

Recibido el 16 de agosto de 2012; aceptado el 27 de noviembre de 2012

### PALABRAS CLAVE

Capacidad de sprints repetidos;  
Equipo deportivo;  
Fuerza muscular;  
Lactato en sangre

### Resumen

**Introducción:** El objetivo de este estudio fue comparar y relacionar el rendimiento en sprints repetidos con cambio de dirección (ERCD) y en línea recta (ERLR), y comparar las respuestas fisiológicas y neuromusculares obtenidas post-ERCD y post-ERLR.

**Material y métodos:** Formaron parte del estudio 14 jugadores de fútbol sala que realizaron sprints (25 m) con cambio de dirección y en línea recta. Se evaluó el rendimiento en los sprints (tiempo medio, mejor tiempo e índice de fatiga) y el *countermovement jump* (CMJ) antes y después de las 2 pruebas, además de las concentraciones de lactato en sangre ( $LAC_{PICO}$ ) después de los sprints.

**Resultados:** El tiempo medio (TM) y mejor tiempo (MT) fueron más bajos en los ERLR ( $p < 0,01$ ), mientras que el índice de fatiga fue más bajo en los ERCD ( $p = 0,02$ ). Se observaron correlaciones significativas entre TMLR y TMCD ( $r = 0,79$ ), así como entre MTLR y MTCD ( $r = 0,69$ ). Se encontraron diferencias significativas en el rendimiento del CMJ entre los valores basales y post-ERLR ( $p = 0,01$ ), así como entre los valores basales con el post-ERCD ( $p = 0,02$ ). No hubo diferencias significativas entre el rendimiento del CMJ ( $p = 0,08$ ) y  $LAC_{PICO}$  ( $p = 0,09$ ), i entre post-ERLR y post-ERCD.

**Conclusiones:** A pesar de las diferencias entre MT y TM en las 2 pruebas de sprints repetidos, el TM presentó gran correlación en ambos tests, sugiriendo que la capacidad de sprints repetidos es una calidad general y no depende de los cambios de dirección. Además, tanto la demanda glucolítica como la neuromuscular no fueron muy distintas en las 2 pruebas de sprints.

© 2012 Consell Català de l'Esport. Generalitat de Catalunya. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

\*Autor para correspondencia.

Correo electrónico: dalpupo@gmail.com (J. dal Pupo).

**KEYWORDS**

Repeated sprint ability;  
Team sports;  
Muscle power;  
Blood lactate

## Physiological and neuromuscular responses in the shuttle and straight line-repeated sprint running

**Abstract**

*Introduction:* The aim of the present study was to compare and analyze the performance in the shuttle (RSS) and straight line (RSL) repeated sprint running and to compare the physiological and neuromuscular responses obtained post-RSL and post-RSS.

*Material and methods:* Fourteen male futsal players performed 25 m sprints in a straight line and with a change of direction. The sprint performances (mean time, best time and fatigue index), countermovement jump (CMJ) performance were evaluated before and after both tests, as well as measuring blood lactate concentrations ( $LAC_{PEAK}$ ) after the sprints.

*Results:* The mean time (MT) and best time (BT) were lower in the RSL ( $P < .01$ ), while the fatigue index was lower in the RSS ( $P = .02$ ). Significant correlations were found between  $MT_{RSL}$  and  $MT_{RSS}$  ( $r = .79$ ), as well as between  $BT_{RSL}$  and  $BT_{RSS}$  ( $r = .69$ ). Significant differences in CMJ performance were recorded between baseline and post-RSL ( $P = .01$ ), as well as between baseline and post-RSS ( $P = .02$ ). No significant differences were found between CMJ performance ( $P = .08$ ) and  $LAC_{PEAK}$  ( $P = .09$ ) and post-RSL and post-RSS.

*Conclusions:* It was concluded that, despite the differences in BT and MT in the two models of repeated sprints, the MT in both tests correlated well, suggesting that repeated sprint ability is a general quality and independent of changing direction. Moreover, both the glycolytic and neuromuscular demand did not differ between the two sprints models.

© 2012 Consell Català de l'Esport. Generalitat de Catalunya. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

**Introducción**

El fútbol sala es un deporte intermitente y acíclico, en el que se realizan distintos tipos de acción que requieren la contribución de distintos sistemas de energía<sup>1,3</sup>. Teniendo en cuenta la duración total del esfuerzo, el metabolismo predominante durante un partido de fútbol sala es el aeróbico; sin embargo, en las acciones decisivas en las que hay que realizar esfuerzos breves e intensos el metabolismo anaeróbico es la fuente principal de suministro de energía<sup>1,4</sup>.

El análisis del tiempo y de los desplazamientos en los deportes de equipo ha revelado que los momentos decisivos de un partido suelen ir precedidos de sprints cortos de intensidad elevada cuyo recorrido oscila entre los 10 y los 30 m y cuya duración es de entre 2 y 4 s<sup>4</sup>. Además, en un estudio reciente se ha demostrado que los jugadores profesionales de fútbol sala, durante un partido real, pasaban entre un 5 y un 12 % del tiempo del partido realizando sprints y carreras de intensidad elevada (velocidad  $> 15 \text{ km h}^{-1}$ )<sup>1</sup>. La capacidad de repetir estos sprints de intensidad elevada y duración corta después de períodos breves de recuperación se denomina capacidad de sprint repetido (CSR)<sup>5</sup>, y se ha considerado uno de los componentes principales de la condición física en los deportes de equipo<sup>4,6</sup>.

Con el objetivo de evaluar la demanda fisiológica de la CSR, se han propuesto varias pruebas. En fútbol sala es posible encontrar pruebas que midan la distancia del sprint, el número de repeticiones, la duración del intervalo entre sprints y la característica de recuperación (activa o pasiva). Además, la capacidad de cambiar de dirección se ha considerado también un prerrequisito importante para el rendimiento en deportes de equipo<sup>7,8</sup>. En este sentido, los cam-

bios de dirección se han introducido en algunas pruebas de CSR y durante sesiones de entrenamiento de sprints repetidos<sup>9,12</sup>.

A pesar de presentar una mayor especificidad en las acciones del partido, las pruebas de CSR con cambios de dirección han sido cuestionadas porque requieren una elevada demanda neuromuscular<sup>10</sup>, lo que podría ser un factor limitador o conflictivo a la hora de evaluar la capacidad anaeróbica. Tal como mencionan Brughelli et al.<sup>7</sup> y Young et al.<sup>13</sup>, puesto que cada cambio de dirección requiere una fuerza de frenado seguida de una fuerza de propulsión, los niveles de fuerza muscular pueden determinar la prueba de rendimiento. Además, los datos obtenidos en las pruebas de campo sugieren que, al introducir cambios de dirección, parece que las concentraciones de lactato se incrementan después del ejercicio, lo que indica un incremento del metabolismo glucolítico<sup>14</sup>. Por esto, algunos investigadores han cuestionado que la velocidad del sprint en línea recta y la capacidad de cambiar de dirección puedan representar cualidades físicas distintas<sup>7,10,15</sup>.

Aunque existen varios modelos de pruebas de CSR validadas, no hay pruebas concluyentes que indiquen si existen diferencias en las respuestas metabólicas y sobre todo neuromusculares de los modelos de SR en línea recta y con cambio de dirección que se realizan en el fútbol sala. Además, es importante subrayar si las respuestas en sprints aislados se aplican también a CSR. Basándonos en estos supuestos, los objetivos de este estudio fueron los siguientes: (i) comparar y relacionar el rendimiento en los sprints repetidos con cambio de dirección ( $SR_{CD}$ ) y en línea recta ( $SR_{LR}$ ), y (ii) comparar las respuestas fisiológicas (concentración de lactato en sangre) y neuromusculares (fuerza muscular de las extremidades inferiores) obtenidas post- $SR_{CD}$  y post- $SR_{LR}$ .

## Material y métodos

### Diseño

Este estudio se clasificó como descriptivo, dado que se analizaban las respuestas fisiológicas y neuromusculares en la prueba de CSR con cambio de dirección y se comparaban con la prueba tradicional de CSR en línea recta. Por otro lado, en este estudio se intentó verificar si los sprints en línea recta y con cambio de dirección pueden representar cualidades físicas similares o distintas mediante la correlación con las variables de rendimiento (mejor tiempo y tiempo medio) entre las pruebas de CSR.

### Participantes

Formaron parte del estudio 14 jugadores de fútbol sala de nivel regional y de categoría Sub17 (altura:  $1,70 \pm 0,06$  m; masa corporal:  $63,34 \pm 7,73$  kg) del equipo Florianópolis de Brasil. El tamaño de esta muestra, con una probabilidad de error  $\alpha$  igual a 0,05 y dado el tamaño del efecto, presentaba una fuerza media de 0,98 en el análisis de correlación y de 0,84 en el análisis comparativo.

Los sujetos asistieron a sesiones regulares de entrenamiento de fútbol sala (entrenamiento físico + técnico/táctico) cuatro días por semana. La selección de los sujetos fue intencionada, no probabilística y se tuvieron en cuenta los criterios siguientes: no debían tener ningún trastorno musculoesquelético ni ninguna lesión, y debían presentar un certificado médico en el que se asegurara que gozaban de buena salud y podían participar en la prueba. Se recibió el consentimiento informado por escrito de todos los participantes y tutores legales de los jugadores menores de edad, después de una explicación breve pero detallada de los objetivos, los beneficios y los riesgos que esta investigación implicaba. De acuerdo con la declaración de Helsinki, el comité ético de la universidad local aprobó todos los procedimientos. Se indicó a los participantes que eran libres de abandonar el estudio en cualquier momento.

### Procedimientos

En dos ocasiones distintas (separadas por 48 h) los participantes realizaron, por orden aleatorio, dos pruebas de dos sprints máximos repetidos de 25 m, en línea recta o con cambio de dirección ( $180^\circ$ ). Se evaluó la fuerza muscular de las extremidades inferiores a través del rendimiento del salto con contramovimiento (CMJ), antes y después de ambas pruebas de sprint repetido (SR), y también se midieron las concentraciones de lactato en sangre después de SR. Antes de las pruebas los sujetos se familiarizaron con los procedimientos del test y realizaron un calentamiento, que consistió en 5 min de carrera de baja intensidad (footing) seguidos de 5 sprints progresivos ( $\sim 25$  m). Todas las pruebas se llevaron a cabo en una pista de fútbol sala con una temperatura ambiente que oscilaba entre 24 y  $26^\circ\text{C}$ . Los deportistas fueron evaluados durante la temporada habitual de competición y recibieron instrucciones de abstenerse de realizar entrenamientos de intensidad elevada durante el período de recogida de datos.

### Evaluación de la capacidad de sprint repetido

Los deportistas realizaron el protocolo de CSR descrito por Buchheit et al.<sup>10</sup>, que consistía en 2 series de 6 sprints máximos repetidos de 25 m: (i) sprint repetido en línea recta ( $\text{SR}_{\text{LR}} - 6 \text{ m} \times 25 \text{ m}$ ); (ii) sprint repetido con cambio de dirección ( $\text{SR}_{\text{CD}} - 6 \times [2 \times 12,5 \text{ m}]$ ) de  $180^\circ$ . Entre cada sprint había una recuperación activa de 10 s, y 5 s antes del inicio de cada sprint se pedía a los sujetos que se prepararan y estuvieran atentos a la señal de inicio. Los participantes recibieron instrucciones de terminar todos los sprints tan rápido como fuera posible y se animó verbalmente a cada sujeto durante todos los sprints. La secuencia de las pruebas (primer día  $\times$  segundo día) fue aleatoria.

Se utilizaron dos fotocélulas electrónicas (Speed Test 4.0, CEFISE, Brasil) para registrar los tiempos de los sprints, colocadas a 25 m de distancia una de otra en el  $\text{SR}_{\text{LR}}$  y a 12,5 m en el  $\text{SR}_{\text{CD}}$ . A partir de las pruebas de CSR se obtuvieron las variables siguientes: MT, TM e IF, calculadas de acuerdo con la ecuación:  $\text{IF} = [(\Sigma \times /6 \times \text{MT}) - 1] \times 100^{16}$ .

### Evaluación de la fuerza muscular de las extremidades inferiores

Para medir la fuerza muscular de las extremidades inferiores los deportistas realizaron tres CMJ en una plataforma de fuerzas piezoeléctrica (QUATTRO JUMP, modelo 9290AD, Winterthur, Suiza) a una frecuencia de 500 Hz. A partir de la fuerza vertical de reacción del suelo medida por la plataforma se pudo obtener la altura del salto (considerada el mejor indicador de la fuerza muscular de las extremidades inferiores)<sup>17</sup> mediante el método de la doble integración. Se seleccionó la altura media de los tres saltos para su uso en los análisis. Con el fin de verificar el efecto de los sprints repetidos en los niveles de fuerza muscular, el CMJ se realizó en tres momentos: el primer día se establecieron los valores basales antes de una prueba seleccionada aleatoriamente ( $\text{SR}_{\text{LR}}$  o  $\text{SR}_{\text{CD}}$ ) y 1 min después de la prueba de sprint seleccionada, y el segundo día 1 min después de la prueba de sprint ( $\text{SR}_{\text{LR}}$  o  $\text{SR}_{\text{CD}}$ ).

### Medición de las concentraciones de lactato en sangre

Para calcular el aporte de la vía glucolítica en las pruebas de capacidad de sprint repetido ( $\text{SR}_{\text{LR}}$  y  $\text{SR}_{\text{CD}}$ ) se tomó una muestra de 25  $\mu\text{l}$  de sangre del lóbulo de la oreja mediante un tubo capilar heparinizado en los minutos 3, 5, 7, 9 y 11 del período de recuperación para medir el lactato en sangre. Las muestras de sangre se guardaron en tubos sellados de polietileno de 1,0 ml con 50  $\mu\text{l}$  de solución (fluoruro de sodio, 1%) y se analizaron más tarde con un analizador electroquímico YSI 2700 del modelo Stat Select (YSI Incorporate, Yellow Springs, EE. UU.). Los equipos se calibraron antes de cada medición de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Se analizó la concentración máxima de lactato en sangre ( $\text{LAC}_{\text{pico}}$ ) durante el período de recuperación.

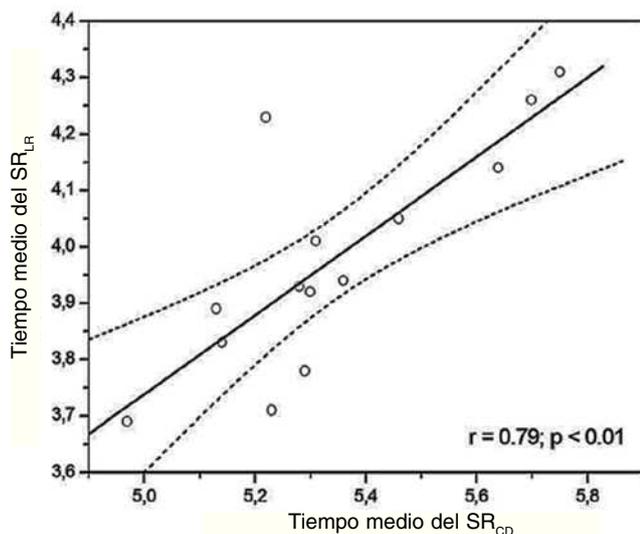
### Análisis estadístico

La distribución de cada variable se examinó con el test de normalidad de Shapiro-Wilk, mientras que la homogeneidad de la varianza se verificó con la prueba de Levene. Los datos descriptivos se presentaron como medias y desviación estándar. Se utilizaron el análisis de la varianza de las mediciones repetidas y la prueba post hoc de Bonferroni para comparar

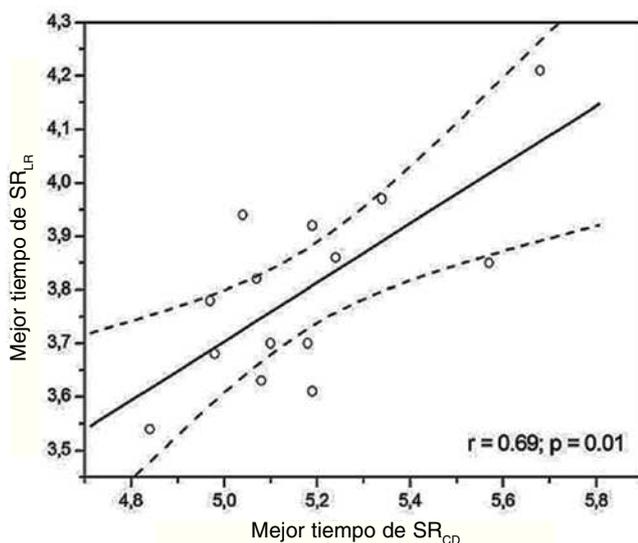
**Tabla 1** Variables de rendimiento (TM, MT, IF) registrados en las pruebas de capacidad de SRLR y de SRCD)

	SRLR	SRCD	p
TM (s)	3,98 ± 0,20	5,34 ± 0,23	< 0,01
MT (s)	3,80 ± 0,18	5,17 ± 0,23	< 0,01
IF (%)	4,67 ± 1,95	3,24 ± 1,38	0,02

SRCD, sprint repetido con cambio de dirección; SRLR, sprints repetidos en línea recta.



**Figura 1** Relación entre los tiempos medios de sprint registrados durante las pruebas de capacidad de sprint repetido en línea recta ( $SR_{LR}$ ) y con cambio de dirección ( $SR_{CD}$ ).



**Figura 2** Relación entre los mejores tiempos de sprint registrados durante las pruebas de capacidad de sprint repetido en línea recta ( $SR_{LR}$ ) y con cambio de dirección ( $SR_{CD}$ ).

los valores basales, post- $SR_{LR}$  y post- $SR_{CD}$  de la fuerza muscular de las extremidades inferiores. Además, se utilizó una prueba t de Student para datos apareados para comparar la  $LAC_{PICO}$  post- $SR_{LR}$  y post- $SR_{CD}$ . Se empleó la correlación lineal de Pearson para determinar la relación individual entre las variables de rendimiento (tiempo medio y mejor tiempo) en  $SR_{LR}$  y  $SR_{CD}$ . Se adoptó el criterio siguiente para interpretar la magnitud de la correlación: < 0,1, trivial; > 0,1-0,3, pequeña; > 0,3-0,5, moderada; > 0,5-0,7, grande; > 0,7-0,9, muy grande, y > 0,9-1,0, casi perfecta<sup>18</sup>. El nivel de significación adoptado se estableció en  $p < 0,05$ .

## Resultados

En la tabla 1 se presentan las variables de rendimiento de  $SR_{LR}$  y  $SR_{CD}$ . Los deportistas presentaron un TM menor y un MT en  $SR_{LR}$ ; sin embargo, el índice de fatiga fue inferior en  $SR_{CD}$ .

En la figura 1 y la figura 2 se muestran las correlaciones del TM y el MT, respectivamente, entre 2 modelos de SR. Se observaron correlaciones significativas entre  $TM_{SRLR}$  y  $TM_{SRCD}$  ( $r = 0,79$ ;  $p < 0,01$ ), así como entre  $MT_{SRLR}$  y  $MT_{SRCD}$  ( $r = 0,69$ ;  $p = 0,01$ ). La magnitud de la primera correlación se clasificó como «muy grande» y la segunda correlación, como «grande».

En la tabla 2 se presenta la comparación del rendimiento del CMJ en tres momentos: valores basales, 1 min post- $SR_{LR}$  y 1 min post- $SR_{CD}$ . Se observaron diferencias significativas entre los valores basales y post- $SR_{LR}$  ( $p = 0,01$ ), así como entre los valores basales y post  $SR_{CD}$  ( $p = 0,02$ ). No se encontró ninguna diferencia significativa del rendimiento del CMJ entre post  $SR_{LR}$  y post  $SR_{CD}$  ( $p = 0,08$ ). Las concentraciones de lactato en sangre después del ejercicio se presentan también en la tabla 2. No se observaron diferencias significativas ( $p = 0,09$ ) en la  $LAC_{PICO}$  durante el período de recuperación posterior a  $SR_{LR}$  y  $SR_{CD}$ .

## Discusión

En este estudio se investigaron las diferencias de rendimiento y las respuestas neuromusculares y metabólicas en las pruebas de SR en línea recta y con un cambio de dirección de  $180^\circ$  en jugadores de fútbol sala. Tal como esperábamos, el tiempo medio y el mejor tiempo fueron mayores en el  $SR_{CD}$ . Este mayor tiempo (25,46% para el TM y 26,49% para el MT) fue similar al que observaron Buchheit et al.<sup>10</sup> y estaba relacionado con la desaceleración, el frenado y la reaceleración realizados durante los sprints con cambio de dirección<sup>7,13,15</sup>.

El análisis de correlación entre las variables de rendimiento del SR tuvo el objetivo de verificar si el MT y el TM del  $SR_{LR}$  serían válidos para evaluar estas mismas variables en el  $SR_{CD}$  o viceversa. Con relación al TM, considerado un indicador de la capacidad anaeróbica, la correlación «muy grande» entre los dos modelos del SR sugiere que esta capacidad física se evalúa aparentemente igual en ambas pruebas de SR, independientemente del cambio de dirección. Las correlaciones superiores a 0,71 (es decir,  $r^2 > 0,5$ ) nos permiten afirmar que el TM se considera una «calidad general» porque a este nivel la variación común es superior al 50%. En cuanto al MT, la correlación entre las pruebas de SR, aun siendo significativa, fue de menor magnitud (grande) e inferior a 0,71 (es decir, variación común

**Tabla 2** Comparación del CMJ y la concentración máxima de lactato en sangre entre los valores basales y después de las pruebas de capacidad de sprint repetido en línea recta (SRLR) y con cambio de dirección (SRCD).

	Valores basales	Post SRLR	Post SRCD
CMJ (cm)	43,52 ± 1,48 <sup>a</sup>	41,68 ± 1,25 <sup>b</sup>	40,37 ± 1,28 <sup>b</sup>
LAC <sub>PIC</sub> (mmol l <sup>-1</sup> )	-	11,15 ± 2,4 <sup>a</sup>	12,23 ± 3,32 <sup>a</sup>

SRCD, sprints repetidos con cambio de dirección; SRLR, sprints repetidos en línea recta.

Las diferentes letras (a, b) muestran diferencias significativas (comparación dentro de líneas).

< 50%) y, por tanto, se considera una «cualidad específica»<sup>10</sup>. Eso significa que a menudo los deportistas evaluados en el SR<sub>LR</sub> pueden no presentar un rendimiento similar (para el mejor tiempo) cuando se les mide en el SR<sub>CD</sub>, lo que significa que otros componentes como la coordinación, el equilibrio y la fuerza muscular están relacionados con el MT del SR<sub>CD</sub><sup>7,13,15</sup>. Por otro lado, Glaister et al.<sup>19</sup> encontraron grandes correlaciones tanto del TM ( $r = 0,83$ ) como del MT ( $r = 0,83$ ) entre los sprints en línea recta y los sprints con cambio de dirección, lo que refleja una gran similitud de las demandas neuromuscular y metabólica en ambos modelos de sprint. No obstante, esta cuestión requiere ser más investigada para obtener resultados más concluyentes.

El índice de fatiga fue menor durante el protocolo con cambio de dirección e indujo un incremento del 3,24 ± 1,38% del tiempo en comparación con el 4,67 ± 1,95% obtenido en el SR<sub>LR</sub>. A pesar del menor tiempo de exposición al ejercicio, la mayor velocidad alcanzada en el SR<sub>LR</sub> puede explicar la mayor fatiga generada, tal como se demostraba también en el estudio de Buchheit et al.<sup>10</sup>. La disminución del rendimiento al final del SR parece inevitable porque existe un incremento de la fatiga. Se han sugerido varias causas de la fatiga durante el trabajo de sprint múltiple, como una falta de fosfocreatina<sup>20,21</sup> y otros mecanismos y procesos metabólicos que pueden afectar al sistema nervioso central y a los músculos<sup>22</sup>. Es sabido que la acumulación de subproductos metabólicos procedentes de la vía glucolítica como el lactato en sangre puede reducir la capacidad contráctil del músculo esquelético y la capacidad de generación de fuerza<sup>23</sup>, hecho que afecta al rendimiento. En este sentido, Gaitanos et al.<sup>24</sup> afirmaron que la LAC<sub>PICO</sub> se asociaría positivamente con el IF y, por tanto, se podrían esperar los valores máximos de la LAC<sub>PICO</sub> al final del SR<sub>LR</sub>, momento en el que se registraba el IF más elevado. Sin embargo, harán falta más estudios para dilucidar la relación entre la fatiga y la producción de lactato.

En este estudio se calculó la respuesta metabólica glucolítica en el SR mediante la concentración de lactato en sangre medida después del ejercicio, una técnica utilizada habitualmente con este objetivo<sup>25</sup>. Los valores obtenidos en el SR<sub>LR</sub> (12,23 ± 3,32 mmol L<sup>-1</sup>) no diferían de los del SR<sub>CD</sub> (11,15 ± 2,4 mmol L<sup>-1</sup>). Estos resultados fueron similares a los obtenidos por Buchheit et al.<sup>10</sup> en los mismos modelos de SR, lo que indica que el cambio de dirección no incrementa el aporte glucolítico durante la prueba. Por otro lado, Dellal et al.<sup>26</sup> observaron mayores concentraciones de lactato en sangre después de los sprints con un cambio de dirección de 180° en comparación con los sprints en línea recta, lo que sugiere una mayor demanda metabólica en el primer modelo. Según los autores, este aspecto puede explicarse por el

reclutamiento de acciones musculares adicionales en el cambio de dirección durante los sprints. No obstante, una limitación del estudio de Dellal et al.<sup>26</sup> fue que la toma de muestras de sangre se realizó solo en el minuto 3 después del ejercicio, que podía o no coincidir con la concentración máxima de lactato durante el período de recuperación. En nuestro estudio, la concentración máxima de lactato se produjo, de media, en el minuto 7 de la recuperación, tanto después del SR<sub>LR</sub> como después del SR<sub>CD</sub>.

Con el fin de evaluar la respuesta neuromuscular en los sprints repetidos con cambio de dirección y en línea recta, se comparó el rendimiento del CMJ en 2 situaciones: (i) valores basales frente a valores después del SR, y (ii) valores post-SR<sub>LR</sub> frente a valores post-SR<sub>CD</sub>. Los deportistas presentaron, como un efecto agudo del ejercicio intermitente, una reducción del rendimiento del CMJ después de ambos modelos de SR en comparación con los valores basales. Esta disminución de la fuerza muscular puede considerarse un signo de fatiga. También se ha relacionado con distintos factores que dañan el mecanismo contráctil de las fibras musculoesqueléticas<sup>21,22</sup> y, por consiguiente, a la producción de fuerza muscular.

En un estudio parecido<sup>27</sup> se analizó el rendimiento del CMJ antes y después de un protocolo de sprints repetidos en línea recta en jugadores profesionales de fútbol. A diferencia de los resultados obtenidos en este estudio, la fuerza muscular no disminuyó después de los sprints repetidos. Los autores indicaron que este mantenimiento fue posible probablemente gracias a la tolerancia a la fatiga y a la capacidad amortiguadora de la acidosis metabólica, causada por el desequilibrio entre la producción y el consumo de iones de H<sup>+</sup> como consecuencia del ejercicio<sup>28</sup>. La eficiencia de este mecanismo se considera un atributo importante de la CSR<sup>6</sup>. Aun así, quizás este mecanismo no esté bien desarrollado en los deportistas jóvenes de este estudio, porque todavía se encuentran en un período de desarrollo de algunas cualidades físicas como la capacidad anaeróbica, lo que puede explicar nuestros resultados.

Según los resultados de este estudio, no hubo diferencia entre el rendimiento del CMJ obtenido 1 min post-SR<sub>LR</sub> y el obtenido 1 min post-SR<sub>CD</sub>, lo que indica que los efectos agudos (disminución de la fuerza muscular) derivados del cambio de dirección no diferían del modelo tradicional en línea recta. Tal como mencionaron Brughelli et al.<sup>7</sup>, puesto que cada cambio de dirección requiere una fuerza de frenado seguida de una fuerza de propulsión (desaceleración y aceleración), se producirá un incremento de la intensidad del ejercicio en el SR<sub>CD</sub>, lo que implica unas demandas metabólica y neuromuscular superiores a las del SR<sub>LR</sub>. Basándonos en estos aspectos, pudimos

plantear la hipótesis que en este estudio el rendimiento del CMJ podía presentar mayores disminuciones después del  $SR_{CD}$ . Por otro lado, en los sprints en línea recta, debido a aspectos biomecánicos como la mayor longitud de la zancada y el mejor uso del ciclo de estiramiento-acortamiento<sup>29</sup>, se desarrolla una mayor velocidad de carrera, que requiere asimismo acciones musculares elevadas.

Se requieren otros estudios para controlar la actividad electromiográfica con el objetivo de analizar el reclutamiento muscular durante los sprints repetidos y obtener resultados más concluyentes acerca de aspectos neuromusculares.

## Conclusiones

Concluimos que, a pesar de diferencias en las variables de rendimiento (MT y TM) de los dos modelos de sprints repetidos (con o sin cambio de dirección), el tiempo medio en ambas pruebas estuvo muy relacionado, lo que sugiere que la capacidad de sprint repetido es una cualidad general e independiente del cambio de dirección. Además, a partir de nuestros resultados es posible concluir que la demanda glucolítica y neuromuscular no difería entre los dos modelos de sprints realizados por los jugadores de fútbol sala.

Esta información puede ayudar a los entrenadores de fútbol sala a diseñar programas de ejercicios intermitentes de entrenamiento que induzcan respuestas de entrenamiento diferentes utilizando una forma clásica (en línea recta) o específica (con cambio de dirección) de ejercicio intermitente.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a todos los deportistas del FUCAS su colaboración, y al grupo del Laboratorio de Biomecánica (LABIOMECC-UFSC) y al grupo del Laboratorio de Esfuerzo Físico (LAEF-UFSC) su apoyo.

Los resultados de este estudio no constituyen una aprobación del producto por parte de los autores o la revista.

## Bibliografía

- Barbero-Alvarez JC, Soto VM, Barbero-Alvarez V, Granda-Vera J. Match analysis and heart rate of Futsal players during competition. *J Sports Sci*. 2008;26:63-73.
- Castagna C, D'Ottavio S, Vera JG, Alvarez JC. Match demands of professional Futsal: A case study. *J Sci Med Sport*. 2009;12:490-4.
- Rebelo AN, Oliveira J. Association between speed, agility and muscular power of pro soccer players. *Port J Sports Sci*. 2006;6:342-8.
- Spencer M, Bishop D, Dawson B, Goodman C. Physiological and metabolic responses of repeated-sprint activities: specific to field-based team sports. *Sport Med*. 2005;35:1025-44.
- Impellizzeri FM, Rampinini E, Marcora SM. Physiological assessment of aerobic training in soccer. *J Sports Sci*. 2005;23:583-92.
- Bishop D, Edge J, Goodman C. Muscle buffer capacity and aerobic fitness are associated with repeated-sprint ability in women. *Eur J Appl Physiol*. 2004;92:540-7.
- Brughelli M, Cronin J, Levin G, Chaouachi A. Understanding change of direction ability in sport: A review of resistance training studies. *Sports Med*. 2008;38:1045-63.
- Castagna C, Barbero-Alvarez JC. Physiological demands of an intermittent futsal-oriented high-intensity test. *J Strength Cond Res*. 2010;24:2322-9.
- Bravo DF, Impellizzeri FM, Rampinini E, Castagna C, Bishop D, Wisloff U. Sprint vs. interval training in football. *Int J Sports Med*. 2008;29:668-74.
- Buchheit M, Bishop D, Haydar B, Nakamura FY, Ahmaidi S. Physiological responses to shuttle repeated-sprint running. *Int J Sports Med*. 2010;31:402-9.
- Buchheit M, Mendez-Villanueva A, Delhomel G, Brughelli M, Ahmaidi S. Improving repeated sprint ability in young elite soccer players: Repeated shuttle sprints vs. explosive strength training. *J Strength Cond Res*. 2010;24:2715-22.
- Impellizzeri FM, Rampinini E, Castagna C, Bishop D, Bravo D, Tibaudi A, et al. Validity of a repeated-sprint test for football. *Int J Sports Med*. 2008;29:899-905.
- Young WB, James R, Montgomery L. Is muscle power related to running speed with changes of direction? *J Sports Med Phys Fitness*. 2002;43:282-8.
- Ahmaidi S, Collomp K, Prefaut C. The effect of shuttle test protocol and the resulting lactacidaemia on maximal velocity and maximal oxygen uptake during the shuttle exercise test. *Eur J Appl Physiol*. 1992;65:475-9.
- Chaouachi A, Vincenzo M, Chaalali A, Wong DP, Chamari C, Castagna C. Determinants analysis of change of direction ability in elite soccer players. *J Strength Cond Res*. 2012;26:2667-76.
- Fitzsimmons M, Dawson B, Ward D, Wilkinson A. Cycling and running tests of repeated sprint ability. *Aust J Sci Med Sport*. 1993;25:82-7.
- Knudson DV. Correcting the use of the term 'power' in the strength and conditioning literature. *J Strength Cond Res*. 2009;23:1902-8.
- Hopkins WG, Marshall SW, Batterham AM, Hanin J. Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Med Sci Sports Exerc*. 2009;41:3-13.
- Glaister M, Hauck H, Abraham CS, Merry KL, Beaver D, Woods B, et al. Familiarization, reliability, and comparability of a 40-m maximal shuttle run test. *J Sports Sci Med*. 2009;8:77-82.
- Bogdanis GC, Nevill ME, Boobis IH. Contribution of phosphocreatine and aerobic metabolism to energy supply during repeated sprint exercise. *J Appl Physiol*. 1996;80:876-84.
- Glaister M. Multiple sprint work: Physiological responses, mechanisms of fatigue and the influence of aerobic fitness. *Sports Med*. 2005;35:757-77.
- Leppik JA, Aughey RJ, Medved I, Fairweather I, Carey MF, McKenna MJ. Prolonged exercise to fatigue in humans impairs skeletal muscle Na<sup>+</sup> K<sup>+</sup> ATPase activity, sarcoplasmic reticulum Ca<sup>2+</sup> release, and Ca<sup>2+</sup> uptake. *J Appl Physiol*. 2004;97:1414-23.
- Fitts RH. Cellular mechanisms of fatigue muscle. *Physiol Rev*. 1994;74:49-94.
- Gaitanos GC, Williams C, Boobis LH, Brooks S. Human muscle metabolism during intermittent maximal exercise. *J Appl Physiol*. 1993;75:712-9.
- Di Prampero PE, Ferretti G. The energetics of anaerobic muscle metabolism: A reappraisal of older and recent concepts. *Respir Physiol*. 1999;1:10-5.
- Dellal A, Keller D, Carling C, Chaouachi A, Wong DP, Chamari K. Physiologic effects of directional changes in intermittent exercise in soccer players. *J Strength Cond Res*. 2010;24:3219-26.
- Dal Pupo J, Almeida CMP, Detanico D, Silva JF, Guglielmo LGA, Santos SG. Muscle power and repeated sprint ability in soccer players. *Braz J Kinesiol Hum Perform*. 2010;12:255-61.
- Robergs RA, Ghiasvand F, Parker D. Biochemistry of exercise-induced metabolic acidosis. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. 2004;287:502-16.
- Smirniotou A, Katsikas C, Paradisi G, Argeitaki P, Zacharogianis E, Tziortzis S. Strength-power parameters as predictors of sprinting performance. *J Sports Med Phys Fit*. 2008;48:447-54.