Article

Ejercicios de Sentadilla con Salto y Media Sentadilla: Influencias Selectivas Sobre el Rendimiento de la Velocidad-Potencia de Jugadores de Rugby Seven de Élite

Jump-Squat And Half-Squat Exercises: Selective Influences on Speed-Power Performance of Elite Rugby Sevens Players

Irineu Loturco, Lucas A. Pereira, José E. Moraes, Katia Kitamura, César C. Cal Abad, Ronaldo Kobal y Fábio Y. Nakamura

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar la relación entre la potencia máxima propulsiva promedio (MPP, *mean propulsive power*) obtenida en los ejercicios de sentadilla con salto con carga (SJ, *Squat Jump*) y de media sentadilla (MS, *Half-Squat*) y los rendimientos funcionales en tests de saltos verticales, 40 m de velocidad lineal (VEL) y de cambio de dirección (COD, *change of direction*), usando la técnica de división media. Veintidós jugadores de Seven de rugby varones del equipo olímpico nacional brasileño (Río-2016) realizó los tests de saltos verticales (sentadilla y salto con contramovimento [SJ y CMJ]), sentadilla con salto y media sentadilla, test de velocidad COD y de velocidad de sprint en 40 m, en este orden. En base a los resultados de la MPP en los ejercicios de SJ y MS, los participantes fueron divididos, usando la división del medio, en cuatro grupos como sigue: SJ superior, SJ inferior, MS superior, y MS inferior. Las diferencias entre los grupos en las tareas funcionales fueron descubiertas por inferencias basadas en la magnitud. Los atletas con MPP superior en los SJ fueron capaces de saltar más alto y hacer el sprint más rápido (incluso el test de velocidad de COD) que sus colegas más débiles. Este patrón no se observó en el ejercicio de MS. Para concluir, se demostró que el SJ está conectado más al sprint, velocidad COD y capacidades de salto que la MS en jugadores de rugby Seven de élite y podría ser preferido para evaluar y entrenar a atletas de la élite que necesitan mejorar la velocidad-potencia posiblemente relacionada a dichas capacidades.

Cita: Loturco I, Pereira LA, Moraes JE, Kitamura K, Cal Abad CC, Kobal R, et al. (2017) Jump-Squat and Half-Squat Exercises: Selective Influences on Speed-Power Performance of Elite Rugby Sevens Players. PLoS ONE 12(1): e0170627. doi:10.1371/journal.pone.0170627
Editor: Luca Paolo Ardigò, Universita degli Studi di Verona, ITALY
Recibo: Octubre 6, 2016; **Aceptado:** Enero 6, 2017; **Publicado:** Enero 23, 2017
Copyright: © 2017 Loturco et al.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the relation between the maximum mean propulsive power (MPP) obtained in the loaded jump squat (JS) and half squat (HS) exercises and functional performances in vertical jumps, 40 m linear speed (VEL) and change-of-direction (COD) tests, using the median split technique. Twenty-two male rugby sevens players from the Brazilian National Olympic Team (Rio-2016) performed vertical jumping tests (squat and countermovement jumps [SJ and CMJ]), JS and HS exercises, COD speed test and sprinting velocity in 40 m, in this order. Based on the results of the MPP in the JS and HS exercises the participants were divided, using the median split, into four groups as follows: higher JS, lower JS, higher HS, and lower HS. Between-group differences in the functional tasks were detected via magnitude-based inferences. The athletes with higher MPP in the JS were capable of jumping higher and sprinting faster (including the COD speed test) than their weaker counterparts. This pattern was not observed in the HS exercise. To conclude, JS was shown to be more connected to sprinting, COD speed and jumping abilities than HS in elite rugby sevens players and should be preferred for assessing and possibly training elite athletes needing to improve speed-power related abilities.

Keywords: maximal and mean propulsive power, squat, vertical jump, Rugby

INTRODUCCIÓN

El rendimiento específico en los deportes de alto nivel depende de métodos de entrenamiento adecuados y ajustes precisos de la carga de entrenamiento [1]. A este respecto, se han dirigido varios estudios para determinar el impacto de distintas estrategias de entrenamiento y los patrones de carga sobre las capacidades neuromecánica de atletas de élite [2-4]. Adicionalmente, alguna investigación ya ha señalado que algunos tipos de ejercicios de fuerza (es decir, movimientos balísticos o no-balísticos) pueden presentar efectos diferentes y relaciones con la velocidad-potencia relacionada al rendimiento [5]. Mientras que los ejercicios de salto son regularmente escogidos debido a su similitud a los movimientos específicos deportivos y la complejidad relativamente baja [6], la media sentadilla podría recomendarse debido a su capacidad inherente de mejorar ambas "relaciones típicas" de fuerza-velocidad [7] y, así, el rendimiento atlético (por ejemplo, la velocidad lineal y la capacidad COD). Este tema es crítico al rendimiento en los deportes de equipo [8] puesto que los requisitos de velocidad y giros (es decir, cambio de dirección) han estado aumentando firmemente en las competiciones [9,10], y se piensa que estas capacidades determinan los resultados de un partido [11]. Por consiguiente, determinando los ejercicios más eficaces y las cargas que llevan a las mejoras en las cualidades de la fuerza-velocidad específica deportiva, se ha vuelto un tema pertinente en la literatura científica [12].

Por ejemplo, un reciente estudio que explora los efectos particulares de sentadillas con salto con carga y media sentadillas en jugadores de fútbol de élite revelaron que ambos ejercicios son capaces de reducir los decrementos en las capacidades de velocidad-potencia que normalmente ocurren las pretemporadas de fútbol profesional [13]. También, Hori y cols. [14] demostraron que las sentadillas con salto con carga estándar pueden causar adaptaciones más grandes en la fuerza aplicada a velocidades altas (torque pico durante la flexión de rodillas isocinética a 300°·seg-1), indicando que este ejercicio puede usarse específicamente para producir cambios positivos en la porción baja-fuerza/alta-velocidad de la curva de fuerza/velocidad. Similarmente, Nibali y cols. [12] propusieron que atletas que son exigidos a altas velocidades contra altas cargas externas (por ejemplo, jugadores de rugby que superan un *tackle* de un defensor contrario) sean evaluados y entrenado a cargas más pesadas, usando las sentadillas con salto con carga más específicamente. Por otro lado, entrenar usando las media sentadillas con cargas pesadas (80-90% de 1 máxima repetición) también se ha demostrado que mejorara el salto y el rendimiento del sprint en jugadores de fútbol [7]. Por lo tanto, se sabe poco actualmente qué modo de ejercicio (balístico vs no-balístico) satisface mejor para aumentar los indicadores del rendimiento basados en campo en jugadores de deportes de equipo.

Otra manera común de examinar la aplicabilidad de un ejercicio determinado en la ciencia deportiva es evaluando sus relaciones con capacidades atléticas específicas [15]. Por ejemplo, se ha reportado que las sentadillas con salto con carga están estrechamente asociadas con los tests de velocidad y el rendimiento del sprint real en velocistas de alto nivel [16,17]. En un estudio clásico de correlación, Wisløff y cols. [18] demostraron que la fuerza máxima en las media sentadillas está fuertemente asociada con la velocidad de sprint y la altura de salto en jugadores de fútbol de alto nivel. No obstante, a pesar de la importancia evidente de las investigaciones de correlación, algunos autores han sido cautos con respecto a la interpretación de estos resultados, puesto que las correlaciones necesariamente no implican causa y efecto [19,20].

Una estrategia alternativa y práctica para estimar la influencia de un ejercicio particular sobre el rendimiento deportivo

real es analizar los datos provistos por la técnica de división media [21,22]. Usando este cálculo, los investigadores pueden agrupar a los atletas adecuadamente según sus capacidades físicas, definiendo los límites "inferiores y superiores de los rendimientos" en una serie de tests funcionales. Bajo esta perspectiva, parece razonable considerar que un mayor nivel de rendimiento en dos o más mediciones debería interconectarse directamente, presentando relaciones recíprocas y consistentes entre ellas. Por ello, este estudio apuntó a evaluar (y clasifica) vía cálculo de la división del medio, el rendimiento de jugadores de Seven de rugby de alto nivel en una serie de tests neuromecánicos (es decir, tests de media sentadilla, sentadilla con salto con carga, salto vertical, velocidad lineal y cambio-de-dirección). Después de considerar a las "sentadillas con salto con carga" y "media sentadillas" como factores fijos y separando los sujetos según sus niveles más altos o más bajos de rendimiento en estos ejercicios, nosotros intentamos descubrir la presencia de patrones análogos entre sus producciones respectivas (es decir, la potencia de impulso promedio) y valoraciones de campo de salto y de velocidad. Considerando la efectividad de los ejercicios balísticos (es decir, sentadillas con salto con carga) en la mejora del rendimiento [23] y sus fuertes correlaciones con las capacidades relacionadas de velocidad-potencia [16,18], nosotros supusimos que rendimientos superiores en las sentadillas con salto con carga necesariamente implicarían mejores rendimientos en el sprint (salvo la velocidad de COD) y en las capacidades de salto en jugadores de Seven de rugby muy entrenados cuyo rendimiento por partido es muy dependiente de la velocidad y de la potencia.

MATERIALES Y MÉTODOS

Participantes

Veintidós jugadores varones de Seven de rugby (25.6±3.9 años; 87.5±7.6 kg; 179.5±6.7 cm) del equipo olímpico nacional brasileño (Río-2016) tomaron parte en este estudio. Los jugadores de rugby se evaluaron durante la fase competitiva, entre las fases de la serie mundial del Seven de Rugby, indicando que los atletas estaban casi en el rendimiento pico. Los atletas fueron informados sobre los procedimientos de este estudio antes de firmar un consentimiento informado. Este estudio se realizó de acuerdo con las normas éticas de la Declaración de Helsinki y fue aceptado por el Comité de las Ética Universitario Anhanguera-Bandeirante.

Diseño del estudio

En este estudio transversal, todos los atletas fueron acostumbrados previamente con los procedimientos experimentales y realizados en la misma rutina de entrenamiento en las semanas anteriores del estudio. Los atletas llegaron al laboratorio deportivo con un ayuno de 2 hs y libre de consumo de cafeína o de alcohol de al menos 24 h. Las valoraciones se realizaron en el siguiente orden: tests de saltos verticales (sentadilla con salto y salto con contramovimento [SJ y CMJ]); ejercicios de MPP máxima de sentadilla con salto con carga (J) y media sentadilla (MS); Test de velocidad de cambio de dirección (COD) y de velocidad de sprint (VEL) en 40 m. Un intervalo de al menos 30 minutos fue permitido entre los tests de ejercicio. Antes de realizar la batería de tests, los atletas completaron una entrada en calor estandarizada de 20 minutos, incluyendo 15 minutos de ejercicios generales (es decir, 10 minutos corriendo a un ritmo moderado (entre 9-10 km·h-1) seguido por 5 minutos de vuelta a la calma con estiramientos activos) y, antes de cada test, 5 minutos de ejercicios específicos del test (por ejemplo, intentos submáximos de MS y sentadillas antes de los tests de sentadilla con salto y de MS).

Tests de salto vertical

La altura de salto vertical fue determinada usando el SJ y el CMJ. En el SJ, se les exigió a los sujetos permanecer en una posición estática con un ángulo de 90° de flexión de rodillas durante 2 segundos antes de saltar. En el CMJ, los jugadores de rugby ejecutaban un movimiento descendente seguido por una extensión completa de las piernas. Se ejecutaron el SJ y CMJ con las manos en las caderas. Todos los saltos se realizaron en una plataforma de contacto (Smart Jump; Fusion Sport, Coopers Plains, Australia) con el tiempo de vuelo obtenido (t) usándose para estimar la altura de elevación del centro de gravedad del cuerpo (h) durante el salto vertical (es decir, h = gt2/8 donde g = 9.81 m·seg-2). Un total de cinco intentos eran permitidos para cada salto, entremezclados con un intervalo de 15 segundos. Los mejores intentos de SJ y CMJ eran guardados.

Potencia propulsiva promedio

La potencia propulsiva promedio (MPP) fue medida en los ejercicios de sentadilla y media sentadilla; todos se realizaron en una máquina Smih (Hammer Strength Equipment, Rosemont, IL, EE.UU.). Los atletas fueron ejecutaron tres repeticiones a la velocidad máxima para cada carga, con ~5 minutos de intervalo entre las series. El test empezaba a una carga correspondiente al 40% de la masa corporal individual. Una carga del 10% de masa corporal se agregaba en cada serie gradualmente hasta que un decremento claro en la MPP era observado. En el SJ, los atletas ejecutaban una flexión de

rodillas hasta que el muslo estaba paralelo al suelo y, después de una orden verbal, saltaban tan rápido como fuera posible sin perder contacto de su hombro con la barra de pesas. La MS se ejecutó en una forma similar a los SJ, sólo que los sujetos movían la barra tan rápido como fuera posible sin que los pies perdieran contacto con el suelo. Para determinar la MPP, un transductor lineal (T-Force, Dynamic Measurement System; Ergotech Consulting S.L., Murcia, España) fue ligado a la barra de la máquina Smith. La producción de MPP máxima lograda en cada ejercicio fue considerada para el análisis posterior. La especificación técnica del análisis de la MPP, su cálculo, y validez respectiva del equipo usado para realizar esta medición ha sido previamente reportada en la literatura [13,24,25]. La MPP dividida por la masa corporal de los atletas (MPP REL) obtenida en cada ejercicio, fue usada para propósitos de análisis.

Velocidad de sprint

Cinco pares de fotocélulas (Smart Speed, Fusion Equipment, Australia) se posicionaron a distancias de 0, 5, 10, 30, y 40 m a lo largo del recorrido del sprint. Los jugadores de rugby corrieron dos veces, empezando desde una posición de pie 0.3 m detrás de la línea de salida. Para evitar las influencias del clima, los tests de sprint se realizaron en una pista de carreras bajo techo. Un intervalo de pausa de 5 minutos se permitió entre los dos intentos y el tiempo más rápido fue considerado para los análisis.

Test de velocidad en zig-zag con cambio de dirección (COD)

La carrera COD consistió en cuatro secciones de 5 m marcadas con conos puestos a ángulos de 100°, en un salón interior (Fig. 1). Los atletas fueron exigidos a desacelerar y acelerar tan rápido como sea posible sin perder la estabilidad del cuerpo. Se realizaron dos intentos máximos con un intervalo de pausa de 5 minutos entre los intentos. Salían desde una posición de pie con el pie frontal puesto 0.3 m detrás del primer par de fotocélulas (es decir, línea de salida), los atletas corrían y cambiaban tan rápidamente como fuera posible de dirección, hasta cruzar el segundo par de fotocélulas, puesto 20 m de la línea de salida [26]. El tiempo más rápido de los dos intentos se conservó para los análisis.

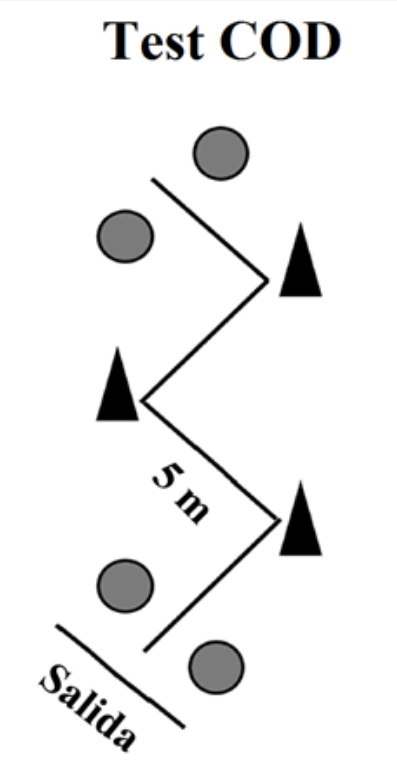

Figura 1. *Presentación esquemática del test de velocidad en zig-zag con cambio de dirección (COD)*

Los círculos grises representan la posición de las fotocélulas.

Análisis estadístico

Los datos se presentan como promedios ±SD. En base a los resultados de la MPP REL en los ejercicios de SJ y MS, los participantes efueron divididos, usando el análisis de división del medio, en cuatro grupos como sigue: SJ superior, SJ inferior, MS superior, y MS inferior. Las diferencias en las variables evaluadas (rendimientos en los Tests de salto vertical, sprint de 40 m y COD), comparando grupos de SJ superior y SJ inferior y, grupos de MS superior e inferior, fueron analizados usando el método de magnitud basado en la inferencia [27]. El cambio más pequeño que sirve (SWC, *smallest worthwhile change)* fue obtenido multiplicando el SD del atleta x 0.2 [27] para cada variable evaluada. Las oportunidades cuantitativas de encontrar diferencias en las variables evaluadas usando los resultados en unidades crudas, se evaluaron cualitativamente como sigue: <1%, casi ciertamente no; 1% a 5%, muy improbablemente; 5% a 25%, improbablemente; 25% a 75%, posible; 75% a 95%, probablemente; 95% a 99%, muy probablemente; >99%, casi cierto. Si las posibilidades de tener mejores o peores resultados eran ambos >5%, la verdadera diferencia se evaluaba como incierta. Las magnitudes de las diferencias en las variables evaluadas fueron expresadas como las diferencias promedio estandarizadas (*d* de Cohen) y sus intervalos de confianza respectivos (CI)[28]. Los valores de umbral para las estadísticas de la *d* de Cohen eran: <0.25, 0.25-0.50, 0.50-1, y >1 para trivial, pequeño, moderado, y grande, respectivamente [29].

RESULTADOS

Las cargas óptimas logradas en cada ejercicio fueron 75.0±11.6 kg y 81.5±19.8 kg, para SJ y MS, respectivamente. El grupo de SJ superior mostró una MPP REL casi ciertamente más alta en el ejercicio SJ que el grupo de SJ inferior (12.3±1.0 W·kg-1 vs 10.0±1.1 W·kg-1; SWC: ±0.22; diferencia media [MD, 90% CI]: 2.30 [1.53; 3.08]; ES [90% CI]: 1.95 [1.30; 2.61]). Similarmente, el grupo de la MS superior mostró una MPP REL casi ciertamente superior en el ejercicio de MS que el grupo de MS inferior (11.0±1.3 W·kg-1 vs 8.3±1.0 W·kg-1; SWC: ±0.19; DP [90% CI]: 2.69 [1.83; 3.54]; ES [90% CI]: 2.58 [1.76; 3.40]).

La Tabla 1 muestra las comparaciones del SJ, CMJ, las velocidades de sprint en 10, 30 y 40 m, y test de velocidad COD entre los grupos de SJ superior e inferior, así como entre los grupos de la MS superior e inferior. El rendimiento en el SJ fue muy probable mayor en el grupo de SJ superior que en el grupo de SJ inferior (SWC: ±0.90; MD [90% CI]: 4.22 [1.29; 7.14]), y el CMJ fue casi ciertamente superior en el grupo de SJ superior comparado con el grupo de SJ inferior (SWC: ±0.83; MD [90% CI]: 5.17 [2.60; 7.73]). Las comparaciones del SJ y CMJ, entre los grupos de MS superior e inferior fueron todos calculados como inciertos (SWC: ±1.34; MD [90% CI]: 0.78 [-3.19; 4.74]; SWC: ±1.25; MD [90% CI]: 0.88 [-2.85; 4.62], para el SJ y el CMJ, respectivamente).

En suma, las comparaciones de la velocidad de sprint en 10 m entre los grupos de SJ superior e inferior, y entre los grupos de MS superior e inferior fueron todos calculados como inciertos (SWC: ±0.04; MD [90% CI]: 0.04 [-0.09; 0.17]; SWC: ±0.03; MD [90% CI]: -0.04 [-0.15; 0.07], para las comparaciones entre los grupos de SJ y de MS, respectivamente). Por otro lado, las velocidades de sprint en 30 m y 40 m y en la velocidad de COD fueron probables superiores en el grupo de SJ superior comparado con el grupo de SJ inferior (SWC: ±0.04; MD [90% CI]: 0.11 [-0.03; 0.25]; SWC: ±0.05; MD [90% CI]: 0.13 [-0.03; 0.29]; SWC: ±0.03; MD [90% CI]: 0.11 [-0.03; 0.25], para la velocidad en 30 y 40 m, y de COD, respectivamente). En contraste, la comparación de la VEL 30 m entre los grupos de la MS superior e inferior fue calculada como incierta (SWC: ±0.04; MD [90% CI]: -0.09 [-0.23; 0.05]). Finalmente, el grupo de la MS superior mostró una VEL de 40 m probablemente inferior y una velocidad de COD que el grupo de MS inferior (SWC: ±0.04; MD [90% CI]: -0.11 [-0.27; 0.04]; SWC: ±0.03; MD [90% CI]: -0.10 [-0.19; -0.01], para la velocidad en 40 m y de COD, respectivamente). La Fig. 2 describe las diferencias estandarizadas en base a las unidades de la d de Cohen en el SJ, el CMJ, VEL, 10, 30, y 40 m y velocidad de COD entre los grupos de SJ superior e inferiores y de MS superior e inferior.

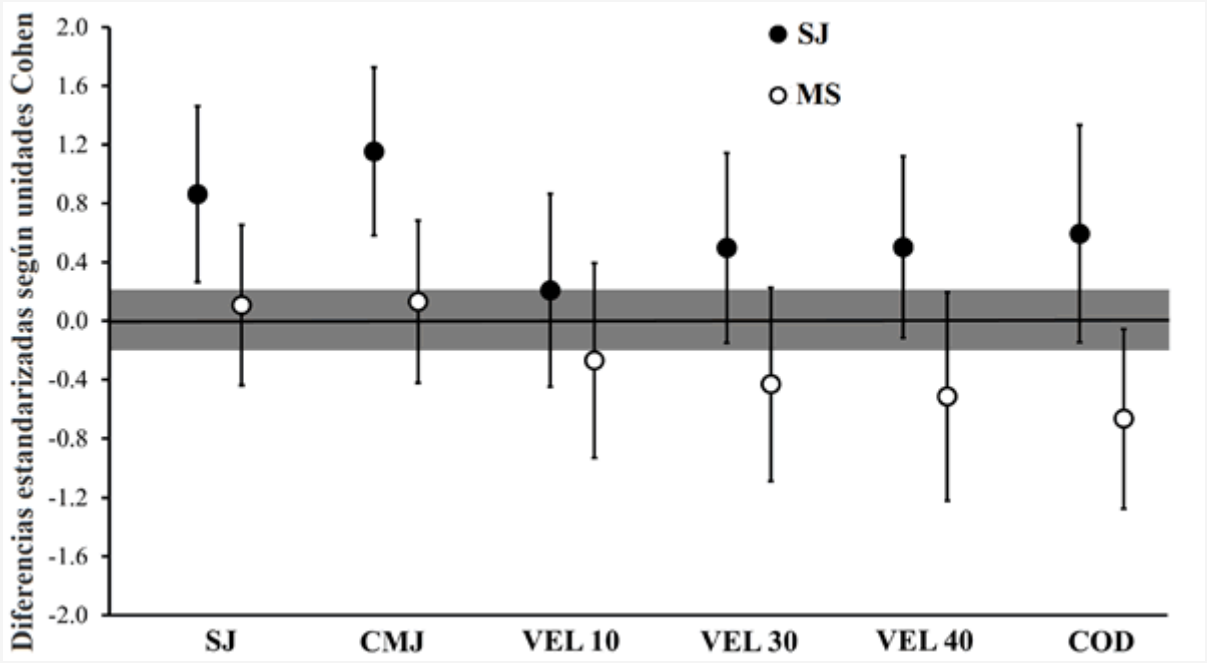

Figura 2. *Diferencias estandarizadas de los tests de sentadilla con alto y salto con contramovimento (SJ y CMJ, respectivamente), velocidad de sprint (VEL) en 10, 30, y 40 m, y cambio de dirección (COD) entre los grupos de SJ superior e inferior y entre los grupos de MS superior e inferior.*

El área gris representa el cambio que valedero más pequeño (0.20) en base a los principios de Cohen.

Tabla 1. *Rendimientos de los saltos verticales (SJ y CMJ), velocidad de sprint (VEL) y cambio de dirección (COD) en los grupos de sentadilla con salto con carga superior e inferior (SJ) y en los grupos de la media sentadilla superior e inferior (MS)*

	SJ más Alto	SJ más Bajo	% de probabilidad alto/trivial/bajo	MS más Alto	MS más Bajo	% de probabilidad alto/trivial/bajo
SJ (cm)	45.8 ± 3.3	41.5 ± 4.5	96/04/00 *Muy Probable*	43.7 ± 3.3	42.9 ± 6.7	38/45/17 *Incierto*
CMJ (cm)	48.6 ± 2.6	43.4 ± 4.1	100/00/00 *Casi Ciertamente*	45.6 ± 3.3	44.7 ± 6.2	41/43/16 *Incierto*
VEL 10 m ($m \cdot s^{-1}$)	5.97 ± 0.17	5.93 ± 0.18	51/34/15 *Incierto*	5.87 ± 0.14	5.92 ± 0.15	12/31/57 *Incierto*
VEL 30 m ($m \cdot s^{-1}$)	7.56 ± 0.18	7.45 ± 0.20	78/18/04 *Probable*	7.41 ± 0.18	7.50 ± 0.20	06/22/76 *Incierto*
VEL 40 m ($m \cdot s^{-1}$)	7.91 ± 0.20	7.78 ± 0.24	80/17/03 *Probable*	7.75 ± 0.22	7.86 ± 0.20	05/18/77 *Probable*
Vel. COD ($m \cdot s^{-1}$)	3.85 ± 0.20	3.74 ± 0.17	82/14/04 *Probable*	3.65 ± 0.09	3.75 ± 0.13	01/09/90 *Probable*

DISCUSIÓN

Este es el primer estudio en usar el análisis de división del medio para buscar relaciones recíprocas entre los niveles de rendimiento en ejercicios balísticos (es decir, sentadillas con salto con carga) y tradicionales (es decir, media sentadillas) de fuerza-potencia y niveles de rendimiento en la velocidad específica y tests de salto. El principal hallazgo reportado aquí es que hay una conexión directa entre el SJ y las valoraciones funcionales basados en campo.

Como se esperaba, los atletas capaces de producir niveles superiores de potencia muscular en las sentadillas con salto con carga eran igualmente capaces de saltar más alto y realizar sprints más rápidos que sus colegas más débiles (es decir, grupo de SJ inferior). En realidad, aparentemente el rendimiento en este ejercicio está estrechamente conectado con el rendimiento en tareas motoras ejecutadas a altas velocidades, como los sprints máximos y los saltos verticales con carga. Desde un punto de vista funcional, es razonable suponer que las características mecánicas de los ejercicios balísticos (que no presentan fases de desaceleración durante sus fases concéntricas) [24], se relaciona más directamente a movimientos específicos deportivos influenciados por las tasas de aceleración logradas a lo largo de los rangos completos de movimiento

[5], como los saltos y los sprints cortos. Es importante recalcar que las MS tradicionales presentan una "fase de freno" inherente [24,25] durante su porción ascendente que puede comprometer su relación/conexión con las tareas motoras ejecutadas a velocidades muy-altas [5,30,31].

Curiosamente, se relacionaron inversamente rendimientos superiores en las MS a los rendimientos superiores en la velocidad lineal y velocidad de COD. Aunque nosotros no consideramos que esta incidencia implica causalidad o incluso una relación directa, refuerza la noción de que este ejercicio tiene un rol limitado en promover adaptaciones positivas en el rendimiento atlético. De hecho, en un estudio clásico que define los mejores predictores de la velocidad en los deportes, Cronin y Hansen [32] indicaron que las medidas mecánicas registradas de las sentadillas tradicionales no pueden expresar adecuadamente todos los mecanismos responsables del rendimiento en algunas tareas funcionales específicas, como los sprints máximos. Según los autores, para mejorar la capacidad de velocidad significativamente en los atletas de élite, la mejora en la "relación potencia-peso corporal" vía entrenamiento del SJ con carga, debe priorizarse. Resultados similares fueron encontrados por Baker y Nance [33] y por Costill y cols. [34], quienes no encontraron correlaciones significativas entre las medidas de las MS y la velocidad de sprint en jugadores de rugby profesionales y jugadores de fútbol universitarios. Más importante, todos estos datos de correlación tienen la misma limitación como nuestro método de división del medio, puesto que los análisis transversales no nos permiten representar conclusiones definitivas sobre la eficacia del entrenamiento. No obstante, el análisis de la división del medio puede agrupar a jugadores con capacidades distintas, en ocasiones donde (no necesariamente) las variables independientes y dependientes se correlacionan significativamente [22]. Su aplicación es bastante intuitiva en los ambientes deportivos, puesto que el personal técnico podría organizar a los atletas en grupos según sus calidades individuales, librando las estrategias de entrenamiento directamente relacionadas a sus rasgos físicos y fisiológicos respectivos.

La necesidad de realizar investigaciones prospectivas para confirmar observaciones transversales es un requisito básico en la ciencia. A este respecto, varios estudios han confirmado la efectividad crónica del SJ en el mejoramiento del rendimiento deportivo [23,35,36]. En forma notable, aparentemente estos efectos positivos son independientes de la 'condición/variación' de la carga del SJ, aunque este parámetro puede provocar adaptaciones específicas/distintas en la curva de fuerza/velocidad. Por ejemplo, Loturco y cols. [23] han demostrado que aumentando la velocidad del SJ (con ayuda de bandas elásticas) favorece las adaptaciones en la porción alta-velocidad/baja-fuerza de la curva de fuerza/velocidad, mientras que reducir la velocidad del SJ (usando una estrategia de carga tradicional) favorece las adaptaciones en la porción de baja-velocidad/alta-fuerza de la curva. Igualmente, McBride y cols. [35] han indicado que la velocidad de movimiento juega un rol determinante en la mejora de las capacidades relacionadas con la velocidad, después de comparar los efectos de un programa de entrenamiento de 8 semanas con carga pesada vs liviana en el SJ sobre numerosas valoraciones del rendimiento físico. Por lo tanto, parece ser que no sólo la selección del ejercicio sino también la estrategia de carga adoptada por los entrenadores, puede tener una función clave delineando las adaptaciones neuromecánicas específicas inducidas por un esquema de entrenamiento determinado.

Notablemente, un reciente estudio dirigido con jugadores de fútbol de alto nivel ha demostrado que el SJ son superiores a las MS para reducir los decrementos en la velocidad que normalmente ocurre después de una fase de preparación de pretemporada [13]. Esta suposición debe evaluarse y debe volverse a revisar bajo otros diseños experimentales (es decir, fases de entrenamiento diferentes y/o intervenciones más largas); sin embargo, indiscutiblemente, este hallazgo resalta la efectividad potencial del SJ para aumentar el rendimiento atlético. Como fue mencionado, esta superioridad puede atribuirse a la característica cinemática/cinética de este ejercicio balístico que engaña cualquier fase de desaceleración exigiendo a los sujetos acelerar a lo largo del rango completo de movimiento hacia el despegue [5,31]. Estas mismas particularidades mecánicas pueden relacionarse a la capacidad de un mayor salto (por medidas de SJ y de CMJ) presentado por el grupo de SJ superior. Igualmente, estos datos están de acuerdo completamente con las relaciones íntimas encontradas entre la velocidad de sprint y los rendimientos de los saltos verticales [16,17].

Inesperadamente, también se relacionaron rendimientos superiores en los SJ a rendimientos superiores de la velocidad de COD. A pesar de la naturaleza multifactorial de esta capacidad [37,38], aparentemente los jugadores de rugby con niveles mayores de potencia relativa en el SJ también pueden rendir mejor en los tests de COD. Realmente, la velocidad COD puede definirse como calidad física muy compleja que directamente depende de numerosas habilidades motoras como la técnica apropiada, velocidad de sprint recto, la fuerza reactiva, la fuerza y potencia concéntrica, capacidad para desacelerar y acelerar rápidamente, y desequilibrio muscular izquierdo-derecho (entre otras capacidades) [37,39]. Como consecuencia de esta complejidad, nosotros esperamos que los distintos niveles de rendimiento en estos 'ejercicios aislados de fuerza-potencia' (es decir, MS o SJ) no podrían diferenciar los rendimientos individuales en los tests de COD. De nuevo, es probable que el nivel superior de fuerza de aceleración aplicada a lo largo de la porción concéntrica entera de los SJ, pueda, hasta algún punto, explicar este fenómeno neuromecánico muy interesante. Este hallazgo puede tener implicaciones importantes en el entrenamiento deportivo.

Del presente estudio, no fue posible determinar los mecanismos fisiológicos que explican la asociación entre los rendimientos del SJ y el salto, el sprint, y el COD en jugadores de Seven de rugby. Sin embargo, puede especularse que la

arquitectura del músculo, determinada por el tamaño y la unión relativa de los fascículos de las fibras, se correlaciona significativamente tanto con la capacidad para rendir bien en los tests mencionados (sobre todo en el test del sprint [40,41]) como en las valoraciones del SJ. Aún más, es igualmente creíble que la tasa de desarrollo de la fuerza de los atletas con rendimientos superiores en los saltos con carga y sin carga y en los tests de sprint sea superior que en los atletas con rendimientos inferiores, puesto que todas estas variables posiblemente se relacionan a la proporción de las fibras de contracción rápida [42] y el control neural [43,44] (por ejemplo, la tasa de excitación inicial).

CONCLUSIONES

En resumen, el SJ demostró estar relacionado más al sprint, velocidad de COD, y capacidades de salto que las MS en jugadores de Seven de rugby de élite. Notablemente, las pequeñas diferencias mecánicas pero significantes entre el SJ y la MS, relacionadas a la aplicación completa de fuerzas aceleralivas durante la porción concéntrica entera del ejercicio de SJ y la presencia de la desaceleración durante la fase final de la porción concéntrica del ejercicio de la MS, determinan sus capacidades respectivas respecto a los rendimientos funcionales basado en campo. Por lo tanto, se sugiere el SJ para discriminar mejor entre los jugadores con altas y bajas capacidades de sprint, y COD y capacidades de salto, que las MS, y posiblemente el entrenamiento que use el SJ sería más eficaz que entrenar usando las MS para mejorar el rendimiento en jugadores de Seven de rugby. Debido a la bien establecida fuerte relación entre la SJ MPP y el rendimiento específico en diferentes deportes [16,17,19,45,46] y la efectividad del entrenamiento del SJ en la mejora de las capacidades de salto y de sprint [13,23,35,36], este ejercicio ha sido incorporado en las valoraciones y rutinas de entrenamiento para los atletas de élite. A nuestro conocimiento, éste es el primer estudio en demostrar que el SJ se relaciona más estrechamente a los rendimientos de tareas funcionales que las MS usando la técnica de división del medio. Dividiendo un grupo de atletas alrededor del valor del medio, este método simple e intuitivo puede ser usado por el personal técnico para 1) clasificar a sus atletas como un grupo y los cambios prospectivos de pista probables causados por entrenamiento/desentrenamiento (usando la mediana), 2) identificar las fuerzas y debilidades de jugadores individuales (usando los valores individuales respecto a la mediana) y, 3) ayuda a seleccionar ejercicios más apropiados (es decir, aquellos con una relación/conexión más íntima con los rendimientos funcionales específicos) para ser implementados en las rutinas de entrenamiento (por ejemplo, sentadillas con salto con carga). Aunque el último ítem necesita ser confirmado por observaciones longitudinales, el análisis de división del medio puede usarse en la ciencia deportiva para dar evidencia que favorece a seleccionados ejercicios de fuerza-potencia.

REFERENCIAS

1. Loturco I, Winckler C, Kobal R, Cal Abad CC, Kitamura K, Verissimo AW, et al. (2015). Performance changes and relationship between vertical jump measures and actual sprint performance in elite sprinters with visual impairment throughout a Parapan American games training season. *Front Physiol. 2015;6: 323.*
2. Loturco I, Ugrinowitsch C, Roschel H, Lopes Mellinger A, Gomes F, Tricoli V, et al. (2013). Distinct temporal organizations of the strength- and power-training loads produce similar performance improvements. *J Strength Cond Res. 2013;27: 188–194.*
3. Loturco I, Ugrinowitsch C, Roschel H, Tricoli V, Gonzalez-Badillo JJ. (2013). Training at the optimum power zone produces similar performance improvements to traditional strength training. *J Sports Sci Med. 2013;12: 109–115.*
4. Newton RU, Kraemer WJ. (1994). Developing explosive muscular power: Implications for a mixed methods training strategy. *Strength Cond J. 1994;16: 20–31.*
5. Cormie P, McGuigan MR, Newton RU. (2011). Developing maximal neuromuscular power: part 2—training considerations for improving maximal power production. *Sports Med. 2011;41: 125–146.*
6. McBride JM, Nimphius S, Erickson TM. (2005). The acute effects of heavy-load squats and loaded countermovement jumps on sprint performance. *J Strength Cond Res. 2005;19: 893–897.*
7. Chelly MS, Fathloun M, Cherif N, Ben Amar M, Tabka Z, Van Praagh E. (2009). Effects of a back squat training program on leg power, jump, and sprint performances in junior soccer players. *J Strength Cond Res. 2009;23: 2241–2249.*
8. Argus CK, Gill ND, Keogh JW, McGuigan MR, Hopkins WG. (2012). Effects of two contrast training programs on jump performance in rugby union players during a competition phase. *Int J Sports Physiol Perform. 2012;7: 68–75.*
9. Barnes C, Archer DT, Hogg B, Bush M, Bradley PS. (2014). The evolution of physical and technical performance parameters in the English Premier League. *Int J Sports Med. 2014;35: 1095–1100.*
10. Bloomfield J, Polman R, O'Donoghue P. (2007). Physical demands of different positions in FA Premier League soccer. *J Sports Sci Med. 2007;6: 63–70.*
11. Faude O, Koch T, Meyer T. (2012). Straight sprinting is the most frequent action in goal situations in professional football. *J Sports Sci. 2012;30: 625–631.*

12. Nibali ML, Chapman DW, Robergs RA, Drinkwater EJ. (2013). A rationale for assessing the lower-body power profile in team sport athletes. *J Strength Cond Res. 2013;27: 388–397.*
13. Loturco I, Pereira LA, Kobal R, Zanetti V, Gil S, Kitamura K, et al. (2015). Half-squat or jump squat training under optimum power load conditions to counteract power and speed decrements in Brazilian elite soccer players during the preseason. *J Sports Sci. 2015;33: 1283–1292.*
14. Hori N, Newton RU, Kawamori N, McGuigan MR, Andrews WA, Chapman DW, et al. (2008). Comparison of weighted jump squat training with and without eccentric braking. *J Strength Cond Res. 2008;22: 54–65.*
15. Nimphius S, McGuigan MR, Newton RU. (2010). Relationship between strength, power, speed, and change of direction performance of female softball players. *J Strength Cond Res. 2010;24: 885–895.*
16. Loturco I, D'Angelo RA, Fernandes V, Gil S, Kobal R, Abad CCC, et al. (2015). Relationship between sprint ability and loaded/unloaded jump tests in elite sprinters. *J Strength Cond Res. 2015;29: 758–764.*
17. Loturco I, Pereira LA, Cal Abad CC, D'Angelo RA, Fernandes V, Kitamura K, et al. (2015). Vertical and horizontal jump tests are strongly associated with competitive performance in 100-m dash events. *J Strength Cond Res. 2015;29: 1966–1971.*
18. Wisloff U, Castagna C, Helgerud J, Jones R, Hoff J. (2004). Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. *Br J Sports Med. 2004;38: 285–288.*
19. Loturco I, Barbosa AC, Nocentini RK, Pereira LA, Kobal R, Kitamura K, et al. (2016). A correlational analysis of tethered swimming, swim sprint performance and dry-land power assessments. *Int J Sports Med. 2016;37: 211–218.*
20. Stone MH, Stone ME, Sands WA, Pierce KC, Newton RU, Haff GG, et al. (2006). Maximum strength and strength training: a relationship to endurance? Strength Cond J. *2006;28: 44–53.*
21. Rampinini E, Bishop D, Marcora SM, Ferrari Bravo D, Sassi R, Impellizzeri FM. (2007). Validity of simple field tests as indicators of match-related physical performance in top-level professional soccer players. *Int J Sports Med. 2007;28: 228–235.* doi: 10.1055/s-2006-924340.
22. Iacobucci D, Posavac SS, Kardes FR, Schneider M, Popovich DL. (2015). The median split: robust, refined, and revived. *J Consumer Psych Forthcoming. 2015;25: 690–704.*
23. Loturco I, Nakamura FY, Kobal R, Gil S, Cal Abad CC, Cuniyochi R, et al. (2015). Training for power and speed: effects of increasing or decreasing jump squat velocity in elite young soccer players. *J Strength Cond Res. 2015;29: 2771–2779.*
24. Loturco I, Nakamura FY, Tricoli V, Kobal R, Abad CC, Kitamura K, et al. (2015). Determining the optimum power load in jump squats using the mean propulsive velocity. *PLoS One. 2015;10: e0140102.*
25. Sanchez-Medina L, Perez CE, Gonzalez-Badillo JJ. (2010). Importance of the propulsive phase in strength assessment. *Int J Sports Med. 2010;31: 123–129.*
26. Little T, Williams AG. Specificity of acceleration, maximum speed, and agility in professional soccer players. (2005). J Strength Cond Res. *2005;19: 76–78.*
27. Batterham AM, Hopkins WG. (2006). Making meaningful inferences about magnitudes. *Int J Sports Physiol Perform. 2006;1: 50–57.*
28. Cohen J. (1988). Statistical power analysis for the behavioral sciences. *Hillsdale (NJ): Lawrence Erlbaum Associates*
29. Rhea MR. (2004). Determining the magnitude of treatment effects in strength training research through the use of the effect size. *J Strength Cond Res. 2004;18: 918–920.*
30. Cormie P, McCaulley GO, Triplett NT, McBride JM. (2007). Optimal loading for maximal power output during lower-body resistance exercises. *Med Sci Sports Exerc. 2007;39: 340–349.*
31. Newton RU, Kraemer WJ, Hakkinen K, Humphries B, Murphy AJ. Kinematics, kinetics, and muscle activation during explosive upper body movements. (1996). J Appl Biomech. *1996;12: 31–43.*
32. Cronin JB, Hansen KT. (2005). Strength and power predictors of sports speed. *J Strength Cond Res. 2005;19: 349–357.*
33. Baker D, Nance S. (1999). The relation between strength and power in professional rugby league players. *J Strength Cond Res. 1999;13: 224–229.*
34. Costill DL, Miller SJ, Myers WC, Kehoe FM, Hoffman WM. (1968). Relationship among selected tests of explosive leg strength and power. *Res Quart Amer Ass Health Physical Ed Rec. 1968;39: 785–787.*
35. McBride JM, Triplett-McBride T, Davie A, Newton RU. (2002). The effect of heavy- vs. *light-load jump squats on the development of strength, power, and speed. J Strength Cond Res. 2002;16: 75–82.*
36. Loturco I, Pereira LA, Kobal R, Maldonado T, Piazzi AF, Bottino A, et al. (2016). Improving sprint performance in soccer: effectiveness of jump squat and Olympic push press exercises. *PLoS One. 2016;11: e0153958.*
37. Sheppard JM, Young WB. (2006). Agility literature review: classifications, training and testing. *J Sports Sci. 2006;24: 919–932.*
38. Young W, Farrow D. (2006). A review of agility: practical applications for strength and conditioning. *Strength Cond J. 2006;28: 24–29.*
39. Hewit JK, Cronin JB, Hume PA. (2012). Understanding change of direction performance: a technical analysis of a 180° aerial catch and turn task. *Int J Sports Sci Coaching. 2012;7: 503–514.*
40. Kumagai K, Abe T, Brechue WF, Ryushi T, Takano S, Mizuno M. (1985). Sprint performance is related to muscle fascicle length in male 100-m sprinters. *J Appl Physiol 2000;88: 811–816.*
41. Nimphius S, McGuigan MR, Newton RU. (2012). Changes in muscle architecture and performance during a competitive season in female softball players. *J Strength Cond Res. 2012;26: 2655–2666.*
42. Viitasalo JT, Komi PV. (1978). Force-time characteristics and fiber composition in human leg extensor muscles. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol. 1978;40: 7–15.*
43. Aagaard P. (2003). Training-induced changes in neural function. *Exerc Sport Sci Rev. 2003;31: 61–67.*
44. Aagaard P, Simonsen EB, Andersen JL, Magnusson P, Dyhre-Poulsen P. (2002). Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. *J Appl Physiol. 2002;93: 1318–1326.*
45. Loturco I, Kobal R, Maldonado T, Piazzi AF, Bottino A, Kitamura K, et al. (2015). Jump squat is more related to sprinting and jumping abilities than Olympic push press. *Int J Sports Med. 2015;In Press.*

46. Loturco I, Nakamura FY, Artioli GG, Kobal R, Kitamura K, Cal Abad CC, et al. (2016). Strength and power qualities are highly associated with punching impact in elite amateur boxers. *J Strength Cond Res. 2016;30: 109–116*.

Cita Original

Loturco I, Pereira LA, Moraes JE, Kitamura K, Cal Abad CC, Kobal R, et al. (2017) Jump-Squat and Half-Squat Exercises: Selective Influences on Speed-Power Performance of Elite Rugby Sevens Players. PLoS ONE 12(1): e0170627. doi:10.1371/journal.pone.0170627 Recibido: Octubre 6, 2016; Aceptado: Enero 6, 2017; Publicado: Enero 23, 2017Copyright: © 2017 Loturco et al.