



Revista Digital de Educación Física

ISSN: 1989-8304 D.L.: J 864-2009

ENCODER LINEAL VS. ALFOMBRA DE CONTACTO PARA DETERMINAR CARGAS ÓPTIMAS DE SALTO EN JÓVENES FUTBOLISTAS

Adrián Magallanes²

Email: admagallanes1@hotmail.com

Wilson Espina¹

Email: lic.wilsonespina@gmail.com

Andrés González-Ramírez^{1,2}

Email: agonzalez@iuacj.edu.uy

Carlos Magallanes²

Email: camagallanes@gmail.com

1. [Instituto Universitario Asociación Cristiana de Jóvenes, Montevideo, Uruguay](#)

2. [Instituto Superior de Educación Física, Montevideo, Uruguay](#)

RESUMEN

En el ámbito del entrenamiento de la fuerza suele utilizarse el concepto de zona de carga óptima (CO) para referirse a la magnitud de carga en kilogramos en torno a la cual se producen los mayores valores de potencia mecánica. El objetivo del estudio fue comparar los valores de CO obtenidos mediante encoder lineal con aquellos obtenidos a través de alfombra de contacto. La muestra estuvo compuesta de veintiún futbolistas ($17,4 \pm 0,2$ años). Se estimó la fuerza máxima (1RM) en media sentadilla con la barra por detrás de la nuca y se efectuaron saltos con diferentes cargas (36% a 45%, 50%, 60% y 65% 1 RM) los que fueron simultáneamente medidos con un encoder lineal y una alfombra de contacto. Para calcular la CO con la alfombra de contacto se utilizaron diferentes fórmulas (Harman y Lewis, 1991; Sayers et al. 1999). Los resultados tuvieron alta fiabilidad (ICC = 0,70-0,96) para todas las estimaciones. La CO se encontró con la carga menor (36 a 45% 1RM) excepto al utilizar la fórmula de Harman et al. (1991). Los valores absolutos mostraron gran variabilidad, tanto entre instrumentos de medida como entre las diferentes fórmulas. Se recomienda utilizar el mismo instrumento de evaluación y la misma fórmula, si se pretende realizar comparaciones y/o prescribir entrenamiento.

PALABRAS CLAVE: CMJ; Carga óptima; Potencia; Encoder lineal; Alfombra de contacto.

INTRODUCCIÓN.

Desde la perspectiva de la física, la fuerza puede ser definida como el producto entre la masa y la aceleración; desde la fisiología, como la capacidad de producir tensión que tiene la musculatura implicada en determinado movimiento o gesto deportivo (Wilmore & Costill, 2007). Diversos autores como González Badillo & Gorostiaga Ayestarán (1995) y González Badillo & Ribas Serna (2002) consideran la fuerza como la capacidad condicional más importante para la mayoría de los deportes. Cada deporte tendrá su necesidad particular de fuerza; algunos dispondrán de más tiempo para la contracción muscular, otros de menos, dependiendo de la magnitud de resistencia a superar.

Mientras en décadas anteriores los entrenadores solían utilizar el porcentaje de la fuerza máxima (kg levantados) como indicador de carga, los entrenadores actuales utilizan crecientemente la potencia (Watts). La potencia entendida como el producto de la fuerza por la velocidad se ha constituido en el principal objetivo de entrenamiento para alcanzar los máximos rendimientos de fuerza (McBride, Kirby, Haines, & Skinner, 2010; Russell, Sparkes, Northeast, & Kilduff, 2015). Se ha descrito una relación inversa entre la fuerza (F) y la velocidad (V), donde un aumento de la carga supone una pérdida de la velocidad. En este sentido, el producto $F \times V$ genera una parábola con un máximo de potencia en algún punto específico de la relación (Bosco et al., 1995; Rahmani, Viale, Dalleau, & Lacour, 2001; Yamauchi & Ishii, 2007). Además, esta relación depende del perfil del individuo, ya se trate de un deportista más tendiente a la velocidad o a la fuerza (Samozino, Rejc, Di Prampero, Belli, & Morin, 2012; Samozino et al., 2014). Su cálculo es esencial, pues constituye un dato más completo y descriptivo de las variables cinemáticas del gesto.

Algunos estudios sugieren que las mejoras son mayores cuando se entrena en esta zona donde se manifiestan los valores más altos de potencia mecánica, y recomiendan su determinación como punto de referencia para confeccionar planes de entrenamiento (Baker, Nance, & Moore, 2001; Cronin & Sleivert, 2005; Jiménez-Reyes, Samozino, Brughelli, & Morin, 2017; Wilson, Newton, Murphy, & Humphries, 1993). También se constata su importancia para el desarrollo físico con futbolistas jóvenes (Loturco et al.; 2019).

En los últimos años, las posibilidades para la evaluación de la potencia han aumentado de forma considerable fruto del gran desarrollo tecnológico (García-Ramos, Feriche, Pérez-Castilla, Padial, & Jaric, 2017; García-Ramos et al., 2016; Pérez-Castilla, Feriche, Jaric, Padial, & García-Ramos, 2017). Su desarrollo ha permitido avanzar hacia el denominado entrenamiento de fuerza basado en velocidad (Hirsch & Frost, 2019).

Diversos autores proponen realizar test de cargas progresivas para prescribir cargas de entrenamiento. Este tipo de test consiste en efectuar varias series de un determinado ejercicio con un peso (kg) cada vez mayor, y medir la velocidad, potencia y fuerza máxima para cada peso movilizado. En comparación con el test de 1RM, esta metodología ofrece más información, permitiendo observar la fluctuación de los rendimientos ante cada carga. Las cargas (kg) donde se manifiestan los valores más altos de potencia mecánica (carga óptima -CO-) representan la zona donde la fuerza aplicada y la velocidad se relacionan con mayor eficiencia (Cronin & Sleivert, 2005; Naclerio, 2008).

La literatura muestra variaciones sustanciales de zona CO en función de cómo se calcula. Según la extensa revisión realizada por Dugan, Doyle, Humphries, Hasson, & Newton (2004) y según las consideraciones de Kawamori & Haff (2004), los principales factores que podrían explicar esta falta de consistencia en los estudios publicados son: a) características del ejercicio (Ferraro & Fábrica, 2017); b) aspectos metodológicos como la utilización de potencia pico (PP) o potencia media (PM) como indicador, tipo de instrumento utilizado (Hori et al., 2007), inclusión o no del peso corporal (PC) (Cormie, McBride, & McCaulley, 2007), fórmulas aplicadas, criterio de elección de las cargas (% del PC, % de 1RM o un valor arbitrario) (Markovic & Jaric, 2007); c) características propias del atleta como la edad, sexo, morfología, niveles de fuerza, experiencia en el trabajo de fuerza; d) nivel de rendimiento y especialidad deportiva.

Dada la importancia que la determinación de la CO ha tomado en la metodología del entrenamiento con jóvenes deportistas y el problema de la falta de consistencia en su determinación, el objetivo del presente estudio fue determinar y comparar las CO con diferentes instrumentos de medida (PP y PM con encoder lineal y plataforma de contactos con sus respectivas fórmulas) en una muestra de jóvenes futbolistas.

1. MÉTODO.

1.1. SUJETOS.

Veintiún jugadores de fútbol de $17,4 \pm 0,2$ años de edad, con un peso corporal de $69,3 \pm 4,7$ kg y una altura de $174,4 \text{ cm} \pm 0,4$ fueron los sujetos de nuestro estudio. Estos jóvenes deportistas entrenan desde hace tres años con los ejercicios utilizados en los test y están familiarizados con los procedimientos de la evaluación. Poseen un valor medio de fuerza relativa (1RM/PC) de 1,47 en la media sentadilla, que es considerado nivel “novicio” según la clasificación propuesta por Castillo-Wörmer (2012).

Para la selección de los sujetos del estudio se utilizaron los siguientes criterios de inclusión: i) presentar ficha médica al día; ii) haber asistido en forma regular (2 veces por semana como mínimo) a los entrenamientos en los últimos 3 meses; iii) no poseer al momento del estudio ninguna lesión músculo-esquelética; iv) no tomar, durante el tiempo del estudio, ningún tipo de fármaco que pueda incidir en el rendimiento; v) completar todas las sesiones de evaluación.

Todos los procedimientos del estudio fueron explicados con claridad y los sujetos que aceptaron formar parte del estudio firmaron un consentimiento informado. Al tratarse de menores de edad, también se requirió la firma de sus padres o tutores.

La investigación se llevó a cabo respetando los principios éticos establecidos en la declaración de Helsinki (Rev. 2008) (Mazzanti, 2011). La misma fue aprobada por el Comité de Ética del Instituto Universitario Asociación Cristiana de Jóvenes (IUACJ) de Montevideo, Uruguay.

1.2. INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN.

La masa corporal se determinó mediante balanza digital (GA.MA Profesional) y la altura mediante estadiómetro (SECA 213). En todos los casos se siguió la metodología establecida por ISAK (ISAK, 2016).

Para la medición de los saltos se utilizó una alfombra de contacto Dina Chronojump (DINA-A3, BOSCO SYSTEM), así como también un encoder lineal (LINEAR ENCODER, BOSCO SYSTEM).

Discos de diferentes pesos y una barra de 10 kg fueron utilizados para realización de los saltos con carga.

1.3. PROCEDIMIENTOS.

Para determinar la fiabilidad de los test, los sujetos fueron evaluados (test-retest) una semana antes de comenzar el estudio.

Con 48 horas de descanso posterior al último partido, se realizó el test de fuerza máxima (1RM) en media sentadilla por detrás de la nuca a través de un test máximo de varias repeticiones. Cuarenta y ocho horas después, y 24 horas después del último entrenamiento (trabajo poco intenso en cancha de 45 minutos), se efectuó el test de saltos en contramovimiento con cargas progresivas (CMJL). Para ambos test, los deportistas fueron separados en 4 grupos. Cada grupo fue evaluado después de una entrada en calor estandarizada, la cual consistió en las siguientes tres fases: (1) fase cardiovascular/movilidad: ejercicios de trote y movilidad de hombro, tronco, cadera, rodilla y tobillo (10 minutos); (2) fase de activación: ejercicios de activación glútea y región lumbopelvica con bandas elásticas (8 minutos) y (3) fase de fuerza: ejercicio de media sentadilla explosiva con pesos crecientes (40, 50 y 60 kg), 4 series de 4 repeticiones en las primeras 2 series y 2 repeticiones en la última serie, con pausas de 1,5 minutos entre las mismas. Mientras un grupo ejecutaba los últimos saltos, el grupo siguiente iniciaba el protocolo de entrada en calor. Se dispuso de un Licenciado en Educación Física para dirigir el calentamiento, un segundo para manejar el software y un tercero para dirigir el test.

El test máximo en sentadilla de varias repeticiones con barra libre se ejecutó apoyando la barra sobre la 7ª vértebra cervical y llegando hasta una angulación de 90°, la cual se controló por medio de un banco de altura regulable al que los deportistas debían tocar con los glúteos pero sin llegar a sentarse.

El peso de 1RM en kg totales fue determinado por la suma del peso externo movilizado y el 90% del peso corporal de cada sujeto (Cormie, McBride, et al., 2007; Dugan et al., 2004). El protocolo utilizado para el test de saltos con pesos crecientes fue el propuesto por Nacleiro (2008), que establece la magnitud de sobrecarga en función del porcentaje de 1RM determinado previamente en media sentadilla, exceptuando el primer salto, que se efectuó con la barra sola para poder colocar el encoder. En este caso particular, el porcentaje de peso movilizado estuvo entre el 36% y 45% de la 1RM en la totalidad de los sujetos. Para los saltos subsiguientes, el nivel de sobrecarga fue 50, 60 y 65% de 1RM.

En evaluaciones anteriores y en 4 sesiones previas de entrenamiento, los deportistas habían practicado la ejecución de saltos con sobrecarga buscando el

salto más eficiente, durante los cuales se les iba informando la altura conseguida para que cada uno encontrara su mejor forma de saltar. Por este motivo, la consigna del test fue apenas realizar el mejor salto posible según el patrón individual. Se efectuaron 3 saltos con cada carga, registrándose el mejor. La altura del salto se calculó a partir del tiempo de vuelo medido en la plataforma de contacto y empleando la metodología descrita por (Carmelo Bosco, 1994). Para el cálculo de la potencia se utilizaron las fórmulas de (Sayers, Harackiewicz, Harman, Frykman, & Rosenstein, 1999), (Harman, Rosenstein, Frykman, Rosenstein, & Kraemer, 1991) y la fórmula de Lewis publicada en (Fox & Mathews, 1974).

1.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

Se realizó un análisis descriptivo básico de los datos obtenidos, expresados como media y desviación estándar. La normalidad de los datos se verificó mediante la prueba de Shapiro Wilk; todas las variables mostraron una distribución normal. La fiabilidad test-retest se constató calculando el índice de correlación intraclass (ICC) como índice de concordancia para datos continuos. Para comprobar diferencias significativas de potencia ya sea pico (PP) o media (PM) entre las cargas del test en cada criterio de medida (criterios de medida: PP o PM con encoder, PP o PM estimada con fórmulas utilizando la alfombra de contacto), se utilizó ANOVA para medidas repetidas. Para comprobar diferencias significativas entre los valores absolutos de las CO para las PP se utilizó ANOVA para medidas repetidas. También para establecer las diferencias significativas entre los valores absolutos de las CO para las PM se utilizó ANOVA para medidas repetidas. En todos los casos se estableció un nivel de significación $\alpha = 0,05$. Los análisis se realizaron mediante el software PASW Statitics 18.

2. RESULTADOS.

En la Tabla 1 se presenta de forma resumida (media \pm desviación estándar) las características de los sujetos del estudio en términos de edad, peso corporal y valores de fuerza.

Tabla 1:
Características de la muestra (edad decimal, talla, PC, IMC, 1RM y 1RM/PC)

	Nº sujetos	Valor mínimo	Valor máximo	Valor medio	Desvío Estándar
Edad (años)	21	16,9	17,8	17,4	0,2
Talla (m)	21	1,64	1,82	1,75	0,1
PC (kg)	21	57,5	76,8	69,3	4,8
IMC (kg/m ²)	21	20,8	25,7	22,7	1,8
1RM (kg)	21	84	132	109	14,7
1RM/PC	21	1,3	1,9	1,6	0,4

En la Tabla 2 se presenta, para cada sujeto, el valor de 1RM, Fuerza Relativa (1RM/PC) y las zonas donde se manifiesta la CO según los resultados del Encoder y de la fórmula de Harman et al. (1991). Los resultados obtenidos por medio de las otras fórmulas no se presentan pues no difirieron de manera sustancial de los del Encoder.

Todas las mediciones test-retest mostraron un alto índice de fiabilidad, clasificado como casi perfecto en concordancia (McMaster, Gill, Cronin, & McGuigan, 2014).

Se apreciaron diferencias estadísticamente significativas entre todas las cargas para cada criterio de medida, con excepción de la carga PC más la barra (10 Kg) y de la carga 50% de 1RM estimada con la fórmula de Lewis.

Tabla 2:

Valores de 1RM (Kg), Fuerza Relativa (1RM/Peso Corporal) y zonas donde se manifiesta la carga óptima (CO) según los resultados de pico de potencia (PP) y potencia media (PM) medidas con Encoder y con la fórmula de Harman et al. (1991) para cada sujeto.

sujeto	1 RM (kg)	1RM/PC	PM Harman et al. (% 1RM)	PP Harman et al. (% 1RM)	PM Encoder (% 1RM)	PP Encoder (% 1RM)
1	114	1,6	65	36 a 45	< 50	< 50
2	104	1,6	65	36 a 45	< 50	< 50
3	132	1,9	65	36 a 45	< 50	< 50
4	84	1,3	65	36 a 45	50	< 50
5	118	1,5	65	36 a 45	< 50	< 50
6	132	1,8	65	36 a 45	< 50	< 50
7	116	1,6	65	36 a 45	< 50	< 50
8	130	1,8	65	36 a 45	< 50	< 50
9	122	1,7	65	36 a 45	< 50	< 50
10	84	1,3	65	36 a 45	< 50	< 50
11	114	1,7	65	36 a 45	50	50
12	96	1,7	65	36 a 45	< 50	50
13	121	1,6	65	36 a 45	< 50	< 50
14	110	1,7	65	36 a 45	< 50	50
15	119	1,6	65	36 a 45	< 50	< 50
16	94	1,4	65	36 a 45	< 50	< 50
17	108	1,5	65	36 a 45	50	50
18	108	1,5	65	36 a 45	< 50	< 50
19	91	1,3	65	36 a 45	< 50	60
20	102	1,6	65	36 a 45	< 50	< 50
21	94	1,4	65	36 a 45	50	50

La CO se obtuvo con el PC más la barra (< 50% de 1RM) en todos los casos, menos al utilizar la fórmula de Harman et al. (1991). La CO estimada a través de esta fórmula se manifestó con el 65% de 1RM.

El mayor valor absoluto en PP se obtuvo con la fórmula de Harman et al. (1991); aunque la diferencia entre este valor y el valor absoluto en PP manifestado por el encoder no fue significativa. Sí fue significativa la diferencia entre estos dos valores de PP y los restantes valores absolutos de PP estimados por medio de las otras fórmulas.

La PM registrada con el encoder fue la que manifestó el mayor valor absoluto; valor que fue significativamente diferente de los valores de PM estimados por medio de las fórmulas.

3. DISCUSIÓN.

Con respecto al objetivo del estudio de determinar y comparar las CO con diferentes instrumentos de medida en una muestra de jóvenes futbolistas, se observó que los mejores valores se obtuvieron con la carga más baja (exclusivamente con la barra). La única excepción fue cuando se utilizó la fórmula de Harman et al. (1991), donde la CO se obtuvo con el 65% de 1RM.

Importa señalar que en la literatura existe controversia respecto a la influencia que posee el nivel de rendimiento deportivo en los test de saltos con cargas progresivas, ya sean con contramovimiento (CMJL) o sin contramovimiento (SJL). Mientras algunos estudios indican que a medida que los sujetos son más fuertes en términos relativos (1RM/PC) la CO se manifiesta con cargas más elevadas (Stone et al., 2003), hay estudios que muestran que no existe una tendencia clara (Mcbride, Triplett-Mcbride, Davie, & Newton, 1999), y estudios que señalan que la CO se expresa con cargas relativas menores en los sujetos más fuertes (Baker et al. 2001).

Stone et al. (2003) evaluaron en CMJL y SJL a sujetos no entrenados, y encontraron que en ambos saltos los sujetos más fuertes manifestaban la CO con cargas más altas; mientras la CO de los sujetos más débiles se obtuvo con el 10% de 1RM, los sujetos más fuertes registraron su CO con el 40% de 1RM.

McBride et al. (1999) analizaron sujetos entrenados en diferentes disciplinas deportivas entre los que se destacan, por su fuerza, los levantadores de potencia (powerlifters) y los halterófilos. A pesar de ser más fuertes que los demás deportistas del estudio, la CO en CMJ y SJ no mostró diferencias evidentes. Resultados algo diferentes obtuvieron Baker et al. (2001) al comparar dos muestras de jugadores de Rugby, profesionales y universitarios respectivamente. La CO en los profesionales se manifestó en porcentajes de fuerza máxima inferiores (55% vs. 57%), destacando también que los niveles de fuerza de ambos grupos de deportistas eran similares en términos relativos (1RM/PC) (1,7 para los profesionales y 1,6 para los universitarios). En nuestro caso es probable, por lo tanto, que la escasa diferencia registrada en los valores de CO pudiera haberse debido a la homogeneidad en los niveles de fuerza de los deportistas.

Con respecto a la zona (% de 1RM) donde se manifiesta la CO según el nivel de rendimiento, la literatura muestra diferencias importantes. Se reportan valores que van de 57% de 1RM (Baker et al., 2001) a 0% de 1RM, es decir, saltos sin carga adicional (Stone et al. 2003). Cormie, McCaulley, & McBride, (2007) realizaron un estudio longitudinal con sujetos de niveles moderados de fuerza y acostumbrados al entrenamiento de sobrecarga. Los sujetos fueron divididos en tres grupos según sus niveles de fuerza relativa (1RM/PC): un primer grupo de fuerza relativa 1,3; un segundo grupo de fuerza relativa 1,5; y un tercer grupo control de fuerza relativa 1,4. La CO se manifestó en 0% de 1RM en los 3 grupos, tanto al inicio como al final del período de entrenamiento. Por otra parte, otro estudio de Cormie, McCaulley, Triplett, & McBride (2007) con un grupo de jóvenes deportistas (velocistas, saltadores de longitud y jugadores de fútbol) de elevada fuerza relativa (1,9) arrojó resultados algo diferentes. Los autores estimaron la CO por medio de dos transductores de posición lineal, y la misma se manifestó entre 30% a 40% de la 1RM.

En nuestro estudio la mayor potencia se obtuvo con la barra y el peso corporal (< 50% 1RM) en todas las formas de medida (encoder y alfombra de contacto con sus diferentes fórmulas), a excepción de la fórmula de Harman et al. (1991), en la cual la mayor potencia media se obtuvo con el 65% de 1RM. Es decir, nuestros resultados muestran mayor coincidencia con los de Cormie, McCaulley, & McBride (2007). Ambos estudios evaluaron sujetos con escasos niveles de fuerza, y en ambos casos la CO se manifestó con muy baja carga adicional.

No hay duda que el nivel de entrenamiento de los deportistas afecta la CO en la cual se manifiestan sus máximas potencias mecánicas, tanto en CMJ como en SJ. Sin embargo, la manera en cómo el entrenamiento afecta (dirección y magnitud de la influencia) no es la misma en todos los casos. En otras palabras, si bien es posible constatar que a medida que aumenta la fuerza relativa, la CO tiende a manifestarse en zonas más altas, y que los individuos con bajos niveles de fuerza suelen presentar su CO con muy baja carga adicional (pequeños porcentajes de 1RM) no es posible afirmar que esto suceda en la totalidad de los casos. Además de aspectos neuromusculares, factores como la edad, niveles de fuerza, morfología del sujeto, tipo de dispositivo y criterio de medida utilizada, etc., parecen desempeñar un rol no menor en la CO. Por otra parte, tampoco está claro que el entrenar en CO sea más eficiente que entrenar en varias zonas de manera combinada (Cormie, McCaulley, & McBride, 2007), y menos claro aún está el grado de transferencia al gesto específico que el entrenamiento en la CO pueda proporcionar.

A pesar de su popularidad, la CO no es el parámetro de referencia más efectivo para programar los entrenamientos de fuerza explosiva. De existir posibilidad, se puede utilizar la velocidad de ejecución como criterio para programar y monitorizar los entrenamientos (García-Ramos et al., 2016). La velocidad que se le puede imprimir a un peso determinado denota el grado de esfuerzo que realiza el individuo. A medida que avanzan los ciclos de entrenamiento el deportista deberá ser capaz de aplicar más fuerza en menos tiempo (Samozino, Morin, Hintzy, & Belli, 2008). Conforme aumenta el rendimiento en el gesto específico disminuye el tiempo para aplicar la fuerza. Por consiguiente, es importante ajustar las cargas de entrenamiento a velocidades más cercanas al gesto que se pretenda transferir. De manera general, un deportista poco fuerte comenzará entrenando en zonas de alta velocidad y baja carga, y a medida que su fuerza vaya aumentando, se elevará la carga (sin que la velocidad disminuya de manera significativa).

4. CONCLUSIONES.

La CO en el ejercicio de saltos con carga para jóvenes futbolistas se encontró en los niveles más bajos de 1RM (peso de la barra). La única excepción fue al utilizar la fórmula de Harman et al (1991), con la cual la CO se obtuvo con cargas medias (65% de 1RM). Por otra parte, los valores absolutos de PP y PM mostraron gran variabilidad tanto entre instrumentos de medida como entre las diferentes fórmulas utilizadas a partir del uso de plataforma de contacto.

Desde el punto de vista de la aplicación práctica, se recomienda utilizar el parámetro velocidad para realizar el control del entrenamiento. Además, se debe tener en cuenta que el CMJ con carga adicional es un ejercicio que posee considerable riesgo de lesión para sujetos que carecen de niveles suficientes de

fuerza y/o de la técnica adecuada por lo que se debe ser prudente a la hora de evaluar y entrenar con cargas elevadas con jóvenes futbolistas.

Para aquellos entrenadores que de todos modos decidan programar y monitorizar sus sesiones de entrenamiento a través de los valores de potencia, aconsejamos que las evaluaciones se realicen siempre con el mismo equipamiento y criterio de medida (fórmula utilizada), pues si bien todos ellos muestran una alta confiabilidad, los valores de potencia arrojados por cada dispositivo y/o fórmula pueden presentar diferencias importantes entre sí.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Baker, D., Nance, S., & Moore, M. (2001). The load that maximizes the average mechanical power output during jump squats in power-trained athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 15(1), 92-97.

Bosco, C., Belli, A., Astrua, M., Tihanyi, J., Pozzo, R., Kellis, S., ... Tranquilli, C. (1995). A dynamometer for evaluation of dynamic muscle work. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 70(5), 379-386.

Bosco, Carmelo. (1994). *La Valoración de la fuerza con el test de Bosco*. Barcelona: Paidotribo.

Cormie, P., McBride, J. M., & McCaulley, G. O. (2007). The influence of body mass on calculation of power during lower-body resistance exercises. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(4), 1042-1049. <https://doi.org/10.1519/R-21636.1>

Cormie, P., McCaulley, G. O., & McBride, J. M. (2007). Power versus strength-power jump squat training: Influence on the load-power relationship. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39(6), 996-1003. <https://doi.org/10.1097/mss.0b013e3180408e0c>

Cormie, P., McCaulley, G. O., Triplett, N. T., & McBride, J. M. (2007). Optimal loading for maximal power output during lower-body resistance exercises. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39(2), 340-349. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000246993.71599.bf>

Cronin, J., & Sleivert, G. (2005). Challenges in understanding the influence of maximal power training on improving athletic performance. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 35(3), 213-234. <https://doi.org/10.2165/00007256-200535030-00003>

Dugan, E. L., Doyle, T. L. A., Humphries, B., Hasson, C. J., & Newton, R. U. (2004). Determining the optimal load for jump squats: A review of methods and calculations. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(3), 668-674. [https://doi.org/10.1519/1533-4287\(2004\)18<668:DTOLFJ>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1519/1533-4287(2004)18<668:DTOLFJ>2.0.CO;2)

Ferraro, D., & Fábrega, G. (2017). Differences in the utilisation of active power in squat and countermovement jumps. *European Journal of Sport Science*, 17(6), 673-680. <https://doi.org/10.1080/17461391.2017.1305453>

Fox, E. L., & Mathews, D. K. (1974). *Interval training. Conditioning for sports and general fitness*. Philadelphia: Saunders.

García-Ramos, A., Feriche, B., Pérez-Castilla, A., Padial, P., & Jaric, S. (2017). Assessment of leg muscles mechanical capacities: Which jump, loading, and variable type provide the most reliable outcomes? *European Journal of Sport Science*, 17(6), 690-698. <https://doi.org/10.1080/17461391.2017.1304999>

García-Ramos, A., Stirn, I., Strojnik, V., Padial, P., De la Fuente, B., Argüelles-Cienfuegos, J., & Feriche, B. (2016). Comparison of the force-, velocity-, and power-time curves recorded with a force plate and a linear velocity transducer. *Sports Biomechanics*, 15(3), 329-341. <https://doi.org/10.1080/14763141.2016.1161821>

González Badillo, J. J., & Gorostiaga Ayestarán, E. (1995). *Fundamentos del entrenamiento de la fuerza: Aplicación al alto rendimiento deportivo*. Barcelona: INDE.

González Badillo, J. J., & Ribas Serna, J. (2002). *Bases de la programación del entrenamiento de fuerza*. Barcelona: INDE.

Harman, E. A., Rosenstein, M. T., Frykman, P. N., Rosenstein, R. M., & Kraemer, W. J. (1991). Estimation of Human Power Output from Vertical Jump. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 5(3), 116-120. <https://doi.org/10.1519/00124278-199108000-00002>

Hirsch, S.M. and Frost, D.M. Considerations for velocity-based training: the instruction to move "as fast as possible" is less effective than a target velocity. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 2019. DOI: 10.1519/JSC.0000000000003233

Hori, N., Newton, R. U., Andrews, W. A., Kawamori, N., McGuigan, M. R., & Nosaka, K. (2007). Comparison of four different methods to measure power output during the hang power clean and the weighted jump squat. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(2), 314-320. <https://doi.org/10.1519/R-22896.1>

ISAK. (2016). *Normas Internacionales para la Valoración Antropométrica*. Potchefstroom: Librería Nacional de Australia.

Jiménez-Reyes, P., Samozino, P., Brughelli, M., & Morin, J.-B. (2017). Effectiveness of an individualized training based on force-velocity profiling during jumping. *Frontiers in Physiology*, 7(677). <https://doi.org/10.3389/fphys.2016.00677>

Kawamori, N., & Haff, G. G. (2004). The optimal training load for the development of muscular power. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(3), 675-684. [https://doi.org/10.1519/1533-4287\(2004\)18<675:TOTLFT>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1519/1533-4287(2004)18<675:TOTLFT>2.0.CO;2)

Loturco, Irineu, Pereira, Lucas, Reis, Valter, Bishop, Chris, Zanetti, Vinicius, Alcaraz, Pedro E., Freitas, Tomás T. & McGuigan, Michael (2019). Power training in elite young soccer players: Effects of using loads above or below the optimum power zone, *Journal of Sports Sciences*, <https://doi/10.1080/02640414.2019.1651614>

Markovic, G., & Jaric, S. (2007). Positive and negative loading and mechanical output in maximum vertical jumping. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39(10), 1757-1764. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e31811e35>

Mazzanti, M. de los Á. (2011). Declaración de Helsinki, principios y valores bioéticos en juego en la investigación médica con seres humanos. *Revista Colombiana de Bioética*, 6(1), 125-144.

McBride, J. M., Kirby, T. J., Haines, T. L., & Skinner, J. (2010). Relationship between relative net vertical impulse and jump height in jump squats performed to various squat depths and with various loads. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 5(4), 484-496.

Mcbride, J. M., Triplett-Mcbride, T., Davie, A., & Newton, R. U. (1999). A Comparison of Strength and Power Characteristics Between Power Lifters, Olympic Lifters, and Sprinters. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 13(1), 58. [https://doi.org/10.1519/1533-4287\(1999\)013<0058:ACOSAP>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1519/1533-4287(1999)013<0058:ACOSAP>2.0.CO;2)

McMaster, D. T., Gill, N., Cronin, J., & McGuigan, M. (2014). A brief review of strength and ballistic assessment methodologies in sport. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 44(5), 603-623. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0145-2>

Naclerio, F. (2008). Análisis de la relación fuerza-velocidad y potencia por medio del test de saltos con pesos: ¿cuál es su utilidad y cómo deberíamos aplicarlo? *PubliCE*, (0).

Pérez-Castilla, A., Feriche, B., Jaric, S., Padial, P., & García-Ramos, A. (2017). Validity of a Linear Velocity Transducer for Testing Maximum Vertical Jumps. *Journal of Applied Biomechanics*, 33(5), 388-392. <https://doi.org/10.1123/jab.2016-0142>

Samozino P., Rejc, E., Di Prampero, P. E., Belli, A., & Morin, J.-B. (2012). Optimal force-velocity profile in ballistic movements--altius: Citius or fortius? *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 44(2), 313-322. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31822d757a>

Rahmani, A., Viale, F., Dalleau, G., & Lacour, J. R. (2001). Force/velocity and power/velocity relationships in squat exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 84(3), 227-232. <https://doi.org/10.1007/PL00007956>

Russell, M., Sparkes, W., Northeast, J., & Kilduff, L. P. (2015). Responses to a 120 min reserve team soccer match: A case study focusing on the demands of extra time. *Journal of Sports Sciences*, 33(20), 2133-2139. <https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1064153>

Samozino, P., Edouard, P., Sangnier, S., Brughelli, M., Gimenez, P., & Morin, J.-B. (2014). Force-velocity profile: Imbalance determination and effect on lower limb ballistic performance. *International Journal of Sports Medicine*, 35(6), 505-510. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1354382>

Samozino, P., Morin, J.-B., Hintzy, F., & Belli, A. (2008). A simple method for measuring force, velocity and power output during squat jump. *Journal of Biomechanics*, 41(14), 2940-2945. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2008.07.028>

Sayers, S. P., Harackiewicz, D. V., Harman, E. A., Frykman, P. N., & Rosenstein, M. T. (1999). Cross-validation of three jump power equations. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31(4), 572-577.

Stone, M. H., O'Bryant, H. S., McCoy, L., Coglianese, R., Lehmkuhl, M., & Schilling, B. (2003). Power and maximum strength relationships during performance of dynamic and static weighted jumps. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(1), 140-147.

Wilmore, J. H., & Costill, D. L. (2007). *Fisiología del esfuerzo y del deporte (6.a ed.)*. España: Paidotribo.

Wilson, G. J., Newton, R. U., Murphy, A. J., & Humphries, B. J. (1993). The optimal training load for the development of dynamic athletic performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 25(11), 1279-1286.

Yamauchi, J., & Ishii, N. (2007). Relations between force-velocity characteristics of the knee-hip extension movement and vertical jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(3), 703-709. <https://doi.org/10.1519/R-20516.1>

Fecha de recepción: 26/10/2019
Fecha de aceptación: 25/11/2019