

Article

Fiabilidad y Validez de la Aplicación iLOAD para la monitorización de la Velocidad Media de la Serie Durante los Ejercicios de Sentadilla y Press de Banca Realizados con Cargas Diferentes

Alejandro Pérez-Castilla¹, Daniel Boullosa^{2,3} y Amador García-Ramos^{1,4}

¹Department of Physical Education and Sport, Faculty of Sport Sciences, University of Granada, Granada, Spain

²Integrated Institute of Saúde, Federal University of Mato Grosso do Sul, Campo Grande, Brazil

³Sport and Exercise Science, James Cook University, Townsville, Australia

⁴Department of Sports Sciences and Physical Conditioning, Faculty of Education, Catholic University of the Santísima Concepción, Concepción, Chile

RESUMEN

Pérez-Castilla, A, Boullosa, D, y García-Ramos, A. Confiabilidad y validez de la aplicación iLOAD para monitorizar la velocidad media de la serie durante los ejercicios de sentadilla y press de banca realizados con cargas diferentes. *J Strength Cond Res* 35(2S): S57-S65, 2021—Este estudio tuvo como objetivo evaluar la confiabilidad y validez de una aplicación de teléfono inteligente (iLOAD) para la monitorización de la velocidad concéntrica media (MV) durante las series de entrenamiento de fuerza. Veinte hombres completaron 2 sesiones idénticas que consistieron en una serie de 10 repeticiones contra 4 cargas (25, 40, 55, 70% de una repetición máxima [1RM]) durante los ejercicios de sentadilla y press de banca. La MV de las 5 repeticiones iniciales y para todo la serie se determinaron simultáneamente con la aplicación iLOAD y un transductor de velocidad lineal (LVT). Dos investigadores independientes usaron la aplicación iLOAD durante las sesiones experimentales para evaluar el acuerdo entre evaluadores para la evaluación de la MV. Se observó una confiabilidad aceptable pero generalmente más baja para iLOAD (rango de coeficiente de variación [CV]: 5.61-9.79 %) en comparación con LVT (rango de CV: 4.51-8.18 %) al 25-40-55 % de 1RM, mientras que la confiabilidad al 70% de 1RM fue aceptable para el LVT durante el press de banca (rango CV: 6,37-8,26%), pero fue limitada para el iLOAD durante ambos ejercicios (rango CV: 11,3-12,8%) y para el LVT durante la espalda sentadilla (rango CV: 11,3-17,4%). Pequeñas a moderadas diferencias (rango ES: 0,24-1,04) y correlaciones muy altas, prácticamente perfectas (rango r: 0,70-0,90) entre el iLOAD y el LVT. Se observó una concordancia muy alta entre ambos evaluadores para el registro de MV durante los ejercicios de sentadilla y press de banca ($r \geq 0,98$). En conjunto, estos resultados sugieren que la aplicación iLOAD se puede usar con confianza para cuantificar la MV de las series de entrenamiento durante los ejercicios de sentadilla y press de banca que no se realizaron hasta el fallo.

INTRODUCCIÓN

El entrenamiento basado en la velocidad se ha convertido en un método popular para prescribir el entrenamiento de la fuerza (6, 17, 20). La monitorización de la velocidad del movimiento permite la individualización de la intensidad y el volumen del entrenamiento de fuerza de acuerdo con el estado neuromuscular del atleta (>17,20,31>). Recientemente se ha demostrado que un programa de entrenamiento basado en la velocidad de seis semanas (carga y número de repeticiones por serie prescritas a partir de registros de velocidad) promueve mayores mejoras en la fuerza máxima y la altura del salto que un programa de entrenamiento tradicional basado en porcentajes (carga y número de repeticiones) de repeticiones por series definidas antes de la intervención (8>). Otra aplicación potencial de monitorizar la velocidad de las repeticiones es que los atletas pueden recibir retroalimentación sobre el rendimiento de la velocidad. Investigaciones previas han demostrado la importancia de proporcionar retroalimentación sobre el rendimiento de la velocidad para mejorar la motivación y la competitividad durante el entrenamiento (34>), y estos aspectos psicológicos se vinculan con un mejor rendimiento físico a corto y largo plazo (27,33 >). Sin embargo, para implementar con éxito las aplicaciones prácticas del entrenamiento basado en la velocidad, es esencial que las tecnologías utilizadas para medir la velocidad del movimiento sean confiables y válidas (26>).

Los avances recientes en la tecnología deportiva han permitido la proliferación de dispositivos diseñados para cuantificar la velocidad del movimiento durante los ejercicios de entrenamiento de fuerza (3,5,19,22,26>). Entre los diferentes dispositivos disponibles en el mercado, existe evidencia científica convincente de que los transductores lineales de posición o de velocidad son las herramientas más fiables y válidas (7,26>). Por lo tanto, no sorprende que los transductores lineales de posición/velocidad se hayan utilizado como método de referencia para evaluar la validez de los nuevos dispositivos de monitorización de velocidad (3,11,22>). Las aplicaciones para teléfonos inteligentes (App) están recibiendo una atención cada vez mayor entre los investigadores para recopilar datos en el deporte, la salud y las ciencias del ejercicio (23>>). La *aplicación MyLift*, anteriormente conocida como *PowerLift* fue la primera aplicación de teléfono inteligente disponible comercialmente, diseñada para monitorizar la velocidad de movimiento durante el entrenamiento de fuerza. La *aplicación MyLift* calcula la velocidad concéntrica media (MV) de las repeticiones individuales mediante la inspección manual de un video en cámara lenta grabado con la cámara de alta velocidad del teléfono inteligente. Se ha demostrado que la aplicación *MyLift* puede proporcionar valores de VM con una confiabilidad y validez aceptables durante los ejercicios de press de banca, sentadilla y elevación pélvica (3). Sin embargo, la principal limitación de *MyLift* es que no proporciona retroalimentación de velocidad en tiempo real porque el usuario debe seleccionar manualmente los puntos de inicio y fin de cada repetición y esto requiere de tiempo, especialmente cuando es necesario analizar varias repeticiones (26,28>>).

Más recientemente, se ha desarrollado otra aplicación para teléfonos inteligentes llamada *iLOAD* para brindar retroalimentación en tiempo real de la MV de series de múltiples repeticiones consecutivas utilizando el temporizador y la calculadora del teléfono inteligente (28>). Brevemente, se requiere que el usuario mida la duración de la serie y también indique el número de repeticiones realizadas y la distancia vertical cubierta por la barra durante una sola repetición. La viabilidad de la aplicación *iLOAD* fue examinada por De Sá et al. (28>) quienes reportaron una alta concordancia entre evaluadores ($r \geq 0.987$) y fuertes correlaciones ($r \geq 0.903$) con respecto a un transductor de posición lineal para la medición de MV en 3 series de 10 repeticiones durante el ejercicio de media sentadilla realizado contra la carga máxima (RM) de 10 repeticiones. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la validez de la aplicación *iLOAD* solo se ha examinado durante el ejercicio de media sentadilla y, hasta la fecha, ningún estudio ha explorado la fiabilidad de la aplicación *iLOAD* para la monitorización de la VM. También se desconoce si la aplicación *iLOAD* podría proporcionar valores de VM precisos cuando se realizan menos de 10 repeticiones o si la carga levantada afecta la confiabilidad y validez de los valores de VM. Específicamente, es importante dilucidar si la precisión del *iLOAD* podría verse comprometida cuando se realizan series de corta duración (es decir, pocas repeticiones o con cargas ligeras). Téngase en cuenta que un error constante al determinar la duración de la serie de entrenamiento (p. ej., 0,2 segundos) debería tener una mayor influencia en los valores de MV derivados de series más cortas.

Este estudio fue diseñado para explorar exhaustivamente la viabilidad de la nueva aplicación *iLOAD* para evaluar la MV de series que consisten en diferentes números de repeticiones (5 y 10) realizadas a diferentes intensidades (25>, 40, 55 y 70% de 1RM) durante los ejercicios de sentadilla y press de banca. Por lo tanto, los objetivos específicos de este estudio fueron: (a) evaluar el acuerdo entre evaluadores para el registro de VM con la aplicación *iLOAD*, y (b) comparar la confiabilidad entre sesiones y la validez concurrente de la aplicación *iLOAD* con respecto a un transductor lineal de velocidad (LVT; método de referencia). Se planteó la hipótesis de que (a) se obtendría un alto nivel de acuerdo entre los 2 instrumentos, y (b) la *iLOAD* proporcionaría una fiabilidad aceptable y una alta validez.

MÉTODOS

Enfoque experimental del problema

Se utilizó un diseño de medidas repetidas para evaluar la fiabilidad y validez del *iLOAD* para monitorizar la MV durante series de ejercicios de sentadilla y press de banca realizados a diferentes intensidades en una máquina Smith (FFittech, Taiwán, China). Los sujetos acudieron al laboratorio en 3 ocasiones separadas por 48-96 horas. La primera sesión se utilizó para medidas antropométricas y para determinar la 1RM durante los ejercicios de sentadilla y press de banca. Las últimas 2 sesiones fueron idénticas y consistieron en una sola serie de 10 repeticiones durante los ejercicios de sentadilla y press de banca realizados con 4 cargas diferentes (25%, 40, 55 y 70% de 1RM). La sentadilla trasera se realizó antes del ejercicio de press de banca y las cargas se implementaron en un orden incremental para minimizar la fatiga. Las series sucesivas estaban separadas por 5 minutos de descanso. Después de una sesión de familiarización con la aplicación *iLOAD*, 2 investigadores independientes usaron la aplicación *iLOAD* durante las sesiones experimentales para evaluar la concordancia entre evaluadores para la evaluación de MV. El valor promedio de ambos evaluadores se consideró para el análisis posterior (28%). La confiabilidad entre sesiones se calculó a partir de los datos recopilados en la segunda y tercera sesiones, mientras que sólo se utilizaron los datos de la tercera sesión para los análisis de validez. Todas las sesiones se realizaron a la misma hora del día para cada sujeto (± 1 hora) y en condiciones ambientales similares (≈ 22 °C y ≈ 60 % de humedad relativa).

Sujetos

Veinte estudiantes varones de educación física (media \pm DE; edad = $23,0 \pm 2,6$ años [rango: 18-30 años], altura del cuerpo = $1,76 \pm 0,06$ m, masa corporal = $79,6 \pm 13,0$ kg, 1RM en sentadilla = $120,8 \pm 25,6$ kg, 1RM en press de banca = $83,7 \pm 18,4$ kg) se ofrecieron como voluntarios para participar en este estudio. Los sujetos tenían $2,7 \pm 2,7$ años de experiencia en entrenamiento de fuerza e informaron que incluían ejercicios de sentadilla y press de banca durante sus rutinas de entrenamiento habituales. Ninguno de los sujetos refirió limitación física, problemas de salud o lesiones musculoesqueléticas que pudieran comprometer su participación. Se pidió a los sujetos que evitaran cualquier ejercicio extenuante durante el transcurso del estudio y se les informó de los procedimientos y firmaron un formulario de consentimiento informado por escrito antes de iniciar el estudio.

PROCEDIMIENTOS

Sesión Preliminar (Composición Corporal y Evaluación de 1 Repetición Máxima)

La altura corporal y la masa corporal se midieron al comienzo de la sesión utilizando un estadiómetro montado en la pared (Seca 202; Seca Ltd., Hamburgo, Alemania) y un sistema de bioimpedancia con electrodo de contacto (TBF-171 300A; Tanita Corporation of America Inc., Arlington Heights, IL), respectivamente. El calentamiento consistió en trotar y realizar ejercicios de estiramiento dinámicos, seguidos de 2 series de 10 sentadillas sin peso, 5 saltos con contramovimiento y 10 flexiones. Después del calentamiento, los sujetos descansaron durante 3 minutos antes de realizar una prueba de carga incremental estándar durante los ejercicios de sentadilla y press de banca (12,24%). La carga externa inicial se fijó en 20 kg para ambos ejercicios. Se ejecutaron dos repeticiones con cargas ligeras/moderadas ($MV \geq 0,50$ m·s⁻¹) y una repetición con cargas pesadas ($MV < 0,50$ m·s⁻¹). El descanso entre series fue de 3 minutos para cargas ligeras/moderadas y de 5 minutos para cargas pesadas. Se alentó a los sujetos a realizar todas las repeticiones a la velocidad máxima posible y se registró la MV de todas las repeticiones con un LVT. Las características específicas de los procedimientos de prueba de sentadilla y press de banca fueron las siguientes:

Procedimientos de la evaluación de sentadilla

La carga se incrementó con incrementos de 20 kg cuando la MV era superior a $0,75$ m·s⁻¹ y de 10 kg cuando la MV oscilaba entre $0,75$ y $0,50$ m·s⁻¹. La prueba finalizó cuando los sujetos no fueron capaces de obtener una VM superior a $0,50$ m·s⁻¹. El MV recolectado bajo las diferentes condiciones de carga se utilizó para modelar la relación carga-velocidad individualizada mediante un modelo de regresión lineal, y la 1RM de sentadilla trasera se estimó como la carga asociada con una MV de $0,33$ m·s⁻¹ (24%). Decidimos no evaluar el 1RM por el método directo porque algunos sujetos nunca habían realizado un test de 1RM con el ejercicio de sentadilla y esto podría comprometer la precisión de la medición y aumentar el riesgo de lesión (21%). Los sujetos iniciaron el movimiento en una posición completamente extendida con los pies separados aproximadamente al ancho de los hombros y la barra sostenida sobre la espalda al nivel del

acromion. Desde esta posición, se les pidió que descendieran en un movimiento continuo hasta que la parte superior de los muslos estuviera paralela al piso (sentadilla trasera paralela), e inmediatamente después regresaron a la posición inicial lo más rápido posible. La profundidad de la sentadilla se controló individualmente por medio de un cordón elástico colocado debajo de las posaderas de los sujetos (18). Se instruyó a los sujetos para que mantuvieran una presión constante hacia abajo sobre la barra durante todo el movimiento y no se les permitió saltar del suelo.

Procedimientos de la evaluación de press de banca

La carga se incrementó en incrementos de 10 kg hasta que la MV fue inferior a 0,50 m·s⁻¹. A partir de ese momento se aumentó la carga de 5 a 1 kg hasta alcanzar la carga de 1RM. Los sujetos iniciaron la tarea sosteniendo la barra con los codos completamente extendidos y usando un ancho de agarre seleccionado por ellos mismos (25>), que se midió y mantuvo constante en cada levantamiento. Los sujetos bajaron la barra de manera controlada hasta tocar el pecho a la altura del esternón, e inmediatamente después levantaron la barra lo más rápido posible hasta que sus codos alcanzaron la extensión completa (técnica de tocar y salir). Los sujetos utilizaron la técnica estándar de posición de contacto corporal de cinco puntos (cabeza, parte superior de la espalda y glúteos firmemente en el banco con ambos pies apoyados en el suelo) y no se les permitió hacer rebotar la barra en el pecho ni levantar el tronco del banco.

Sesiones Experimentales

La distancia vertical recorrida por la barra durante la sentadilla (es decir, desde la posición de sentadilla paralela hasta una extensión de cuerpo completo) y el press de banca (es decir, la barra en contacto con el pecho hasta una extensión completa de los codos) se midió individualmente en el inicio de la segunda sesión utilizando una cinta métrica (Pespersion, Barcelona, España) con los sujetos sosteniendo la barra descargada (20 kg) de la máquina Smith (28>). Luego, los sujetos completaron el mismo calentamiento descrito para la primera sesión antes de completar la parte principal de las sesiones experimentales: series individuales de 10 repeticiones al 25>, 40, 55 y 70 % de la 1RM previamente determinada durante la sentadilla y el press de banca (8 series en total). Se instruyó a los sujetos para que completaran todas las series lo más rápido posible y mantuvieran un rango de movimiento constante durante todas las repeticiones.

Adquisición y análisis de datos

El MV de las 5 repeticiones iniciales (1 a 5) y para el conjunto completo (1 a 10) se determinaron simultáneamente con la aplicación *iLOAD* y un LVT. Las características específicas de cada dispositivo se proporcionan a continuación:

Aplicación *iLOAD*

La aplicación *iLOAD* se instaló en 2 iPhone 8 Plus con iOS 12.4.5 (iPhone; Apple, Inc., Cupertino, CA). Las entradas de la aplicación *iLOAD* fueron el número de repeticiones completadas, la distancia vertical de la barra registrada individualmente con una cinta métrica en la segunda sesión (en cm) y el tiempo necesario para completar la serie (en segundos). Dos evaluadores independientes se colocaron frente a los sujetos y registraron el tiempo necesario para completar el conjunto. Específicamente, el cronómetro del *iLOAD* se inició inmediatamente después de que el sujeto inició la fase descendente de la primera repetición y se detuvo inmediatamente después de que se completaron la quinta y la décima repeticiones. Por lo tanto, cada evaluador recodificó el tiempo necesario para completar las primeras 5 repeticiones (1 a 5) y el conjunto completo (1 a 10). La aplicación *iLOAD* calculó automáticamente el MV de cada intervalo de repetición (del 1 al 5 y del 1 al 10).

Transductor de velocidad lineal

El LVT (T-Force System; Ergotech, Murcia, España) es un dinamómetro isoinercial que consiste en un LVT de extensión de cable interconectado con una computadora personal por medio de una tarjeta de adquisición de datos analógico-digital de resolución de 14 bits. El cable se unió verticalmente al lado derecho de la barra con una correa de velcro. La MV de la fase ascendente de cada repetición se calculó automáticamente a una frecuencia de muestreo de 1000 Hz mediante el software personalizado (v.2.28>) del LVT. El MV de cada repetición se exportó desde el software personalizado del LVT a una hoja de cálculo de Microsoft Excel (Microsoft Corporations, Redmond, WA) y luego se promedió para calcular el MV de las 5 repeticiones iniciales (1 a 5) y para todo el conjunto (1 a 10). La validez y confiabilidad del sistema T-Force para el registro de VM durante repeticiones individuales se han informado previamente (7,26>). Téngase en cuenta que el T-Force se ha recomendado como referencia para identificar los errores técnicos y de medición que surgen de otras tecnologías emergentes para la monitorización de la velocidad de la barra (7).

Análisis estadístico

Los datos se presentan como media y *SD*. La distribución normal de los datos se confirmó mediante la prueba de Shapiro-Wilk ($p > 0,05$). La concordancia entre evaluadores para el registro de la MV con la aplicación *iLOAD* y la validez de la

aplicación *iLOAD* con respecto al LVT se examinaron a través de pruebas *t de muestras independientes*, el tamaño del efecto *g* de Hedge (ES), el coeficiente de correlación de Pearson (*r*), el error estándar de la estimación (*SEE*), el coeficiente de variación (CV) y las gráficas de Bland-Altman. La confiabilidad entre sesiones se evaluó a través de la *g* de Hedge, el error estándar de medición (*SEM*), y el CV con los correspondientes intervalos de confianza (IC) del 95%. Se utilizaron los siguientes criterios para determinar una confiabilidad o validez aceptable ($CV \leq 10\%$) y alta ($CV \leq 5\%$) (16). Se identificaron diferencias significativas en la confiabilidad cuando el CV de un dispositivo estaba por debajo del IC del 95% del otro dispositivo (10). Los criterios para interpretar la magnitud del ES fueron los siguientes: trivial ($<0,20$), pequeño (0,20-0,59), moderado (0,60-1,19), grande (1,20-2,00) y muy grande ($>2,00$) (14). La fuerza de los coeficientes *r* se interpretó de la siguiente manera: trivial ($<0,10$), pequeña (0,10-0,29), moderada (0,30-0,49), alta (0,50-0,69), muy alta (0,70-0,89) o prácticamente perfecta ($>0,90$) (14). La heterocedasticidad de los errores en los gráficos de Bland-Altman se definió como un coeficiente de determinación ($r^2 > 0,1$) (1). Todas las evaluaciones de validez y confiabilidad se realizaron mediante hojas de cálculo personalizadas (13), mientras que otros análisis estadísticos se realizaron con el paquete de software SPSS (IBM SPSS versión 25>.0, Chicago, IL). Se aceptó la significación estadística a un nivel de $p < 0,05$.

RESULTADOS

Acuerdo entre evaluadores

Se observó una concordancia muy alta entre ambos evaluadores para el registro de MV durante la sentadilla ($p \geq 0,849$; $ES \leq 0,03$; $r \geq 0,98$; $SEE \leq 0,04 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$; $CV \leq 5,73\%$) y el press de banca ($p \geq 0,767$; $ES \leq 0,05$; $r \geq 0,98$; $SEE \leq 0,06 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$; $CV \leq 4,54\%$). Los diagramas de Bland-Altman también revelaron un sesgo sistemático muy bajo y errores aleatorios tanto para la sentadilla ($\leq 0,01 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ y $\leq 0,04 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, respectivamente; Figura 1) como para el press de banca ($\leq 0,01 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ y $\leq 0,06 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, respectivamente, Figura 2). No se observó heterocedasticidad de los errores para ningún ejercicio ($r^2 \leq 0,03$).

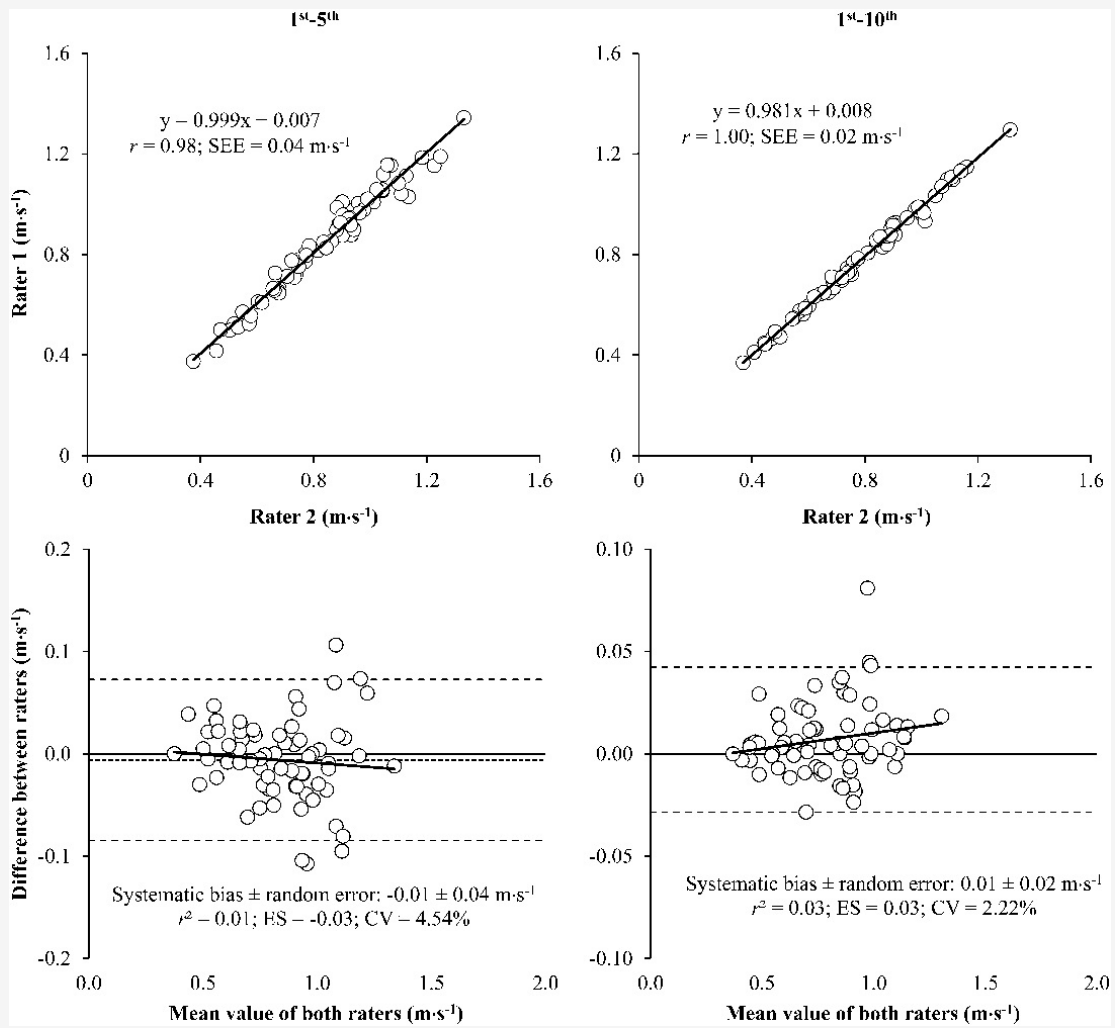


Figura 1.

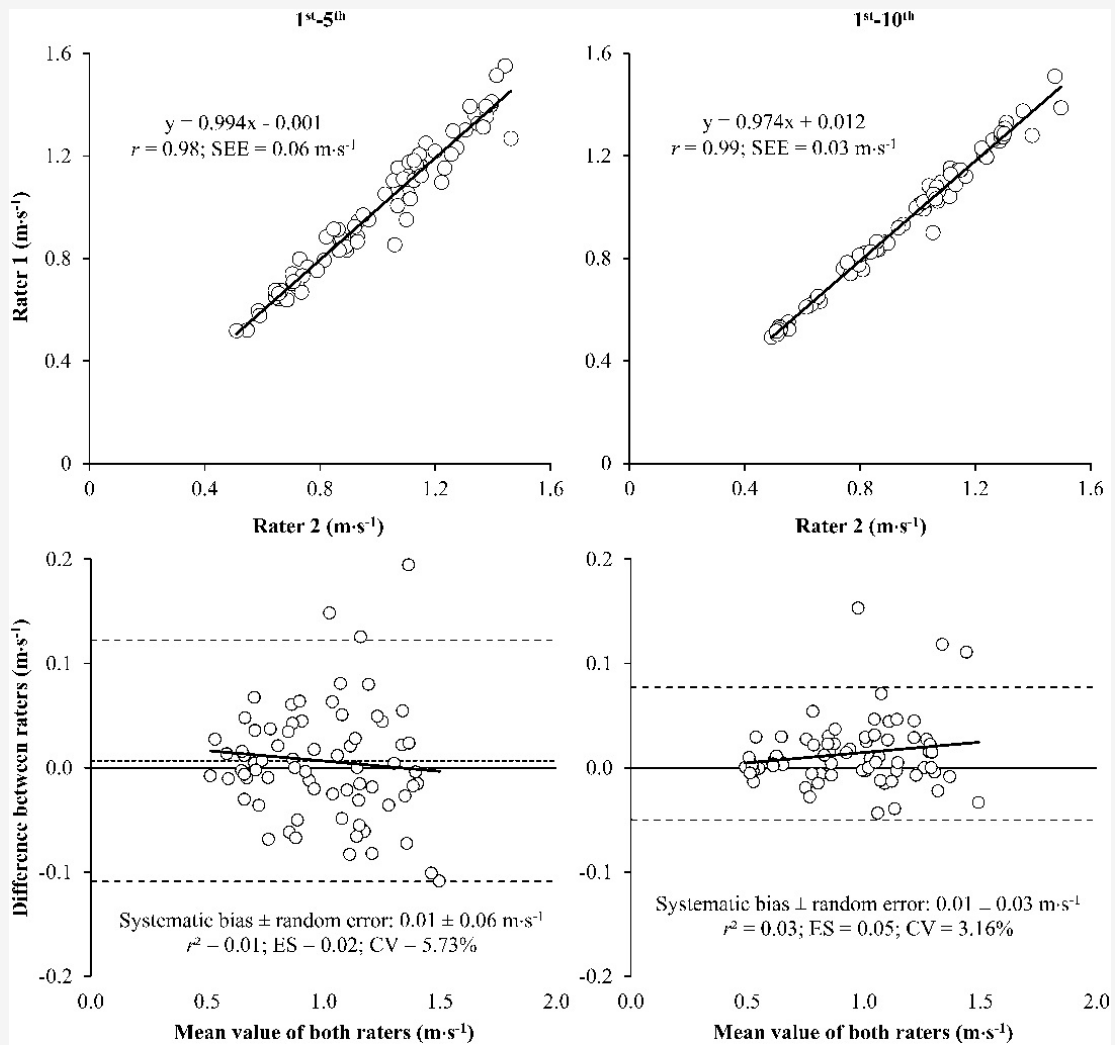


Figura 2.

Confiabilidad entre sesiones

Se observó una confiabilidad aceptable tanto para la aplicación *iLOAD* como para el LVT al 25%, 40 y 55 % de 1RM (rango CV: aplicación *iLOAD* = 5,61-9,79 %; LVT = 4,51-8,18 %), mientras que la confiabilidad al 70 % de 1RM fue aceptable para el LVT durante el press de banca (rango de CV: 6,37-8,26%), pero fue limitada para la aplicación *iLOAD* durante ambos ejercicios (rango de CV: 11,3-12,8 %) y para el LVT durante la sentadilla (rango de CV rango: 11,3-17,4%). El registro de MV fue más confiable para el LVT en comparación con la aplicación *iLOAD* en 8 de 16 comparaciones: para los intervalos de repetición 1 a 5 contra el 40 y el 55 % de 1RM durante el ejercicio de sentadilla trasera (Tabla 1), y para los intervalos de repetición 1 a 5 y 1 a 10 contra el 40, 55 y 70% de 1RM durante el ejercicio de press de banca (Tabla 2).

Device	Load (%1RM)	Analysis interval	Session 1 (m·s ⁻¹)	Session 2 (m·s ⁻¹)	ES (95% CI)
iLOAD	25	1st-5th	1.05 ± 0.13	1.08 ± 0.10	-0.25 (-0.88 to 0.37)
		1st-10th	1.00 ± 0.14	1.03 ± 0.09	-0.25 (-0.87 to 0.37)
	40	1st-5th	0.93 ± 0.09	0.93 ± 0.10	0.00 (-0.62 to 0.62)
		1st-10th	0.88 ± 0.09	0.89 ± 0.09	-0.11 (-0.73 to 0.51)
	55	1st-5th	0.77 ± 0.11	0.80 ± 0.09	-0.29 (-0.92 to 0.33)
		1st-10th	0.72 ± 0.09	0.74 ± 0.08	-0.22 (-0.85 to 0.39)
	70	1st-5th	0.57 ± 0.11	0.61 ± 0.10	-0.37 (-1.00 to 0.25)
		1st-10th	0.51 ± 0.09	0.55 ± 0.11	-0.39 (-1.02 to 0.24)
LVT	25	1st-5th	1.00 ± 0.09	1.00 ± 0.07	0.00 (-0.62 to 0.62)
		1st-10th	1.00 ± 0.10	1.00 ± 0.07	0.00 (-0.62 to 0.62)
	40	1st-5th	0.87 ± 0.07	0.86 ± 0.06	0.15 (-0.47 to 0.77)
		1st-10th	0.86 ± 0.07	0.85 ± 0.06	0.15 (-0.47 to 0.77)
	55	1st-5th	0.72 ± 0.06	0.73 ± 0.06	-0.16 (-0.78 to 0.46)
		1st-10th	0.70 ± 0.06	0.71 ± 0.06	-0.16 (-0.78 to 0.46)
	70	1st-5th	0.57 ± 0.06	0.59 ± 0.08	-0.28 (-0.90 to 0.35)
		1st-10th	0.54 ± 0.05	0.57 ± 0.09	-0.40 (-1.03 to 0.22)

Tabla 1.

Device	Load (%1RM)	Analysis interval	Session 1 (m·s ⁻¹)	Session 2 (m·s ⁻¹)	ES (95% CI)
iLOAD	25	1st-5th	1.24 ± 0.17	1.28 ± 0.14	-0.25 (-0.87 to 0.37)
		1st-10th	1.21 ± 0.16	1.25 ± 0.15	-0.25 (-0.88 to 0.37)
	40	1st-5th	1.12 ± 0.13	1.13 ± 0.13	-0.08 (-0.70 to 0.54)
		1st-10th	1.07 ± 0.11	1.08 ± 0.12	-0.09 (-0.71 to 0.53)
	55	1st-5th	0.90 ± 0.12	0.91 ± 0.09	-0.09 (-0.71 to 0.53)
		1st-10th	0.86 ± 0.11	0.86 ± 0.09	0.00 (-0.62 to 0.62)
	70	1st-5th	0.66 ± 0.08	0.65 ± 0.11	0.10 (-0.52 to 0.72)
		1st-10th	0.57 ± 0.07	0.58 ± 0.12	-0.10 (-0.72 to 0.52)
LVT	25	1st-5th	1.21 ± 0.13	1.24 ± 0.11	-0.24 (-0.87 to 0.38)
		1st-10th	1.22 ± 0.13	1.24 ± 0.11	-0.16 (-0.78 to 0.46)
	40	1st-5th	1.02 ± 0.09	1.03 ± 0.08	-0.12 (-0.74 to 0.51)
		1st-10th	1.01 ± 0.09	1.02 ± 0.09	-0.11 (-0.73 to 0.51)
	55	1st-5th	0.79 ± 0.08	0.81 ± 0.07	-0.26 (-0.88 to 0.36)
		1st-10th	0.76 ± 0.08	0.77 ± 0.08	-0.12 (-0.74 to 0.50)
	70	1st-5th	0.55 ± 0.06	0.55 ± 0.07	0.00 (-0.62 to 0.62)
		1st-10th	0.48 ± 0.06	0.49 ± 0.08	-0.14 (-0.76 to 0.48)

Tabla 2.

Validez concurrente

Se observaron diferencias significativas en los valores de MV entre la aplicación *iLOAD* y el LVT en 8 de 16 comparaciones con la magnitud de las diferencias que van de pequeñas a moderadas (rango ES = 0,24>-1,04; valores más altos para *iLOAD*). Sin embargo, se observaron correlaciones de aceptable a alta validez (rango CV: 4,79-8,59 %; excepto el 70 % de 1RM) y de muy altas a prácticamente perfectas (rango $r = 0,70$ a $0,90$; $SEE \leq 0,09$ m·s⁻¹) entre *iLOAD* app y LVT durante ambos ejercicios (Tabla 3). Los gráficos de Bland-Altman también revelaron un sesgo sistemático comparable y errores aleatorios para la sentadilla ($\leq 0,06$ m·s⁻¹ y $\leq 0,07$ m·s⁻¹, respectivamente) y el press de banca ($\leq 0,09$ m·s⁻¹ y $\leq 0,07$ m·s⁻¹, respectivamente) (Figura 3). Se observó heterocedasticidad de los errores para el ejercicio de sentadilla (rango $r^2 = 0.15-0.23$ >>) debido a los valores más altos de MV para la aplicación *iLOAD* a velocidades más altas y los valores más altos de MV para LVT a velocidades más bajas.

Exercise	Load (%1RM)	Analysis interval	<i>p</i>	ES (95% CI)	<i>r</i> (95% CI)
Back squat	25	1st-5th	0.003	0.96 (0.30 to 1.61)	0.83 (0.62-0.93)
		1st-10th	0.442	0.26 (-0.36 to 0.88)	0.83 (0.62-0.93)
	40	1st-5th	0.016	0.80 (0.16 to 1.45)	0.72 (0.41-0.88)
		1st-10th	0.184	0.43 (-0.19 to 1.06)	0.81 (0.57-0.92)
	55	1st-5th	0.009	0.84 (0.19 to 1.49)	0.70 (0.38-0.87)
		1st-10th	0.308	0.31 (-0.32 to 0.93)	0.72 (0.42-0.88)
	70	1st-5th	0.468	0.22 (-0.41 to 0.84)	0.79 (0.54-0.91)
		1st-10th	0.511	-0.20 (-0.82 to 0.43)	0.79 (0.53-0.91)
Bench press	25	1st-5th	0.271	0.42 (-0.20 to 1.05)	0.74 (0.51-0.88)
		1st-10th	0.914	0.24 (-0.38 to 0.87)	0.80 (0.60-0.90)
	40	1st-5th	0.008	0.71 (0.08 to 1.35)	0.84 (0.64-0.94)
		1st-10th	0.060	0.56 (-0.07 to 1.19)	0.90 (0.75-0.96)
	55	1st-5th	<0.001	0.92 (0.27 to 1.57)	0.90 (0.76-0.96)
		1st-10th	0.001	0.83 (0.19 to 1.48)	0.86 (0.67-0.94)
	70	1st-5th	0.001	1.04 (0.38 to 1.70)	0.83 (0.62-0.93)
		1st-10th	0.009	0.88 (0.23 to 1.53)	0.89 (0.74-0.96)

Tabla 3.

Discusión

Este estudio fue diseñado para evaluar la confiabilidad y validez de una nueva aplicación para teléfonos inteligentes (*iLOAD*) para la monitorización de la MV durante series de repeticiones múltiples realizadas en un rango de cargas submáximas durante los ejercicios de sentadilla trasera y press de banca. Los principales hallazgos de este estudio revelaron: (a) un acuerdo entre evaluadores muy alto para el registro de VM con la aplicación *iLOAD* en ambos ejercicios, (b) una confiabilidad aceptable de la aplicación *iLOAD* para todas las cargas con la única excepción del 70% de 1RM, (c) una confiabilidad menor (8 de 16 comparaciones) o similar (8 de 16 comparaciones) para la aplicación *iLOAD* en comparación con LVT, y (d) una validez concurrente muy alta de *iLOAD* con respecto al LVT. Estos resultados respaldan, en conjunto, el uso de la aplicación *iLOAD* para monitorizar la MV de las series de entrenamiento durante los ejercicios de sentadillas y press de banca que no se realizaron hasta el fallo. Aunque el LVT podría recomendarse sobre la aplicación *iLOAD* debido a una confiabilidad ligeramente mayor, la aplicación *iLOAD* podría ser una alternativa adecuada

para los practicantes que buscan herramientas más económicas y portátiles para monitorizar el VM de las series de entrenamiento de fuerza.

Las aplicaciones para teléfonos inteligentes, que generalmente son de bajo costo y presentan una interfaz fácil de usar, son cada vez más utilizadas por los entusiastas del deporte y el ejercicio físico (23>>). Una característica distintiva de la aplicación *iLOAD* es que es la primera aplicación para teléfonos inteligentes que permite el cálculo de la MV de series de entrenamiento en tiempo real. Sin embargo, un problema potencial de la aplicación *iLOAD* es que el usuario necesita seleccionar manualmente los puntos de inicio y finalización de la serie para determinar su duración, que se introduce en el *iLOAD* junto con el número de repeticiones realizadas y el desplazamiento vertical de la barra para calcular la MV de la serie. Un análisis básico para explorar la aplicabilidad de este tipo de tecnología consiste en informar la concordancia entre evaluadores para determinar si los resultados se ven afectados por la manipulación individual de la aplicación (2,4,28>). De acuerdo con De Sá et al. (28>), quienes observaron un alto nivel de concordancia entre evaluadores ($p \geq 0.38$; $ES \leq 0.02$; $r \geq 0.987$) para la MV recolectada en series de 10 repeticiones durante el ejercicio de media sentadilla, nuestros resultados también revelaron una concordancia muy alta entre ambos evaluadores durante los ejercicios de sentadilla paralela y press de banca. Nuestros datos también sugieren que ni el número de repeticiones realizadas (5 y 10) ni la carga levantada (25>, 40, 55 y 70% de 1RM) influyen en el nivel de acuerdo entre evaluadores. Estos resultados refuerzan los hallazgos de De Sá et al. (28>) que indica que los resultados de la aplicación *iLOAD* no se ven afectados por la persona que manipula la aplicación. A diferencia de otros dispositivos, como los transductores de posición lineal, que proporcionan automáticamente salidas de velocidad, el *iLOAD* calcula la MV teniendo en cuenta la duración de la serie de entrenamiento que el usuario debe registrar manualmente. Por lo tanto, el error tecnológico de la aplicación *iLOAD* no se puede calcular ya que los resultados de confiabilidad se ven afectados por 2 fuentes de error biológico (el levantador y el usuario registrando la duración del juego). En este sentido, tanto el levantador como el evaluador deben estar familiarizados para obtener valores de VM precisos al usar la aplicación *iLOAD*.

Actualmente se acepta que la velocidad de movimiento es una de las variables más importantes para el monitoreo del entrenamiento de fuerza (20,29). En este sentido, es fundamental que los profesionales utilicen dispositivos capaces de monitorear la velocidad del movimiento con niveles aceptables de confiabilidad (26>). Hasta donde sabemos, este es el primer estudio que examina la confiabilidad entre sesiones de la MV de series de entrenamiento usando una aplicación móvil. Con base en los criterios de confiabilidad utilizados en nuestro estudio, la confiabilidad del MV fue aceptable ($5\% \geq CV \leq 10\%$) tanto para el LVT como para el *iLOAD* en ambos ejercicios para las 3 cargas inferiores (25>, 40 y 55% de 1RM). Sin embargo, la confiabilidad al 70% de 1RM fue aceptable para el LVT durante el press de banca (rango de CV: 6.37-8.26>%), pero fue limitada para *iLOAD* durante ambos ejercicios (rango de CV: 11.3-12.8%) y para el LVT durante la sentadilla (rango CV: 11.3-17.4%). En este sentido, es plausible que la confiabilidad de la aplicación *iLOAD* pueda verse comprometida cuando se levantan cargas pesadas o cuando las series se realizan hasta el fallo o casi el fallo debido a una mayor dificultad experimentada por los sujetos para completar la serie sin introducir breves descansos entre repeticiones sucesivas. También se debe tener en cuenta que en este estudio, la MV recopilado con LVT fue ligeramente más confiable que el MV recopilado con *iLOAD* al levantar cargas moderadas a pesadas ($\geq 40\%$ de 1RM). Estos resultados están de acuerdo con la mayor confiabilidad generalmente reportada para los transductores de posición lineal en comparación con la aplicación para teléfonos inteligentes *MyLift* para recopilar MV contra cargas individuales (7,26>). Por lo tanto, nuestros hallazgos sugieren que la MV de las series de entrenamiento proporcionadas por la aplicación *iLOAD* se puede obtener con una confiabilidad aceptable para el monitoreo del entrenamiento de fuerza; sin embargo, como se mencionó anteriormente, se debe tener cuidado al levantar cargas pesadas o cuando los juegos se realizan al punto de fallar o cerca de fallar.

Otro requisito importante al implementar el entrenamiento basado en la velocidad es el uso de dispositivos de medición con un alto nivel de precisión (15,26>). Para este propósito, es común examinar el nivel de concordancia entre el nuevo dispositivo a probar y un método de referencia (típicamente un transductor de posición lineal o una cámara de alta velocidad) (3,19,22). Apoyando nuestra hipótesis, observamos correlaciones muy altas a prácticamente perfectas entre la MV registrado con la aplicación *iLOAD* y el LVT en ambos ejercicios. Ni el número de repeticiones realizadas (5 y 10) ni la carga levantada (25>, 40, 55 y 70% de 1RM) parecieron influir en la fuerza de estas correlaciones. Estos resultados están en línea con los informados previamente por Balsalobre-Fernández et al. (3) para el registro de VM de repeticiones individuales con *MyLift* ($r \geq 0.97$; $SEE \leq 0.05 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) y también con el examen previo de la aplicación *iLOAD* realizado por De Sá et al. (28>) ($r \geq 0.90$; $ES \leq 0.25$ >). Curiosamente, a diferencia del estudio de De Sá et al. (28>), los valores de MV recopilados con la aplicación *iLOAD* en el estudio actual fueron ligeramente más altos en comparación con los valores de MV registrados con el LVT, probablemente porque la fase descendente de los ejercicios se realizó a una velocidad más rápida que la fase ascendente. Más importante aún, las diferencias de MV a favor de *iLOAD* aumentó con las series de entrenamiento más rápidas (es decir, cargas externas más bajas) sólo durante el ejercicio de sentadilla, probablemente debido a la minimización de los descansos cortos entre repeticiones con cargas más bajas. Téngase en cuenta que se espera que los descansos cortos, que fueron frecuentes contra el 70% de 1RM, reduzcan los valores de MV registrados con la aplicación *iLOAD*. Esto explicaría los CVs elevados observados entre la MV registrada con la aplicación *iLOAD* y el LVT en ambos ejercicios realizados con el 70% de 1RM. Por lo tanto, aunque la aplicación *iLOAD* podría servir como una

alternativa más práctica y económica para monitorizar el entrenamiento de resistencia, los valores registrados por la aplicación *iLOAD* no son intercambiables con los registrados con un LVT.

Aunque los resultados actuales brindan un examen completo de la confiabilidad y validez de la aplicación *iLOAD* para el monitoreo del entrenamiento de fuerza, este estudio no está exento de limitaciones. Nuestra muestra consistió en hombres físicamente activos con experiencia limitada en entrenamiento de fuerza. Es plausible que la fiabilidad de la aplicación *iLOAD* sea mayor para sujetos más experimentados si son capaces de reducir los descansos entre repeticiones sucesivas. Aunque es importante distinguir la variación tecnológica y biológica al evaluar la confiabilidad de los dispositivos de monitoreo de entrenamiento de fuerza (30), esto no fue posible en este estudio porque el *iLOAD* requiere que el usuario registre la duración de la serie de entrenamiento. Para abordar este problema, examinamos el acuerdo entre evaluadores, que podría considerarse el análogo de la confiabilidad entre unidades. También se debe reconocer que la aplicación de las cargas en un orden incremental podría haber influido en los presentes resultados debido al efecto potencial de la fatiga (9). Sin embargo, decidimos implementar las cargas en un orden incremental para reducir al máximo el efecto de la fatiga. El uso de una máquina Smith también puede haber limitado la validez ecológica de nuestros hallazgos porque los atletas generalmente realizan entrenamiento de fuerza con pesos libres. Sin embargo, decidimos usar una máquina Smith para eliminar los posibles factores de confusión (p. ej., movimientos horizontales de la barra) que podrían afectar el análisis de validez debido a una menor precisión del LVT, mientras que el error tecnológico de la aplicación *iLOAD* no se espera que sea afectado durante los ejercicios con pesos libres. Finalmente, el *iLOAD* proporciona el MV de una serie considerando la fase concéntrica, la fase excéntrica y el descanso entre repeticiones sucesivas. Debido a que se han propuesto aplicaciones de entrenamiento basadas en la velocidad considerando la velocidad concéntrica de repeticiones individuales (12,32,34), los estudios futuros deberían dilucidar si el MV de las series podría proporcionar información valiosa para prescribir y monitorear el efecto de los programas de entrenamiento de fuerza.

Aplicaciones prácticas

La aplicación *iLOAD* es una herramienta confiable y válida que permite monitorizar en tiempo real la MV de las series de entrenamiento durante los ejercicios de sentadilla y press de banca. Sin embargo, es importante considerar que: (a) la aplicación *iLOAD* podría sobreestimar la MV de la serie en comparación con el LVT probablemente porque la fase descendente del ejercicio se realiza a una velocidad más rápida que la fase ascendente, y (b) la fiabilidad y validez del *iLOAD* podría verse comprometida cuando se levantan cargas pesadas o cuando las series se ejecutan al fallo o cerca del fallo debido a una mayor dificultad para completar la serie sin introducir breves descansos entre repeticiones sucesivas. La introducción de descansos cortos entre repeticiones podría explicar los valores más altos de MV para el LVT durante el ejercicio de sentadilla cuando las series se realizaron a baja velocidad (es decir, 70% de 1RM). Por lo tanto, los hallazgos de este estudio sugieren que la aplicación *iLOAD* es una aplicación de teléfono inteligente rentable, portátil y fácil de usar que se puede usar con confianza para cuantificar la MV de las series de entrenamiento durante los ejercicios de sentadilla y press de banca no realizados al fallo.

Agradecimientos

Los autores agradecen a todos los sujetos que desinteresadamente participaron en el estudio. Uno de los autores del estudio es miembro de la empresa "iLoad Solutions". Este estudio fue apoyado por el Ministerio de Educación y Formación Profesional bajo una beca predoctoral (FPU15/03649) otorgada a AP-C. Los resultados de este estudio no constituyen una aprobación del producto por parte de los autores o de la Asociación Nacional de Fuerza y Acondicionamiento.

REFERENCIAS

1. Para ver las referencias bibliográficas remitirse al artículo original (Reliability and Validity of the *iLOAD* Application for Monitoring the Mean Set Velocity During the Back Squat and Bench Press Exercises Performed Against Different Loads). <https://journals.lww.com/nsca-jscr/pages/articleviewer.aspx?year=2021&issue=02001&article=00009&type=Fulltext>.