

Relationship between power and isometric strength with the repeat sprint ability in male professional soccer players

Relación entre potencia y fuerza isométrica con la capacidad de repetir sprint en futbolistas profesionales varones

Francisco Vidal Maturana¹, Noé Gajardo Cid¹, Pablo Merino-Muñoz^{2,3}, Felipe Hermosilla-Palma⁴, Pablo Valdés-Badilla^{5,6}, Tomás Herrera-Valenzuela^{1*}

¹ Escuela de Ciencias de la Actividad Física, el Deporte y la Salud. Facultad de Ciencias Médicas, Universidad de Santiago de Chile (USACH), Chile.

² Programa de Ingeniería Biomédica, COPPE, Universidad Federal de Río de Janeiro, Río de Janeiro, Brasil.

³ Núcleo de investigación en Ciencias de la Motricidad Humana, Universidad Adventista de Chile, Chile.

⁴ Universidad Autónoma de Chile, Chile.

⁵ Departamento de Ciencias de la Actividad Física, Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad Católica del Maule, Talca 3530000, Chile.

⁶ Carrera de Entrenador Deportivo, Escuela de Educación, Universidad Viña del Mar, Viña del Mar 2520000, Chile.

* Correspondence: Tomás Herrera-Valenzuela; tomas.herrera@usach.cl

ABSTRACT

The aim of this study was to relate variables of countermovement jump (CMJ) and isometric mid-thigh pull (IMTP) with the performance of the repeat sprint ability (RSA) in professional soccer players, as well as to determine the differences in CMJ and IMTP results according to the RSA performance. 54 professional soccer players were evaluated (mean age= 23.1 ± 5.1 years) in which the correlations were analysed through Pearson's coefficient. Subsequently, the group was divided into above (SM; N=27) and below (BM; N= 27) the median according to RSA performance in three variables and the student's t-test for independent samples was used. Significant ($p \leq 0.05$) low to moderate correlations ($r = -0.27$; -0.30 ; -0.31 ; 0.46 y 0.42) were obtained in IMTP and CMJ variables with the RSA. Significant difference ($p \leq 0.05$) from moderate to large in favour of SM were found in variables of power, contact

time and peak relative force and significant differences ($p \leq 0.05$) from moderate to large in peak force and dynamic strength index in favour of BM. In conclusion, there is a relationship between power variables and relative isometric strength with RSA performance in professional soccer players.

KEYWORDS

Soccer; Repeat Sprint Ability; Physical Assessment; Physiology; Biomechanics

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue relacionar variables del salto con contramovimiento (SCM) y tirón isométrico de medio muslo (TIMM) con el rendimiento de la capacidad de repetir sprint (CRS) en futbolistas profesionales y determinar las diferencias en SCM y TIMM de acuerdo con el rendimiento de CRS de los futbolistas. Fueron evaluados 54 futbolistas profesionales (edad media = 23.1 ± 5.1 años) en que se analizaron las correlaciones a través del coeficiente de Pearson. Posteriormente, se dividió al grupo por sobre (SM; N=27) y debajo (BM; N=27) la mediana según el rendimiento en CRS en tres variables y se utilizó la prueba t de student para muestras independientes. Se obtuvieron correlaciones significativas ($p \leq 0.05$) de bajas a moderadas ($r = -0.27; -0.30; -0.31; 0.46$ y 0.42) en variables de TIMM y SCM con la CRS. Se hallaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) de moderadas a grandes a favor de SM en variables de potencia, tiempo de contacto, y peak de fuerza relativa para SM y diferencias significativas ($p \leq 0.05$) de moderadas a grandes en peak de fuerza el índice de fuerza dinámica a favor de BM. En conclusión, existe una relación entre variables de potencia y fuerza isométrica relativa con el rendimiento en CRS en futbolistas profesionales.

PALABRAS CLAVE

Fútbol; Capacidad de Repetición de Sprints; Evaluación Física; Fisiología; Biomecánica

1. INTRODUCCIÓN

El fútbol es un deporte colectivo de carácter intermitente, en el que se llevan a cabo distintas acciones físicas de alta intensidad como sprint, aceleraciones, desaceleraciones, cambios de dirección y saltos, que hace que sus participantes requieran un alto grado de fuerza, potencia, resistencia y velocidad (Bloomfield et al., 2007; Dolci et al., 2020). Durante un partido de fútbol masculino profesional, los jugadores están expuestos a diferentes ritmos de juegos, lo que implica que en ciertos momentos se realicen sprint maximales o submaximales de corta duración con breves periodos de recuperación (Haugen et al., 2014). Se ha informado que cada jugador realiza entre 15 y 50 sprint

maximales o submaximales durante un partido dependiendo de la posición de juego (Burgess et al., 2006; Mohr et al., 2003; Oliva-Lozano et al., 2023; Vigne et al., 2010). Específicamente, los defensas centrales son los que menos sprint realizan, con una media de 18 sprint por partido, lo siguen, los mediocampistas centrales con 22 y los mediocampistas laterales con 32 sprint, finalmente, los defensas laterales y delanteros realizan la mayor cantidad de sprint por partido, con una media de 36 y 48 sprint respectivamente (Lopategui, 2017). De tal modo, la capacidad para repetir sprint es un factor crítico en el fútbol debido a su relevancia en situaciones claves del partido (por ejemplo, transiciones ataque-defensa o viceversa, presiones ofensivas, ataques rápidos) (Bush et al., 2015), un jugador con una buena capacidad de repetir sprint puede mantener un rendimiento constante durante el juego, lo que puede significar la diferencia entre ganar o perder (Gabbett, 2010).

Para evaluar la capacidad de repetir sprint en futbolistas, la prueba más utilizada corresponde a la prueba de sprint repetidos, que mide la capacidad de repetir sprint (CRS) (Fernandes-Da-Silva et al., 2021). Esta prueba proporciona una medida confiable y reproducible de la capacidad del atleta para mantener la velocidad en esfuerzos de sprint repetidos a lo largo del tiempo (Fernandes-Da-Silva et al., 2019; Impellizzeri et al., 2008).

Por otro lado, la fuerza muscular es un atributo físico fundamental en el fútbol y juega un papel importante en el rendimiento deportivo (Suchomel et al., 2016). Una mayor fuerza muscular está asociada con mayor producción de potencia, mayor tasa de desarrollo de la fuerza y mejor rendimiento en pruebas específicas como saltos, sprint y cambios de dirección (Lum et al., 2020; Suchomel et al., 2016). El tirón isométrico de medio muslo (TIMM), y el salto con contramovimiento (SCM) son dos pruebas ampliamente utilizadas para evaluar la fuerza y la potencia muscular en futbolistas (Mason et al., 2021). La relación que existe entre la fuerza muscular con el rendimiento en pruebas de sprint y de CRS ha sido objeto de considerable interés en la literatura científica. Investigaciones previas han constatado una correlación positiva entre la fuerza muscular y el rendimiento en el sprint. Futbolistas que exhiben una mayor fuerza en los grupos musculares implicados en la aceleración y la desaceleración demuestran un mejor desempeño tanto en sprint cortos como en sprint de distancias más largas (Magallanes et al., 2022; Seitz et al., 2014; Styles et al., 2016). Asimismo, la fuerza muscular ha mostrado ser un factor determinante sobre el rendimiento en la CRS (Gaamouri et al., 2023; González-Frutos et al., 2021).

También, se han observado correlaciones positivas entre el peak de fuerza, la tasa de desarrollo de la fuerza de 0 – 200 ms y de 0 – 250 ms medido a través de la prueba de TIMM con la velocidad media en sprint de 20 m (Lum et al., 2020). Por otra parte, se han encontrado correlaciones

significativas entre indicadores de rendimiento en CRS y variables fisiológicas. Específicamente, la velocidad a la que comienza a acumularse el lactato en sangre se correlacionó positivamente con el tiempo promedio de los sprint, mientras que, el peak de lactato se correlacionó de forma negativa con el porcentaje de pérdida de velocidad en la prueba de CRS. En ese mismo estudio, se reportaron correlaciones significativamente positivas entre pruebas de potencia indirecta (por ejemplo, altura de salto en SCM y distancia alcanzada en salto largo) con el rendimiento en CRS (Baldi et al., 2017). En ese sentido, otros autores también han reportado correlaciones positivas entre el promedio de los sprint alcanzados en una prueba de CRS con la altura de salto en SCM y el tiempo en una prueba de sprint lineal (Pareja-Blanco et al., 2016). Sin embargo, en base al conocimiento de los autores del presente estudio, no existen investigaciones que relacionen las variables de la curva fuerza-tiempo medidas a través de plataforma de fuerza con el rendimiento en pruebas de CRS.

En este sentido, el objetivo de la presente investigación es relacionar variables de SCM e TIMM con el rendimiento de CRS en futbolistas profesionales. Secundariamente, determinar diferencias en los resultados de SCM y TIMM de acuerdo con el rendimiento de CRS de los futbolistas. Basados en estudios previos (Baldi et al., 2017; Pareja-Blanco et al., 2016), se hipotetiza que existe una relación positiva entre las variables de SCM y TIMM con el rendimiento de CRS, así como también, diferencias en los resultados de SCM y TIMM a favor de los futbolistas con mejor rendimiento en CRS.

2. MÉTODOS

2.1. Diseño del estudio

Estudio transversal, descriptivo-correlacional y comparativo con enfoque cuantitativo, con una muestra no probabilística por conveniencia.

2.2. Participantes

Fueron evaluados 54 futbolistas masculinos profesionales, pertenecientes a un equipo de la primera división (n= 20) y dos equipos de la segunda división (n= 34) de la liga profesional chilena (edad media = 23.1 ± 5.1 años; masa corporal = 74 ± 7.1 kg; estatura= 175.4 ± 1.2 cm). Los criterios de inclusión fueron: (i) estar libre de lesiones durante los últimos 30 días; (ii) tener más de 10 años de entrenamiento específico de fútbol; y (iii) estar inscrito para participar en el torneo de la liga profesional de fútbol chileno. Respecto a los criterios de exclusión, se consideraron los siguientes: (i) reporte de alguna molestia física previo a la realización de las evaluaciones; (ii) no haber completado todas las

evaluaciones; y (iii) haber entrenado de forma autónoma el día previo a las mediciones. Todos los participantes aceptaron los criterios de uso y tratamiento de los datos mediante la firma de un formulario de consentimiento informado que autorizaba el uso de la información con fines científicos. Se realizaron pruebas de fuerza isométrica y salto dentro de un gimnasio, y posteriormente, la prueba de sprint repetidos en una cancha de césped natural. Las evaluaciones se llevaron a cabo durante la segunda y tercera semana del periodo precompetitivo de los futbolistas profesionales a las 09:30 h del tercer día del microciclo planificado. El protocolo de investigación fue aprobado por la Dirección de Investigación de la Universidad Católica del Maule, Chile (número de aprobación: N° 18-18; fecha 27 de diciembre del 2018) y desarrollado siguiendo la Declaración de Helsinki con seres humanos.

2.3. Mediciones

2.3.1. Medidas antropométricas

La estatura de los participantes fue evaluada con un estadiómetro de pared (SECA, modelo 206, Hamburgo, Alemania; precisión de 0.1 cm), mientras que el peso corporal fue registrada a través de las plataformas de fuerza (PASPORT PS-2141, California, USA), en el que los sujetos recibieron la instrucción de colocar sus manos a la altura de las caderas y mirar al frente suyo por 2 segundos. Para obtener la masa corporal (kg), los datos registrados durante este tiempo fueron promediados obteniendo el peso corporal (newton) y luego dividiéndolo por la gravedad (9.806) (Chiu et al., 2020). Todas las mediciones se realizaron de acuerdo a las recomendaciones de la Sociedad Internacional para el Avance de la Cieantropometría (ISAK) a través de un evaluador nivel II de la ISAK (Marfell-Jones et al., 2012).

2.3.2. Tirón isométrico de medio muslo (TIMM)

Antes del inicio, se realizó una activación general a cargo del preparador físico de cada equipo, la que incluyó 5 min de bicicleta estática a moderada intensidad, 2 series de ejercicios de fuerza sin carga añadida (6 repeticiones de sentadillas, 4 estocadas y 5 movimientos técnicos de amortiguación bipodal), y finalmente, 1 serie de ejercicios de movilidad dinámica para grupos musculares del tren inferior.

Se utilizaron 2 plataformas de fuerza PASPORT PS-2141 (California, USA), previamente validadas (Lake et al., 2018). La ejecución de la prueba se ajustó a las orientaciones metodológicas descritas por Comfort et al. (2019). El calentamiento específico estuvo compuesto por tres intentos de TIMM al 50%, 75% y 90% del esfuerzo auto percibido, con 1 min de pausa entre ellos. Posterior a esto, se ejecutaron tres intentos máximos, los cuáles iniciaron con la siguiente indicación “empuja con

tus pies hacia el suelo lo más rápido y fuerte que puedas”. Cada intento se ejecutó durante un tiempo total de ocho segundos, siendo los tres segundos iniciales de preparación y los cinco restantes de esfuerzo máximo. La pausa entre intentos fue de dos minutos.

Los datos fueron registrados a través del software Pasco Capstone (versión 1.13.4, USA), luego exportados a una hoja de cálculo Excel (versión 16, Microsoft, USA) y finalmente procesados en Matlab (versión 9.6, USA). Para estimar el inicio de ambas pruebas, se utilizó el valor de cambio de 5 desviaciones estándar en la curva fuerza-tiempo (McMahon et al., 2018). Se analizaron: el peak de fuerza absoluta (IPF) y relativa al peso corporal (IPFn); y la tasa de desarrollo de la fuerza en el transcurso de 0-100 ms (TDF 100) y 200 ms (TDF 200).

2.3.3. Salto con Contramovimiento (SCM)

Posterior a 5 min de recuperación entre pruebas, se llevó a cabo una activación específica de 5 saltos submaximales, para luego ejecutar 3 intentos máximos de SCM con una pausa de 2 min entre intentos. La profundidad del descenso fue autodeterminada de acuerdo con la comodidad del futbolista. Se instruyó que los saltos fuesen realizados bajo la siguiente premisa “salta lo más rápido y alto que puedas” (McMahon et al., 2022). Los datos fueron registrados a través del software Pasco Capstone (versión 1.13.4, USA), luego exportados a una hoja de cálculo Excel (versión 16, Microsoft, USA) y finalmente procesados en Matlab (versión 9.6, USA). Se analizaron las siguientes variables: altura de salto (AS), obtenida a través de la velocidad al momento del despegue (Xu et al., 2023); el tiempo de contacto (TC), comprendido como el tiempo que demora desde que el futbolista inicia el contramovimiento hasta el despegue; el peak de fuerza (PF) y el peak de potencia (PP), estas últimas, de forma absoluta y relativa al peso corporal (PFn y PPN, respectivamente). Además, se analizó el índice de fuerza dinámica (DSI), el cual, consiste en el ratio entre el peak de fuerza de SCM y TIMM (McMahon et al., 2017).

2.3.4. Capacidad de repetir sprint (CRS)

Se inició con 15 min de calentamiento estandarizado (Jiménez-Reyes et al. 2019), compuesto de movilidad articular y estiramientos dinámicos, seguidos por cinco minutos de carrera aeróbica de baja intensidad y tres sprint progresivos hasta el 95% del esfuerzo auto percibido.

Posterior al calentamiento, cada futbolista realizó la prueba de CRS consistente en la ejecución de ocho carreras en línea recta en una distancia de 30 metros (Rodríguez-Fernández et al., 2019), con una pausa de 25 segundos entre repeticiones. Tanto la línea de inicio como de término se encontraban

demarcadas en el piso, los participantes fueron estimulados verbalmente para que realizaran cada repetición a la máxima intensidad posible. Cada intento fue registrado mediante dos portales de fotocélulas (Witty gate, Microgate, Bolzano, Italia), uno al inicio y otro a los 30 metros, todos a una altura de un metro (Haugen et al., 2016). Para cronometrar los tiempos de pausa entre repeticiones se utilizó la aplicación de cronómetro de un dispositivo iPhone 8ª generación (Apple, Inc., Cupertino, CA, USA). Para el análisis, se consideró la mejor velocidad promedio en 30 metros entre todas las repeticiones (BS), el promedio de la velocidad media de las 8 repeticiones (MS) y el porcentaje de pérdida de la velocidad entre la mejor y peor repetición (Pdec).

2.4. Análisis estadístico

Se analizó la normalidad de las variables mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov, donde los datos cumplieron el supuesto de normalidad. Los datos se presentaron para las variables con distribución normal como media (M) y desviación estándar (DE). Se analizó la correlación entre variables a través del coeficiente de correlación de Pearson. La fuerza de correlación se estableció de 0 a 0.1 trivial; 0.11 a 0.30 baja; 0.31 a 0.49 moderada; 0.50 a 0.69 alta; 0.70 a 0.89 muy alta; y 0.90 a 1.0 casi perfecta o perfecta, aplicándose los mismos rangos para valores negativos (Hopkins et al., 2009). Se dividió al grupo mediante una división en base a la mediana para categorizarlos como bajo o sobre la mediana en función del rendimiento en los 3 indicadores de CRS (BS, MS y Pdec) y se compararon las variables del SCM y TIMM a través de la prueba t de Student para muestras independientes y realizó la corrección de Welch en caso de que no cumplieran el supuesto de homogeneidad de la varianza (prueba Levene). El tamaño del efecto (TE) fue calculado utilizando la *d* de Cohen (Cohen, 1992) e interpretado como trivial (<0.19), pequeño (0.20-0.49), moderado (0.50-0.79) o grande (>0.80). Para todos los análisis se utilizó el software SPSS (versión 27; SPSS Inc., Chicago, IL, USA) con un alfa ajustado a $p \leq 0.05$.

3. RESULTADOS

Los análisis de correlación entre las variables de CRS con TIMM y SCM se presentan en las Tablas 2 y 3 respectivamente. No se encontró ninguna correlación significativa entre la velocidad del mejor sprint (BS) y las variables de TIMM con efectos triviales a pequeñas, mientras que, el promedio de la velocidad de los sprint (MS) sólo se correlacionó negativamente con el peak de fuerza isométrica (IPF) ($r = -0.27$; $p = 0.042$). Por su parte, el porcentaje de pérdida de velocidad entre el mejor y peor sprint (Pdec) se correlacionó de forma negativa con el peak de fuerza isométrica relativa (IPFn) ($r = -$

0.30; $p = 0.023$) y la tasa de desarrollo de la fuerza en la ventana de 0-200 milisegundos (ITDF200) ($r = -0.31$; $p = 0.022$).

En cuanto a la correlación entre las variables de CRS y SCM, se encontró que la velocidad en el mejor sprint (BS) se correlacionó positivamente con el tiempo de contacto (TC) ($r = 0.46$; $p = 0.001$) y de forma negativa con el peak de fuerza (PF) ($r = -0.36$; $p = 0.007$), mientras que, el promedio de la velocidad de los sprint (MS) obtuvo una correlación positiva con el tiempo de contacto (TC) ($r = 0.46$; $p = 0.001$) y negativa con el peak de fuerza (PF) ($r = -0.42$; $p = 0.001$). Por último, no se encontraron correlaciones significativas entre el porcentaje de pérdida de velocidad entre el mejor y peor sprint (Pdec) con ninguna variable de SCM con efectos triviales a pequeños.

Tabla 1. Estadísticas descriptivas de las pruebas de tirón isométrico de medio muslo, salto con contramovimiento y la capacidad de repetir sprint

		Mín	Máx	Media (M)	DE	IC (95%)
TIMM	IPF (N)	1659	2810	2134	223	2073 – 2195
	IPFn (N/ kg)	17.64	34.88	28.14	2.70	27.40 – 28.88
	ITDF100 (N*s ⁻¹)	467.00	12014	4084	2256	3467 – 4699
	ITDF200 (N*s ⁻¹)	464.33	5462	3087	1237	2749 – 3424
SCM	AS (m)	0.24	0.42	0.34	0.04	0.33 – 0.35
	TC (s)	0.57	1.02	0.76	0.09	0.73 – 0.78
	PF (N)	1288.00	2669	1848	244	1781 – 1914
	PFn (N/kg)	20.00	30.33	24.59	2.07	24.02 – 25.15
	PP (W)	2810	4760	3789	413	3676 – 3902
	PPn (W/ kg)	41.33	60.67	50.52	3.87	49.46 – 51.57
TIMM-SCM	DSI	0.67	1.21	0.87	0.10	0.84 – 0.89
CRS	BS (m*s ⁻¹)	6.40	7.72	7.20	0.27	7.13 – 7.27
	MS (m*s ⁻¹)	6.12	7.44	6.90	0.26	6.83 – 6.97
	Pdec (%)	1.12	9.63	5.22	2.19	4.61 – 5.81

Nota. TIMM= prueba de tirón isométrico de medio muslo; SCM= prueba de salto con contramovimiento; CRS= prueba de sprint repetidos; IPF= peak de fuerza en TIMM; IPFn= peak de fuerza relativa al peso corporal en TIMM; ITDF100= tasa de desarrollo de la fuerza de 0-100 ms en TIMM; ITDF200= tasa de desarrollo de la fuerza de 0-200 ms en TIMM; AS= altura de salto en SCM; TC= tiempo de contacto en SCM; PF= peak de fuerza en SCM; PFn= peak de fuerza relativa al peso corporal en SCM; PP= peak de potencia en SCM; PPn= peak de potencia relativa al peso corporal en SCM; DSI= índice de fuerza reactiva (ratio entre PF y IPF); BS= mejor intento en CRS; MS= promedio de los 8 intentos en CRS; Pdec= porcentaje de disminución de la velocidad entre el mejor y el peor sprint en CRS.

Tabla 2. Correlaciones entre tirón isométrico de medio muslo y la capacidad de repetir sprint

		CRS			
Variables		BS (m/s)	MS (m/s)	Pdec (%)	
TIMM	IPF (N)	r	-0.20	-0.27*	-0.02
		p	0.13	0.04	0.84
	IPFn (N/kg)	r	-0.03	-0.06	-0.30*
		p	0.78	0.62	0.02
	ITDF100 (N/s)	r	0.02	-0.06	-0.16
		p	0.84	0.66	0.22
	ITDF200 (N/s)	r	0.13	0.18	-0.31*
		p	0.32	0.17	0.02

Nota. TIMM= prueba de tirón isométrico de medio muslo; CRS= prueba de sprint repetidos; IPF= peak de fuerza en TIMM; IPFn= peak de fuerza relativa al peso corporal en TIMM; ITDF100= tasa de desarrollo de la fuerza de 0-100 ms en TIMM; ITDF200= tasa de desarrollo de la fuerza de 0-200 ms en TIMM; BS= mejor intento en CRS; MS= promedio de los 8 intentos en CRS; Pdec= porcentaje de disminución de la velocidad entre el mejor y el peor sprint en CRS; P= valor p (* $p \leq 0.05$; ** $p \leq 0.01$)

Tabla 3. Correlaciones entre salto con contramovimiento y la capacidad de repetir sprint

		CRS			
Variables		BS (m/s)	MS (m/s)	Pdec (%)	
SCM	AS (m)	r	0.22	0.23	0.06
		p	0.1	0.09	0.62
	TC (s)	r	0.46**	0.46**	0.19
		p	< 0.01	< 0.01	0.14
	PF (N)	r	-0.36**	-0.42**	0.08
		p	< 0.01	< 0.01	0.56
	PFn (N/kg)	r	-0.22	-0.26	0
		p	0.1	0.05	0.99
	PP (W)	r	-0.08	-0.14	0.07
		p	0.53	0.29	0.58
	PPn (W/kg)	r	0.24	0.23	-0.04
		p	0.06	0.09	0.75
	DSI	r	-0.23	-0.23	0.14
		p	0.09	0.08	0.29

Nota. SCM= prueba de salto con contramovimiento; CRS= prueba de sprint repetidos; AS= altura de salto en SCM; TC= tiempo de contacto en SCM; PF= peak de fuerza en SCM; PFn= peak de fuerza relativa al peso corporal en SCM; PP= peak de potencia en SCM; PPn= peak de potencia relativa al peso corporal en SCM; DSI= índice de fuerza reactiva (ratio entre PF y IPF); BS= mejor intento en CRS; MS= promedio de los 8 intentos en CRS; Pdec= porcentaje de disminución de la velocidad entre el mejor y el peor sprint en CRS. P= valor p (* $p \leq 0.05$; ** $p \leq 0.01$).

La descripción y diferencias en las variables de TIMM y SCM entre futbolistas profesionales por sobre la mediana (SM) vs bajo la mediana (BM) en los rendimientos de CRS, son presentados en la tabla 4 y figura 1 respectivamente. En cuanto al rendimiento del mejor sprint (BS), se observaron diferencias significativas moderadas a grandes a favor del grupo de futbolistas que se encontraban sobre la mediana (SM) para las variables de altura de salto (AS) ($p = 0,010$; $TE = 0.72$ efecto moderado), peak de potencia relativa (PPn) ($p = 0.014$; $TE = 0.69$ efecto moderado) y tiempo de contacto (TC) ($p = 0.001$; $TE = 0.89$ efecto grande), mientras que, a favor del grupo de futbolistas que se encontraba bajo la mediana (BM) en el mejor sprint (BS), se obtuvieron diferencias significativas moderadas para las variables: peak de fuerza (PF) ($p = 0.016$; $TE = 0.67$ efecto moderado) e índice de fuerza dinámica (DSI) ($p = 0.014$; $TE = 0.69$ efecto moderado). En cuanto a las diferencias entre grupos respecto al promedio de velocidad de todos los sprint (MS), hubo una diferencia significativa a favor de los futbolistas por sobre la mediana (SM) en tiempo de contacto (TC) ($p = 0.001$; $TE = 0.98$ efecto grande), mientras que, a favor de los futbolistas por debajo la mediana (BM), se obtuvo una diferencia significativa moderada en el peak de fuerza (PF) ($p = 0.031$ $TE = 0.60$ efecto moderado). Por último, a favor de los futbolistas profesionales por sobre la mediana (SM) en el porcentaje de pérdida de velocidad entre sprint (Pdec) se observaron diferencias significativas moderadas en la variable de peak de fuerza relativa isométrica (IPFn) ($p = 0.034$ $TE = 0.60$ efecto moderado).

Tabla 4. Diferencias entre grupos por sobre y debajo la mediana en las variables de capacidad de repetir sprint

	Variables	Mejor sprint (BS)				Promedio sprint (MS)				Porcentaje de pérdida (Pdec)			
		BM		SM		BM		SM		BM		SM	
		M	DE	M	DE	M	DE	M	DE	M	DE	M	DE
TIMM	IPF (N)	2146	232	2122	218	2168	225	2097	219	2144	241	2124	208
	IPFn (N/ kg)	27.94	1.96	28.34	3.31	28.28	1.92	27.99	3.39	27.36	3.18	28.92*	1.89
	ITDF100 (N*s ⁻¹)	4152	2422	4015	2121	4381	2410	3763	2075	3929	2659	4238	1804
	ITDF200 (N*s ⁻¹)	2876	950	3297	1458	2814	973	3381	1431	2794	1080	3379	1332
	AS (m)	0.33	0.04	0.36*	0.03	0.34	0.04	0.35	0.04	0.35	0.04	0.34	0.04
SCM	TC (s)	0.72	0.09	0.79**	0.09	0.72	0.08	0.8**	0.09	0.77	0.1	0.74	0.08
	PF (N)	1927*	250	1769	215	1916*	257	1774	211	1876	260	1820	229
	PFn (N/ kg)	25.09	2.48	24.09	1.42	24.99	2.44	24.15	1.5	24.48	2.6	24.69	1.38
	PP (W)	3780	424	3798	409	3814	432	3763	397	3844	408	3735	417
	PPn (W/ kg)	49.25	4.25	51.79	3.04	49.79	4.27	51.31	3.31	50.2	3.94	50.84	3.87
TIMM - SCM	DSI	0.9*	0.11	0.84	0.08	0.89	0.12	0.85	0.08	0.88	0.12	0.86	0.07
CRS	BS (m*s ⁻¹)	7	0.2	7.41	0.13	7.02	0.22	7.4	0.14	7.23	0.32	7.18	0.21
	MS (m*s ⁻¹)	6.72	0.22	7.09	0.13	6.71	0.21	7.1	0.12	6.87	0.32	6.93	0.18
	Pdec (%)	4.84	2.14	5.6	2.22	5.07	2.22	5.37	2.2	7.01	1.4	3.43	1.1

Nota. BM= bajo la mediana; SM: sobre la mediana; TIMM= prueba de tirón isométrico de medio muslo; SCM= prueba de salto con contramovimiento; CRS= prueba de sprint repetidos; IPF= peak de fuerza en TIMM; IPFn= peak de fuerza relativa al peso corporal en TIMM; ITDF100= tasa de desarrollo de la fuerza de 0-100 ms en TIMM; ITDF200= tasa de desarrollo de la fuerza de 0-200 ms en TIMM; AS= altura de salto en SCM; TC= tiempo de contacto en SCM; PF= peak de fuerza en SCM; PFn= peak de fuerza relativa al peso corporal en SCM; PP= peak de potencia en SCM; PPn= peak de potencia relativa al peso corporal en SCM; DSI= índice de fuerza reactiva (ratio entre PF y IPF); BS= mejor intento en CRS; MS= promedio de los 8 intentos en CRS; Pdec= porcentaje de disminución de la velocidad entre el mejor y el peor sprint en CRS; *= $p \leq 0.05$; **= $p \leq 0.01$.

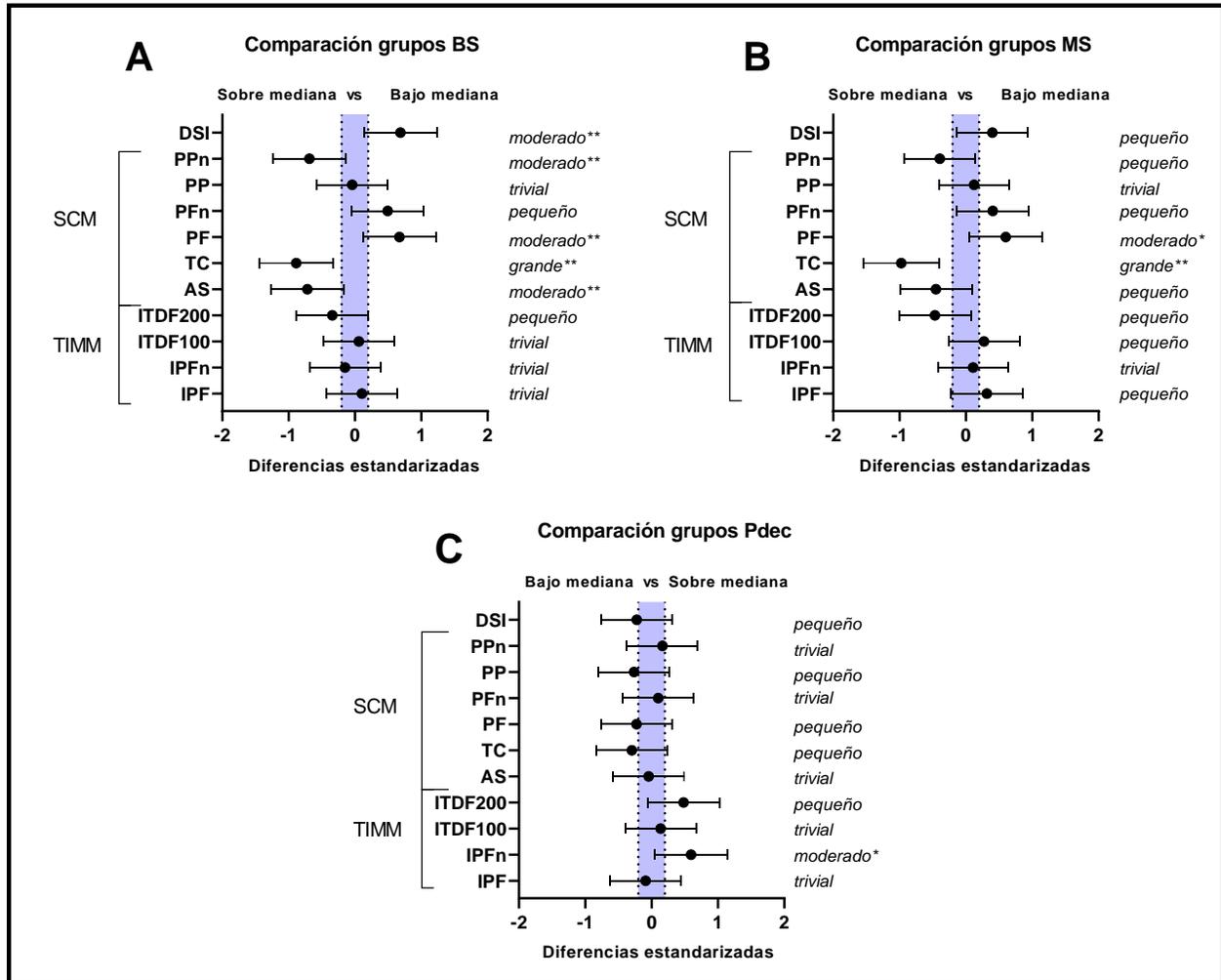


Figura 1. Gráficos sobre el tamaño del efecto entre grupos por sobre y debajo la mediana en las variables de capacidad de repetir sprint

Nota. A= comparación entre grupos por sobre vs bajo la mediana en el mejor sprint; B= comparación entre grupos por sobre vs bajo la mediana en el promedio de los sprint; C= comparación entre grupos por sobre vs bajo la mediana en el porcentaje de pérdida de velocidad; TIMM= prueba de tirón isométrico de medio muslo; SCM= prueba de salto con contramovimiento; CRS= prueba de sprint repetidos; IPF= peak de fuerza en TIMM; IPFn= peak de fuerza relativa al peso

corporal en TIMM; ITDF100= tasa de desarrollo de la fuerza de 0-100 ms en TIMM; ITDF200= tasa de desarrollo de la fuerza de 0-200 ms en TIMM; AS= altura de salto en SCM; TC= tiempo de contacto en SCM; PF= peak de fuerza en SCM; PFn= peak de fuerza relativa al peso corporal en SCM; PP= peak de potencia en SCM; PPn= peak de potencia relativa al peso corporal en SCM; DSI= índice de fuerza reactiva (ratio entre PF y IPF); BS= mejor intento en CRS; MS= promedio de los 8 intentos en CRS; Pdec= porcentaje de disminución de la velocidad entre el mejor y el peor sprint en CRS; *= $p \leq 0.05$; **= $p \leq 0.01$.

4. DISCUSIÓN

El objetivo de este estudio fue relacionar los resultados de SCM e TIMM con el rendimiento de CRS en futbolistas profesionales. Secundariamente, determinar diferencias en los resultados de SCM e TIMM de acuerdo con el rendimiento de CRS de los futbolistas. Los resultados indican que, en la mayoría de las variables analizadas, no se encontraron correlaciones significativas entre los resultados de SCM e TIMM con el rendimiento en CRS. Sin embargo, se reportaron diferencias significativas a favor de los jugadores con mejor rendimiento en CRS (SM) en variables relacionadas con la potencia y fuerza isométrica relativa. Por lo tanto, se rechaza la primera hipótesis y se acepta parcialmente la segunda, debido a que en la mayoría de las variables analizadas no se obtuvieron los resultados esperados.

En cuanto a los resultados obtenidos en la prueba de TIMM y sus correlaciones con CRS, se obtuvo que, el peak de fuerza isométrica relativa (IPFn) y la tasa de desarrollo de la fuerza en 200 ms (ITDF200) tuvieron correlaciones negativas con el porcentaje de pérdida de velocidad en CRS (Pdec) en futbolistas profesionales. En ese sentido, al tener mayores niveles de fuerza relativa, los futbolistas pueden alcanzar una mayor aceleración en los metros iniciales de la carrera, lo que es consistente con informes previos en donde el peak de fuerza isométrica relativa se relacionó con los tiempos de sprint en 5 m, 10 m, 15 m y 20 m (Townsend et al., 2019; West et al., 2011). Por otro lado, se ha reportado que, un peak de fuerza más alto está relacionado con una mayor resistencia muscular (Naclerio et al., 2009), lo que permitiría a los futbolistas mantener velocidades más altas durante los sprint repetidos, logrando un menor porcentaje de pérdida de velocidad entre repeticiones. En cuanto a la tasa de desarrollo de la fuerza (ITDF100 e ITDF200), el hecho de que solo ITDF200 mostrara una correlación significativa, podría relacionarse con los tiempos de contacto al realizar los sprint en deportistas entrenados y experimentados de fútbol que van entre 130 ms y 160 ms (Filter et al., 2020). Lo cual, también podría explicar por qué no se obtuvo esas diferencias en ITDF100, puesto que 100 ms es un análisis parcial respecto a la ventana de tiempo en la que comúnmente se aplica fuerza durante un sprint (Mason et al., 2021).

Respecto a las correlaciones entre las variables de SCM y CRS, se encontraron correlaciones negativas entre el tiempo de contacto (TC) con la velocidad del mejor sprint (BS) y el promedio de los sprint (MS), los jugadores que más tiempo demoraron en realizar todo el recorrido del salto obtuvieron mejores resultados en ambos indicadores de la prueba CRS en futbolistas profesionales. Esto se puede deber a posibles variaciones en las cinemáticas de movimiento realizada en el SCM, lo cual se ha evidenciado que, una estrategia de movimiento de mayor profundidad y duración de tiempo de contacto (TC), no necesariamente guarda relación con otras variables de rendimiento como la potencia o la velocidad de despegue en estudiantes universitarios (Pérez-Castilla et al., 2021). Si bien, en el presente estudio se animó a todos los participantes con la misma instrucción, el rango de movimiento, y en particular, la profundidad de éste fue un aspecto autoseleccionado por cada uno de los participantes.

Por otra parte, también se obtuvieron correlaciones negativas y significativas entre el peak de fuerza en SCM (PF) con BS y MS, resultados que indican que, un menor peak de fuerza en la prueba de SCM está relacionada con una mayor velocidad en el mejor sprint y en el promedio de los sprint en una prueba de CRS en futbolistas profesionales. A pesar de lo extraño del resultado, debido a la cantidad de evidencia respecto a la importancia de la fuerza en el rendimiento de acciones de alta intensidad (Comfort et al., 2014; Newman et al., 2004; Suchomel et al., 2016), nuestros hallazgos coinciden parcialmente con lo reportado en el estudio de Pareja-Blanco et al. (2016), en el que tampoco se encontraron relaciones significativas entre el mejor sprint y la fuerza del tren inferior, medida a través del ejercicio de sentadilla a una velocidad de 1 m/s ($r = -0.30$) en futbolistas profesionales. De todos modos, es llamativo que no se hayan encontrado relaciones entre variables de potencia directa e indirecta (p.e., la altura de salto) con las variables de CRS, resultados que no concuerdan con lo reportado en estudios previos que analizaron la relación entre la altura del SCM con el rendimiento en CRS en futbolistas profesionales y universitarios (Pareja-Blanco et al., 2016; Lockie et al., 2019). Por ejemplo, Baldi et al. (2017) encontraron relaciones significativas entre la altura de salto en SCM con el mejor sprint y el promedio de los sprint ($r = 0.54$ y 0.62 ; $p \leq 0.01$ respectivamente) en futbolistas universitarios, mientras que, en el estudio de Pareja-Blanco et al. (2016), en el que también se realizaron las mismas pruebas en futbolistas profesionales, sólo reportaron relaciones significativas entre la altura de salto y el promedio de los sprint ($r = 0.45$; $p \leq 0.05$), no así con los demás indicadores de CRS, como el mejor sprint y el porcentaje de pérdida de velocidad. Posiblemente, estos resultados poco consistentes se pueden deber a que el rendimiento en una prueba de CRS también está influenciado por otros factores además de los neuromusculares, entre ellos, aspectos metabólicos, como la capacidad de amortiguar los efectos de la acidosis muscular (Bishop et al., 2004; Massidda et al.,

2021), y aeróbicos (Gharbi et al., 2015), esto último, debido a posibles mecanismos que contribuyen en la aceleración de la recomposición de fosfocreatina dentro de las fibras musculares durante los tiempos de pausa activa dentro de la prueba (Girard et al., 2011).

Con relación a las comparaciones entre grupos por sobre y debajo la mediana (SM vs BM) en los 3 indicadores de CRS (BS, MS y Pdec), se obtuvieron diferencias significativas en la altura de salto (AS) y el peak de potencia relativa (PPn) a favor del grupo SM en la variable de mejor sprint (BS). Resultados que se asemejan con el trabajo de Baldi et al. (2017), en el que encontraron correlaciones significativas entre la altura de salto y el mejor sprint ($r= 0.54$; $p \leq 0.01$) en jugadores de fútbol universitario. Esto se puede deber a que, en la gran mayoría de los futbolistas, el mejor sprint en una prueba de CRS se logra dentro de las 2 primeras repeticiones (Pareja-Blanco et al., 2016), las cuales coinciden con los niveles más altos de potencia máxima obtenidos en el perfil fuerza-velocidad horizontal, tal como lo demostraron Hermosilla-Palma et al. (2022), en el que analizaron el comportamiento de dichas variables durante una prueba de CRS en futbolistas profesionales, encontrando que los mejores resultados en los tiempos de sprint y potencia máxima se obtenían en las primeras repeticiones de la prueba. De este modo, las diferencias en la altura de salto a favor de los futbolistas del grupo SM en el mejor sprint en una prueba de CRS, coinciden con la evidencia científica que muestra una alta relación entre la altura de salto en SCM con el rendimiento en pruebas de velocidad lineal aisladas (p.e., tiempo en 30 m) en futbolistas profesionales (Barrera et al., 2023; Pareja-Blanco et al., 2016), lo que podría indicar que, el mejor sprint en una prueba de CRS, está altamente correlacionada con los niveles de potencia de los futbolistas.

Por otro lado, también se encontraron diferencias significativas en el tiempo de contacto (TC) a favor de los futbolistas de los grupos SM en el mejor sprint y el promedio de los sprint. Específicamente, los futbolistas del grupo SM, mostraron una mayor duración en el tiempo de contacto, es decir, desde el inicio del contra movimiento hasta el despegue e inicio del tiempo de vuelo. De este modo, se podría inferir que este grupo de futbolistas optaron por una estrategia de movimiento que les dio más tiempo para aplicar fuerza contra el suelo y posiblemente alcanzar una mayor velocidad de despegue. Así lo han demostrado los estudios de Pérez-Castilla et al. (2021); Pérez-Castilla et al. (2021), en el que los saltos de mayor duración se asociaron con velocidades de despegue y alturas de salto mayores en estudiantes universitarios físicamente activos. Sin embargo, en el estudio de Pérez-Castilla et al. (2021), las estrategias de movimiento de mayor duración mostraron diferencias significativamente menores en el peak de potencia en comparación a los saltos con menor duración en sujetos universitarios, lo cual no coincide con lo obtenido en nuestro estudio, ya que, el grupo SM,

también reportó diferencias significativamente mayores en el peak de potencia relativa (PPn) en comparación al grupo BM. Una posible explicación a estas diferencias sería que, en el estudio de Pérez-Castilla et al. (2021) los participantes universitarios físicamente activos que realizaron los movimientos con una menor duración, también realizaron un menor recorrido, variable que no se analizó en nuestro estudio, por lo que no se pueden contrastar. Sin embargo, producto de las diferencias en los peak de potencia, es posible inferir que el grupo con mayor tiempo de contacto realizó una mayor distancia de recorrido previo al salto.

En cuanto a las otras variables que mostraron diferencias relevantes, se encontró que, tanto PF en el SCM como el índice de fuerza dinámica (DSI) fueron significativamente mayores para los grupos BM en el mejor sprint (BS) y la media de los sprint (MS), lo que da a suponer que, la cantidad de fuerza absoluta que los futbolistas fueron capaces de generar en el SCM, no se asoció con el rendimiento en la prueba de CRS. Resultados contradictorios respecto a la evidencia que plantea una alta influencia de la fuerza en el rendimiento de acciones de alta intensidad (Suchomel et al., 2016). No obstante, esto también se puede deber a las diferencias en los vectores de fuerza entre ambas pruebas, puesto que, se ha encontrado una baja correlación entre los perfiles de fuerza-velocidad horizontal y vertical, la cual se acentúa en los deportistas de alto nivel. Posiblemente, debido a la especificidad del entrenamiento y las demandas del deporte, que en el caso del fútbol y de la prueba CRS, son predominantemente horizontales (Jiménez-Reyes et al., 2018). Así mismo, otro aspecto a considerar tiene que ver con la ventana de tiempo disponible para alcanzar el peak de fuerza en el SCM, en el cual se han reportado valores por sobre los 230 ms (McLellan et al., 2011), tiempo superior al que se tiene disponible para aplicar fuerza durante un sprint (Filter et al., 2020). Con respecto al índice de fuerza dinámica (DSI), otros estudios han reportado correlaciones significativamente negativas con el peak de fuerza de TIMM (Suchomel et al., 2020), sin embargo, en este estudio esa variable no mostró diferencias importantes entre grupos, por lo que es posible inferir que, las diferencias en el peak de fuerza de SCM fueron las que influenciaron el valor más alto del índice de fuerza dinámica en el grupo BM. De este modo, y tal como lo mencionan otros autores (McMahon et al., 2017; Suchomel et al., 2020), en caso de que se vaya a evaluar el índice de fuerza dinámica, es recomendable analizar la variable de forma contextualizada junto a otros indicadores de rendimiento (p.e., peak de fuerza y tasa de desarrollo de la fuerza de cada una de las pruebas en diferentes ventanas de tiempo), y así conseguir información más completa de las características cinéticas de los deportistas.

Por último, el grupo de futbolistas SM en el porcentaje de pérdida de velocidad (Pdec), es decir, aquellos que mostraron menor porcentaje de pérdida de velocidad entre el mejor y peor sprint,

mostraron resultados significativamente mayores en el peak de fuerza relativa en TIMM, lo que da a suponer que el peak de fuerza relativa puede ser una variable que ayuda a mitigar los efectos de la fatiga durante acciones de sprint repetidos. En este sentido, a pesar de que se desconoce la existencia de otros estudios que hayan investigado la relación entre variables de fuerza de pruebas isométricas y el rendimiento en pruebas de CRS, en los estudios de Morin et al. (2011); Romero et al. (2022) se evidenció una reducción de la fuerza total aplicada contra el suelo durante series de sprint repetidos, con lo cual, se podría inferir que al tener un peak de fuerza relativo más alto, podría servir para evitar la aparición de fatiga en futbolistas profesionales, producto de un menor esfuerzo respecto a la aplicación de fuerza total que el futbolista es capaz de realizar. Aspecto que, además, podría transferirse a las demandas de sprint en los minutos finales de un partido de fútbol (Modric et al., 2022), momentos cruciales en los que se necesita mantener la intensidad en el juego.

En este trabajo se reconocen ciertas limitaciones, como no haber agrupado a los jugadores respecto a las posiciones de juego y los niveles competitivos en los que participaban (primera o segunda división), ya que, producto de las diferencias en las demandas del juego y de los entrenamientos entre posiciones y niveles competitivos se podrían haber conseguido resultados más específicos para cada grupo de jugadores. Otras limitaciones son: el diseño del estudio que no permite generar relaciones entre causas y efecto, y haber considerado sólo futbolistas de sexo masculino que no permite extrapolar los resultados. Por otro lado, hay que destacar el hecho de haber obtenido una muestra de futbolistas profesionales (N= 54) que participan en las máximas categorías del país, lo cual no es algo fácil de conseguir, debido a las dificultades que implica coordinar y lograr la colaboración de los cuerpos técnicos de distintos clubes. Además, parece ser uno de los primeros estudios en analizar las relaciones entre el rendimiento en una prueba de CRS con las variables de la curva fuerza-tiempo en pruebas isométricas y dinámicas (TIMM y SCM) tomadas con plataformas de fuerza en futbolistas profesionales. Resultados que pueden ayudar a explicar la influencia de la fuerza y potencia sobre el rendimiento en la capacidad de repetir sprint, y las relaciones entre pruebas de carácter general, como son el TIMM y SCM, con pruebas de mayor especificidad como la de CRS. Lo anterior, permite orientar respecto a las mejores estrategias de entrenamiento para el desarrollo de capacidades y cualidades específicas del fútbol (Fernandes-Da-Silva et al., 2021) .

5. CONCLUSIONES

Se encontró que la mayoría de las variables tomadas de las pruebas de TIMM y SCM en jugadores de fútbol profesional chileno, no se correlacionaron significativamente con el rendimiento en la prueba de CRS. Por otro lado, se observaron diferencias significativas en variables de potencia en SCM a favor de los grupos con mejor rendimiento (SM) en el mejor sprint (BS), como también, diferencias a significativas en variables de fuerza relativa TIMM a favor del grupo SM en el porcentaje de pérdida de velocidad (Pdec). De este modo, se demuestra la importancia de la potencia sobre el rendimiento en el mejor sprint y la fuerza relativa en la reducción de fatiga durante una prueba de CRS. No obstante, aún hacen falta estudios experimentales que comprueben la relación entre variables de fuerza y potencia con la CRS, y cómo los posibles cambios en el rendimiento de las capacidades generales (fuerza y potencia) pueden afectar el rendimiento de la capacidad de repetir sprint en futbolistas profesionales.

6. REFERENCIAS

1. Baldi, M., Da Silva, J. F., Buzzachera, C. F., Castagna, C., & Guglielmo, L. G. A. (2017). Repeated sprint ability in soccer players: associations with physiological and neuromuscular factors. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 57(1–2), 26–32. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.16.05776-5>
2. Barrera, J., J. Figueiredo, A., Duarte, J., Field, A., & Sarmento, H. (2023). Predictors of linear sprint performance in professional football players. *Biology of Sport*, 40(2), 1-6. <https://doi.org/10.5114/BIOLSPORT.2023.114289>
3. Bishop, D., Edge, J., & Goodman, C. (2004). Muscle buffer capacity and aerobic fitness are associated with repeated-sprint ability in women. *European Journal of Applied Physiology*, 92(4–5), 540–547. <https://doi.org/10.1007/s00421-004-1150-1>
4. Bloomfield, J., Polman, R., & O'Donoghue, P. (2007). Physical demands of different positions in FA Premier League soccer. *Journal of Sports Science and Medicine*, 6(1), 63–70.
5. Burgess, D. J., Naughton, G., & Norton, K. I. (2006). Profile of movement demands of national football players in Australia. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 9(4), 334–341. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2006.01.005>
6. Bush, M., Barnes, C., Archer, D. T., Hogg, B., & Bradley, P. S. (2015). Evolution of match performance parameters for various playing positions in the English Premier League. *Human Movement Science*, 39, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2014.10.003>

7. Chiu, L. Z. F., & Dæhlin, T. E. (2020). Comparing Numerical Methods to Estimate Vertical Jump Height Using a Force Platform. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, 24(1), 25–32. <https://doi.org/10.1080/1091367X.2019.1650044>
8. Cohen, J. (1992). Statistical Power Analysis. *Current Directions in Psychological Science*, 1(3), 98–101. <https://doi.org/10.1111/1467-8721.ep10768783>
9. Comfort, P., Dos'Santos, T., Beckham, G. K., Stone, M. H., Guppy, S. N., & Haff, G. G. (2019). Standardization and methodological considerations for the isometric midhigh pull. *Strength and Conditioning Journal*, 41(2), 57–79. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000433>
10. Comfort, P., Stewart, A., Bloom, L., & Clarkson, B. (2014). Relationships between strength, sprint, and jump performance in well-trained youth soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(1), 173–177. <https://doi.org/10.1519/JSC.0B013E318291B8C7>
11. Dolci, F., Hart, N. H., Kilding, A. E., Chivers, P., Piggott, B., & Spiteri, T. (2020). Physical and Energetic Demand of Soccer: A Brief Review. *Strength and Conditioning Journal*, 42(3), 70–77. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000533>
12. Fernandes-Da-Silva, J., Castagna, C., Teixeira, A. S., Carminatti, L. J., Francini, L., Póvoas, S. C. A., & Antonacci Guglielmo, L. G. (2019). Ecological and Construct Validity of a Repeated Sprint Test in Male Youth Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 35(7), 1–10. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003047>
13. Fernandes-Da-Silva, J., Castagna, C., Teixeira, A. S., Carminatti, L. J., Francini, L., Póvoas, S. C. A., & Guglielmo, L. G. A. (2021). Ecological and Construct Validity of a Repeated Sprint Test in Male Youth Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 35(7), 2000–2009. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003047>
14. Fernando, P. B., Suarez-Arrones, L., Rodríguez-Rosell, D., López-Segovia, M., Jiménez-Reyes, P., Bachero-Mena, B., & González-Badillo, J. J. (2016a). Evolution of determinant factors of repeated sprint ability. *Journal of Human Kinetics*, 54(1), 115–126. <https://doi.org/10.1515/hukin-2016-0040>
15. Fernando, P. B., Suarez-Arrones, L., Rodríguez-Rosell, D., López-Segovia, M., Jiménez-Reyes, P., Bachero-Mena, B., & González-Badillo, J. J. (2016b). Evolution of determinant factors of repeated sprint ability. *Journal of Human Kinetics*, 54(1), 115–126. <https://doi.org/10.1515/hukin-2016-0040>
16. Filter, A., Olivares-Jabalera, J., Santalla, A., Morente-Sánchez, J., Robles-Rodríguez, J., Requena, B., & Loturco, I. (2020). Curve Sprinting in Soccer: Kinematic and Neuromuscular Analysis. *International Journal of Sports Medicine*, 41(11), 744–750. <https://doi.org/10.1055/a-1144-3175>

17. Gaamouri, N., Hammami, M., Cherni, Y., Oranchuk, D. J., Bragazzi, N., Knechtle, B., Chelly, M. S., & van den Tillaar, R. (2023). The effects of upper and lower limb elastic band training on the change of direction, jump, power, strength and repeated sprint ability performance in adolescent female handball players. *Frontiers in Sports and Active Living*, 5, 1-9.
18. Gabbett, T. J. (2010). The Development of a Test of Repeated-Sprint Ability for Elite Women's Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(5), 1191–1194. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181d1568c>
19. Gharbi, Z., Dardouri, W., Haj-Sassi, R., Chamari, K., & Souissi, N. (2015). Aerobic and anaerobic determinants of repeated sprint ability in team sports athletes. *Biology of Sport*, 32(3), 207–212. <https://doi.org/10.5604/20831862.1150302>
20. Girard, O., Mendez-Villanueva, A., & Bishop, D. (2011). Repeated-sprint ability part I: Factors contributing to fatigue. *In Sports Medicine*, 41(8), 673–694. <https://doi.org/10.2165/11590550-000000000-00000>
21. González-Frutos, P., Aguilar-Navarro, M., Morencos, E., Mallo, J., & Veiga, S. (2021). Relationships between Strength and Step Frequency with Fatigue Index in Repeated Sprint Ability. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(1), 1-11. <https://doi.org/10.3390/ijerph19010196>
22. Haugen, T., Tønnessen, E., Hisdal, J., & Seiler, S. (2014). The role and development of sprinting speed in soccer. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9(3), 432–441. <https://doi.org/10.1123/ijspp.2013-0121>
23. Haugen, T., & Buchheit, M. (2016). Sprint Running Performance Monitoring: Methodological and Practical Considerations. *Sports Medicine*, 46(5), 641–656. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0446-0>
24. Hermosilla-Palma, F., Loro-Ferrer, J. F., Merino-Muñoz, P., Gómez-Álvarez, N., Bustamante-Garrido, A., Cerda-Kohler, H., Portes-Junior, M., & Aedo-Muñoz, E. (2022). Changes in the Mechanical Properties of the Horizontal Force-Velocity Profile during a Repeated Sprint Test in Professional Soccer Players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(1), 1-9. <https://doi.org/10.3390/IJERPH20010704>
25. Hopkins, W. G., Marshall, S. W., Batterham, A. M., & Hanin, J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(1), 3–12. <https://doi.org/10.1249/MSS.0B013E31818CB278>

26. Impellizzeri, F., Rampinini, E., Castagna, C., Bishop, D., Ferrari Bravo, D., Tibaudi, A., & Wisloff, U. (2008). Validity of a Repeated-Sprint Test for Football. *International Journal of Sports Medicine*, 29(11), 899–905. <https://doi.org/10.1055/s-2008-1038491>
27. Jiménez-Reyes, P., Cross, M., Ross, A., Samozino, P., Brughelli, M., Gill, N., & Morin, J. B. (2019). Changes in mechanical properties of sprinting during repeated sprint in elite rugby sevens athletes. *European Journal of Sport Science*, 19(5), 585–594. <https://doi.org/10.1080/17461391.2018.1542032>
28. Jiménez-Reyes, P., Samozino, P., García-Ramos, A., Cuadrado-Peñañiel, V., Brughelli, M., & Morin, J. B. (2018). Relationship between vertical and horizontal force-velocity-power profiles in various sports and levels of practice. *PeerJ*, 6(11), 1-18. <https://doi.org/10.7717/peerj.5937>
29. Lake, J., Mundy, P., Comfort, P., McMahon, J. J., Suchomel, T. J., & Carden, P. (2018). Concurrent validity of a portable force plate using vertical jump force-time characteristics. *Journal of Applied Biomechanics*, 34(5), 410–413. <https://doi.org/10.1123/jab.2017-0371>
30. Lockie, R. G., Moreno, M. R., Orjalo, A. J., Stage, A. A., Liu, T. M., Birmingham-Babauta, S. A., Hurley, J. M., Torne, I. A., Beiley, M. D., Risso, F. G., Davis, D. S. L., Lazar, A., Stokes, J. J., & Giuliano, D. V. (2019). Repeated-Sprint Ability in Division I Collegiate Male Soccer Players: Positional Differences and Relationships with Performance Tests. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(5), 1362–1370. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001948>
31. Lum, D., Haff, G. G., & Barbosa, T. M. (2020). The Relationship between Isometric Force-Time Characteristics and Dynamic Performance: A Systematic Review. *Sports*, 8(5), 1-38. <https://doi.org/10.3390/sports8050063>
32. Magallanes, A., Magallanes, C., Parodi Feye, A. S., & González-Ramírez, A. (2022). Transferencia del entrenamiento de fuerza al sprint y al salto vertical en futbolistas juveniles: sentadillas vs estocadas. *Retos*, 46, 972–979. <https://doi.org/10.47197/retos.v46.93296>
33. Marfell-Jones, Mike., Olds, T., Stewart, A., & Lindsay Carter, JE. (2012). International standards for anthropometric assessment. In *International Society for the Advancement of Kinanthropometry*. International Society for the Advancement of Kinanthropometry. <http://hdl.handle.net/11072/1510>
34. Mason, L., Kirkland, A., Steele, J., & Wright, J. (2021). The relationship between isometric mid-thigh pull variables and athletic performance measures: empirical study of English professional soccer players and meta-analysis of extant literature. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 61(5), 645–655. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.20.11205-2>
35. Mason, L., Kirkland, A., Steele, J., & Wright, J. (2021). The relationship between isometric mid-thigh pull variables and athletic performance measures: empirical study of English professional

- soccer players and meta-analysis of extant literature. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 61(5), 645–655. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.20.11205-2>
36. Massidda, M., Flore, L., Kikuchi, N., Scorcu, M., Piras, F., Cugia, P., Ciężczyk, P., Tocco, F., & Calò, C. M. (2021). Influence of the MCT1-T1470A polymorphism (rs1049434) on repeated sprint ability and blood lactate accumulation in elite football players: a pilot study. *European Journal of Applied Physiology*, 121(12), 3399–3408. <https://doi.org/10.1007/s00421-021-04797-z>
37. Mclellan, C. P., Lovell, D. I., & Gass, G. C. (2011). The role of rate of force development on vertical jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(2), 379–385. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181be305c>
38. McMahon, J. J., Jones, P. A., Dos'santos, T., & Comfort, P. (2017). Influence of dynamic strength index on countermovement jump force-, power-, velocity-, and displacement-time curves. *Sports*, 5(4), 1-11. <https://doi.org/10.3390/sports5040072>
39. McMahon, J. J., Lake, J. P., & Comfort, P. (2022). Identifying and reporting position-specific countermovement jump outcome and phase characteristics within rugby league. *PLoS ONE*, 17(3), 1-15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0265999>
40. McMahon, J. J., Suchomel, T. J., Lake, J. P., & Comfort, P. (2018). Understanding the key phases of the countermovement jump force-time curve. *Strength and Conditioning Journal*, 40(4), 96–106. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000375>
41. Modric, T., Versic, S., Alexe, D. I., Gilic, B., Mihai, I., Drid, P., Radulovic, N., Saavedra, J. M., & Menjibar, R. B. (2022). Decline in Running Performance in Highest-Level Soccer: Analysis of the UEFA Champions League Matches. *Biology*, 11(10), 1-13. <https://doi.org/10.3390/BIOLOGY11101441>
42. Mohr, M., Krustup, P., & Bangsbo, J. (2003). Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *Journal of Sports Sciences*, 21(7), 519–528. <https://doi.org/10.1080/0264041031000071182>
43. Morin, J. B., Samozino, P., Edouard, P., & Tomazin, K. (2011). Effect of fatigue on force production and force application technique during repeated sprints. *Journal of Biomechanics*, 44(15), 2719–2723. <https://doi.org/10.1016/J.JBIOMECH.2011.07.020>
44. Naclerio, F. J., Colado, J. C., Rhea, M. R., Bunker, D., & Triplett, N. T. (2009). The Influence of Strength and Power on Muscle Endurance Test Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(5), 1482–1488. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181a4e71f>

45. Newman, M. A., Tarpinning, K. M., & Marino, F. E. (2004). Relationships between isokinetic knee strength, single-sprint performance, and repeated-sprint ability in football players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(4), 867–872. <https://doi.org/10.1519/13843.1>
46. Oliva-Lozano, J. M., Fortes, V., López-Del Campo, R., Resta, R., & Muyor, J. M. (2023). When and how do professional soccer players experience maximal intensity sprints in LaLiga? *Science and Medicine in Football*, 7(3), 288–296. <https://doi.org/10.1080/24733938.2022.2100462>
47. Pareja-Blanco, F., Suarez-Arrones, L., Rodríguez-Rosell, D., López-Segovia, M., Jiménez-Reyes, P., Bachero-Mena, B., & González-Badillo, J. J. (2016). Evolution of Determinant Factors of Repeated Sprint Ability. *Journal of Human Kinetics*, 54(1), 115–126. <https://doi.org/10.1515/hukin-2016-0040>
48. Pérez-Castilla, A., Rojas, F. J., Gómez-Martínez, F., & García-Ramos, A. (2021). Vertical jump performance is affected by the velocity and depth of the countermovement. *Sports Biomechanics*, 20(8), 1015–1030. <https://doi.org/10.1080/14763141.2019.1641545>
49. Pérez-Castilla, A., Weakley, J., García-Pinillos, F., Rojas, F. J., & García-Ramos, A. (2021). Influence of countermovement depth on the countermovement jump-derived reactive strength index modified. *European Journal of Sport Science*, 21(12), 1606–1616. <https://doi.org/10.1080/17461391.2020.1845815>
50. Rodríguez-Fernández, A., Sanchez-Sanchez, J., Ramirez-Campillo, R., Nakamura, F. Y., Rodríguez-Marroyo, J. A., & Villa-Vicente, J. G. (2019). Relationship Between Repeated Sprint Ability, Aerobic Capacity, Intermittent Endurance, and Heart Rate Recovery in Youth Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(12), 3406–3413. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002193>
51. Romero, V., Lahti, J., Castaño Zambudio, A., Mendiguchia, J., Jiménez Reyes, P., & Morin, J. B. (2022). Effects of Fatigue Induced by Repeated Sprints on Sprint Biomechanics in Football Players: Should We Look at the Group or the Individual? *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(22), 1-17. <https://doi.org/10.3390/IJERPH192214643>
52. Seitz, L. B., Reyes, A., Tran, T. T., de Villarreal, E. S., & Haff, G. G. (2014). Increases in Lower-Body Strength Transfer Positively to Sprint Performance: A Systematic Review with Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 44(12), 1693–1702. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0227-1>
53. Styles, W. J., Matthews, M. J., & Comfort, P. (2016). Effects of Strength Training on Squat and Sprint Performance in Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(6), 1534–1539. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001243>

54. Suchomel, T. J., Nimphius, S., & Stone, M. H. (2016). The Importance of Muscular Strength in Athletic Performance. *Sports Medicine*, 46(10), 1419–1449. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0486-0>
55. Suchomel, T. J., Nimphius, S., Stone, M. H., TJ, S., S, N., MH, S., Suchomel, T. J., Nimphius, S., & Stone, M. H. (2016). The Importance of Muscular Strength in Athletic Performance. *Sports Medicine*, 46(10), 1419–1449. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0486-0>
56. Suchomel, T. J., Sole, C. J., Bellon, C. R., & Stone, M. H. (2020). Dynamic Strength Index: Relationships with Common Performance Variables and Contextualization of Training Recommendations. *Journal of Human Kinetics*, 74(1), 59–70. <https://doi.org/10.2478/hukin-2020-0014>
57. Townsend, J. R., Bender, D., Vantrease, W. C., Hudy, J., Huet, K., Williamson, C., Bechke, E., Serafini, P. R., & Mangine, G. T. (2019). Isometric Midthigh Pull Performance is Associated with Athletic Performance and Sprinting Kinetics in Division I Men and Women’s Basketball Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(10), 2665–2673. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002165>
58. Vigne, G., Gaudino, C., Rogowski, I., Alloatti, G., & Hautier, C. (2010). Activity Profile in Elite Italian Soccer Team. *International Journal of Sports Medicine*, 31(05), 304–310. <https://doi.org/10.1055/s-0030-1248320>
59. West, D. J., Owen, N. J., Jones, M. R., Bracken, R. M., Cook, C. J., Cunningham, D. J., Shearer, D. A., Finn, C. V, Newton, R. U., Crewther, B. T., & Kilduf, L. P. (2011). Relationships between force-time characteristics of the isometric midthigh pull and dynamic performance in professional rugby league players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(11), 3070–3075. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318212dcd5>
60. Xu, J., Turner, A., Comfort, P., Harry, J. R., McMahon, J. J., Chavda, S., & Bishop, C. (2023). A Systematic Review of the Different Calculation Methods for Measuring Jump Height During the Countermovement and Drop Jump Tests. *Sports Medicine*, 53(5), 1055–1072. <https://doi.org/10.1007/S40279-023-01828-X>

AUTHOR CONTRIBUTIONS

All authors listed have made a substantial, direct and intellectual contribution to the work, and approved it for publication.

CONFLICTS OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

FUNDING

This research received no external funding.

COPYRIGHT

© Copyright 2024: Publication Service of the University of Murcia, Murcia, Spain.