

Selected Papers from Impact

# Diferencias en la Cinética durante la Cargada Suspendida de Potencia en Una y Dos Piernas

## Differences in Kinetics during One- and Two-Leg Hang Power Clean

Ryohei Hayashi<sup>1</sup>, Takuya Yoshida<sup>2</sup> y Yasushi Kariyama<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Education, Gifu University, Gifu 501-1193, Japan

<sup>2</sup>Faculty of Health and Sport Sciences, University of Tsukuba, Tsukuba 305-8574, Japan; yoshida.takuya.gm@u.tsukuba.ac.jp

<sup>3</sup>Faculty of Sport Sciences, Yamanashi Gakuin University, Kofu 400-8575, Japan; y-kariyama@ygu.ac.jp

### RESUMEN

El propósito de este estudio fue cuantificar la cinética por pierna durante la cargada (Power Clean) de una y dos piernas usando distintas cargas. Nueve atletas masculinos de pista y de campo realizaron la cargada con una y dos piernas sobre una plataforma de fuerza. El máximo estimado de una repetición se utilizó para la cargada con una sola pierna (OHPC), y el máximo de una repetición se utilizó para la cargada con dos piernas (THPC). Las cargas utilizadas fueron 30%, 60% y 90% durante ambas pruebas. Calculamos la potencia máxima, la fuerza máxima y la tasa máxima de desarrollo de la fuerza durante la fase de tracción a partir de los datos de fuerza-tiempo. La potencia máxima y la fuerza máxima para todas las cargas durante la OHPC fueron estadísticamente mayores que durante la THPC. Las tasas máximas de desarrollo de fuerza al 60% y al 90% durante el OHPC fueron estadísticamente mayores que durante la THPC. Además, la potencia máxima al 90% fue significativamente menor que al 60% durante la THPC. Estos hallazgos sugieren que la OHPC a cargas del 60% y el 90% es un ejercicio de levantamiento de pesas que exhibe mayor fuerza explosiva y características de desarrollo de la potencia que el ejercicio de THPC.

**Palabras Clave:** ejercicio de levantamiento, entrenamiento de potencia, entrenamiento de resistencia, déficit bilateral

### ABSTRACT

The purpose of this study was to quantify the kinetics per leg during the one- and two-leg hang power clean using various loads. Nine male track and field athletes performed the one- and two-leg hang power clean on a force platform. The estimated one-repetition maximum was used for the one-leg hang power clean (OHPC), and the one-repetition maximum was used for the two-leg hang power clean (THPC). The loads used were 30%, 60%, and 90% during both trials. We calculated peak power, peak force, and peak rate of force development during the pull phase from the force-time data. The peak power and the peak force for all loads during the OHPC were statistically greater than during the THPC. The peak rates of force development at 60% and 90% during the OHPC were statistically greater than during the THPC. Additionally, the peak power at 90% was significantly less than at 60% during the THPC. These findings suggest that the OHPC at loads of 60% and 90% is a weightlifting exercise that exhibits greater explosive force and power development characteristics than the THPC.

**Keywords:** weightlifting exercise, power training, resistance training, bilateral deficit

## INTRODUCCIÓN

---

La potencia muscular es el factor principal que determina el rendimiento deportivo dinámico; muchos eventos deportivos requieren que el atleta ejerza una gran cantidad de fuerza en un corto período de tiempo [1, 2]. La velocidad, la agilidad y el rendimiento de los saltos se mejoran al aumentar la potencia de las extremidades inferiores [3]. La capacidad de ejercer un alto nivel de potencia muscular es un componente importante para mejorar el rendimiento en muchos eventos deportivos [4]. Por lo tanto, muchos atletas se enfocan en mejorar la potencia en las extremidades inferiores.

Los ejercicios de levantamiento de pesas se han utilizado como método de entrenamiento para mejorar la potencia de las extremidades inferiores [1]; en consecuencia, muchos movimientos deportivos han incorporado movimientos de levantamiento de pesas como la triple extensión [5]. Muchos atletas realizan la cargada suspendida (HPC) para ejercicios de levantamiento de pesas. Varios estudios indican que la potencia máxima se produce con una carga del 65-80% como máximo en una repetición (1MR) durante la HPC [1, 4, 6]. Además, la 1MR de la HPC se relaciona con la altura del salto de un salto con contramovimiento ( $r = 0.41$ ), el rendimiento del sprint ( $r = -0.58$ ) y la agilidad ( $r = -0.41$ ) [7].

Muchos movimientos deportivos, como correr, patear, cambiar de dirección en la carrera y saltar, implican fases de recibir una carga sobre una pierna [8]. Debido al déficit bilateral [9], se ha demostrado que la fuerza de reacción vertical del suelo por pierna es mayor para los movimientos de una pierna que para los movimientos de dos piernas en los ejercicios de salto [10] y sentadillas [8,11]. Aunque Bosch [12] informó que el aumento de la capacidad de transportar energía de la pierna de apoyo durante una HPC de una pierna (OHPC) desarrolla una mayor sobrecarga, las características cinéticas durante una OHPC siguen sin estar claras. Según la teoría del déficit bilateral, la cinética durante la OHPC se considera mayor que durante la HPC a dos piernas (THPC). En la cinética de las extremidades inferiores, los abductores de cadera son importantes para los movimientos de una pierna, como la carrera de sprint [13] y el salto [14]. Estos también se utilizan en el entrenamiento de la fuerza cuando se realizan con una pierna [15]. Debido a las similitudes en las características cinéticas de las extremidades inferiores entre el rendimiento deportivo y el entrenamiento de la fuerza con una pierna, la OHPC puede usarse como entrenamiento específico para eventos deportivos que tienen fases de movimientos explosivos con una pierna. En consecuencia, la diferencia en la cinética entre la OHPC y la THPC debe investigarse para comprender mejor las características de la generación de potencia durante la HPC.

Las magnitudes de la potencia máxima, la fuerza máxima y la tasa máxima de desarrollo de la fuerza (RFD) [16] son diferentes entre las cargas durante una THPC [1, 4, 6] y otros movimientos de tracción [17-20]. Teniendo en cuenta la teoría del déficit bilateral, las características cinéticas de la THPC y la OHPC pueden diferir entre las cargas. Por lo tanto, es necesario utilizar varias cargas al comparar la cinética de OHPC y THPC.

Por lo tanto, el propósito de este estudio fue cuantificar la potencia máxima, la fuerza máxima y la RFD máxima por pierna durante la OHPC y la THPC utilizando varias cargas. Se planteó la hipótesis de que la cinética durante la OHPC sería mayor que durante la THPC en todas las cargas, y la OHPC debería considerarse como un ejercicio de levantamiento de pesas con mayor potencia pico, fuerza pico y RFD pico que la THPC.

## MATERIALES Y MÉTODOS

---

### Participantes

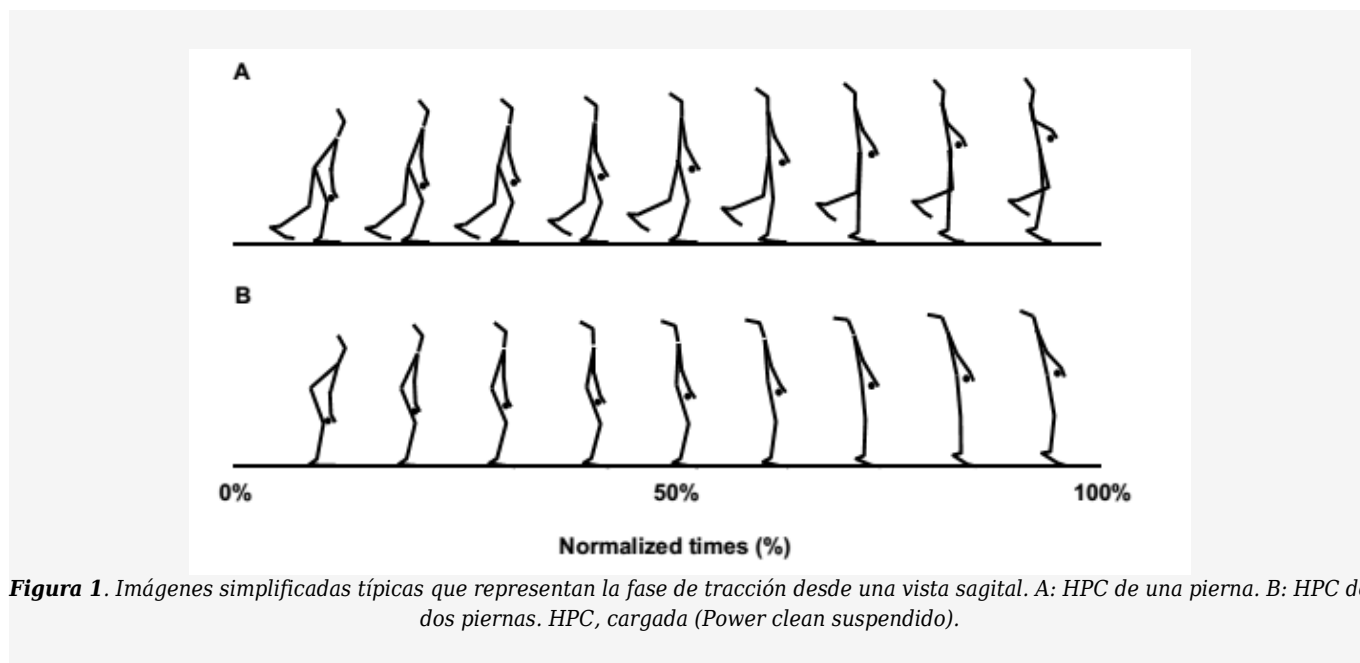
Participaron nueve atletas masculinos de pista y de campo (edad media  $\pm$ SD,  $21.3 \pm 2.2$  años; altura,  $1.75 \pm 0.05$  m; masa,  $67.4 \pm 3.8$  kg; 1MR THPC,  $96.5 \pm 8.18$  kg; y 1MR THPC relativo,  $1.44 \pm 0.16$  kg·kg<sup>-1</sup>). Todos los participantes eran miembros del equipo de pista y de campo de la universidad y estaban familiarizados con pruebas experimentales. Tenían al menos 5 años de entrenamiento de la fuerza y usaban tanto la THPC como la OHPC en su entrenamiento de la fuerza regular. Los criterios de exclusión fueron los siguientes: uso de medicación que afecte la capacidad de ejercicio o limitaciones ortopédicas. Todos los participantes tenían más de 18 años y se les informó de los beneficios y riesgos de la investigación antes de firmar un formulario de consentimiento informado por escrito. El estudio fue aprobado por el Comité de Ética en Investigación de la Universidad de Tsukuba (número de certificado: 27-121).

## Diseño y procedimientos

Todos los participantes realizaron un calentamiento de 5 minutos de ciclismo ligero seguido de una serie de estiramientos dinámicos de 10 minutos. Los 5 min de ciclismo ligero se realizaron en un cicloergómetro (POWER MAX VIII, Konami Sports Co., Tokio, Japón) y se igualaron las cargas entre los participantes. Para determinar la 1MR del ejercicio de THPC antes de la sesión de prueba, se realizó una THPC submáxima usando 30%, 50%, 70% y 90% de la última 1MR de cada participante, y el peso se incrementó gradualmente en 2.5-5.0 kg hasta que la 1MR fue establecida. Se registraba una prueba exitosa cuando un participante mantenía una postura en posición vertical estática después de tomar la barra. El ensayo del ejercicio OHPC se llevó a cabo utilizando la mitad del peso de la barra de la 1MR de THPC [11, 21]. Intentamos medir 1MR de la OHPC antes de la sesión de prueba, aunque fue difícil para los participantes realizar el movimiento de captura en la misma postura que en la THPC cuando el peso se acercaba a 1MR (por ejemplo, gran movimiento de flexión lateral del tronco). Sin embargo, fue posible establecer el mismo nivel de movimiento para THPC y OHPC utilizando la 1MR estimada para la OHPC. Además, los participantes evitaron el riesgo de lesiones al medir 1MR para la OHPC. Por lo tanto, se utilizó la 1MR estimada para la OHPC en este estudio.

La sesión de prueba se realizó de 2 a 4 días después de la medición de 1MR. Todos los participantes realizaron un calentamiento estandarizado y 1 serie de calentamiento de tres repeticiones de OHPC y THPC, con cargas del 30% y el 60% de 1MR estimada o 1MR. Después del calentamiento, los participantes realizaron dos pruebas cada uno del ejercicio de THPC a cargas del 30%, 60% y 90% de 1MR. Después de 5 min de descanso, los participantes realizaron dos pruebas cada uno del ejercicio de OHPC a medias cargas de 30%, 60% y 90% de 1MR de dos piernas. Los participantes recibieron 1 minuto de descanso entre las pruebas y al menos 3 minutos de descanso entre cada carga para ambas HPC. Los movimientos de THPC se realizaron utilizando la técnica descrita en estudios anteriores [1, 4, 6]. Los participantes comenzaban con la barra en la mitad del muslo, la bajaban a una posición justo por encima de la rodilla y volvían a la posición de la mitad del muslo. Luego, los participantes realizaban el movimiento de tracción con una extensión triple de cadera, rodilla y tobillo, y encogiéndose de hombros. La barra se levantaba hacia arriba con el máximo esfuerzo y se agarraba por los hombros en una posición de semi-sentadilla.

El movimiento de OHPC se realizó con los participantes de pie sobre la pierna dominante en la posición inicial con la misma técnica de tracción y captura que se utilizó para el ejercicio de THPC. La pierna dominante se definió como la pierna utilizada para saltar. Para aclarar las características cinéticas utilizadas durante la OHPC mediante el uso de las pruebas de esfuerzo máximo, el movimiento de la pierna libre no se restringió en el ejercicio de OHPC. La Figura 1 muestra los movimientos de la fase de tracción durante la OHPC y la THPC.



**Figura 1.** Imágenes simplificadas típicas que representan la fase de tracción desde una vista sagital. A: HPC de una pierna. B: HPC de dos piernas. HPC, cargada (Power clean suspendido).

Para establecer la postura inicial durante ambas HPC, se controló el ángulo de la articulación de la rodilla de la pierna dominante con un goniómetro (SG150, DKH Co., Tokio, Japón) para garantizar que la posición se reprodujera con precisión entre ambas HPC. El ángulo de la articulación de la rodilla de la OHPC se definió como el ángulo de la articulación de la rodilla del ejercicio de THPC  $\pm 5^\circ$ . Se ha demostrado que el movimiento de tracción no cambia significativamente la

cinética incluso si los ángulos de la rodilla y el tronco son diferentes [22]. Por esta razón, no utilizamos un ángulo de rodilla específico. Además, la altura de la línea de visión de los participantes en la postura inicial se igualó en la prueba. Se definió una prueba exitosa de ambas HPC cuando se realizó 1MR de la THPC.

## Medidas

Las coordenadas tridimensionales de 47 marcadores retrorreflectantes (diámetro: 14 mm) fijados al cuerpo [14], y dos marcadores retrorreflectantes (diámetro: 14 mm) colocados en los extremos derecho e izquierdo de la barra [23], fueron recolectados por el sistema Vicon T20 (Vicon Motion Systems, Ltd., Oxford, Reino Unido), usando 12 cámaras operando a 250 Hz. La fuerza de reacción del suelo (GRF) se obtuvo utilizando una plataforma de fuerza (9287C, 0.9 m × 0.6 m; Kistler Instrumente AG, Winterthur, Suiza) a 1000 Hz. Usamos dos plataformas de fuerza para la THPC y una para la OHPC. La fuerza de reacción vertical del suelo máxima medida de las plataformas de fuerza fue de 20 kN. Los datos cinemáticos se corrigieron utilizando un filtro Butterworth de paso bajo de cuarto orden con frecuencias de corte óptimas de 7.5 Hz y 15.0 Hz. Estos datos se sincronizaron en el tiempo utilizando el software Vicon Nexus (Nexus 2, Vicon Motion Systems, Ltd., Oxford, Reino Unido). Los datos cinéticos de la pierna dominante se utilizaron para los análisis de datos.

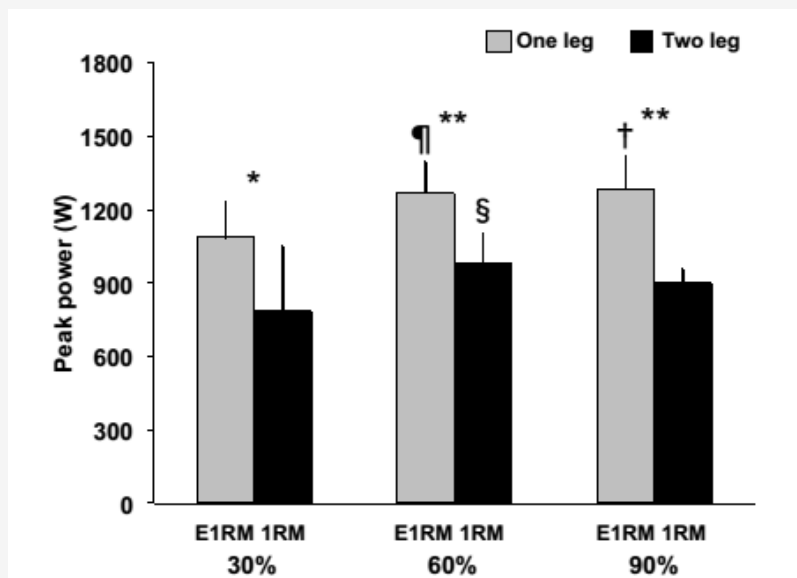
La velocidad del centro de gravedad del sistema sujeto-barra se calculó integrando numéricamente el desplazamiento vertical del centro de gravedad del sistema. El centro de masa y los parámetros de inercia se estimaron basándose en los parámetros del segmento corporal de los atletas japoneses [24]. Para comparar los valores por pierna para ambos ejercicios de HPC, se calculó la GRF neta utilizando la GRF vertical por pierna menos la mitad del peso del sistema sujeto-barra en la THPC. En la OHPC, la GRF neta se calculó utilizando la GRF vertical por pierna menos el peso del sistema sujeto-barra. La fase de tracción se definió como el valor mínimo de la GRF vertical durante la posición inicial, a menos de 10 N de la GRF vertical durante el movimiento de tracción. La fuerza máxima fue el valor máximo de la componente vertical de la GRF neta durante la fase de tracción. La potencia se calculó como la GRF vertical × velocidad vertical del centro de gravedad para el sistema sujeto-barra [1], y la potencia máxima fue la máxima durante la fase de tracción. La tasa de RFD instantánea se calculó dividiendo la diferencia entre la GRF vertical actual y pasada por el tiempo transcurrido (0.001 seg), y la RFD pico fue el valor máximo de la RFD instantánea durante la fase concéntrica [16].

## Análisis estadístico

Se calcularon los coeficientes de correlación intraclase (CCI) para determinar la confiabilidad test-retest de las variables medidas. La normalidad de los datos se evaluó mediante la prueba de Shapiro-Wilk. Después de que se confirmó la normalidad, se utilizó un análisis de varianza (ANOVA) bidireccional (ejercicio × carga) con medidas repetidas para determinar la diferencia entre la fuerza máxima, la potencia máxima y la RFD máxima durante ambas HPC. Cuando se encontraban valores  $F$  significativos, se utilizaron comparaciones apareadas en un análisis post hoc de Bonferroni para determinar las diferencias significativas. Los tamaños del efecto se calcularon utilizando la  $d$  de Cohen [25] y se interpretaron utilizando la siguiente escala: menos de 0.2, trivial; entre 0.2 y 0.5, pequeño; entre 0.5 y 0.8, medio; entre 0.8 y 1.3, grande; mayor que 1.3, muy grande [26]. El nivel alfa se fijó en 0.05. Todos los datos se presentan como media ±SD. Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software SPSS (versión 25, IBM Corp., Armonk, NY, EE. UU.).

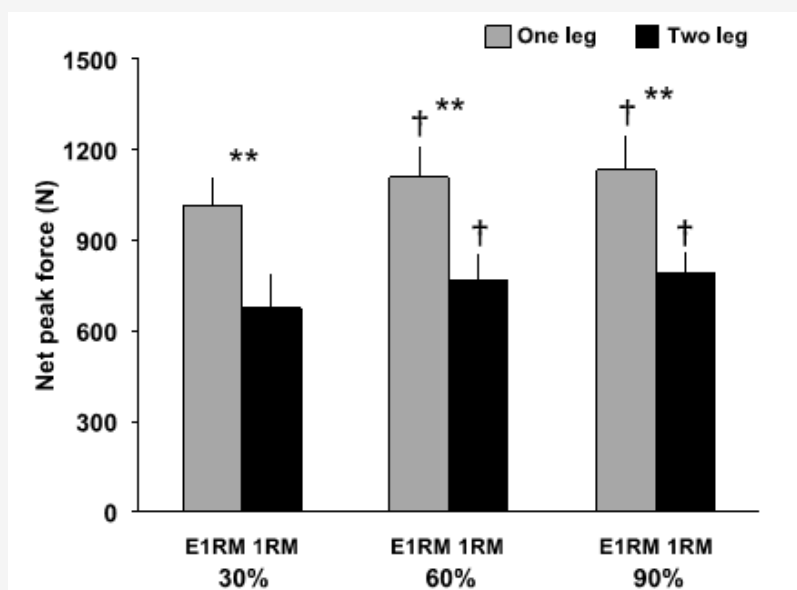
## Resultados

Los ICC de la potencia máxima, la fuerza máxima y la RFD máxima para los ejercicios de OHPC y THPC fueron 0.80-0.99 y 0.80-0.97, respectivamente. La potencia máxima (Figura 2) no tuvo una interacción significativa, pero se observó un efecto principal significativo para el ejercicio ( $F = 47.03$ ,  $p < 0.001$ ,  $\eta^2 = 0.85$ ) y la carga ( $F = 9.42$ ,  $p < 0.01$ ,  $\eta^2 = 0.54$ ). La potencia máxima durante la OHPC fue significativamente mayor que durante la THPC al 30% ( $1087.46 \pm 142.80$  W vs  $786.75 \pm 273.66$  W,  $p < 0.01$ ,  $d = 1.38$ ), 60% ( $1270.17 \pm 135.55$  W vs  $987.59 \pm 115.44$  W,  $p < 0.001$ ,  $d = 2.24$ ) y 90% ( $1285.43 \pm 134.24$  W vs  $899.61 \pm 62.43$  W,  $p < 0.001$ ,  $d = 3.69$ ). Además, la potencia máxima al 60% ( $1270.17 \pm 135.55$  W vs  $1087.46 \pm 142.80$  W,  $p < 0.01$ ,  $d = 1.31$ ) y al 90% ( $1285.43 \pm 134.24$  W vs  $1087.46 \pm 142.80$  W,  $p < 0.05$ ,  $d = 1.43$ ) fue significativamente mayor que al 30% durante la OHPC, y la potencia pico al 90% ( $899.61 \pm 62.43$  W vs  $987.59 \pm 115.44$  W,  $p < 0.05$ ,  $d = 0.95$ ) fue significativamente menor que al 60%, durante la THPC.



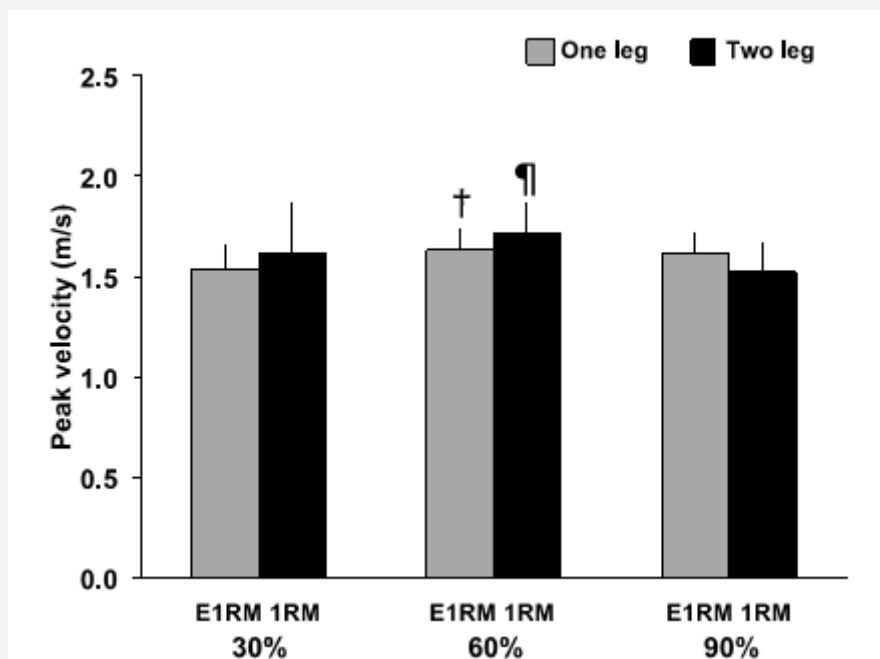
**Figura 2.** Pico de potencia durante la fase de tracción de una carga de potencia suspendida de una o dos piernas. \*: Mayor que la condición de dos piernas ( $p < 0.01$ ). \*\*: Mayor que la condición de dos piernas ( $p < 0.001$ ). †: Superior al 30% 1MR ( $p < 0.05$ ). ‡: Mayor que 30% 1MR ( $p < 0.01$ ). §: Mayor que 90% 1MR ( $p < 0.05$ ). E1MR, máximo estimado de una repetición; 1MR, máximo una repetición.

La fuerza máxima (Figura 3) no tuvo una interacción significativa, pero se observó un efecto principal significativo para el ejercicio ( $F = 93.76$ ,  $p < 0.001$ ,  $\eta^2 = 0.92$ ) y la carga ( $F = 12.40$ ,  $p < 0.001$ ,  $\eta^2 = 0.61$ ). La fuerza máxima de la OHPC fue significativamente mayor que la THPC al 30% ( $1014.91 \pm 91.90$  N vs  $673.19 \pm 118.84$  N,  $p < 0.001$ ,  $d = 3.22$ ), 60% ( $1108.89 \pm 103.02$  N vs  $771.29 \pm 79.77$  N,  $p < 0.001$ ,  $d = 3.66$ ) y 90% ( $1133.76 \pm 109.98$  N vs  $793.21 \pm 64.43$  N,  $p < 0.001$ ,  $d = 3.78$ ). Fuerza máxima al 60% (OHPC =  $1108.89 \pm 103.02$  N vs  $1014.91 \pm 91.90$  N,  $p < 0.05$ ,  $d = 0.96$ ; THPC =  $771.29 \pm 79.77$  N vs  $673.19 \pm 118.84$  N,  $p < 0.05$ ,  $d = 0.97$ ) y 90% (OHPC =  $1133.76 \pm 109.98$  N vs  $1014.91 \pm 91.90$  N,  $p < 0.05$ ,  $d = 1.17$ ; THPC =  $793.21 \pm 64.43$  N vs  $673.19 \pm 118.84$  N,  $p < 0.05$ ,  $d = 1.26$ ) fue significativamente mayor que a los 30%, durante el ejercicio de OHPC y THPC.



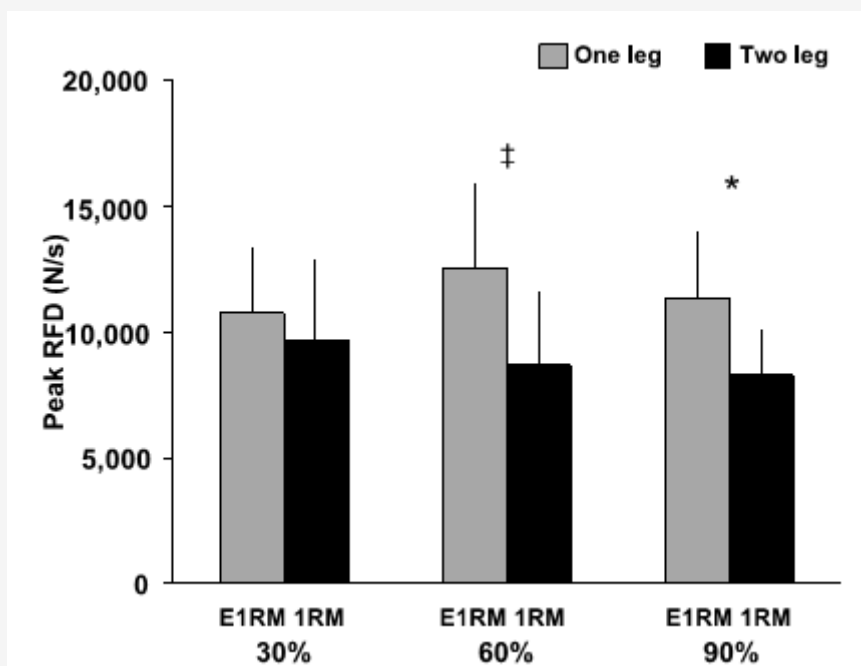
**Figura 3.** Fuerza máxima durante la fase de tracción de una cargada suspendida con una o dos piernas. \*\*: Mayor que la condición de dos piernas ( $p < 0.001$ ). †: Superior al 30% 1MR ( $p < 0.05$ ). E1MR, máximo estimado de una repetición; 1MR, máximo una repetición.

La velocidad máxima (Figura 4) tuvo una interacción significativa ( $F = 4.11$ ,  $p < 0.05$ ,  $\eta^2 = 0.34$ ) y un efecto principal significativo para la carga ( $F = 3.80$ ,  $p < 0.05$ ,  $\eta^2 = 0.32$ ), pero ningún efecto principal significativo para el ejercicio fue observado. La velocidad máxima al 60% ( $1.63 \pm 0.11$  m/seg vs  $1.54 \pm 0.12$  m/seg,  $p < 0.01$ ,  $d = 0.77$ ) fue significativamente mayor que al 30% durante la OHPC, y la velocidad máxima al 60% ( $1.72 \pm 0.15$  m/seg vs  $1.52 \pm 0.14$  m/seg,  $p < 0.01$ ,  $d = 1.33$ ) fue significativamente mayor que al 90% durante la THPC.



**Figura 4.** Velocidad máxima durante la fase de tracción de una cargada suspendida con una o dos piernas. †: Mayor que 30% 1MR ( $p < 0.01$ ). ¶: Mayor que 90% 1MR ( $p < 0.01$ ). E1MR, máximo estimado de una repetición; 1MR, máximo una repetición.

La RFD pico (Figura 5) tuvo una interacción significativa ( $F = 4.29$ ,  $p < 0.05$ ,  $\eta^2 = 0.35$ ) y un efecto principal significativo para el ejercicio ( $F = 7.04$ ,  $p < 0.05$ ,  $\eta^2 = 0.47$ ), pero ningún efecto principal significativo para la carga fue observado. La RFD máxima durante el ejercicio de OHPC fue significativamente mayor que durante el ejercicio de THPC al 60% ( $12.534.45 \pm 3358.81$  N/seg vs  $8656.07 \pm 2999.96$  N/seg,  $p < 0.05$ ,  $d = 1.22$ ) y al 90% ( $11370.08 \pm 2615.78$  N/seg vs  $8272.39 \pm 1805.11$  N/seg,  $p < 0.01$ ,  $d = 1.38$ ).



**Figura 5.** Tasa máxima de desarrollo de la fuerza durante la fase de tracción de la cargada suspendida con una o dos piernas. Velocidad máxima durante la fase de tracción de la cargada con una o dos piernas. †: Mayor que la condición de dos piernas ( $p < 0.05$ ). \*: Mayor que la condición de dos piernas ( $p < 0.01$ ). RFD, tasa de desarrollo de la fuerza; E1RMR, máximo estimado de una repetición; 1MR, máximo una repetición.

## Discusión

El principal hallazgo de este estudio fue que la potencia máxima, la fuerza máxima y la RFD máxima durante el ejercicio de OHPC fueron mayores que durante el ejercicio de THPC, con cargas de 60% y 90%. Estos resultados apoyan nuestra hipótesis de que los datos cinéticos durante la OHPC fueron mayores que durante la THPC.

Hasta donde sabemos, este es el primer estudio para cuantificar la cinética por pierna durante una OHPC y una THPC usando distintas cargas. Los datos cinéticos comunicados fueron inferiores a los de estudios anteriores [1, 4, 6]. Cuando se calculó la cinética utilizando la GRF en la THPC, la potencia máxima al 30%, 60% y 90% de 1MR fue de  $2971.68 \pm 387.06$  W,  $3708.22 \pm 360.87$  W y  $3854.34 \pm 301.68$  W, respectivamente. Por lo tanto, si se utiliza la GRF de ambas piernas para el cálculo, la potencia máxima de la THPC puede ser similar al estudio anterior (30%,  $33.44 \pm 7.53$  W/kg; 60%,  $43.87 \pm 6.50$  W/kg; y 90%,  $43.76 \pm 5.23$  W/kg) [1].

La potencia máxima, la fuerza máxima y la RFD máxima durante la OHPC fueron significativamente mayores que durante la THPC. Además, los tamaños del efecto de la potencia máxima y la fuerza máxima en todas las cargas fueron grandes (tamaño del efecto  $> 1.38$ ). Por lo tanto, la OHPC puede ser un ejercicio de desarrollo de fuerza y potencia más explosivo en las extremidades inferiores en comparación con la THPC.

Un déficit bilateral ocurre en los ejercicios de salto [10] y sentadillas [8,11], y es más frecuente en los ejercicios multiarticulares que en los de una sola articulación [27]. Por tanto, parece que se produjo un déficit bilateral en el ejercicio de HPC debido a que el movimiento multiarticular de los miembros inferiores y la cinética de la OHPC es mayor que THPC. Sin embargo, el pico de RFD al 30% no mostró diferencias significativas entre los ejercicios OHPC y THPC. Por tanto, un déficit bilateral puede no afectar el pico de la tasa de RFD en la HPC al 30%. Por tanto, las OHPCs al 60% y al 90% tienen las características de la fuerza explosiva y la potencia de los miembros inferiores, en comparación con las THPC, que pueden verse afectadas por un déficit bilateral.

Según los cambios en la cinética entre las cargas, la potencia máxima disminuyó en un 90% en comparación con el 60% durante el ejercicio de THPC, pero la potencia máxima fue similar entre estas cargas durante la OHPC. En consecuencia, las características de la potencia entre la OHPC y la THPC al 90% pueden ser diferentes. A partir de los resultados de los análisis de la fuerza máxima y la velocidad máxima, se puede considerar que podría producirse una mayor potencia máxima al 90% porque la OHPC exhibe un movimiento de elevación rápido, incluso si la carga aumenta. Además, la fuerza máxima al 60% y al 90% fue mayor que al 30% durante ambas HPC.

Estos resultados coinciden con los que indican que la fuerza máxima del 45-80% 1MR en el ejercicio de THPC son mayores que al 30% 1MR [6]. Por lo tanto, la OHPC exhibe mayor potencia que la THPC incluso si la carga aumenta, y el efecto de la carga sobre la fuerza máxima es similar entre ambos tipos de HPC.

La RFD máxima mostró diferencias significativas entre las cargas en ambas HPC, según estudios anteriores [1,4]. Además, sólo hubo una diferencia significativa entre algunas cargas al 30-85% de 1MR [6]. Por lo tanto, es más probable que la RFD máxima no se vea afectada por la carga en el ejercicio de THPC [4]. Según estos informes, parece que es menos probable que la RFD máxima con mayor carga se vea afectada en cualquiera de las HPCs. Por lo tanto, cuando se utiliza una HPC como ejercicio de levantamiento de pesas para mejorar la capacidad de ejercer mucha fuerza en poco tiempo, es posible que no se requieran cargas pesadas.

Nuestros resultados sugieren que la potencia máxima, la fuerza máxima y la RFD máxima durante el ejercicio de OHPC fueron mayores que durante la THPC con cargas del 60% y 90%. Cuando se realiza un ejercicio de levantamiento de pesas con una pierna, la altura del salto vertical y la potencia relativa aumentan en comparación con los ejercicios con dos piernas [28]. Además, la adaptación al entrenamiento es diferente entre ejercicios de una y dos piernas [29]. Por lo tanto, los entrenadores deben prescribir los ejercicios de OHPC y de THPC para los atletas dependiendo del propósito del entrenamiento.

Este estudio tiene varias limitaciones. Primero, el tamaño de la muestra para este estudio fue pequeño, por lo que nuestros hallazgos podrían ser más confiables con un tamaño de muestra mayor. En segundo lugar, no medimos la 1MR del ejercicio de OHPC. Al comparar la cinética para 1MR medida, la 1RM de la OHPC puede ser más de la mitad de la carga de la THPC. Por lo tanto, los resultados de este estudio pueden diferir. Sin embargo, la cinética de las cargas hasta el 90% de 1MR estimada durante la OHPC (utilizando la mitad de la carga de la barra al 90% de 1MR de la THPC) obtenidas en este estudio pueden ser similares a las obtenidas midiendo la 1MR de la OHPC. Además, los resultados de la HPC no se pueden aplicar a otros ejercicios de cargada porque se realizan de diversas formas. Si la posición inicial del ejercicio de cargada difiere (desde el suelo, colgando o hasta la mitad del muslo), las características de la cinética serán diferentes [17]. Por lo tanto, se espera que las características cinéticas de la OHPC y la THPC sean diferentes de las de otros ejercicios de cargada.

### **Conclusiones**

Este estudio indica que la potencia máxima, la fuerza máxima y la RFD máxima durante la OHPC son mayores que durante la THPC con cargas del 60% y 90%. Además, la potencia máxima disminuyó en 90% en comparación con el 60% durante la THPC, pero no durante la OHPC. Estos hallazgos sugieren que la OHPC con cargas del 60% y el 90% son ejercicios de levantamiento de pesas que exhiben una fuerza explosiva y características de desarrollo de potencia mayores que la THPC. Por lo tanto, estos resultados son útiles para los entrenadores de la fuerza y del acondicionamiento físico cuando usan el ejercicio de OHPC como ejercicio de levantamiento de pesas para mejorar la potencia máxima por pierna.

### **Financiamiento**

Esta investigación no recibió financiación externa.

### **Declaración de la Junta de Revisión Institucional**

El estudio se realizó de acuerdo con las guías de la Declaración de Helsinki y fue aprobado por el Comité de Ética en Investigación de la Universidad de Tsukuba (número de certificado: 27-121).

### **Declaración de consentimiento informado**

Se obtuvo el consentimiento informado de todos los participantes involucrados en el estudio.

### **Conflictos de interés**

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

## **REFERENCIAS**

1. Kawamori, N.; Crum, A.J.; Blumert, P.A.; Kulik, J.R.; Childers, J.T.; Wood, J.A.; Stone, M.H.; Haff, G.G. (2005). Influence of different relative intensities on power output during the hang power clean: Identification of the optimal load. *J. Strength Cond. Res.* 2005, 19, 698-708.
2. Newton, R.U.; Kraemer, W.J. (1994). Developing explosive muscular power: Implications for a mixed methods training strategy. *Strength Cond. J.* 1994, 16, 20-31.
3. McBride, J.M.; Triplett-McBride, T.; Davie, A.; Newton, R.U. (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.*
4. Kilduff, L.P.; Bevan, H.; Owen, N.; Kingsley, M.I.C.; Bunce, P.; Bennett, M.; Cunningham, D. (2007). Optimal loading for peak power output during the hang power clean in professional rugby players. *Int. J. Sports Physiol. Perf. 2007, 2, 260-269.*
  5. Cormie, P.; McCaulley, G.O.; Triplett, N.T.; McBride, J.M. (2007). Optimal loading for maximal power output during lower-body resistance exercises. *Med. Sci. Sports Exerc. 2007, 39, 340-349.*
  6. Suchomel, T.J.; Beckham, G.K.; Wright, G.A. (2014). The impact of load on lower body performance variables during the hang power clean. *Sports Biomech. 2014, 13, 87-95.*
  7. Hori, N.; Newton, R.U.; Andrews, W.A.; Kawamori, N.; McGuigan, M.R.; Nosaka, K. (2008). Does performance of hang power clean differentiate performance of jumping, sprinting, and changing of direction? *J. Strength Cond. Res. 2008, 22, 412-418.*
  8. Eliassen, W.; Saeterbakken, A.H.; van den Tillaar, R. (2018). Comparison of bilateral and unilateral squat exercises on barbell kinematics and muscle activation. *Int. J. Sports Phys. Ther. 2018, 13, 871-881.*
  9. Häkkinen, K.; Pastinen, U.M.; Karsikas, R.; Linnamo, V. (1995). Neuromuscular performance in voluntary bilateral and unilateral contraction and during electrical stimulation in men at different ages. *Eur. J. Appl. Physiol. 1995, 70, 518-527.*
  10. Bobbert, M.F.; de Graaf, W.W.; Jonk, J.N.; Casius, J.R. (2006). Explanation of the bilateral deficit in human vertical squat jumping. *J. Appl. Physiol. 2006, 100, 493-499.*
  11. Kariyama, Y.; Hayashi, R.; Yoshida, T.; Zushi, A.; Zushi, K.; Zushi, K. (2018). The mechanical characteristics of single-leg squat exercise with emphasis on pelvic elevation. *Jpn. J. Phys. Fit. Sports Med. 2018, 67, 187-197, In Japanese: English abstract.*
  12. Bosch, F. (2015). Strength Training and Coordination: An Integrative Approach; IPTS: Seville, Spain, 2015; pp. 265-323.
  13. Schache, A.G.; Blanch, P.D.; Dorn, T.W.; Brown, N.A.; Rosemond, D.; Pandy, M.G. (2011). Effect of running speed on lower limb joint kinetics. *Med. Sci. Sports Exerc. 2011, 43, 1260-1271*
  14. Kariyama, Y.; Hobara, H.; Zushi, K. (2018). The effect of increasing jump steps on stance leg joint kinetics in bounding. *Sports Biomech. 2018, 39, 661-667.*
  15. McCurdy, K.; O'Kelley, E.; Kutz, M.; Langford, G.; Ernest, J.; Torres, M. (2010). Comparison of lower extremity EMG between the 2-leg squat and modified single-leg squat in female athletes. *J. Sport Rehabil. 2010, 19, 57-70.*
  16. Aagaard, P.; Simonsen, E.B.; Andersen, J.L.; 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.*
  17. Comfort, P.; Allen, M.; Graham-Smith, P. (2011). Comparisons of peak ground reaction force and rate of force development during variations of the power clean. *J. Strength Cond. Res. 2011, 25, 1235-1239.*
  18. Comfort, P.; Udall, R.; Jones, P.A. (2012). The effect of loading on kinematic and kinetic variables during the midhigh clean pull. *J. Strength Cond. Res. 2012, 26, 1208-1214.*
  19. McBride, J.M.; Haines, T.L.; Kirby, T.J. (2011). Effect of loading on peak power of the bar, body, and system during power cleans, squats, and jump squats. *J. Sports Sci. 2011, 29, 1215-1221.*
  20. Suchomel, T.J.; Beckham, G.K.; Wright, G.A. (2015). Effect of various loads on the force-time characteristics of the hang high pull. *J. Strength Cond. Res. 2015, 29, 1295-1301.*
  21. DeForest, B.A.; Cantrell, G.S.; Schilling, B.K. (2014). Muscle activity in single- vs. double-leg squats. *Int. J. Exerc. Sci. 2014, 7, 302-310.*
  22. Comfort, P.; Jones, P.A.; McMahon, J.J.; Newton, R. (2015). Effect of knee and trunk angle on kinetic variables during the isometric midhigh pull: Test-retest reliability. *Int. J. Sports Physiol. Perform. 2015, 10, 58-63.*
  23. Ammar, A.; Riemann, B.L.; Masmoudi, L.; Blaumann, M.; Abdelkarim, O.; Hökelmann, A. (2018). Kinetic and kinematic patterns during high intensity clean movement: Searching for optimal load. *J. Sports Sci. 2018, 36, 1319-1330.*
  24. Ae, M.; Tang, H.P.; Yokoi, T. (1992). Estimation of inertia properties of the body segment in Japanese athletes. *Biomechanisms 1992, 11, 23-33.*
  25. Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*; Lawrence Erlbaum Associates: Hillsdale, NJ, USA, 1988.
  26. Hopkins, W.G. (2014). A Scale of Magnitude for Effect Statistics. 2014. Available online: <http://sportssci.org/resource/stats/effectmag.html> (accessed on 30 April 2020).
  27. Jakobi, J.M.; Chilibeck, P.D. (2001). Bilateral and unilateral contractions: Possible differences in maximal voluntary force. *Can. J. Appl. Physiol. 2001, 26, 12-33.*
  28. McCurdy, K.W.; Langford, G.A.; Doscher, M.W.; Wiley, L.P.; Mallard, K.G. (2005). The effects of short-term unilateral and bilateral lower-body resistance training on measures of strength and power. *J. Strength Cond. Res. 2005, 19, 9-15.*
  29. Rube, N.; Secher, N.H. (1990). Effect of training on central factors in fatigue following two-and one-leg static exercise in man. *Acta Physiol. Scand. 1990, 141, 87-95.*

## Cita Original

Hayashi, R.; Yoshida, T.; Kariyama, Y. Differences in Kinetics during One-and Two-Leg Hang Power Clean. *Sports* 2021, 9, 45. <https://doi.org/10.3390/sports9040045>