

- <sup>1</sup> Facultad de Deportes, Universidad Católica de San Antonio, Murcia, España
- <sup>2</sup> Centro de Estudios del Deporte, Universidad Rey Juan Carlos, Madrid, España
- <sup>3</sup> Laboratoire Interuniversitaire de Biologie de la motricité (EA7424), Universidad de Saboya Mont Blanc, Le Bourget du Lac, Francia
- <sup>4</sup> Departamento de Educación Física y Deporte, Facultad de Ciencias del Deporte, Universidad de Granada, Granada, España
- <sup>5</sup> Departamento de Ciencias del Deporte y Acondicionamiento Físico, Facultad de Educación, CIEDE, Universidad Católica de la Santísima Concepción, Concepción, Chile
- <sup>6</sup> Departamento de Salud y Rendimiento Humano, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España
- <sup>7</sup> Instituto de Investigación del Rendimiento Deportivo de Nueva Zelanda, Universidad tecnológica de Auckland, Auckland, Nueva Zelanda
- <sup>8</sup> Human Motor Laboratory Education Sport Health, Université Côté d'Azur, Niza, Francia

## ABSTRACTO

Este estudio tuvo como objetivo (i) explorar la relación entre la fuerza vertical (salto) y la horizontal (sprint) fuerza-velocidad-potencia (FVP) profesionales mecánicos en una amplia gama de deportes y niveles de práctica, y (ii) proporcionar una gran base de datos para servir como referencia de la FVP profile para todos los deportes y niveles probados. Un total de 553 participantes (333 hombres, 220 mujeres) de 14 disciplinas deportivas y de todos los niveles de práctica participaron en este estudio. Los participantes realizaron saltos en cuclillas (SJ) contra múltiples cargas externas (vertical) y sprints lineales de 30 a 40 m (horizontales). Se midieron los indicadores FVP verticales y horizontales (es decir, los valores máximos teóricos de fuerza ( $F_0$ ), velocidad ( $v_0$ ) y potencia ( $P_{\text{máx}}$ ), así como las principales variables de rendimiento (altura SJ descargada en salto y tiempo de sprint de 20 m). Las correlaciones entre las mismas variables mecánicas obtenidas de las modalidades vertical y horizontal variaron de -0,12 a 0,58 para  $F_0$ , -0,31 a 0,71 para  $v_0$ , -0,10 a 0,67 para  $P_{\text{máx}}$ . 0,23 para las variables de rendimiento (es decir, altura SJ y tiempo de sprint). En general, los resultados mostraron una disminución en la magnitud de las correlaciones para los atletas de mayor nivel. Las bajas correlaciones generalmente observadas entre las salidas mecánicas de salto y sprint sugieren que ambas tareas proporcionan información distintiva sobre el programa FVP de los músculos de la parte inferior del cuerpo. Por lo tanto, recomendamos la evaluación del FVP profile tanto en salto como en sprint para obtener una visión más profunda de las capacidades mecánicas máximas de los músculos de la parte inferior del cuerpo, especialmente en niveles altos y de élite.

Asignaturas Kinesiología

Palabras clave Salto, Sprint, Pruebas, Fuerza-velocidad profile, Entrenamiento de fuerza

Enviado 15 agosto 2018  
Aceptado 16 octubre 2018  
Publicado 13 noviembre 2018

Autor para correspondencia  
Pedro Jiménez-Reyes,  
peterjr49@hotmail.com

Editor académico  
Rodrigo Ramírez-Campillo

Información adicional y  
declaraciones se pueden  
encontrar en la página 14

DOI 10.7717/peerj.5937

© Copyright 2018  
Jiménez-Reyes et al.

Distribuido bajo  
Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

## INTRODUCCIÓN

La potencia máxima de salida es un determinante muscular ampliamente aceptado del rendimiento de salto y sprint, que está determinado por la capacidad de producción de fuerza y velocidad (Samozino et al., 2012, 2016). Por lo tanto, el rendimiento en el salto (es decir, la altura de salto) y el sprint (es decir, el tiempo para correr una distancia determinada) depende principalmente de la capacidad de los sistemas neuromuscular y osteoarticular de los atletas para (i) generar altos niveles de fuerza, (ii) garantizar la aplicación efectiva de esta fuerza en el medio ambiente (es decir, apoyar el suelo) y (iii) producir esta fuerza efectiva a altas velocidades de contracción (Morin y Samozino, 2016).

Estudios anteriores han investigado hasta qué punto las pruebas de salto podrían predecir el rendimiento del sprint y cómo se correlacionaron los rendimientos de sprint y salto (Cronin, Ogden y Lawton, 2007; Randell et al., 2010; Comfort et al., 2013). Estos estudios generalmente revelaron correlaciones significantes entre el rendimiento en las pruebas de salto tradicionales (por ejemplo, salto en cuclillas (SJ) y salto de contramovimiento) y el rendimiento de sprint. Un aumento en la fuerza general de las extremidades inferiores después de diferentes tipos de entrenamiento de fuerza también ha demostrado ser eficaz para mejorar el rendimiento del sprint en diferentes poblaciones, que van desde sujetos físicamente activos pero no entrenados hasta atletas profesionales (Blazevich y Jenkins, 2002; Loturco et al., 2015; Ramírez-Campillo et al., 2015). Estos resultados están respaldados por el meta-análisis de Seitz et al. (2014) que mostró una relación significativa muy grande ( $r = -0.77$ ) entre los cambios en el máximo de repetición de una sentadilla (1RM) y los tiempos de sprint. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que la sentadilla 1RM, la altura de salto contra una sola carga o los tiempos de sprint no proporcionaron información completa sobre los determinantes musculares del rendimiento en comparación con todo el continuo / espectro de fuerza-velocidad-potencia (FVP) (Morin y Samozino, 2016).

La evaluación de la relación lineal fuerza-velocidad se ha utilizado para identificar las capacidades mecánicas máximas de los músculos involucrados para generar un alto nivel de fuerza (a través de la fuerza máxima teórica,  $F_0$ ), para generar fuerza a muy alta velocidad (a través de la velocidad máxima teórica,  $V_0$ ), y para producir potencia máxima ( $P_{max}$ ). El salto vertical ha sido la tarea más utilizada para evaluar el perfil FVP de los músculos de la parte inferior del cuerpo (Jiménez-Reyes et al., 2014; Samozino et al., 2014; García-Ramos et al., 2017). Los principales motivos de la popularidad de los saltos verticales es su facilidad de uso, alta confiabilidad de las salidas mecánicas y similitud entre los patrones de movimiento de salto y algunas habilidades atléticas (YamauchieIshii, 2007; Nagahara et al., 2014). Recientemente, también se ha propuesto una metodología para determinar el perfil FVP en sprint (Samozino et al., 2016; Cross et al., 2017). Por lo tanto, hoy en día, los profesionales de la fuerza y el acondicionamiento pueden utilizar métodos de campo para evaluar el perfil FVP tanto en saltos (Samozino et al., 2008; Giroux et al., 2014; Jiménez-Reyes et al., 2017b) y sprint (Samozino et al., 2016; Romero-Franco et al., 2017). Estos enfoques innovadores de la programación FVP proporcionan a los investigadores y profesionales del deporte una solución simple pero precisa para un

seguimiento y entrenamiento más individualizados de las capacidades físicas y técnicas (Morin & Samozino, 2016). Es importante tener en cuenta que el perfil FVP en salto (perfil F-V vertical) proporciona información sobre la capacidad de las extremidades inferiores para producir fuerza en una dirección vertical, mientras que el perfil FVP en sprint (perfil horizontal) proporciona información sobre la capacidad de producir fuerza que es eficaz para una tarea de sprint específica (es decir, fuerza horizontal). Sin embargo, se desconoce el grado en que las mismas salidas mecánicas máximas (es decir,  $F_0$ ,  $v_0$  y  $P_{max}$ ) están relacionadas entre ambas tareas.

Los métodos propuestos por Samozino et al. (2012, 2014) para evaluar los procedimientos FVP se han utilizado recientemente para comprender mejor y mejorar el salto vertical (Jiménez-Reyes et al., 2017a) y el rendimiento del sprint (Crosset et al., 2015; Rabita et al., 2015; Mendiguchia et al., 2016; Samozino et al., 2016; Slawinski et al., 2017). Estos estudios proporcionan una base de datos emergente de valores de referencia para los componentes mecánicos de los productos FVP verticales y horizontales. Sin embargo, estos datos de referencia incluyen solo algunos deportes (fútbol, rugby, atletismo) en el perfil vertical u horizontal, y solo para un número limitado de niveles de práctica (por ejemplo, características horizontales del perfil FVP de los velocistas de élite en Slawinski et al. (2017)). Si bien existe un perfil óptimo de FV en el salto y puede usarse como referencia individual para monitorear el régimen de entrenamiento para un rendimiento de movimiento balístico-cíclico que involucra la propia masa corporal del atleta (Jiménez-Reyes et al., 2017a), aún no existen valores óptimos individuales para otros tipos de movimientos balísticos (por ejemplo, realizados contra resistencias) y para el perfil FVP en el sprint. Por lo tanto, las principales preguntas de investigación y práctica siguen sin respuesta con respecto al uso del perfil FVP: **¿están relacionados los profesionales FVP verticales y horizontales, dependiendo del deporte y el nivel de práctica? ¿Qué valores pueden considerarse como referencias a la hora de evaluar/considerarlos profesionales FVP de los atletas?** La primera pregunta solo se ha abordado con jugadoras de fútbol femeninas de élite que muestran correlaciones muy grandes para  $P_{max}$  ( $r = 0.75$ ) pero correlaciones triviales-moderadas para  $F_0$  ( $r = -0.14$ ) y  $v_0$  ( $r = 0.49$ ) (Marcote-Pequeno et al., 2018), mientras que la segunda pregunta sólo ha recibido respuestas parciales (es decir, pocos niveles de práctica en un número limitado de deportes). Cabe señalar que los datos presentados por Marcote-Pequeno et al. (2018) también fueron considerados para la base de datos del estudio actual.

Para abordar las lagunas existentes en la literatura, el primer objetivo de este estudio fue probar la relación entre las salidas mecánicas FVP verticales (salto) y horizontales (sprint) ( $F_0$ ,  $v_0$  y  $P_{máx.}$ ) y las variaciones de rendimiento (altura SJ y tiempo de sprint a 20 m) en un gran número de deportes y para varios niveles de práctica (ocio a élite). Un objetivo secundario era proporcionar una gran base de datos (>500 individuos) que sirviera como valores de referencia para estas características profesionales FVP en todos los deportes y niveles probados. Dicha información sería de interés tanto para los investigadores como para los profesionales del deporte con el fin de comparar los perfiles FVP de sus sujetos/atletas con los valores de referencia, así como para dilucidar si la

asociación apuesta por profesionales FVP verticales y horizontales podría verse afectada por la modalidad deportiva y el nivel de práctica.

## MÉTODO

### Participantes

Un total de 553 atletas (333 hombres (edad =  $23,5 \pm 5,2$  años (rango = 16–34 años); masa corporal =  $77 \pm 13$  kg; estatura =  $1,80 \pm 0,08$  m) y 220 mujeres (edad =  $23,2 \pm 4,5$  años (rango = 16–33 años); masa corporal =  $60 \pm 8$  kg; estatura =  $1,67 \pm 0,07$  m)) de diversas disciplinas deportivas y niveles de práctica se ofrecieron como voluntarios y dieron su consentimiento informado por escrito para participar en este estudio, que ha sido aprobado por el comité ético local de la Universidad Católica de San Antonio (Murcia) de acuerdo con la Declaración de Helsinki. Los voluntarios se dividieron en los siguientes subgrupos: **Low Level o amateur** (16 hombres y 14 mujeres; no compiten en ningún nivel (por ejemplo, estudiantes de ciencias del deporte, 3–5 h de volumen de entrenamiento semanal), **nivel medio o semiprofesional** (96 hombres y 105 mujeres; sujetos que siguen un entrenamiento estructurado (alrededor de 10–12 h de volumen de entrenamiento semanal) que compiten en ligas de tercera división o categorías similares en sus deportes), **de alto nivel o profesionales** (95 hombres y 45 mujeres; sujetos que son profesionales en sus deportes y compiten en alto nivel en ligas de primera y segunda división o categorías similares en sus deportes (alrededor de 18–20 h de volumen de entrenamiento estructurado)), y **nivel élite o internacional** (126 hombres y 56 mujeres; sujetos que son profesionales y también compiten a nivel internacional con sus equipos o selecciones nacionales). El protocolo del estudio fue aprobado por la Junta de Revisión Institucional de la Universidad Católica de San Antonio (no: 171114).

### Diseño experimental

El presente trabajo consistió en un diseño transversal donde se evaluaron los perfiles FVP individuales (tanto en modalidad de salto como de sprint) de participantes masculinos y femeninos de diferentes disciplinas deportivas y niveles de práctica. Para todos los participantes, las pruebas de salto y sprint se realizaron en dos sesiones de prueba diferentes, dentro de la misma semana, para evitar los efectos de la fatiga y garantizar el mismo estado de fidelidad física. Además, las pruebas se realizaron a la misma hora del día en las dos sesiones de prueba.

### Procedimientos de prueba

#### Perfil fuerza-velocidad-potencia en el salto

Todas las sesiones fueron con un calentamiento general que consistió en ejercicios de trote y movilidad articular, que fue seguido por un calentamiento específico que comprende varias pruebas de SJ descargados y cargados. Una vez finalizado el calentamiento, los participantes realizaron SJ máxima sin cargas externas y contra cargas externas que oscilaban entre 10 y 90 kg para determinar las relaciones FVP individuales (Jiménez-Reyes et al., 2017a). Las cargas se aplicaron en orden aleatorio. Antes de cada SJ, se

instruyó a los participantes para que se levantaran rectos y quietos en el centro del área de salto. A partir de entonces, se pusieron en cuclillas hasta que alcanzaron aproximadamente un ángulo de rodilla de 90 (rango: ángulo de rodilla de 80 a 100). La posición inicial se mantuvo durante aproximadamente 2 s antes del inicio de la fase concéntrica y se controló mediante un goniómetro manual o un cordón elástico para garantizar distancias de empuje consistentes a través de las cargas. Los participantes siempre fueron instruidos para saltar lo más alto posible. Los participantes mantuvieron sus manos en las caderas para saltos sin cargas externas y en la barra para saltos cargados. Cualquier contramoción estaba verbalmente prohibida y cuidadosamente revisada. Si no se cumplían estos requisitos, se repetía el ensayo. Se realizaron dos ensayos válidos con cada carga con 2 min de recuperación entre ensayos y 4 – 5 min entre diferentes cargas.

Los valores medios de fuerza, velocidad y potencia se calcularon a través del método de Samozino utilizando tres ecuaciones basadas en estas variables de entrada simples: masa del sistema (masa corporal más cargas externas), altura de salto y distancia de empuje (Samozino et al., 2008). La distancia de empuje corresponde a la distancia recorrida por el centro de masa durante el empuje, es decir, la extensión de las extremidades inferiores desde la posición inicial hasta el despegue (Samozino et al., 2008). La distancia de empuje se calculó de antemano para cada participante como la diferencia entre la longitud extendida de la extremidad inferior (cresta ilíaca a

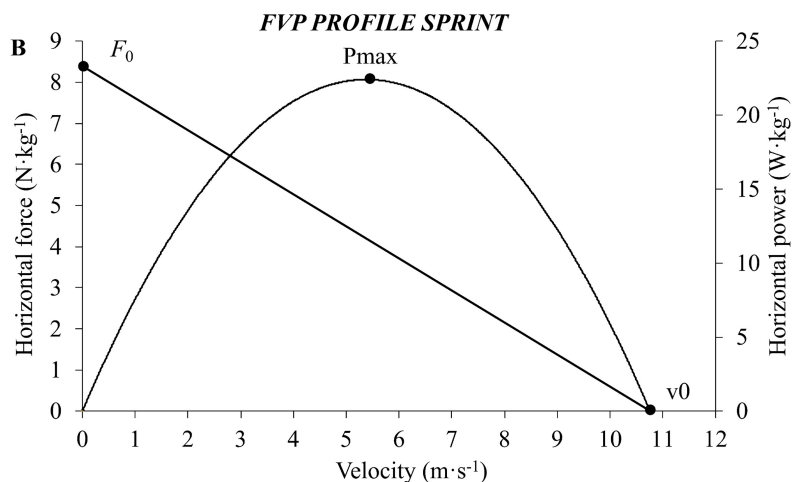
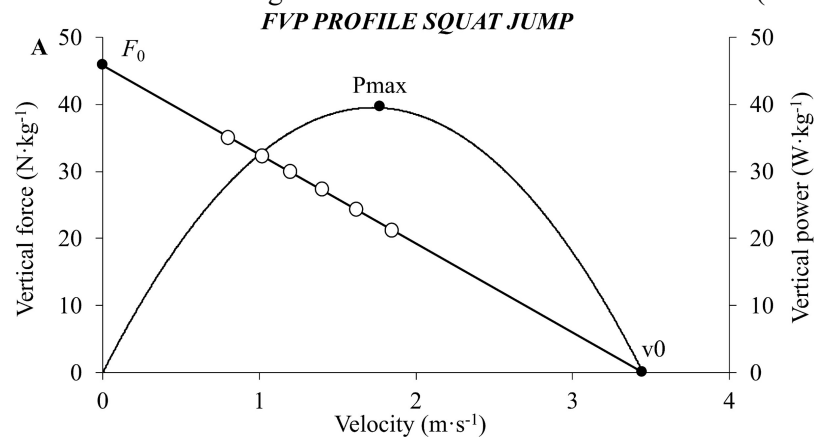


Figura 1 Una representación gráfica de la fuerza-velocidad-potencia obtenidos durante los procedimientos de prueba de salto (A) y sprint (B).  $F_0$ , fuerza máxima teórica;  $v_0$ , velocidad máxima teórica;  $P_{\text{Máximo}}$ , potencia máxima teórica. Tamaño completoDOI: 10.7717/peerj.5937/serg-1

dedos de los pies en flexión plantar) y la altura en la posición inicial estandarizada individual (cresta ilíaca a distancia vertical al suelo). La altura de salto se obtuvo utilizando un sistema de medición óptica (OptoJump Next Microgate, Bolzano, Italia), sin embargo, la altura de salto de sprinters y jugadores de rugby se obtuvo del tiempo de vuelo con una placa de fuerza (OR6-5-2000; Advanced Mechanical Technology, Inc., Watertown, MA, ESTADOS UNIDOS). Tenga en cuenta que el dispositivo OptoJump ha demostrado una alta validez para medir la altura de salto en comparación con los recordings de posición de fuerza (Glatthorn et al., 2011; Castagna et al., 2013).

**Los valores de fuerza y velocidad obtenidos durante el ensayo con mayor altura de salto de cada condición de carga se modelaron mediante regresiones lineales de mínimos cuadrados para determinar el perfil FVP individual (Jaric, 2015):**  $F(V) = F_0 - aV$ , donde  $F_0$  representa la fuerza máxima (es decir, fuerza-intercepción),  $v_0$  es la velocidad máxima (es decir, velocidad-intersección), y “ $aV$ ” es la pendiente de relación de la relación fuerza-velocidad ( $F_0/v_0$ ). Como consecuencia de que la relación fuerza-velocidad altamente lineal, la potencia máxima ( $P_{\text{max}}$ ) se calculó como  $P_{\text{max}} = F_0 \cdot v_0/4$  (Fig. 1A).  $F_0$  y  $P_{\text{max}}$  se normalizaron a la masa corporal.

### Perfil fuerza-velocidad-potencia en el sprint

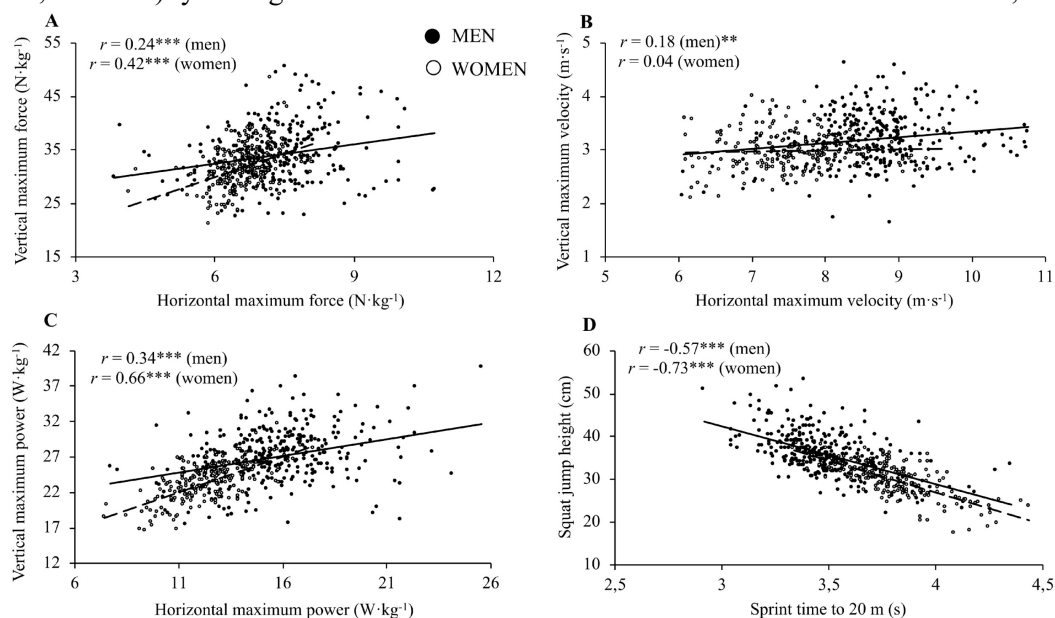
Todas las sesiones comenzaron con un calentamiento general que consistió en ejercicios de trote y movilidad articular, seguidos de tres sprints progresivos de 30 a 40 m a velocidades de carrera crecientes. Posteriormente, se realizaron de dos a tres sprints máximos y se utilizó el sprint más rápido para los análisis estadísticos. La velocidad de carrera durante sprints lineales de 30 a 40 m se midió a través de un dispositivo de radar Stalker Acceleration Testing System (ATS) II (Modelo: Stalker ATS II; Applied Concepts, Dallas, TX, USA). El dispositivo de radar se conectó a un trípode a 10 m de la línea de salida a una altura de un m correspondiente aproximadamente a la altura del centro de masa de los participantes. El dispositivo de radar tomó muestras de datos de velocidad y tiempo a 46.9 Hz, y se operó de forma remota a través de una conexión a una computadora portátil para negar la posibilidad de la variabilidad introducida a través de la operación manual directa. Los participantes iniciaron el sprint desde una posición agachada (salida 3 apoyos).

Todos los datos fueron recolectados utilizando el software STATS (Modelo: Stalker ATS II Versión 5.0.2.1; Applied Concepts, Dallas, TX, USA) proporcionado por el fabricante del dispositivo de radar. Las relaciones fuerza-velocidad individuales en el sprint se evaluaron como se describió en estudios previos por el método de Samozino y se determinaron los valores máximos teóricos de fuerza ( $F_0$ ), velocidad ( $v_0$ ) y potencia ( $P_{\text{max}}$ ) (Cross et al., 2015; Mendiguchia et al., 2016; Samozino et al., 2016) (Fig. 1B). El método de Samozino proporciona un método simple para obtener la relación fuerza-velocidad a partir de la aplicación de leyes básicas del movimiento utilizando la velocidad de carrera

y la masa corporal del atleta como entradas principales (para detalles completos y validación del método; ver Samozino et al. (2016)).  $F_0$  y  $P_{max}$  se normalizaron a la masa corporal. Finalmente, se determinó el tiempo de 20 m a partir de los datos de velocidad-tiempo modelados.

### Análisis estadístico

Los datos descriptivos se presentan como medias y desviaciones estándar. Los coeficientes de correlación de Pearson ( $r$ ) se utilizaron para probar la relación entre las variables clave verticales ( $F_0$ -vertical,  $v_0$ -vertical y  $P_{max}$ -vertical) y horizontales ( $F_0$ -horizontal,  $v_0$ -horizontal y  $P_{max}$ -horizontal) perfil mecánico de FVP y variables de rendimiento (altura SJ y tiempo de 20 m). Los datos se agruparon por deporte, sexo y nivel de práctica. Se proporcionaron interpretaciones cualitativas de los coeficientes “ $r$ ”: trivial ( $r < 0,1$ ), pequeño ( $r = 0,1-0,3$ ), moderado ( $r = 0,3-0,5$ ), grande ( $r = 0,5-0,7$ ), muy grande ( $r = 0,7-0,9$ ) y casi perfecto ( $r > 0,9$ ) (Hopkins et al., 2009). Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software SPSS versión 22.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, EE.UU.) y la significancia estadística se estableció en un nivel alfa de 0,05.



**Figura 2** Asociación entre la misma fuerza-parámetros de relación de velocidad y variables de rendimiento obtenidos de los procedimientos de prueba de salto y sprint en hombres (línea recta; punto lled) y mujeres (línea discontinua; punto vacío) ((A) fuerza; b) velocidad; (C) potencia máxima; D) parámetro de rendimiento) rPearson's correlación coefsercient. FirmeserCorrelaciones de cant:  $P < 0,01$ ,  $P < 0,001$ .

Tamaño completoDOI: [10.7717 / peerj.5937 / fig-2](https://doi.org/10.7717/peerj.5937)

## RESULTS

La magnitud de las correlaciones entre salto y sprint cuando se agruparon todos los datos ( $n = 553$ ) fue de 0,32 para  $F_0$  ( $P < 0,001$ ) ( $r = 0,24$  para los hombres y 0,42 para las mujeres; ambos  $P < 0,001$ ), 0,25 para  $v_0$  ( $P < 0,001$ ) ( $r = 0,18$  para los hombres ( $P = 0,001$ ) y 0,04 para mujeres ( $P = 0,572$ )), 0,55 para  $P_{max}$ . ( $P < 0,001$ ) ( $r = 0,34$  para los hombres y 0,66 para las mujeres; ambos  $P < 0,001$ ), y -0,73 para las variables de

rendimiento ( $P < 0,001$ ) ( $r = -0,57$  para los hombres y  $-0,73$  para las mujeres; ambos  $P < 0,001$ ) (Fig. 2). La magnitud de las correlaciones para los grupos específicos osciló entre  $-0.12$  (jugadores de balonmano de nivel élite masculino) y  $0.58$  (estudiantes de ciencias del deporte masculinos) para  $F_0$ ,  $-0.31$  (jugadores de voleibol de nivel medio masculino) y  $0.71$  (judokas de nivel élite femenino) para  $v_0$ ,  $-0.10$  (jugadores de voleibol de nivel medio masculino) y  $0.67$  (jugadoras de baloncesto de nivel medio femenino) para  $P_{\max}$ , y  $-0.92$  (jugadoras de baloncesto y fútbol de nivel medio femenino) y  $-0.23$  (jugadoras de fútbol sala de nivel élite masculino) para las variables de rendimiento (Tabla 1).

La magnitud del perfil FVP y las variables de rendimiento clasificadas por deporte, sexo y nivel de práctica se resumen en la Tabla 2. Estos datos generales varían de la siguiente manera:  $F_0$ -vertical con estudiantes femeninas de ciencias del deporte que muestran el valor promedio más bajo ( $25.7 \text{ N / kg}$ ), mientras que los levantadores de pesas masculinos de alto nivel presentaron el valor promedio más alto ( $47,5 \text{ N/kg}$ );  $F_0$ -horizontal con el valor promedio más bajo encontrado en judokas de élite masculinos ( $5.99 \text{ N / kg}$ ), y el más alto en jugadores de rugby masculinos ( $8.90 \text{ N / kg}$ );  $v_0$ -vertical varió entre los valores de judokas femeninos de alto nivel ( $2,54 \text{ m/s}$ ) a los de los jugadores masculinos de balonmano de élite ( $3,69 \text{ m/s}$ ); los valores de  $v_0$ -horizontales variaron desde los de judokas femeninos de alto nivel ( $6,76 \text{ m/s}$ ) hasta los de los velocistas masculinos de alto nivel ( $10,3 \text{ m/s}$ );  $P_{\max}$ -vertical rango entre valores de judokas femeninos de alto nivel ( $19,7 \text{ W/kg}$ ) y hombres de alto nivel de halterofilia ( $32,6 \text{ W/kg}$ ), mientras que  $P_{\max}$ -horizontal varió entre los valores de judokas femeninos de alto nivel ( $10,4 \text{ W/kg}$ ) y velocistas masculinos de alto nivel ( $20,7 \text{ W/kg}$ ). Finalmente, en cuanto a las variables de rendimiento, la altura de SJ osciló entre  $22 \text{ cm}$  para las estudiantes de ciencias del deporte femenino y  $44 \text{ cm}$  para los jugadores masculinos de rugby de nivel élite, mientras que el tiempo de sprint a  $20 \text{ m}$  varió entre  $3.14 \text{ s}$  para los velocistas masculinos de alto nivel y  $4.11 \text{ s}$  para los judokas femeninos de alto nivel.

**Tabla 1** Correlaciones de Pearson entre los parámetros de relación fuerza-velocidad ( $F_0$ ,  $v_0$  y  $P_{\max}$ ) y las variables de rendimiento (altura de salto en cuclillas descargadas y tiempo de sprint de  $20 \text{ m}$ ) obtenidas durante las pruebas de salto y sprint.

Deporte	$F_0$ (N/kg)	$v_0$ (m/s)	$P_{\max}$ (W/kg)	Rendimiento
<b>Baloncesto</b>				
♂ HL (n = 16)	0.16	-0.07	0,65**	-0.60*
♂ ML (n = 12)	0.20	0.48	0.25	-0,67*
♀ ML (n = 17)	0,53*	-0.28	0,67**	-0.92**
Todos (n = 45)	0,33*	-0.26	0,70***	-0.82***
<b>Futsal</b>				
♂ EL (n = 39)	0.14	0.03	0.02	-0.23
♂ HL (n = 10)	0.43	0.54	0.49	-0.36



♀ ML(n = 28)	0.10	0.26	0.34	-0.47*
Todos (n = 77)	0,40***	0,35**	0,70***	-0.74***
<b>Gimnasia</b>				
♂EL (n = 14)	0.33	0.35	0,60*	-0.63*
♀EL (n = 12)	0.13	0.18	0.45	-0.60*
Todos (n = 26)	0.34	0,56**	0,82***	-0.81***
<b>Balonmano</b>				
♂EL (n = 31)	-0.12	0.31	0,40*	-0.63**
♀EL (n = 15)	0.47	0.27	0.47	-0.35
Todos (n = 46)	0,38**	0.01	0,50***	-0.73***
<b>Judo</b>				
♂HL (n = 10)	0.60	0.22	0.39	-0.63
♀ HL(n = 10)	0.46	0,71*	0.59	-0,77**
Todos (n = 20)	0,45*	0,88***	0,65**	-0.87***
<b>Karate</b>				
♂ ML(n = 18)	0.26	0.42	0.41	-0.46
♀ ML(n = 14)	0.46	0.29	0.24	-0.67**
Todos (n = 32)	0.24	0,48**	0,61***	-0.81***
<b>Rugby</b>				
♂EL (n = 21)	0.01	0.26	-0.01	-0.27
♀EL (n = 15)	0.01	0.21	0.09	-0.47
Todos (n = 36)	-0.10	0.28	-0.02	-0.79***
<b>Fútbol</b>				
♂EL (n = 21)	0.31	-0.05	0.15	-0.32
♂ HL(n = 18)	0.34	0.15	0.24	-0.45
♂ ML(n = 34)	0,42*	0.27	0,44**	-0.59***
♀EL (n = 18)	0.11	0.06	0,49**	-0.60***
♀ ML(n = 20)	0.37	0.18	0,63**	-0.92***
Todos (n = 111)	0,47***	0,23*	0,62***	-0.74***
<b>Carrera</b>				
♂ HL(n = 15)	0.50	0.36	0.36	-0.35

Cuadro 1 (continuación).

Deporte	F <sub>0</sub> (N/kg)	V <sub>0</sub> (m/s)	P <sub>máx.</sub> (W/kg)	Rendimiento
♀ HL(n = 13)	0.55	0.18	0.26	-0.50
Todos (n = 28)	0,60**	0,55**	0,66***	-0.73***
Taekwondo				
♂ ML(n = 13)	0.39	0.45	0.21	-0.46
♀ ML (n = 10)	0.31	0.38	0.10	-0.28
Todos (n = 23)	0.34	0,69***	0.36	-0.59**
Tenis				
♂ HL(n = 17)	0,50*	0.37	0.41	-0.57
♀ HL(n = 14)	0,54*	0,61*	0.44	-0.34
Todos (n = 31)	0,43*	0,69***	0,62***	-0.69***
Estudiantes de ciencias del deporte				
♂ LL(n = 16)	0,58*	0.43	0,64**	-0.67**
♀ LL (n = 14)	0,48*	0.24	0,61*	-0,59*
Todos (n = 30)	0,57**	0,48**	0,78***	-0.83***
Voleibol				
♂ ML (n = 19)	0,47*	-0.31	-0.10	-0.27
♀ ML(n = 16)	0,48*	-0.04	0.48	-0,53*
Todos (n = 35)	0,47**	-0.04	0,47**	-0.67***
Halterofilia				
♂ HL (n = 9)	0.29	0.32	0.49	-0.48
♀ HL(n = 8)	0.36	0.23	0.46	-0.45
Todos (n = 17)	0,67**	0.22	0,71**	-0.70**

## Notas:

F<sub>0</sub>, fuerza máxima teórica; v<sub>0</sub>, velocidad máxima teórica; P<sub>máx.</sub>, potencia máxima teórica; LL, nivel bajo o amateur; ML, nivel medio o semiprofesional; HL, de alto nivel o profesional; EL, nivel élite o internacional.

Correlaciones significant (resaltadas en negrita): \* P < 0,05, \*\* P < 0,01, \*\*\* P < 0,001. Interpretaciones cualitativas de las correlaciones de Pearson: trivial (r < 0.1), pequeño (r = 0.1–0.3), moderado (r = 0.3–0.5), grande (r = 0.5–0.7), muy grande (r = 0.7–0.9), y casi perfecto (r > 0.9) (Hopkins et al., 2009).

## DISCUSIÓN

El primer objetivo del estudio fue investigar la relación entre los profesionales de FVP verticales y horizontales a través del género y el nivel de práctica en un gran número de deportes, y así aportar nuevos conocimientos al debate de la intercambiabilidad de "vertical" y "horizontal" (es decir, basados en saltos y sprints) componentes físicos del rendimiento deportivo durante las pruebas y el entrenamiento. Un objetivo secundario fue

proporcionar la gran base de datos asociada, que puede constituir un conjunto de datos de referencia sobre el tema para investigadores y practicantes.

Al considerar poblaciones de bajo nivel, las grandes correlaciones entre las variables FVP verticales y horizontales sugieren que la capacidad de desarrollar fuerza horizontal durante el sprint se asocia en parte con la capacidad de las extremidades inferiores para desarrollar fuerza (según lo evaluado durante los saltos verticales), lo que demuestra las propiedades neuromusculares de las extremidades inferiores. En estos niveles más bajos de práctica, podríamos especular que el entrenamiento de las capacidades de producción de fuerza total (a través del perfil FVP vertical) dentro de un programa de entrenamiento de fuerza puede ser eficaz para mejorar el rendimiento del sprint. Sin embargo, en poblaciones de alto nivel a élite, horizontal

**Tabla 2** Datos descriptivos (media  $\pm$  desviación estándar) del programa mecánico Fuerza–Velocidad–Potencia y variables de rendimiento obtenidas en procedimientos de prueba de salto (vertical) y sprint (horizontal) mostrados por deporte, sexo y nivel de práctica.

Deporte	F <sub>0</sub> (N/kg)	v <sub>0</sub> (m/s)		P <sub>máx.</sub> (W/kg)		Rendimiento	
	Vertical	Vertical	Horizontal	Vertical	Horizontal	Altura SJ Horizontal (cm)	Tiempo (s) de sprint
<b>Baloncesto</b>							
♂ HL (n = 12)	32,7 $\pm$ 3,78	6,98 $\pm$ 1,06	3,37 $\pm$ 0,47	8,56 $\pm$ 0,40	26,8 $\pm$ 3,24	14,8 $\pm$ 2,05	0,35 $\pm$ 0,05
♂ ML (n = 16)	32,4 $\pm$ 3,72	6,71 $\pm$ 0,72	3,13 $\pm$ 0,43	8,53 $\pm$ 0,49	25,3 $\pm$ 4,15	14,2 $\pm$ 1,34	0,33 $\pm$ 0,03
♀ ML (n = 17)	29,7 $\pm$ 4,32	6,32 $\pm$ 0,61	2,94 $\pm$ 0,39	7,19 $\pm$ 0,70	21,5 $\pm$ 2,10	11,4 $\pm$ 1,93	0,27 $\pm$ 0,03
♂♀ HL + ML (n = 45)	31,3 $\pm$ 4,08	6,66 $\pm$ 0,85	3,14 $\pm$ 0,46	8,03 $\pm$ 0,86	24,4 $\pm$ 3,87	13,3 $\pm$ 2,39	0,32 $\pm$ 0,05
<b>Futsal</b>							
♂ EL (n = 39)	34,8 $\pm$ 3,61	7,70 $\pm$ 0,51	3,27 $\pm$ 0,45	9,01 $\pm$ 0,43	28,2 $\pm$ 2,33	17,2 $\pm$ 1,35	0,36 $\pm$ 0,03
♂ HL (n = 10)	34,4 $\pm$ 2,21	7,11 $\pm$ 0,22	3,03 $\pm$ 0,21	8,84 $\pm$ 0,21	26,0 $\pm$ 2,51	15,7 $\pm$ 0,54	0,34 $\pm$ 0,03
♀ ML (n = 28)	31,7 $\pm$ 2,49	6,63 $\pm$ 0,46	2,89 $\pm$ 0,27	7,64 $\pm$ 0,40	22,8 $\pm$ 2,01	12,6 $\pm$ 1,18	0,29 $\pm$ 0,03
♂♀ (n = 77)	33,6 $\pm$ 3,39	7,23 $\pm$ 0,68	3,10 $\pm$ 0,40	8,49 $\pm$ 0,76	25,9 $\pm$ 3,31	15,3 $\pm$ 2,46	0,33 $\pm$ 0,04
<b>Gimnasia</b>							
♂ EL (n = 14)	35,5 $\pm$ 2,23	7,16 $\pm$ 0,65	3,35 $\pm$ 0,31	8,89 $\pm$ 0,36	29,7 $\pm$ 2,79	15,8 $\pm$ 1,25	0,39 $\pm$ 0,04
♀ EL (n = 12)	33,5 $\pm$ 2,45	6,83 $\pm$ 0,30	3,04 $\pm$ 0,24	7,48 $\pm$ 0,37	25,3 $\pm$ 0,84	12,7 $\pm$ 0,71	0,33 $\pm$ 0,01
♂♀ EL (n = 26)	34,5 $\pm$ 2,50	7,01 $\pm$ 0,54	3,21 $\pm$ 0,32	8,24 $\pm$ 0,80	27,7 $\pm$ 3,05	14,3 $\pm$ 1,87	0,36 $\pm$ 0,04
<b>Balonmano</b>							
♂ EL (n = 31)	31,7 $\pm$ 4,09	7,24 $\pm$ 0,70	3,69 $\pm$ 1,06	8,54 $\pm$ 0,50	28,7 $\pm$ 6,78	15,4 $\pm$ 1,75	0,35 $\pm$ 0,04
♀ EL (n = 15)	31,4 $\pm$ 3,26	6,67 $\pm$ 0,38	3,08 $\pm$ 0,38	7,51 $\pm$ 0,31	24,0 $\pm$ 1,87	12,5 $\pm$ 1,00	0,30 $\pm$ 0,02
♂♀ EL (n = 46)	31,6 $\pm$ 3,80	7,05 $\pm$ 0,67	3,49 $\pm$ 0,94	8,21 $\pm$ 0,66	27,1 $\pm$ 6,05	14,4 $\pm$ 2,06	0,34 $\pm$ 0,04
<b>Judo</b>							
♂ HL (n = 10)	31,1 $\pm$ 2,15	5,99 $\pm$ 0,41	3,29 $\pm$ 0,23	8,13 $\pm$ 0,25	25,5 $\pm$ 1,76	12,1 $\pm$ 0,58	0,32 $\pm$ 0,02
♀ HL (n = 10)	31,2 $\pm$ 2,41	6,20 $\pm$ 1,26	2,54 $\pm$ 0,29	6,76 $\pm$ 0,39	19,7 $\pm$ 1,64	10,4 $\pm$ 2,02	0,25 $\pm$ 0,02
♂♀ HL (n = 20)	31,1 $\pm$ 2,22	6,09 $\pm$ 0,92	2,92 $\pm$ 0,46	7,45 $\pm$ 0,77	22,6 $\pm$ 3,38	11,2 $\pm$ 1,69	0,28 $\pm$ 0,04

<b>Karate</b>					
♂ ML(n = 18)	35,8 ± 3,64	6,88 ± 1,083,13 ± 0,31	8,24 ± 0,4527,9 ± 2,81	14,0 ± 1,990,36 ± 0,03	3,63 ± 0,14
♀ ML(n = 14)	31,1 ± 1,85	6,84 ± 0,522,89 ± 0,33	6,90 ± 0,3722,4 ± 2,43	11,8 ± 1,270,27 ± 0,02	3,93 ± 0,15
♂♀ ML (n = 32)	33,8 ± 3,78	6,86 ± 0,873,02 ± 0,34	7,65 ± 0,7925,5 ± 3,78	13,1 ± 2,040,32 ± 0,06	3,76 ± 0,21
<b>Rugby</b>					
♂ EL (n = 21)	31,0 ± 7,47	8,90 ± 1,043,38 ± 1,13	8,62 ± 0,3124,7 ± 4,97	19,2 ± 2,360,44 ± 0,05	3,29 ± 0,12
♀ EL (n = 15)	32,9 ± 2,22	7,12 ± 0,403,06 ± 0,32	7,85 ± 0,2824,9 ± 1,48	13,9 ± 1,040,33 ± 0,02	3,66 ± 0,07
♂♀ EL (n = 36)	31,8 ± 5,89	8,16 ± 1,213,24 ± 0,89	8,30 ± 0,4924,8 ± 3,88	17,0 ± 3,250,39 ± 0,07	3,45 ± 0,21
<b>Fútbol</b>					
♂ EL (n = 21)	36,7 ± 5,68	7,35 ± 0,693,22 ± 0,61	9,25 ± 0,6128,9 ± 3,16	16,9 ± 1,910,38 ± 0,04	3,38 ± 0,12
♂ HL(n = 18)	35,5 ± 3,19	7,07 ± 0,422,98 ± 0,37	9,17 ± 0,4926,3 ± 2,95	16,1 ± 1,090,35 ± 0,04	3,42 ± 0,08
♂ ML(n = 34)	33,1 ± 4,56	6,73 ± 1,043,16 ± 0,52	8,89 ± 0,5025,7 ± 2,48	14,9 ± 1,720,33 ± 0,03	3,50 ± 0,12
♀ EL (n = 18)	32,9 ± 3,56	6,49 ± 0,303,03 ± 0,33	8,18 ± 0,4724,7 ± 0,95	13,2 ± 1,030,33 ± 0,02	3,68 ± 0,10
♀ ML(n = 20)	31,8 ± 1,84	6,45 ± 0,592,88 ± 0,19	7,60 ± 0,3822,8 ± 1,65	12,2 ± 1,280,29 ± 0,02	3,78 ± 0,11
♂♀ EL (n = 111)	33,9 ± 4,41	6,82 ± 0,643,07 ± 0,46	8,67 ± 0,7825,8 ± 3,09	14,7 ± 2,230,34 ± 0,04	3,54 ± 0,18
<b>Carrera</b>					
♂ HL(n = 15)	40,9 ± 3,12	8,10 ± 0,883,11 ± 0,24	10,3 ± 0,4431,7 ± 3,55	20,7 ± 2,190,41 ± 0,04	3,14 ± 0,10

Cuadro 2  
(continuación).

Deporte	F <sub>0</sub> (N/kg)	v <sub>0</sub> (m/s)		P <sub>máx.</sub> (W/kg)		Rendimiento		
		Vertical	Horizontal	Vertical	Horizontal	Altura SJ (cm)	Tiempo (s) de sprint	
♀ HL(n = 13)	38,3 ± 2,78	7,07 ± 0,36	2,86 ± 0,22	8,98 ± 0,36	27,3 ± 2,15	15,8 ± 0,91	0,35 ± 0,02	3,45 ± 0,07
♂♀ HL (n = 28)	39,7 ± 3,19	7,62 ± 0,85	2,99 ± 0,26	9,71 ± 0,80	29,7 ± 3,71	18,4 ± 3,05	0,38 ± 0,05	3,28 ± 0,18
<b>Taekwondo</b>		6,94 ±		7,89 ±		13,5 ±		3,75 ±
♂ ML(n = 13)	35,6 ± 4,15	1,91	3,06 ± 0,31	0,60	27,0 ± 2,80	3,65	0,35 ± 0,04	0,33
♀ ML (n = 10)	33,4 ± 2,21	7,04 ± 0,66	2,56 ± 0,35	6,62 ± 0,38	21,2 ± 1,98	11,6 ± 1,30	0,26 ± 0,02	4,00 ± 0,15
♂♀ ML(n = 23)	33,8 ± 3,78	6,86 ± 0,87	3,02 ± 0,34	7,65 ± 0,79	25,5 ± 3,78	13,1 ± 2,04	0,32 ± 0,06	3,76 ± 0,21
<b>Tenis</b>		7,24 ±		8,59 ±		15,4 ±		3,49 ±
♂ HL(n = 17)	31,1 ± 2,10	0,87	3,48 ± 0,27	0,33	27,0 ± 2,03	1,56	0,35 ± 0,03	0,10
♀ HL(n = 14)	31,7 ± 1,94	6,92 ± 0,32	3,12 ± 0,24	7,77 ± 0,34	24,7 ± 1,28	13,4 ± 0,93	0,32 ± 0,01	3,69 ± 0,10
♂♀ HL(n = 31)	31,4 ± 2,01	7,10 ± 0,69	3,32 ± 0,31	8,22 ± 0,53	26,0 ± 2,08	14,5 ± 1,65	0,33 ± 0,03	3,58 ± 0,14
<b>Estudiantes de ciencias del deporte</b>		6,55 ±		8,26 ±		13,4 ±		3,67 ±
♂ LL(n = 16)	28,3 ± 3,11	0,96	3,67 ± 0,18	0,53	23,5 ± 3,00	2,02	0,29 ± 0,04	0,18
♀ LL (n = 14)	25,7 ± 2,76	6,12 ± 0,30	3,10 ± 0,33	6,91 ± 0,66	25,7 ± 2,76	10,5 ± 1,11	0,22 ± 0,03	4,04 ± 0,19
♂♀ LL(n = 30)	27,0 ± 3,19	6,35 ± 0,75	3,22 ± 0,31	7,63 ± 0,90	21,8 ± 3,15	12,1 ± 2,19	0,26 ± 0,05	3,84 ± 0,26
<b>Voleibol</b>		7,18 ±		8,18 ±		14,6 ±		3,58 ±
♂ ML (n = 19)	32,1 ± 3,12	0,90	3,46 ± 0,32	0,50	27,6 ± 2,01	2,05	0,36 ± 0,03	0,16
♀ ML(n = 16)	28,8 ± 2,23	6,62 ± 0,58	3,39 ± 0,34	7,10 ± 0,30	24,3 ± 2,07	11,7 ± 1,14	0,31 ± 0,02	3,89 ± 0,11
♂♀ ML (n = 35)	30,6 ± 3,19	6,92 ± 0,81	3,43 ± 0,33	7,69 ± 0,69	25,5 ± 3,78	13,3 ± 2,22	0,34 ± 0,04	3,72 ± 0,21
<b>Halterofilia</b>		7,52 ±		7,67 ±		14,4 ±		3,63 ±
♂ HL (n = 9)	47,5 ± 2,58	0,53	2,74 ± 0,27	0,53	32,6 ± 3,80	1,75	0,43 ± 0,04	0,17
♀ HL(n = 8)	38,1 ± 0,76	6,90 ± 0,17	2,77 ± 0,12	7,22 ± 0,30	26,4 ± 0,91	12,4 ± 0,70	0,35 ± 0,01	3,82 ± 0,09
♂♀ HL (n = 17)	43,1 ± 5,21	7,23 ± 0,51	2,75 ± 0,21	7,46 ± 0,49	29,6 ± 4,21	13,5 ± 1,67	0,39 ± 0,05	3,72 ± 0,17

Nota:

F<sub>0</sub>, fuerza máxima teórica; v<sub>0</sub>, velocidad máxima teórica; P<sub>máx.</sub>, potencia máxima teórica; LL, nivel bajo o amateur; ML, nivel medio o semiprofesional; HL, de alto nivel o profesional; EL, nivel élite o internacional.

es probable que la producción de fuerza durante la aceleración del sprint esté menos determinada por la capacidad del sistema neuromuscular para producir una fuerza total en el suelo, según lo evaluado a través del programa FVP vertical. Las diferencias en el rendimiento de aceleración de sprint pueden explicarse más por las diferencias en la efectividad mecánica, es decir, la capacidad de aplicar efectivamente la fuerza en el suelo (Morin, Edouard y Samozino, 2011; Morin et al., 2012). Esto, a su vez, sugeriría que el uso de los perfiles FVP vertical y horizontal como piezas intercambiables de información conduce a errores más bajos que en poblaciones de alto nivel.

Los resultados del presente estudio también sugieren que se debe tener precaución al inferir cambios en una habilidad (por ejemplo, correr) como consecuencia de una mejora en la otra (por ejemplo, saltar). Esta especificidad también se apoya en la concordancia encontrada entre la magnitud y orientación de las salidas mecánicas analizadas y la disciplina deportiva y el nivel en el que se practica. Al analizar la literatura existente a la luz de los resultados, es interesante observar que precisamente en aquellos estudios donde la relación entre las actuaciones "horizontales" y "verticales" era fuerte, o se probaban atletas de bajo nivel (Coutts, Murphy & Dascombe, 2004; Cormie, McGuigan & Newton, 2010) o las poblaciones evaluadas no fueron subcategorizadas por género, nivel de práctica o disciplina deportiva, lo que puede tener influencia en la interpretación de datos (Hammett & Hey, 2003; Deane et al., 2005). En este sentido, nuestros resultados generalmente revelaron correlaciones más grandes entre las variables del perfil FVP, así como para las variables de rendimiento (altura SJ y tiempo de sprint a 20 m) cuando los datos no estaban subcategorizados. Esto plantea claramente la pregunta sobre la "transferencia" entre el entrenamiento de fuerza y el rendimiento del sprint, especialmente en atletas entrenados y altamente entrenados (Young, 2006). **Los resultados actuales (es decir, cuanto menor es el nivel y la homogeneidad de los grupos de atletas, mayor es la correlación entre los perfiles horizontales y verticales) muestran que las conclusiones del estudio deben interpretarse cuidadosamente según el nivel y la homogeneidad de las poblaciones analizadas. Los resultados obtenidos en grupos heterogéneos de bajo nivel no deben extrapolarse a poblaciones de nivel superior.**

En general, estos resultados también refuerzan la necesidad de evaluar tanto el salto como el perfil FVP del sprint con el fin de garantizar una caracterización más específica, precisa y completa de las cualidades físicas de los atletas, hacia programas de entrenamiento mejor diseñados. El presente estudio amplía las conclusiones de Marcote-Pequeno et al. (2018), quienes reportaron bajas correlaciones para algunas variables del perfil FVP entre salto y sprint en jugadoras de fútbol de élite, a otras poblaciones deportivas y atletas masculinos. Por lo tanto, se espera que el enfoque FVP sea útil tanto para los investigadores como para los entrenadores, ya que un conocimiento más completo de las características de los atletas muy probablemente facilitará la prescripción posterior de un entrenamiento efectivo de acuerdo con las necesidades individuales (Morin & Samozino, 2016; Jiménez-Reyes et al., 2017a).

Aunque este estudio aborda algunas de las principales limitaciones discutidas en la literatura reciente por Rumpf et al. (2016) y Seitz et al. (2014), como la agrupación de

muestras de diferentes disciplinas y la no diferenciación tanto de género como de nivel de práctica, sigue siendo transversal en esencia. Por lo tanto, los resultados presentados aquí sólo se aplican al tiempo de evaluación y no pueden extrapolarse a los efectos inducidos por el entrenamiento y la transferencia de potencia entre, por ejemplo, el entrenamiento de tipo salto y el rendimiento de sprint (Young, 2006; Ramírez-Campillo et al., 2015). Recientemente se han realizado varios estudios para analizar los efectos de diferentes tipos de entrenamiento en la FVP vertical o en la horizontal (DeLacey et al., 2014; Mendiguchia et al., 2014; Morin et al., 2016), y demostraron que ambos perfiles eran sensibles al entrenamiento de fuerza específico. Por ejemplo, Jiménez-Reyes et al. (2017a) proporcionaron recientemente evidencia de cómo un entrenamiento independiente con el objetivo de optimizar el perfil FVP es efectivo para mejorar el rendimiento de salto. Los estudios en preparación incluirán una prueba longitudinal dentro del sujeto de los efectos del entrenamiento de fuerza en los perfiles FVP verticales y horizontales con el fin de ayudar a discutir mejor este fenómeno de "transferencia de entrenamiento".

Finalmente, aunque se reconocen las limitaciones expresadas, la base de datos normativa proporcionada en este estudio muestra las principales variables mecánicas FVP, así como las variables de rendimiento de varios deportes populares según el género y el nivel de práctica de los atletas. Esta base de datos puede ser de interés para un análisis y monitoreo más preciso de las capacidades físicas (Buchheit et al., 2014; Cross et al., 2015; Rabita et al., 2015) y factores relacionados con lesiones como  $F_0$  horizontal (Mendiguchia et al., 2014, 2016). A su respecto, la base de datos proporcionada en este trabajo contiene recomendaciones anteriores de Morin y Samozino (2016) sobre la necesidad de una tecnología individualizada de la mecánica vertical y horizontal, y el riesgo asumido al inferir una de la otra. Por último, cabe señalar que la mayoría de los perfiles FVP evaluados en el presente estudio, con la excepción de los velocistas y los jugadores de rugby, se obtuvieron a partir del tiempo de vuelo registrado por una plataforma infrarroja (Optojump). Dado que las plataformas infrarrojas son conocidas por subestimar la altura de salto en comparación con las mediciones de la placa de fuerza (Glatthorn et al., 2011), los entrenadores deben ser conscientes de que la magnitud de las variables FVP podría diferir ligeramente cuando se obtiene de otros métodos de medición como plataformas de fuerza, transductores lineales de posición o MySprint2 (Giroux et al., 2014). Los estudios futuros deben dilucidar el efecto del dispositivo utilizado para medir la altura de salto en el programa FVP.

## CONCLUSIONES

El  $P_{\max}$  y las variables de rendimiento (es decir, la altura de SJ y el tiempo de sprint a 20 m) fueron las variables más correlacionadas entre los procedimientos de prueba de salto y sprint. Sin embargo, la magnitud de las correlaciones observadas para  $F_0$  y  $v_0$  generalmente osciló entre trivial y pequeña. Curiosamente, nuestros resultados también mostraron una tendencia hacia una disminución en la magnitud de las correlaciones con el aumento de los niveles de práctica (es decir, la relación entre las variables de ambas tareas disminuyó de nivel bajo a nivel de élite). Estos resultados sugieren que los



procedimientos de prueba de salto y sprint podrían proporcionar información similar, particularmente con respecto a  $P_{\max}$  y variables de rendimiento, al evaluar a los participantes de bajo nivel. Por otro lado, las bajas correlaciones observadas genéricamente entre las salidas mecánicas en atletas de alto nivel y de élite indican que los procedimientos de prueba de salto y sprint proporcionan información distintiva sobre los perfiles FVP de los músculos de la parte inferior del cuerpo. Por lo tanto, recomendamos la evaluación del perfil FVP tanto en salto como en sprint para obtener una visión más profunda de las capacidades mecánicas máximas de los músculos de la parte inferior del cuerpo, especialmente en niveles altos y de élite.

Las dos principales aplicaciones prácticas del presente estudio son que (1) proporciona valores de referencia de las capacidades máximas de producción de fuerza, velocidad y potencia, así como de las variables de rendimiento (altura SJ y tiempo de sprint a 20 m) de atletas de diferentes modalidades deportivas, niveles de práctica y sexo en dos tareas importantes, y (2) destaca que el perfil FVP lo obtenido durante una tarea acíclica como salto no debe utilizarse para inferir estas propiedades mecánicas de los atletas (y a su vez diseñar directamente pruebas o entrenamiento) en una tarea cíclica multidirección como sprinting. Por lo tanto, el perfil FVP debe determinarse con ejercicios lo más similares posible a la tarea de rendimiento objetivo.

## AGRADECIMIENTOS

Estamos eternamente agradecidos por la ayuda y la confianza de todos los practicantes deportivos, entrenadores e investigadores que nos han ayudado a desarrollar estos enfoques durante los últimos 5 años recopilando datos para este proyecto. También agradecemos a todos los atletas, de todos los niveles de rendimiento, que realizaron voluntaria y entusiastamente su mejor esfuerzo durante las pruebas. Un agradecimiento especial a nuestros colegas Scott R Brown, Juan Párraga-Montilla, Javier Toscano-Bendala y Adrián Castaño-Zambudio, por su apoyo técnico y ayuda en la recopilación de datos y el desarrollo de este enfoque.

## INFORMACIÓN ADICIONAL Y DECLARACIONES

### Financiación

Este estudio ha sido financiado por el Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (Plan Nacional 2015; concesión de referencia CAS15/00171) con el Programa Nacional de "Estancias de Movilidad en el Extranjero 'José Castillejo' para médicos jóvenes. Los financiadores no tuvieron ningún papel en el diseño del estudio, la recopilación y el análisis de datos, la decisión de publicar o la preparación del manuscrito.

### Divulgaciones de subvenciones

Los autores divulgaron la siguiente información sobre la subvención:

Ministerio de Educación, Cultura y Deporte: Plan Nacional 2015; CAS15/00171. Programa Nacional de "Estancias de movilidad en el extranjero 'José Castillejo' para médicos jóvenes".

#### Intereses contrapuestos

Los autores declaran que no tienen intereses contrapuestos.

#### Contribuciones de los autores

Pedro Jiménez-Reyes concibió y diseñó los experimentos, realizó los experimentos, analizó los datos, aportó reactivos/materiales/herramientas de análisis, preparó figuras y/o tablas, escribió o revisó borradores del artículo, aprobó el borrador del fondo.

Pierre Samozino concibió y diseñó los experimentos, realizó los experimentos, analizó los datos, aportó reactivos/materiales/herramientas de análisis, preparó figuras y/o tablas, escribió o revisó borradores del artículo, aprobó el borrador del fondo.

Amador García-Ramos analizó los datos, aportó reactivos/materiales/herramientas de análisis, preparó figuras y/o tablas, redactó o revisó borradores del documento, aprobó el borrador del fondo.

Víctor Cuadrado-Peñañá el realizó los experimentos, analizó los datos, contribuyó reactivos/materiales/herramientas de análisis, preparó figuras y/o tablas, escribió o revisó borradores del artículo, aprobó el borrador del fondo.

Matt Brughelli concibió y diseñó los experimentos, realizó los experimentos, analizó los datos, aportó reactivos/materiales/herramientas de análisis, preparó figuras y/o tablas, escribió o revisó borradores del artículo, aprobó el borrador del fondo.

Jean-Benoît Morin concibió y diseñó los experimentos, realizó los experimentos, analizó los datos, aportó reactivos/materiales/herramientas de análisis, preparó figuras y/o tablas, escribió o revisó borradores del artículo, aprobó el borrador del fondo.

#### Ética Humana

Se proporcionó la siguiente información relativa a las aprobaciones éticas (es decir, el organismo de aprobación y cualquier adormecedor de referencia):

El protocolo del estudio fue aprobado por la Junta de Revisión Institucional de la Universidad Católica de San Antonio (no: 171114).

#### Disponibilidad de datos

Se proporcionó la siguiente información sobre la disponibilidad de los datos:

Los datos sin procesar se proporcionan en los [Archivos suplementarios](#).

## Información complementaria

La información complementaria para este artículo se puede encontrar en línea en <http://dx.doi.org/10.7717/peerj.5937#supplemental-informatien>.

## REFERENCIAS

- Blazevich AJ, Director General de Jenkins. 2002. Efecto de la velocidad de movimiento de los ejercicios de entrenamiento de resistencia en el sprint y el rendimiento de la fuerza en el entrenamiento simultáneo de velocistas junior de élite. *Revista de Ciencias del Deporte* 20(12):981–990 DOI 10.1080/026404102321011742.
- Buchheit M, Samozino P, Glynn JA, Michael BS, Al Haddad H, Méndez-Villanueva A, Morin JB. 2014. Determinantes mecánicos de la aceleración y la velocidad máxima de sprint en jugadores de fútbol jóvenes altamente entrenados. *Revista de Ciencias del Deporte* 32(20):1906–1913 DOI 10.1080/02640414.2014.965191.
- Castagna C, Ganzetti M, Ditroilo M, Giovannelli M, Rocchetti A, Mazi V. 2013. Validez concurrente de los sistemas de evaluación del rendimiento del salto vertical. *Journal of Strength and Conditioning Research* 27(3):761–768 DOI 10.1519/JSC.0b013e31825dbcc5.
- Comfort P, Stewart A, Bloom L, Clarkson B. 2013. Relaciones entre el rendimiento de fuerza, sprint y salto en jugadores de fútbol juveniles bien entrenados. *Journal of Strength and Conditioning Research* 28(1):173–177 DOI 10.1519/JSC.0b013e318291b8c7.
- Cormie P, McGuigan MR, Newton RU. 2010. Adaptaciones en el rendimiento deportivo después de la potencia balística versus el entrenamiento de fuerza. *Medicina y Ciencia en deportes y ejercicio* 42(8):1582–1598 DOI 10.1249/MSS.0b013e3181d2013a.
- Coutts AJ, Murphy AJ, Dascombe BJ. 2004. Efecto de la supervisión directa de un entrenador de fuerza en las medidas de fuerza muscular y potencia en jugadores jóvenes de rugby league. *Journal of Strength and Conditioning Research* 18(2):316–323 DOI 10.1519/R-12972.1.
- Cronin J, Ogden T, Lawton T. 2007. ¿El aumento de la fuerza máxima mejora el rendimiento de la carrera de sprint? *Revista de Fuerza y Acondicionamiento* 29(3):86–95 DOI 10.1519/1533-4295(2007)29[86:dimsis]2.0.co;2.
- Cross MR, Brughelli M, Brown SR, Samozino P, Gill ND, Cronin JB, Morin JB. 2015. Propiedades mecánicas del sprint en rugby union de élite y rugby league. *Revista Internacional de Fisiología y Rendimiento deportivo* 10(6):695–702 DOI 10.1123/ijsp.2014-0151.
- Cruz MR, Brughelli M, Samozino P, Morin JB. 2017. Métodos de profiling de potencia-fuerza-velocidad durante la carrera de sprint: una revisión narrativa. *Medicina Deportiva* 47(7):1255–1269 DOI 10.1007/s40279-016-0653-3.
- Deane RS, Chow JW, Tillman MD, Fournier KA. 2005. Efectos del entrenamiento de hip flexor en sprint, carrera de lanzadera y rendimiento de salto vertical. *Journal of Strength and Conditioning Research* 19(3):615–621 DOI 10.1519/14974.1.
- De Lacey J, Brughelli M, McGuigan MR, Hansen K, Samozino P, Morin J-B. 2014. Los efectos de la disminución en la potencia-fuerza-velocidad de la ciudad profiling y el rendimiento de salto en el rugby profesional jugadores de liga. *Journal of Strength and Conditioning Research* 28(12):3567–3570 DOI 10.1519/JSC.00000000000000572.
- García-Ramos A, Feriche B, Pérez-Castilla A, Padial P, Jaric S. 2017. Evaluación de las capacidades mecánicas de los músculos de las piernas: ¿qué salto, carga y tipo variable

- proporcionan los resultados más confiables? *Revista Europea de Ciencias del Deporte* 17(6):690–698 DOI [10.1080/17461391.2017.1304999](https://doi.org/10.1080/17461391.2017.1304999).
- Giroux C, Rabita G, Chollet D, Guilhem G. 2014. ¿Cuál es el mejor método para evaluar la relación fuerza-velocidad de las extremidades inferiores? *Revista Internacional de Medicina deportiva* 36(2):143–149 DOI [10.1055/s-0034-1385886](https://doi.org/10.1055/s-0034-1385886).
- Glatthorn JF, Gouge S, Nussbaumer S, Stauffacher S, Impellizzeri FM, Maffiuletti NA. Año 2011. Validez y fiabilidad de las células fotoeléctricas Optojump para estimar la altura de salto vertical. *Journal of Strength and Conditioning Research* 25(2):556–560 DOI [10.1519/JSC.0b013e3181ccb18d](https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181ccb18d).
- Hammett JB, Hey WT. 2003. Adaptación neuromuscular al entrenamiento balístico a corto plazo (4 semanas) en atletas de secundaria. *Journal of Strength and Conditioning Research* 17(3):556–560 DOI [10.1519/1533-4287\(2003\)017<0556:NATSWB>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1519/1533-4287(2003)017<0556:NATSWB>2.0.CO;2).
- Hopkins WG, Marshall SW, Batterham AM, Hanin J. 2009. Estadística progresiva para estudios en medicina deportiva y ciencias del ejercicio. *Medicina y Ciencia en deportes y ejercicio* 41(1):3–13 DOI [10.1249/MSS.0b013e31818cb278](https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31818cb278).
- Jaric S. 2015. Relación fuerza-velocidad de los músculos que realizan múltiples articulaciones de máximo rendimiento tasks. *Revista Internacional de Medicina deportiva* 36(9):699–704 DOI [10.1055/s-0035-1547283](https://doi.org/10.1055/s-0035-1547283).
- Jiménez-Reyes P, Samozino P, Brughelli M, Morin JB. 2017a. Efectividad de un entrenamiento individualizado basado en la fuerza-velocidad profesional durante el salto. *Fronteras en Fisiología* 7:677 DOI [10.3389/fphys.2016.00677](https://doi.org/10.3389/fphys.2016.00677).
- Jiménez-Reyes P, Samozino P, Cuadrado-Peñafiel V, Conceição F, González-Badillo JJ, Morin JB. 2014. Efecto del contramovimiento en el pro fi le de potencia-fuerza-velocidad. *European Journal of Applied Physiology* 114(11):2281–2288 DOI [10.1007/s00421-014-2947-1](https://doi.org/10.1007/s00421-014-2947-1).
- Jiménez-Reyes P, Samozino P, Pareja-Blanco F, Conceicao F, Cuadrado-Penafiel V, Gonzalez-Badillo JJ, Morin J-B. 2017b. Validez de un método sencillo para medir el profile de fuerza-velocidad-potencia en el salto de contramoción. *International Journal of Sports Physiology Performance* 12(1):36–43 DOI [10.1123/ijsp.2015-0484](https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0484).
- Loturco I, D'Angelo RA, Fernandes V, Gil S, Kobal R, Cal Abad CC, Kitamura K, Nakamura FY. 2015. Relación entre la capacidad de sprint y las pruebas de salto cargadas/descargadas en velocistas de élite. *Journal of Strength and Conditioning Research* 29(3):758–764 DOI [10.1519/JSC.0000000000000660](https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000660).
- Marcote-Pequeno R, Garcia-Ramos A, Cuadrado-Penafiel V, Gonzalez-Hernandez JM, Gomez MA, Jimenez-Reyes P. 2018. Asociación entre los profesionales de fuerza-velocidad y los resultados de rendimiento obtenidos en saltos y sprints en jugadoras de fútbol de élite. Epub antes de la impresión el 24 de julio de 2018. *Revista Internacional de Fisiología y Rendimiento del Deporte* DOI [10.1123/ijsp.2018-0233](https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-0233).
- Mendiguchia J, Edouard P, Samozino P, Brughelli M, Cross M, Ross A, Gill N, Morin JB. 2016. Monitoreo de campo de los profesionales de potencia-fuerza-velocidad del sprintantes, durante y después de una lesión en los isquiotibiales: dos informes de casos. *Revista de Ciencias del Deporte* 34(6):535–541 DOI [10.1080/02640414.2015.1122207](https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1122207).
- Mendiguchia J, Samozino P, Brughelli M, Schmikli S, Morin J-B, Méndez-Villanueva A. 2014.

- Progresión de las propiedades mecánicas durante la carrera desprint después de regresar a los deportes de una lesión muscular en los isquiotibiales en jugadores de fútbol. *Revista Internacional de Medicina deportiva* 35(8):690–695 DOI [10.1055/s-0033-1363192](https://doi.org/10.1055/s-0033-1363192).
- Morin JB, Bourdin M, Edouard P, Peyrot N, Samozino P, Lacour JR. 2012. Determinantes mecánicos del rendimiento de carrera de sprint de 100 m. *European Journal of Applied Physiology* 112(11):3921–3930 DOI [10.1007/s00421-012-2379-8](https://doi.org/10.1007/s00421-012-2379-8).
- Morin J-B, Edouard P, Samozino P. 2011. Capacidad técnica de aplicación de fuerza como factor determinante del rendimiento del sprint. *Medicina y Ciencia en Deportes y Ejercicio* 43(9):1680–1688 DOI [10.1249/MSS.0b013e318216ea37](https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318216ea37).
- Morin J-B, Petrakos G, Jimenez-Reyes P, Brown SR, Samozino P, Cross MR. 2016. Entrenamiento en trineo muy pesado para mejorar la producción de fuerza horizontal en jugadores de fútbol. *Revista Internacional de Fisiología y Rendimiento deportivo* 12(6):840–844 DOI [10.1123/ijsp.2016-0444](https://doi.org/10.1123/ijsp.2016-0444).
- Morin JB, Samozino P. 2016. Interpretación de los perfiles de potencia-fuerza-velocidad para el entrenamiento individualizado y específico. *Revista Internacional de Fisiología y Rendimiento deportivo* 11(2):267–272 DOI [10.1123/ijsp.2015-0638](https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0638).
- Nagahara R, Naito H, Miyashiro K, Morin JB, Zushi K. 2014. Saltos verticales tradicionales y específicos del tobillo como indicadores de fuerza-potencia para la máxima aceleración del sprint. *Revista de Medicina Deportiva y Aptitud Física* 54:691–699.
- Rabita G, Dorel S, Slawinski J, Sáez-De-Villarreal E, Couturier A, Samozino P, Morin JB. 2015. Mecánica de sprint en atletas de clase mundial: una nueva visión de los límites de la locomoción humana. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports* 25(5):583–594 DOI [10.1111/sms.12389](https://doi.org/10.1111/sms.12389).
- Ramírez-Campillo R, Burgos CH, Henríquez-Olguín C, Andrade DC, Martínez C, Álvarez C, Castro-Sepúlveda M, Marques MCMC, Izquierdo M. 2015. Efecto del entrenamiento pliométrico unilateral, bilateral y combinado sobre el rendimiento explosivo y de resistencia de los jóvenes jugadores de soccer. *Journal of Strength and Conditioning Research* 29(5):1317–1328 DOI [10.1519/JSC.00000000000000762](https://doi.org/10.1519/JSC.00000000000000762).
- Randell AD, Cronen JB, Keogh JWL, Gill ND. 2010. Transferencia de la adaptación de la fuerza y la potencia al rendimiento deportivo: producción de fuerza horizontal y vertical. *Revista de Fuerza y Acondicionamiento* 32(4):100–106 DOI [10.1519/SSC.0b013e3181e91e9c](https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e3181e91e9c).
- Romero-Franco N, Jiménez-Reyes P, Castaño-Zambudio A, Capelo-Ramírez F, Rodríguez-Juan JJ, González-Hernández J, Toscano-Bendala FJ, Cuadrado-Peñañiel V, Balsalobre-Fernández C. 2017. Rendimiento de Sprint y salidas mecánicas calculadas con una aplicación de iPhone: comparación con los métodos de referencia existentes. *European Journal of Sport Science* 17(4):386–392 DOI [10.1080/17461391.2016.1249031](https://doi.org/10.1080/17461391.2016.1249031).
- Rumpf MC, Lockie RG, Cronin JB, Jalilvand F. 2016. Efecto de los diferentes métodos de entrenamiento de sprint en el rendimiento del sprint en varias distancias: una breve revisión. *Journal of Strength and Conditioning Research* 30(6):1767–1785 DOI [10.1519/JSC.00000000000001245](https://doi.org/10.1519/JSC.00000000000001245).
- Samozino P, Edouard P, Sangnier S, Brughelli M, Gimenez P, Morin J. 2014. Perfil de fuerza-velocidad: determinación del desequilibrio y efecto sobre el rendimiento balístico de las extremidades inferiores. *Revista Internacional de Medicina deportiva* 35(6):505–510 DOI [10.1055/s-0033-1354382](https://doi.org/10.1055/s-0033-1354382).

- Samozino P, Morin JB, Hintzy F, Belli A. 2008. Un método simple para medir la velocidad, la velocidad y la potencia de salida durante el salto en cuclillas. *Revista de Biomecánica* 41(14):2940–2945 DOI [10.1016/j.jbiomech.2008.07.028](https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2008.07.028).
- Samozino P, Rabita G, Dorel S, Slawinski J, Peyrot N, Saez de Villarreal E, Morin J-B. 2016. Un método simple para medir la potencia, la fuerza, las propiedades de velocidad y la efectividad mecánica en la carrera de sprint. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports* 26(6):648–658 DOI [10.1111/sms.12490](https://doi.org/10.1111/sms.12490).
- Samozino P, Rejc E, Di Prampero PE, Belli A, Morin JB. 2012. Optimal force-velocity profile in ballistic movements—Altius: Citius or Fortius? *Medicina y Ciencia en deportes y ejercicio* 44(2):313–322 DOI [10.1249/MSS.0b013e31822d757a](https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31822d757a).
- Seitz LB, Reyes A, Tran TT, de Villarreal ES, Haff GG. 2014. Los aumentos en la fuerza de la parte inferior del cuerpo se transfieren positivamente al rendimiento del sprint: una revisión sistemática con metanálisis. *Medicina Deportiva* 44(12):1693–1702 DOI [10.1007/s40279-014-0227-1](https://doi.org/10.1007/s40279-014-0227-1).
- Slawinski J, Termoz N, Rabita G, Guilhem G, Dorel S, Morin J-B, Samozino P. 2017. Cómo los análisis de eventos de 100 m mejoran nuestra comprensión del rendimiento de sprint masculino y femenino de clase mundial. *Journal escandinavo de Medicina y Ciencia en el Deporte* 27(1):45–54 DOI [10.1111/sms.12627](https://doi.org/10.1111/sms.12627).
- Yamauchi J, Ishii N. 2007. Relaciones entre las características de fuerza-velocidad del movimiento de extensión rodilla-cadera y el rendimiento de salto vertical. *Journal of Strength and Conditioning Research* 21(3):703–709 DOI [10.1519/R-20516.1](https://doi.org/10.1519/R-20516.1).
- Joven WB. 2006. Transferencia del entrenamiento de fuerza y potencia al rendimiento deportivo. *Revista Internacional de Fisiología y Rendimiento deportivo* 1(2):74–83 DOI [10.1123/ijsp.1.2.74](https://doi.org/10.1123/ijsp.1.2.74).