

Article

Dispositivos para la Medición de la Velocidad de Ejecución en el Entrenamiento de la Fuerza: ¿Todos Valen para lo Mismo?

Guillermo Peña García-Orea, Juan R. Heredia Elvar, Julián Aguilera Campillos, Aurelio Arenas Dalla y Carlos Pérez-Caballero

El entrenamiento de la fuerza basado en el control de la velocidad (Velocity-Based Resistance Training) ha supuesto un cambio de paradigma en la forma de concebir la programación, el control y la evaluación del entrenamiento de la fuerza en los últimos tiempos, además, sus implicaciones llegan mucho más allá del entrenamiento de la fuerza propiamente dicho, influyendo sobre la propia concepción del entrenamiento para la mejora del rendimiento en modalidades de resistencia.

Desde que el profesor González-Badillo postulara que en el momento que pudiéramos *“medir la velocidad máxima de los movimientos cada día y con información inmediata, éste sería posiblemente el mejor punto de referencia para saber si el peso es adecuado o no. Un descenso determinado de la velocidad es un indicador válido para suspender el entrenamiento o bajar el peso de la barra. También podríamos tener registrada la velocidad máxima alcanzada por cada levantador con cada tanto por ciento, y en función de esto valorar el esfuerzo...”* - pág. 172 [1], hace ya más de 25 años, muchos otros investigadores y entrenadores “a la cola” han desarrollado diferentes estudios y dispositivos para conseguirlo y poder comprobarlo.

Afortunadamente, lo que fue una hipótesis de trabajo, años más tarde ha sido confirmada por diferentes estudios de exquisito diseño y control de variables del grupo de investigación del profesor González Badillo [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8].

Básicamente, estos estudios preliminares se basaron en la conocida relación carga/fuerza-velocidad, la cual muestra que las cargas/resistencias más altas se mueven a velocidades medias y pico más lentas, mientras que las cargas más ligeras se mueven a velocidades más rápidas [3]. Además, a partir de estos mismos estudios se reconoce que *la velocidad media propulsiva de la primera -o más rápida- repetición alcanzada ante una resistencia (masa) absoluta puede utilizarse como un buen estimador de la intensidad relativa (% 1RM) que dicha resistencia representa en cada momento, ya que está intrínsecamente asociada a la magnitud relativa de la carga en cada ejercicio* [2, 3, 4, 5]. Por tanto, hoy sabemos que existe una relación muy estrecha entre los porcentajes de 1RM y la velocidad media propulsiva con cada porcentaje de la RM en cualquier ejercicio [2]. Dicho de otro modo, monitorizando la velocidad de la primera/más rápida repetición es posible determinar si la carga (kg) utilizada representa el esfuerzo programado (%1RM) en ese mismo momento para el ejercicio en cuestión. Además, la relación entre la velocidad y los porcentajes de la 1RM tiende a mantenerse o se modifica muy ligeramente (en positivo o en negativo) con la mejora de la 1RM [1], por lo que la velocidad con cada porcentaje es muy estable [7].

A partir de esta relación carga-velocidad-%1RM, la velocidad con cualquier carga permite predecir con alta precisión el valor de la 1RM (kg) y la estimación de la carga relativa que dicho peso representa, a través de diferentes ecuaciones de predicción [2]. Más recientemente, ha sido comprobado que la pérdida de velocidad media propulsiva intra-serie es un indicador fiable que refleja el grado de fatiga neuromuscular ocasionado [5, 6], y por tanto puede utilizarse como variable para monitorizar el entrenamiento de la fuerza y ajustar la carga programada [7].

Pues bien, dicho esto, desde los pioneros sistemas de medición de la velocidad desarrollados a lo largo de los años 90,

como las células fotoeléctricas (Tidow et al., 1995), el Ergopower (Bosco et al. 1995) y el Isocontrol (1996-1999), a la actualidad, han surgido diferentes medios tecnológicos que permiten medir la velocidad de ejecución de la resistencia desplazada -o de algún segmento corporal- con diferente nivel de precisión, teniendo todos ellos distintas características técnicas, ventajas y limitaciones que hemos tratado de resumir (**Tabla 1**). Si las diferencias entre sus características técnicas y las limitaciones en el empleo de los distintos dispositivos no son consideradas y conocidas en profundidad pueden emitirse juicios de valor equivocados, o incluso extraer conclusiones poco afortunadas de algunos estudios. A continuación, exponemos una breve descripción de los distintos dispositivos e instrumentos más conocidos para la monitorización de la velocidad de ejecución:

- **Plataformas dinamométricas de fuerza.** Son básicamente superficies planas cuadrangulares con 4 transductores/sensores de presión (piezoeléctricos o extensiométricos) conectados a un sistema electrónico de amplificación y registro. Los traductores de presión arrojan un voltaje proporcional a la fuerza aplicada (Volt>Newtons), y permiten medir la fuerza de reacción del suelo en los 3 ejes (según la 3ª Ley de Newton). Por su elevado coste, montaje y características técnicas no suelen utilizarse habitualmente para medir la velocidad de ejecución propiamente dicha, aunque son consideradas el “gold-standard” para la medición directa de la fuerza ejercida contra el suelo/plataforma y la oscilación del centro de presiones, entre algunas de sus utilidades más destacadas. Las plataformas que tienen como objetivo medir la fuerza para el rendimiento suelen medir, solamente, en el eje vertical (eje Z). Habitualmente son utilizadas en los laboratorios para la investigación.
- **Transductores de velocidad y posición.** Conocidos familiarmente como “encoders”, son instrumentos de medida electromecánicos, ya que la salida del transductor suele ser una señal eléctrica, tal como una tensión (voltaje) o intensidad de corriente eléctrica [8]. La mayoría de estos dispositivos tienen un hilo o cable extensible enganchado a la resistencia externa (barra) que se desplaza, el cual a su vez está conectado a un transductor (sensor) que registra directamente señales proporcionales a la velocidad lineal de desplazamiento del cable -*transductores lineales de velocidad*- o del espacio recorrido -*transductores lineales de posición*- en función del tiempo, derivando el resto de parámetros (fuerza, aceleración, potencia). Todos estos dispositivos requieren que la trayectoria del movimiento sea lineal (perpendicular) para que el registro sea fiable y preciso, ya que no registran el desplazamiento horizontal. Los dispositivos de alta gama incorporan un software que permite tratar, almacenar y representar numérica y gráficamente los datos registrados en tiempo real (variables cinéticas y cinemáticas). A la vanguardia de los últimos transductores surgen aquellos que son capaces de medir directamente la posición en cada instante de tiempo (cada 2 ms) mediante una cámara de infrarrojos -*transductores “ópticos” de posición*-, obteniendo por derivación el resto de variables. Hoy día, los transductores lineales profesionales son considerados los dispositivos de referencia (gold-standard) para la monitorización de la velocidad de ejecución, por lo que permiten determinar los efectos del entrenamiento con precisión y ser utilizados para los estudios de intervención.
- **Tecnologías portátiles “sin cables”.** Conocidas también con el anglicismo de difícil traducción *wearables*, todas las cuales han conquistado el mercado apoyadas por fuertes campañas publicitarias. Son todas aquellas que sólo necesitan una aplicación móvil para poder ser utilizadas y, en el caso de los acelerómetros, a veces también algún tipo de brazalete o accesorio para su fijación, pero que por el contrario no requieren la instalación de ningún software en un ordenador personal. Además, algunas apps de este tipo permiten estimar la 1RM a partir de las velocidades medias de un test incremental con cargas, todo ello mediante ecuaciones de regresión lineal. Básicamente, encontramos estos dos tipos de tecnologías wearables:
 - *Acelerómetros y smartphones apps.* El propio smartphone, o un dispositivo inalámbrico sin cables (“wireless”) tipo brazalete que cuenta con una pequeña batería con cierta autonomía, incorpora un acelerómetro triaxial y un giroscopio. Para la transmisión de los datos este dispositivo se sincroniza a través de bluetooth con la aplicación descargada en el dispositivo móvil (smartphone o tablet). Permite ser fijado en el segmento corporal o implemento en movimiento -algunos modelos están imantados para ello-, y calcular la velocidad media por integración de la aceleración vertical con respecto al tiempo (en realidad, parten de la aceleración resultante de las tres componentes ax, ay, az, pues los acelerómetros son triaxiales).
 - *Video-análisis y smartphones apps.* Necesitan de cámaras de alta velocidad, por lo que algunos smartphones de última generación son perfectamente compatibles -la velocidad habitual de las cámaras de smartphones no suele superar los 60 fps, algunos modelos capturan a 120 fps (cámara lenta) y muy pocos a 240 fps (cámara superlenta)-. A partir de la filmación, e introduciendo el recorrido del movimiento previamente medido de forma manual, se selecciona el fotograma inicial y final de la fase concéntrica para calcular el tiempo y derivar la velocidad media con ayuda de la app. Obviamente, este procedimiento es sólo “fiable” para desplazamientos verticales/lineales en la fase concéntrica, aunque el registro de la velocidad no puede conocerse en tiempo real.

En todos los casos, hay que tener en cuenta que las sucesivas derivaciones matemáticas que realizan las distintas tipologías de instrumentos de medida hacen que se vaya acumulando cierto error en el cálculo de las variables que no se

miden directamente [8], como por ejemplo la aceleración, la potencia, la fuerza aplicada o incluso la propia velocidad. Por otra parte, para registrar con suficiente detalle los movimientos típicos que se producen en el entrenamiento y evaluación de la fuerza la mínima frecuencia de muestreo debería ser de 200 Hz aunque, a ser posible, frecuencias mayores (500-1000 Hz) son recomendables [8] (la frecuencia de muestreo, expresada en capturas por segundo (S/s), o más habitualmente en hercios (Hz.), es la medición de valores -muestras, capturas- en periodos de tiempo igualmente espaciados, siendo uno de los aspectos más importantes a considerar). El contar con una frecuencia de muestreo alta es importante para detectar correctamente el instante de comienzo y final de cada repetición realizada con los transductores, así como para obtener con precisión los valores pico y variables derivadas [8].

Tipo de dispositivo	Transductores lineales de velocidad y posición (por cable)	Transductores ópticos de posición (por infrarrojos)	Plataformas dinamométricas	Acelerómetros (Smartphones apps)	Video-análisis (Smartphones apps)
Medición directa (según modelos)	Velocidad vertical (v) Tiempo (t) Distancia/espacio (e)	Tiempo (t) Distancia/espacio (e)	Fuerza (Volt>N) Tiempo (t)	Aceleración 3 ejes (a) Tiempo (t)	Tiempo (t) -a partir de fotogramas de video- Distancia -medición manual-
Medición indirecta (según modelos)	Velocidad (= e/t) Fuerza (= m x a) Aceleración (= e/t ² ; v ₂ -v ₁ /t ₂ -t ₁ ; F/m) Potencia (= F x e/t)	Velocidad (= e/t) Fuerza (= m x a) Aceleración (= e/t ² ; v ₂ -v ₁ /t ₂ -t ₁ ; F/m) Potencia (= F x e/t)	Velocidad máxima (del centro de masas)	Velocidad vertical Fuerza (= m x a) Aceleración vertical Potencia (= F x e/t)	Velocidad (= e/t ²)
Frecuencia de muestreo (según modelos)	200-1000 Hz.	500 Hz.	200-1000 Hz.	50-200 Hz.	240 fps (Hz)
Variables mecánicas mostradas por el software/app (según modelos)	Aceleración Media/Máxima Fuerza Media/Máxima Velocidad Media/Propulsiva Velocidad Pico (máxima) Potencia Media/Propulsiva Potencia Pico (máxima) Velocidad, tiempo, distancia por fases Tiempo hasta alcanzar velocidad/potencia/fuerza/aceleración máxima Predicción 1RM (kg) % Pérdida velocidad RFD...	Aceleración Media/Máxima Fuerza Media/Máxima Velocidad Media/Propulsiva Velocidad Pico (máxima) Potencia Media/Propulsiva Potencia Pico (máxima) Velocidad, tiempo, distancia por fases Tiempo hasta alcanzar velocidad/potencia/fuerza/aceleración máxima Predicción 1RM (kg) % Pérdida velocidad	Velocidad Fuerza Tiempo RFD máx.	Fuerza (%1RM) Velocidad Media/Pico Potencia Media/Pico Trabajo total (kcal.) Predicción 1RM (kg)	Velocidad Media Velocidad Pico Predicción 1RM (kg)
Ventajas (según modelos)	Fiabilidad de la medida (v) Software de adquisición y análisis de datos Registro-feedback en tiempo real	Fiabilidad de la medida (v) Software de adquisición y análisis de datos Posibilidad de estudiar cambios de posición/velocidad de cualquier segmento corporal Registro-feedback en tiempo real	Fiabilidad de la medida (N) Registro en tiempo real	Asequibilidad (250-300 €) Portabilidad, practicidad, manejabilidad No requiere calibración Registro-feedback en tiempo real	Asequibilidad (10-15 €) Portabilidad, practicidad, manejabilidad

Inconvenientes y limitaciones (según modelos)	Asequibilidad (500-2500 €) Montaje y conexión (pc, interface, transductor) Fragilidad del cable Diseñados para engancharse a la barra (y no a segmentos corporales) Solo para desplazamiento lineales Calibrado	Calibrado Conexión a red eléctrica Montaje y conexión (pc, interface, cámara infrarrojos, reflectante) Solo para desplazamientos lineales	Asequibilidad Montaje (plataforma, pc, interface) Portabilidad	Fiabilidad y estabilidad de las medidas indirectas Ubicación del sensor Solo registros de la fase concéntrica No registra VMP o recorrido/desplazamiento Autonomía de la batería	Fiabilidad medidas indirectas Solo desplazamientos lineales en fase concéntrica No registra VMP, pico o recorrido/desplazamiento Registro-feedback no es en tiempo real Posición de la cámara/móvil Smartphone de alta gama con cámara superlenta
Marcas comerciales (ejemplos)	T-Force (España) Chronojump (España) SmartCoach (Suecia) Gymaware (Australia) MuscleLab (Noruega) Ballistic Measurement System (Australia) Globus Real Power (Italia)	Velowin (España)	Bertec (España) Kistler (Suiza) DigiMax (España) Globus (Italia) A-Tech (Canada)	Push-Band (iOS) Beast Sensor (Android; iOS) Wiva Power Atlas wristband Myotest	PowerLift app (iOS) BarSense (Android; iOS)

Tabla 1. Dispositivos para la medición de la velocidad de ejecución (VPM= velocidad medida propulsiva; RFD= tasa de producción de fuerza en la unidad de tiempo; N= Newtons; Hz= Herzios).

Con respecto a las tecnologías portátiles sin cables o “wearables”, de indudable atractivo, simplicidad y practicidad, han surgido algunos estudios científicos validando tales dispositivos basados en la acelerometría y aplicaciones móviles para la medición de la velocidad de ejecución [9, 10, 11, 12, 13]. Realizando un análisis de tales estudios encontramos, al menos, las siguientes flaquezas y consideraciones:

- La validación “concurrente” es un tipo de validez de criterio que implica la correlación de un instrumento con algún criterio que actúa simultáneamente, permitiendo sustituir un criterio de mayor dificultad y accesibilidad por otro más sencillo o fácil de realizar, siendo crítica la elección del criterio [14]. Este tipo de validaciones se realizan en relación al ejercicio analizado en cada estudio, por lo que no deben generalizarse a otros ejercicios que se puedan analizar con dichos dispositivos wearables y aplicaciones móviles.
- Posible conflicto de intereses, como los propios autores declaran en alguno de los estudios [10].
- Muestra de sujetos. Es necesario que la muestra de sujetos sea suficientemente numerosa para poder ser representativa de un grupo poblacional, ya que, entre otras cuestiones, muestras reducidas podrían implicar un mayor margen de error de las estimaciones y disminuir la capacidad de detectar diferencias significativas. A este respecto, hay que considerar que algunos de estos estudios han sido realizados con una N = 10 [9, 10] ó 7 sujetos [12].
- Las distintas ubicaciones posibles del acelerómetro con respecto a la ubicación del transductor lineal utilizado para la validación pueden determinar los resultados de tales estudios de validación: ¿se colocan en el mismo lugar -barra- o lugares distintos -barra versus antebrazo versus muñeca-?. Saber cómo afecta la ubicación del acelerómetro en los distintos segmentos o implementos sobre la fiabilidad de la medida de velocidad requiere estudios comparativos. Por tanto, la forma en que son colocados y fijados dichos dispositivos podría ser una variable a considerar en este caso.
- La ubicación y/o fijación de la cámara o smartphone en el caso de los estudios mediante video-análisis [10]. Sujetar la cámara de filmación con la mano puede suponer que el plano de la imagen grabada no esté paralelo al objetivo del dispositivo, con el error que esto podría generar de cara a las mediciones.
- La variable de velocidad analizada. Ningún acelerómetro o análisis de video puede estudiar la velocidad media *propulsiva* como tal, cuando en realidad es la más relevante de analizar [15]. Cuanto mayor es la velocidad en una acción concéntrica, menor duración representa la fase propulsiva del total de la fase concéntrica, y mayor es la fase de frenado o desaceleración. Con porcentajes superiores al »80% de la 1RM prácticamente el total de la duración de la fase concéntrica es propulsiva.
- Si bien estos estudios muestran una alta correlación de la velocidad media y pico con las registradas con un transductor lineal ($r= 0.86$; $r= 0.91$, respectivamente) [9], los valores de velocidad pico y media resultan ligeramente inferiores (-0.07 ± 0.1 m/s) y superiores (0.11 ± 0.1 m/s), respectivamente, a los del transductor en los ejercicios analizados, tanto para los acelerómetros [9] como para el video-análisis mediante app [10]. En estos casos es importante señalar que no tendría sentido un error absoluto mayor que el valor de la medida registrada. En este sentido, existen datos que sostienen que diferencias pequeñas de velocidad media propulsiva (0.07-0.09 m/s) contra una misma carga absoluta pueden representar variaciones de aproximadamente el 5% de la intensidad de

entrenamiento [2, 8].

- Por tanto, como la velocidad media o pico registrada no es “real” en términos absolutos, con respecto a la registrada por el encoder utilizado para la validación, y como los propios estudios reconocen [9, 10], no son instrumentos intercambiables entre sí cuando el propósito es medir la velocidad y programar el entrenamiento en función de esta.
- Ejercicio utilizado para la validación. Los ejercicios con pesos libres no realizan un movimiento estrictamente lineal, por lo que para un estudio de validación es conveniente que se utilicen ejercicios lineales guiados (multipower). Algunos estudios de este tipo no aclaran este punto y es posible que se hayan realizado con pesos libres no guiados [10]. Los datos derivados de desplazamientos horizontales de la barra fuera del vector vertical, especialmente con ejercicios libres, pueden modificar los datos y pueden alterar la precisión de la evaluación de la velocidad vertical [15].
- Protocolo de valoración de la 1-RM. Es muy importante detallar y cumplir un protocolo exhaustivo para este tipo de estudios de validación, así como establecer el criterio de velocidad real de la propia 1RM. Variables como la separación de los agarres de la barra, punto de partida/salida desde parado, recorrido de la barra en la fase concéntrica, pausa entre la fase excéntrica y concéntrica, temperatura ambiente, etc. pueden ser determinantes cuando se miden valores de velocidad que pretende validarse entre sí y cuyas diferencias pueden ser de centésimas de segundo.

En relación con lo anterior, uno de esos novedosos estudios de validación de una aplicación móvil [10], que utilizó el press banca como ejercicio, mostró que la aplicación subestimaba la 1-RM real, si bien el bajo número de sujetos del estudio y la velocidad de referencia de la 1-RM que el algoritmo de la aplicación utiliza por defecto (0,17 m/s), pudo ser la causa de esta diferencia en el resultado. Asimismo, se mostró una alta correlación entre las velocidades medias registradas entre la app y el encoder lineal con las 4 cargas utilizadas para el test que permitía predecir dicha 1-RM. Por otro lado, el mismo estudio mostró que la app registraba valores de velocidad media ligeramente superiores a los del transductor lineal utilizado para el estudio (0.008 ± 0.03 m/s), aunque era un sesgo (error) sistemático que se repetía con todas las cargas/velocidades. Los autores recomendaron por esta razón no intercambiar el uso del transductor lineal por el de dicha app móvil, y viceversa. Además de los resultados vertidos por este estudio, pensamos que, en cualquier caso, siempre sería preferible utilizar cualquier app con cargas $>75\%$ 1RM, ya que ningún dispositivo wearable (acelerómetros y videoanálisis) permite discriminar la velocidad media *propulsiva*, aunque algún estudio haya indicado lo contrario [16].

Para la programación de la carga del entrenamiento de la fuerza y evaluación del rendimiento en función de la velocidad es necesario considerar *exclusivamente* la fase “propulsiva” de la misma en la acción concéntrica [15]. Es necesario saber que esta velocidad se define como la parte de la fase concéntrica del movimiento durante la cual la aceleración experimentada por la carga que se desplaza es mayor que la aceleración debida a la propia fuerza de la gravedad ($a \geq -9,81$ m/s²) (15) - o dicho de otro modo, la parte del movimiento durante la cual la fuerza aplicada es positiva (>0)-, siendo el mejor indicador para el control del efecto del entrenamiento [15]. Pero para el cálculo preciso, con un error estimado inferior al 1-2%, de la duración de la fase propulsiva de cada repetición -y por tanto, de la velocidad medida propulsiva- se requiere contar con dispositivos con una frecuencia de muestreo de al menos 500 Hz., ya que sin una elevada frecuencia de muestreo y un valor muy preciso de la aceleración, la fase propulsiva no se puede determinar adecuadamente [8].

Por último, es habitual que los dispositivos basados en la acelerometría proporcionen valores de velocidad con gran error, sobre todo cuando se trabaja con cargas bajas o muy altas [8], lo que desaconseja su utilización cuando se pretende recoger datos con precisión y poder interpretar correctamente los efectos del entrenamiento.

Conclusiones finales.

La tecnología portátil (wearable) en general y los transductores de velocidad y posición, entre otros, han irrumpido con fuerza en el ámbito del deporte y las ciencias del ejercicio, algunos acompañados más que otros por seductoras campañas publicitarias. Todos estos dispositivos ayudan a popularizar y dar a conocer el entrenamiento de la fuerza basado en el control de la velocidad de ejecución.

Gracias al incesante avance tecnológico, y abaratamiento en su producción, se ha hecho posible acercar estos instrumentos de medición a la mayoría de entrenadores y usuarios. El problema surge cuando, en demasiadas ocasiones, el técnico que empieza a familiarizarse con este tipo de dispositivos carece de los conocimientos básicos para diferenciar las virtudes y desventajas entre tales instrumentos, y realiza aseveraciones equivocadas con respecto a las aplicaciones de los mismos y los datos derivados de sus registros.

Para evitar esto, debemos saber que cada dispositivo tiene sus propias especificaciones técnicas, ventajas, limitaciones y utilidades, y que según el contexto y el objetivo podrán ser más o menos válidos y, por tanto, fiables para la medición de la velocidad. Sin embargo, no podemos considerar que todos estos dispositivos disfruten del mismo nivel de validez y utilidad, ya que algunos de ellos no permiten valorar parámetros fundamentales para la dosificación, control y evaluación del

entrenamiento -como por ejemplo, la velocidad media “propulsiva”, el desplazamiento por fase concéntrica/excéntrica durante cada repetición o la pérdida de velocidad intra-serie-, aunque puedan presentar otras ventajas que justifican su utilización de campo -como por ejemplo, el coste o la sencilla portabilidad y manejabilidad-. Tenemos que ser críticos para conocer en profundidad las bondades y limitaciones de cada instrumento de medida a la espera de que nuevos estudios científicos aclaren algunos de los interrogantes planteados.

REFERENCIAS

1. González Badillo, J.J. (1991). Halterofilia. *Madrid: Edt. Comité Olímpico Español*.
2. González-Badillo JJ, Sánchez-Medina L. (2010). Movement velocity as a measure of loading intensity in resistance training. *Int J Sports Med* 2010; 31(5): 347-352.
3. Sánchez-Medina L, González-Badillo JJ, Pérez CE, Pallarés JG. (2015). Velocity- and power-load relationships of the bench pull vs. bench press exercises. *Int J Sports Med* 2015; 35: 209-216.
4. Sánchez-Medina L, Pallarés JG, Pérez CE, Morán-Navarro R, González-Badillo JJ. (2017). Estimation of Relative Load From Bar Velocity in the Full Back Squat Exercise. *Sports Medicine International Open* 2017; 1: E80-E88.
5. Sánchez-Medina L, González-Badillo JJ. (2011). Velocity loss as an indicator of neuromuscular fatigue during resistance training. *Med Sci Sports Exerc.* 2011 Sep;43(9):1725-34.
6. Pareja-Blanco F, Rodríguez-Rosell D, Sánchez-Medina L, Sanchís-Moysi J, Dorado C, Mora-Custodio R, Yáñez-García JM, Morales-Álamo D, Pérez-Suárez I, Calbet JA, González-Badillo JJ. (2016). Effects of velocity loss during resistance training on athletic performance, strength gains and muscle adaptations. *Scand J Med Sci Sports* 2016.
7. González-Badillo JJ, Yáñez-García JM, Mora-Custodio R, Rodríguez-Rosell D. (2017). Velocity Loss as a Variable for Monitoring Resistance Exercise, *Int J Sports Med*.
8. González-Badillo JJ, Sánchez-Medina L, Pareja Blanco F, Rodríguez Rosell D. (2017). La velocidad de ejecución como referencia para la programación, control y evaluación del entrenamiento de la fuerza. *ERGOTECH*.
9. Balsalobre-Fernández, C., Kuzdub, M., Poveda-Ortiz, P., & Campo-Vecino, JD. (2016). Validity and reliability of the push wearable device to measure movement velocity during the back squat exercise. *J Strength Cond Res*, 2016;30(7): 1968-74.
10. Balsalobre-Fernandez C, Marchante D, Muñoz-López M & Jiménez-Sainz L. (2017). Validity and reliability of a novel iPhone app for the measurement of barbell velocity and 1-RM on the bench press exercise. *J Sports Sci.* 2017;18: 1-7.
11. Comstock, BA, Solomon-Hill, G, Flanagan, SD, Earp, JE, Luk, H-Y, Dobbins, KA, et al. (2011). Validity of the myotest in measuring force and power production in the squat and bench press. *J Strength Cond Res.* 2011;25(8): 2293-2297.
12. Sato K, Smith SL, Sands WA. (2009). Validation of an accelerometer for measuring sport performance. *J Strength Cond Res.* 2009;23(1):341-7.
13. Rey E, Barcala-Furelos R, Padron-Cabo A. (2016). Liza Plus for neuromuscular assessment and training: mobile app user guide. *Br J Sports Med.* 2016; 0: 1-2.
14. Thomas JR. & Nelson JK. (2007). Métodos de investigación en actividad física. *Barcelona: Editorial Paidotribo*.
15. Sánchez-Medina L, Pérez CE, González-Badillo JJ. (2010). Importance of the propulsive phase in strength assessment. *Int J Sports Med.* 2010;31: 123-129.
16. Sañudo B, Rueda D, Pozo-Cruz BD, De Hoyo M, & Carrasco L. (2016). Validation of a video analysis software package for quantifying movement velocity in resistance exercises. *J Strength Cond Res.* 2016;30(10): 2934-2941.