

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte



Facultad Ciencias de la Educación

**Análisis de las diferencias en la velocidad media en función de los diferentes ángulos de grabación en un test incremental de press banca empleando la app My Lift.**

Autor: Daniel Lanza de Andrés

Tutor: Borja Sañudo Corrales

Departamento: Educación Física y Deporte

Curso: 2018-2019

**Resumen:**

El objetivo del presente estudio era analizar la validez de la aplicación My lift utilizando diferentes ángulos de grabación (0°,15° y 30°) frente al gold-standard de referencia (T-force). Para ello, 15 alumnos del Grado Ciencias de la Actividad Física y del Deporte (edad: 21 años  $\pm$  1,28; altura: 175,8cm  $\pm$  6,41; peso: 72,36kg  $\pm$  7,67; IMC: 23,44 kg/m<sup>2</sup>  $\pm$  2,63) fueron seleccionados para el estudio. Los participantes realizaron un test incremental en press banca partiendo de una carga fija de 18 kg hasta alcanzar su 1RM. Los resultados mostraron una alta correlación en los tres ángulos ( r=0,98 para 0° y 15°; y r=0,97 para 30°), sin embargo, atendiendo a los Bland-Altman Plot observamos como la media de la diferencia de la app My lift con respecto al T-Force va aumentando a medida que se incrementa la inclinación del dispositivo (-0,0217 (0°), -0,0275 (15°) y -0,0330 (30°)). Por tanto, los resultados sugieren la posible existencia de diferencias entre ambos dispositivos respecto a la variación de los ángulos en los móviles. No obstante, futuras investigaciones deberán realizar un análisis estadístico en mayor profundidad para determinar si realmente existen dichas diferencias.

**Palabras clave:** entrenamiento de fuerza, velocidad de ejecución, aplicaciones móviles, análisis de vídeo, press banca.

**Abstract:**

The purpose of this study was to analyze the validity of *My lift* application in different angles (0°, 15° and 30°) towards *gold-standard* (T-force). To do this, 15 Sport Science students (age: 21 years  $\pm$  1,28; height: 175,8cm  $\pm$  6,41; weight: 72,36kg  $\pm$  7,67; BMI: 23,44 kg/m<sup>2</sup>  $\pm$  2,63) were selected for this study. Participants completed an incremental bench press test starting with a fix load of 18kg until reaching their one repetition maximum. Results showcase a high correlation in the three different angles (  $r=0,98$  for 0° y 15°; and  $r=0,97$  for 30°), nevertheless, Bland Altman Plot revealed how the mean of the difference of *My lift* app in relation to *T-Force* rise while the inclination of the smartphone increase (-0,0217 (0°), -0,0275 (15°) and -0,0330 (30°)). Therefore, results may indicate the existence of differences between both devices regarding the variation of smartphone angulation. However, future investigation should realize a more deep statistical analysis for determine if there are really differences between them.

**Key words:** resistance training, velocity based training, smartphone apps, video-analysis, bench press.

# ÍNDICE

<b>1</b>	<b>CONTEXTUALIZACIÓN</b> .....	<b>5</b>
1.1	ENTRENAMIENTO DE FUERZA.....	5
1.2	MÉTODOS TRADICIONALES PARA LA CUANTIFICACIÓN DE LA CARGA .....	5
1.3	APARICIÓN DE LA VELOCIDAD DE EJECUCIÓN COMO MÉTODO DE CUANTIFICACIÓN DE LA CARGA .....	7
1.4	DISPOSITIVOS PARA MEDIR LA VELOCIDAD DE EJECUCIÓN.....	8
1.4.1	<i>Plataformas dinamométricas</i> .....	8
1.4.2	<i>Transductores lineales: posición y velocidad</i> .....	8
1.4.3	<i>Acelerómetros</i> .....	9
1.4.4	<i>Video-análisis</i> .....	9
1.5	VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LOS DIFERENTES DISPOSITIVOS: .....	10
<b>2</b>	<b>MÉTODOS</b> .....	<b>14</b>
2.1	PARTICIPANTES.....	14
2.2	PROCEDIMIENTOS .....	14
2.3	TEST INCREMENTAL 1RM.....	15
2.4	OBTENCIÓN DE LOS DATOS E INSTRUMENTOS UTILIZADOS .....	16
2.5	ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	17
<b>3</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>18</b>
<b>4</b>	<b>DISCUSIÓN</b> .....	<b>24</b>
4.1	APLICACIÓN PRÁCTICA .....	27
4.2	LIMITACIONES DEL ESTUDIO.....	27
<b>5</b>	<b>CONCLUSIÓN</b> .....	<b>28</b>
<b>6</b>	<b>PERSPECTIVAS DE INVESTIGACIÓN</b> .....	<b>28</b>
<b>7</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>29</b>

# 1 CONTEXTUALIZACIÓN

## 1.1 ENTRENAMIENTO DE FUERZA

El entrenamiento de fuerza es una de las formas de actividad física más practicada en la actualidad (Thompson, 2017). Este tipo de entrenamiento se lleva utilizando muchas décadas para mejorar el nivel de los deportistas en busca del máximo rendimiento ya que se ha demostrado que unos mayores niveles de fuerza están relacionados con una mejora de diversos parámetros como son el salto vertical, los sprint, cambios de dirección y el rendimiento específico del deporte (Suchomel, Nimphius y Stone, 2016). Sin embargo, este tipo de entrenamiento ya no solo está reservado a deportistas de máximo nivel sino también se ha demostrado válido para otro tipo de poblaciones como son personas con diferentes patologías, niños, adolescentes y personas mayores.

El entrenamiento de fuerza ha demostrado mejoras en cuanto a la prevención de lesiones, capacidad funcional, composición corporal, densidad mineral ósea, prevención de caídas, sensibilidad a la insulina, salud cardiovascular etc. (Suchomel et al., 2016; Winett y Carpinelli, 2001; Phillips y Winett, 2010; Hunter, McCarthy y Bamman, 2004; Hurley, Hanson y Sheaff, 2011; Layne y Nelson, 1999). Estos numerosos beneficios hacen que cada vez haya un mayor consenso para la realización de este tipo de entrenamiento en diversos tipos de poblaciones (Lloyd, Faigenbaum, Stone y Meyer, 2014; Seguin y Nelson, 2003).

## 1.2 MÉTODOS TRADICIONALES PARA LA CUANTIFICACIÓN DE LA CARGA

Debido a esto, se ha buscado la mejor forma de cuantificar tanto la intensidad como el volumen para su aplicación práctica al entrenamiento de esta capacidad. La intensidad se ha definido como el estímulo más importante relacionado con cambios en los niveles de fuerza (Sañudo, Rueda, Pozo, De Hoyo y Carrasco, 2016; González-Badillo y Sánchez-Medina, 2010; Kraemer, Fleck y Deschenes, 1988; Fry, 2004).

Los métodos más comúnmente utilizados en las últimas décadas han sido el uso de porcentajes del 1RM (máxima carga posible que puede levantar un sujeto en una sola repetición) o el número de repeticiones hasta el fallo muscular con una carga submáxima. Si bien, hay numerosas estrategias que también permiten el control de este parámetro (ej. valoración subjetiva del esfuerzo).

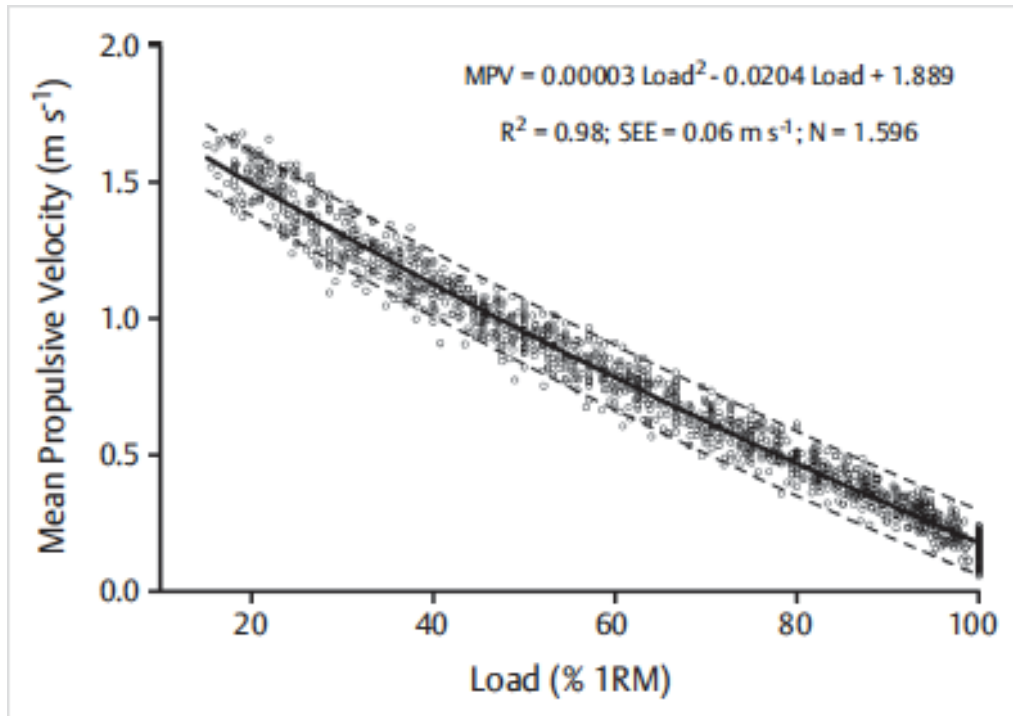
El método directo de medición del 1RM consiste en realizar un test incremental máximo mediante el cual se escoge una carga inicial con la que empezar el test hasta alcanzar el máximo peso que el atleta pueda levantar con el rango de movimiento completo. Sin embargo, tiene que lidiar con una serie de inconvenientes: un posible mayor riesgo de lesión cuando se realiza incorrectamente en sujetos sin experiencia o ancianos, la falta de eficiencia cuando se deben realizar mediciones en grandes grupos debido al tiempo empleado en realizar dicho test o la necesidad de realizar evaluaciones continuas debido a los cambios que se producen en breves periodos de tiempo (González-Badillo y Sánchez-Medina, 2010; Balsalobre-Fernández, Marchante, Muñoz y Jiménez, 2017; Braith, Graves, Leggett y Pollock, 1993; Brzycki, 1993; Mayhew, Ball, Arnold y Bowen, 1992).

Con respecto a métodos indirectos encontramos diferentes tipos de ecuaciones que estiman el 1RM mediante fórmulas que incluyen el número máximo de repeticiones realizadas hasta el fallo muscular con un carga determinada. Por otro lado, realizar el máximo número de repeticiones hasta el fallo muscular provoca una disminución del rendimiento posterior a la realización del test, incluso en atletas entrenados, debido a la gran cantidad de fatiga acumulada (Balsalobre-Fernández, Kuzdub, Poveda y Campo, 2016; Pollock et al., 1991; Gorostiaga et al., 2012; Izquierdo-Gabarren et al., 2009).

### 1.3 APARICIÓN DE LA VELOCIDAD DE EJECUCIÓN COMO MÉTODO DE CUANTIFICACIÓN DE LA CARGA

Consecuentemente, en los últimos años se ha producido una búsqueda de métodos más efectivos para la cuantificación de la carga de entrenamiento como es la prescripción de la intensidad y/o el volumen basado en la velocidad de ejecución (González-Badillo y Sánchez-Medina, 2010; González-Badillo, Yañez-García, Mora-Custodio y Rodríguez-Rosell, 2017)

Este método se basa en la relación existente entre la carga (fuerza) y la velocidad, la cual muestra que cargas altas se mueven a velocidades más bajas mientras que cargas más ligeras se mueven a velocidades mayores. Como podemos observar en la figura 1, González-Badillo y Sánchez-Medina (2010) comprobaron la relación existente entre el porcentaje de 1RM y la velocidad media propulsiva. Por lo que conociendo la velocidad a la que se desplaza un determinado peso podemos estimar de una forma muy precisa el porcentaje de carga utilizado (% 1RM).



**Figura 1:** Relación entre la carga y la velocidad media propulsiva.

Por lo que, el 1RM y su respectivos porcentajes pueden ser calculados sin la necesidad de tener que recurrir a los test tradicionales. Sin embargo, la mayor desventaja de este método es la necesidad de disponer de dispositivos que permitan medir dicha velocidad.

#### 1.4 DISPOSITIVOS PARA MEDIR LA VELOCIDAD DE EJECUCIÓN

Con respecto a los dispositivos actuales que se utilizan para medir la velocidad de ejecución podemos dividirlos en cuatro grandes categorías:

##### 1.4.1 Plataformas dinamométricas

Las plataformas dinamométricas o plataformas de fuerza son sistemas de análisis cinético del movimiento que permiten medir las fuerzas ejercidas sobre el plano de apoyo durante la marcha, la carrera o el salto. Están equipadas de unos sensores unidos a un sistema eléctrico de amplificación y registro, dichos sensores permiten medir la fuerza aplicada sobre la plataforma en los tres ejes del espacio (Collado-Vázquez, 2004).

Por su elevado coste y problemas de portabilidad no se suelen ver fuera de los laboratorios y por tanto no suelen utilizarse para medir la velocidad de ejecución en contextos diferentes al de investigación.

##### 1.4.2 Transductores lineales: posición y velocidad

Unos de los primeros dispositivos que surgen para la medición de la velocidad de ejecución son los transductores lineales de velocidad y posición (Courel-Ibañez et al., 2019). Estos transductores, también conocidos como encoders, consisten en un sensor con un cable que se acopla a la barra y mide la velocidad de desplazamiento de esta mediante registro de señales eléctricas proporcionales a la velocidad del



cable (transductor de velocidad) o diferenciando el desplazamiento del cable con respecto al tiempo en el caso de los transductores de posición (Balsalobre-Fernández et al., 2017).

Recientemente, han surgido otros dispositivos conocidos como transductores ópticos de posición, que permiten medir directamente mediante un cámara de infrarrojos la posición de un objeto en cada instante de tiempo (cada dos milisegundos concretamente- ej. la barra en un press de banca), obteniendo por derivación el resto de variables (Sañudo, 2017; Peña García-Orea, Heredia, Aguilera, Arenas y Pérez, 2017).

### 1.4.3 Acelerómetros

Consiste en un dispositivo inalámbrico (normalmente un brazalete como en el caso de la Push band) constituido por un acelerómetro triaxial y un giroscopio. El brazalete puede colocarse en el antebrazo del atleta o en el barra y transmiten los datos a través de bluetooth o Wi-fi a una aplicación móvil. Miden la velocidad de ejecución integrando los datos de aceleración con respecto al tiempo.

### 1.4.4 Video-análisis

Uno de los últimos dispositivos en aparecer han sido las aplicaciones móviles (ej. My lift o BarSense) capaces de estimar la velocidad de ejecución a través de cámaras de alta velocidad. Para ello la aplicación calcula el tiempo (en milisegundos) entre dos frames seleccionados por el usuario (inicio y fin de la fase concéntrica), posteriormente, para obtener la velocidad de la barra se basa en la ecuación:

$$V = e/t.$$

Donde “v” es la velocidad de la barra (en m/s), “e” el rango de movimiento del ejercicio (ejemplo: en el caso del press banca se mide la distancia vertical de la barra al pecho en la posición final de la fase concéntrica- este valor necesita ser introducido en la app), y “t” es el tiempo de la fase concéntrica del levantamiento

determinado por la frecuencia de muestreo de la cámara empleada (Balsalobre-Fernández et al., 2017).

### 1.5 VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LOS DIFERENTES DISPOSITIVOS:

En este apartado comentaremos las ventajas e inconvenientes de los diferentes dispositivos utilizados para la medición de la velocidad, obviando, las plataformas dinamométricas ya que no se suelen utilizar prácticamente para este objetivo. Para ello nos basaremos en la tabla de Peña García-Orea et al (2017):

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)
<b>Medición directa</b> (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-
<b>Medición indirecta</b> (según modelos)	Velocidad (= e/t) Fuerza (= m x a) Aceleración (= e/t <sup>2</sup> ; v <sup>2</sup> -v <sup>1</sup> /t <sup>2</sup> -t <sup>1</sup> ; F/m) Potencia (= F x e/t)	Velocidad (= e/t) Fuerza (= m x a) Aceleración (= e/t <sup>2</sup> ; v <sup>2</sup> -v <sup>1</sup> /t <sup>2</sup> -t <sup>1</sup> ; 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 <sup>2</sup> )
<b>Frecuencia de muestreo</b> (según modelos)	200-1000 Hz.	500 Hz.	200-1000 Hz.	50-200 Hz.	240 fps (Hz)
<b>Variables mecánicas mostradas por el software/app</b> (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)
<b>Ventajas</b> (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

<b>Inconvenientes y limitaciones</b> (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
<b>Marcas comerciales</b> (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)

**Figura 2:** Tabla-resumen de los diferentes dispositivos utilizados para la medición de la velocidad de ejecución.

Con respecto a los transductores lineales, ya sean de velocidad o posición, son considerados como los gold-standard para las mediciones de la velocidad de ejecución, es decir, son considerados como la referencia para probar la validez y fiabilidad de otros dispositivos.

Además de la fiabilidad de dichos dispositivos, podemos destacar como puntos positivos el feedback instantáneo y su software, que permite cuantificar la carga durante la propia ejecución e incluso programar una señal acústica que permita al atleta conocer cuando no está llegando a la velocidad requerida o cuando debe finalizar el entrenamiento por un porcentaje de pérdida de velocidad previamente marcado. También deberíamos destacar la cantidad de variables registradas y la posibilidad de exportación de los datos almacenados.

Sin embargo, el problema principal de dichos dispositivos es su actual coste (500-3500€), al igual que su portabilidad y necesidades logísticas (Sánchez- Pay et al., 2019), lo que limita mucho su accesibilidad a un mayor público y su uso en el campo de las Ciencias del Deporte fuera del laboratorio o sala de musculación. Asimismo cabe destacar el hecho de que está restringido a movimientos lineales, esto podría conllevar errores en la medición en ejercicios con peso libre (por ejemplo en press

banca, ya que la trayectoria no es completamente vertical) (Van Den Tillaar y Ettema, 2009).

Los transductores ópticos (Ej. Velowin) presentan prácticamente las mismas ventajas e inconvenientes. Teniendo en cuenta que como puntos a favor no necesita tener un cable unido a la barra y su precio es inferior (550€); si bien es cierto que requieren conexión a red eléctrica además de la necesaria calibración que podría resultar más tediosa que con los medios anteriormente mencionados.

Los acelerómetros cuentan con la ventaja de la portabilidad, la facilidad de la calibración del aparato así como el feedback instantáneo que proporciona con su transmisión de datos directa a la aplicación del móvil. Sin olvidar la competitividad de su precio respecto a las anteriores opciones (200-350€). No obstante, hay que ser cautos con la fiabilidad y estabilidad de las medidas así como con la ubicación del sensor. De hecho, Courel-Ibañez et al (2019) señalan la baja repetibilidad de los acelerómetros frente el gold-standard, particularmente en el ejercicio “pull pronó en banca” donde obtuvo los errores más grandes en cuanto a velocidad media.

Por último, solo permiten la medición de la fase concéntrica y no registra la velocidad media propulsiva. Esto supone un lastre debido a que la velocidad media contempla tanto la parte propulsiva como la acción de frenado (valor negativo) de la fase concéntrica. Por tanto y atendiendo al estudio de Sánchez-Medina, Pérez y González-Badillo (2010), esto hace que los valores obtenidos no reflejen de la mejor manera el verdadero potencial neuromuscular del deportista, sobre todo con cargas menores al 70% del 1RM (cuanto más ligera sea la carga, mayor será la acción de frenado en la fase concéntrica y por tanto al ser la acción de frenado negativa conllevará el hecho de que la media baje con respecto a la velocidad media propulsiva).

En las aplicaciones móviles dispuestas para el video-análisis nos encontramos un precio muy asequible (Ej. actualmente My lift se puede adquirir por menos de 11€ en el app store), destaca también la portabilidad ya que no necesita ningún elemento

externo al propio smartphone y el uso intuitivo de la interfaz con acceso a videotutoriales que explican paso por paso como realizar la medición.

Por otro lado, la mayor desventaja que nos encontramos es que las medidas se obtienen después de seleccionar los frames manualmente y por tanto no hay un feedback instantáneo sobre la velocidad de ejecución. Debido también a la sencillez del método utilizado para obtener la velocidad la aplicación no registra la velocidad media propulsiva al igual que sucede con los acelerómetros. Necesitamos ser cautos también con fiabilidad de las medidas indirectas, la estandarización de la grabación y contar con una cámara súper lenta de cantidad de fotogramas por segundo adecuada (60-240fps).

En cuanto a los estudios de validez, fiabilidad y reproducibilidad existentes se muestran algunos resultados contradictorios debido a las diferencias de criterio en cuanto a: la muestra seleccionada (ejemplo: uso exclusivo de cargas bajas- $<1\text{m/s}$ ), diferencias en el establecimiento de los límites para determinar la validez o fiabilidad de los dispositivos con respecto a los valores obtenidos (ejemplo: valores de  $\text{ICC}>0,90$  o  $\text{ICC}>0,997$  según los autores), posible conflictos de intereses (estudios realizados por los mismos fabricantes del producto) etc.

A pesar de todo esto, y desde un punto de vista práctico, las aplicaciones móviles parecen ser una alternativa sencilla y económica para el control de la velocidad de ejecución en el entrenamiento de fuerza; sin embargo, ha quedado patente que son muy limitados los estudios que han analizado la validez, fiabilidad y reproducibilidad de estos dispositivos (Pérez-Castilla, Piepoli, Delgado, Garrido y García, 2019; Pérez-Castilla et al., 2019; Balsalobre-Fernández et al., 2017; Courel-Ibañez et al., 2019). Además, bajo nuestro conocimiento, ninguno de estos estudios ha tenido en cuenta las limitaciones inherentes a un análisis de vídeo en 2D (percepción de distancias, profundidad, etc.). Debido a esto el objetivo del presente estudio es de *“analizar las diferencias de velocidad media en función de diferentes ángulos de grabación en un test incremental de press banca empleando la app My Lift”*

## 2 MÉTODOS

### 2.1 PARTICIPANTES

Los participantes en el presente estudio fueron 15 alumnos de la Universidad de Sevilla pertenecientes al Grado de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte (edad: 21 años  $\pm$  1,28; altura: 175,8cm  $\pm$  6,41; peso: 72,36kg  $\pm$  7,67; IMC: 23,44 kg/m<sup>2</sup>  $\pm$  2,63). La media de su repetición máxima (1RM) en press de banca varió desde 44 a 103 kg (media 72,67 $\pm$  17,82). El protocolo cumplió con los principios éticos promovidos por la Declaración de Helsinki para la experimentación con seres humanos. Los participantes fueron advertidos de los potenciales riesgos a los que estaban envueltos y proveyeron su consentimiento informado antes de realizar las mediciones correspondientes.

### 2.2 PROCEDIMIENTOS

Previamente a la ejecución del test se obtuvo el rango de movimiento de cada sujeto en el ejercicio de press banca en multipower. La medición se realizó siguiendo el procedimiento que marca la aplicación My lift: *“medir la distancia vertical desde el pecho hasta la barra con los codos totalmente extendidos”*



**Figura 3 :** Medición del ROM en press banca con cinta métrica.

Posteriormente, a los participantes se le dieron instrucciones previas acerca de cómo realizar una buena técnica de levantamiento (a pesar de que estuvieran familiarizados con el ejercicio) además de una breve charla sobre el tipo de protocolo que se iba a realizar.

Se resaltó la importancia de que la barra tocará el cuerpo del atleta en cada una de las repeticiones para no alterar el rango de movimiento previamente medido a expensas de la carga utilizada. Además, a cada sujeto se le hizo hincapié en realizar la fase concéntrica a la máxima velocidad intencional posible. Para finalizar, se realizó un calentamiento previo de cinco repeticiones con una carga fija de 18 kg donde se instaba al sujeto a realizar la fase concéntrica de manera explosiva.

### 2.3 TEST INCREMENTAL 1RM

Los participantes en el estudio realizaron un test incremental de 1RM en press banca en una máquina Smith (Multipower, Technogym, España). El protocolo comenzaba con una carga inicial fija de 18 kilos (peso de la barra). Sucesivamente, el peso iba incrementando diez kilos en cada serie hasta que la velocidad media registrada en fase concéntrica fuera menor de 0,5 m/s. A partir de ahí, la carga se ajustaba con incrementos menores (2-5kg). El procedimiento continuaba hasta que el participante no fuera capaz de realizar una repetición con el rango de movimiento completo.

Las repeticiones por serie variaban en función de la velocidad de ejecución de los participantes, se realizaban tres repeticiones cuando la velocidad superaba 1,15 m/s, dos repeticiones cuando la velocidad media se situaba entre 1,15 y 0,5 m/s y finalmente una única repetición cuando la velocidad media era inferior a 0,5 m/s. (protocolo modificado de Conceição, Fernandes, Lewis, González-Badillo y Jiménez, 2015).

El descanso fijado era de 2 a 4 minutos dependiendo del porcentaje estimado que ejecutaba el participante.

## 2.4 OBTENCIÓN DE LOS DATOS E INSTRUMENTOS UTILIZADOS

Todos los test fueron evaluados por medio de un transductor lineal de posición (T-Force, T-Force System Ergotech, Murcia, España) enganchado a la barra y que registraba con una frecuencia de muestreo de 1000Hz. Al mismo tiempo, tres iPhone 6 (versión IOS 12.2) registraban las ejecuciones a través de la aplicación My Lift con una frecuencia de 240fps y una calidad de 720p. Dichos smartphone se encontraban colocados en tres trípodes independientes, cada uno contaba con una angulación diferente ( $0^\circ$ ,  $15^\circ$  y  $30^\circ$ ), a una distancia y altura, con respecto a la barra, de 2,30 y 1,26 metros respectivamente.



**Figura 4:** Perspectiva lateral de la distancia y altura a la que se encontraban los móviles respecto a la barra.

La velocidad media instantánea de la fase concéntrica se calculaba mediante el transductor lineal, mientras que, las grabaciones de los móviles se utilizarían para su posterior análisis manual. Dicho análisis, se realizaba mediante la propia app de la siguiente manera: una vez seleccionado el perfil del atleta se analizaba la repetición más rápida de cada serie (medida previamente por el T-Force) con cada una de las diferentes cargas y con cada uno de los distintos ángulos registrados ( $0^\circ$ ,  $15^\circ$  y  $30^\circ$ ).



El inicio del levantamiento fue considerado el primer fotograma en el cual la barra se despega del pecho del sujeto, y la conclusión de este fue el primer fotograma en el cual la barra finaliza su desplazamiento vertical, basándome en el procedimiento que siguió Balsalobre-Fernández et al (2017) en el artículo de validación de la aplicación.

Con esto obtenemos el tiempo (en milisegundos) entre los dos frames y a partir de ahí la app nos estima directamente la velocidad de ejecución del ejercicio basándose en la formula  $V = e/t$

## 2.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Primero, se realizó un análisis descriptivo sobre la muestra seleccionada, el cual ha sido mencionado anteriormente y se encuentra reflejado en la Tabla 1. Consecuentemente, realizamos una regresión lineal comparando la velocidad media del transductor lineal T-force con la velocidad media obtenida con la app My lift en cada una de las diversas angulaciones (0, 15 y 30°). Posteriormente se representarían los datos obtenidos mediante tres gráficos de dispersión simple (uno para cada de las angulaciones).

También se realizaron tres prueba T obteniendo así la media y la desviación típica de la diferencia de cada uno de los datos en las diversas angulaciones (0, 15 y 30°), esto nos serviría para calcular los intervalos de confianza para la representación en el Bland-Altman Plot, gracias a este tipo de gráfico podemos identificar potenciales diferencias de la media. Asimismo obtuvimos el error estándar de la estimación, el cual es una medida que refleja el error típico de las mediciones. Todos estos cálculos se obtuvieron usando IBM SPSS Statistics versión 25 (IBM, USA).

### 3 RESULTADOS

En la Tabla 1 se muestra las características descriptivas de la muestra. Los sujetos tenían una media de 21 años y un promedio de RM estimado para el press de banca de  $73 \pm 18$  kg.

**Tabla 1.** Análisis descriptivo de los participantes (n=15)

	Mean	Sd	Rango
Edad (años)	21,27	1,28	19-24
Altura (cm)	175,8	6,41	169-190
Peso (kg)	72,36	7,67	60,6-87,9
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	23,44	2,63	19,8-30,8
1RM estimado (kg)	72,67	17,8	44-103

IMC: Índice masa corporal

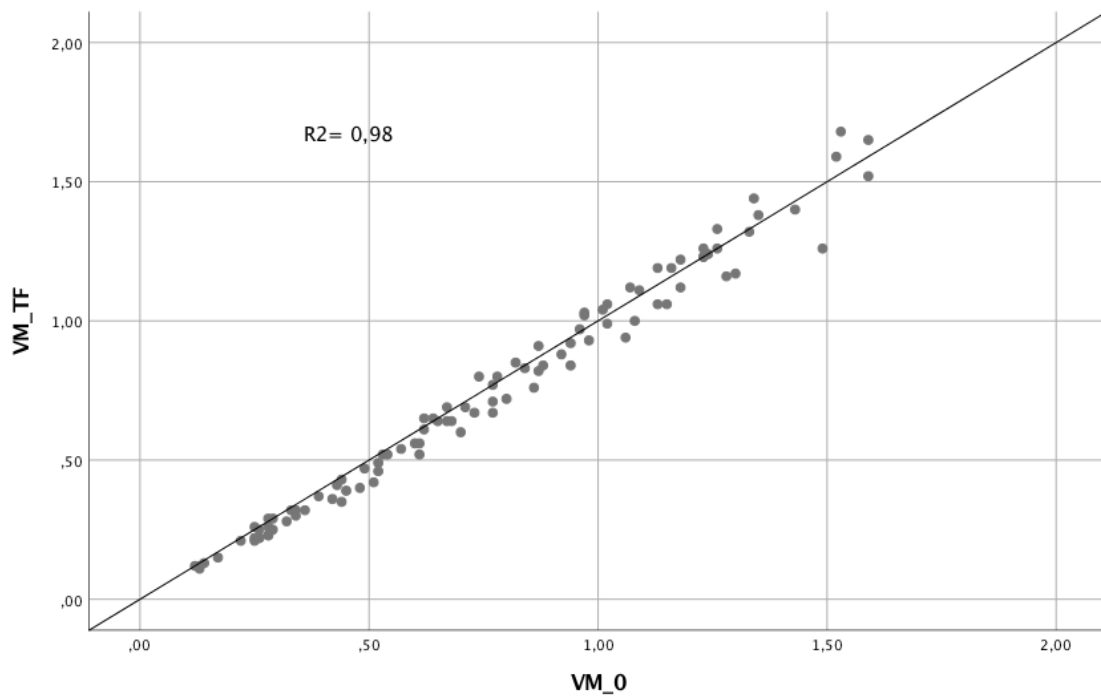
En la Tabla 2 podemos observar la desviación estándar de la media (bias) y el coeficiente de correlación de Pearson (r) así como sus intervalos de confianza al 95% para cada una de las cargas en las diferentes angulaciones registradas en relación con la velocidad media registrada en el T-force. Como puede observarse, la correlación varió de 0.90 hasta 1.00 en todas las cargas y el SEE desde 0.01 hasta 0.11, siendo superior a cargas más bajas en todas las angulaciones.

**Tabla 2.** Análisis para cada carga de cada una de las diversas angulaciones registradas.

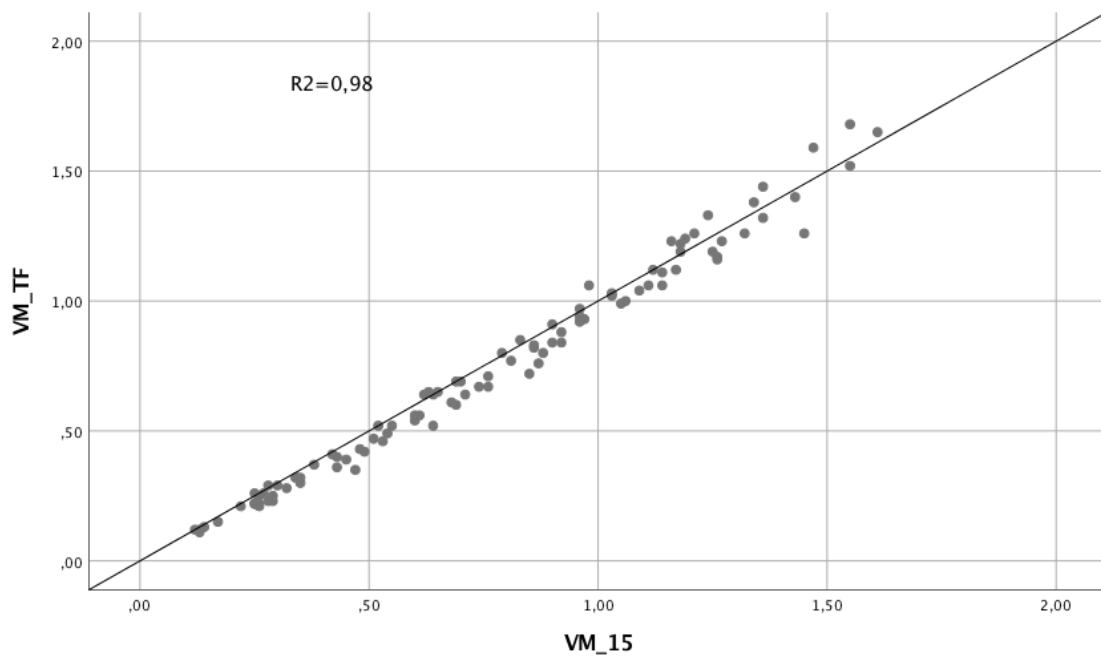
VM-0	N	Sig bilateral	Bias	Sd	IC upper	IC lower	R	IC upper R	IC lower R	SEE
18kg	15	0,70	-0,01	0,08	0,16	-0,17	0,90	0,96	0,71	0,09
28kg	15	0,26	0,02	0,07	0,15	-0,11	0,95	0,98	0,84	0,07
38kg	15	0,04	0,03	0,06	0,14	-0,08	0,98	0,99	0,92	0,06
48kg	14	0,05	0,03	0,05	0,13	-0,07	0,98	0,99	0,92	0,05
58kg	12	0,03	0,03	0,04	0,12	-0,05	0,98	0,99	0,93	0,04
68kg	15	0,00	0,04	0,01	0,07	0,01	1,00	0,99	0,98	0,01
78kg	7	0,01	0,01	0,01	0,03	0,00	1,00	1	0,99	0,01
VM-15	N	Sig bilateral	Bias	Sd	IC upper	IC lower	R	IC upper R	IC lower R	SEE
18kg	15	0,55	-0,01	0,08	0,15	-0,21	0,90	0,96	0,72	0,09
28kg	15	0,09	0,03	0,06	0,14	-0,22	0,96	0,98	0,88	0,06
38kg	15	0,00	0,04	0,04	0,12	-0,19	0,99	0,99	0,96	0,04
48kg	14	0,01	0,04	0,04	0,12	-0,19	0,98	0,99	0,94	0,04
58kg	12	0,00	0,06	0,03	0,12	-0,21	0,99	0,99	0,95	0,03
68kg	15	0,00	0,04	0,02	0,08	-0,14	0,99	0,99	0,96	0,02
78kg	7	0,01	0,02	0,02	0,05	-0,09	1,00	1	0,99	0,01
VM-30	N	Sig bilateral	Bias	Sd	IC upper	IC lower	R	IC upper R	IC lower R	SEE
18kg	15	0,44	0,02	0,08	0,18	-0,15	0,90	0,96	0,72	0,09
28kg	15	0,27	0,03	0,10	0,23	-0,17	0,87	0,95	0,64	0,11
38kg	15	0,00	0,05	0,04	0,14	-0,04	0,98	0,99	0,95	0,05
48kg	14	0,00	0,04	0,04	0,13	-0,05	0,98	0,99	0,93	0,05
58kg	12	0,00	0,05	0,04	0,12	-0,03	0,98	0,99	0,93	0,04
68kg	15	0,00	0,04	0,02	0,07	0,00	1,00	0,99	0,98	0,02
78kg	7	0,01	0,01	0,01	0,03	-0,01	1,00	1	0,99	0,01

N: Tamaño de la muestra; sig bilateral: p-value; bias: distancia media de la diferencia a 0; sd: desviación típica; IC: intervalo de confianza; R: coeficiente de correlación de Pearson; SEE: error estándar de la estimación.

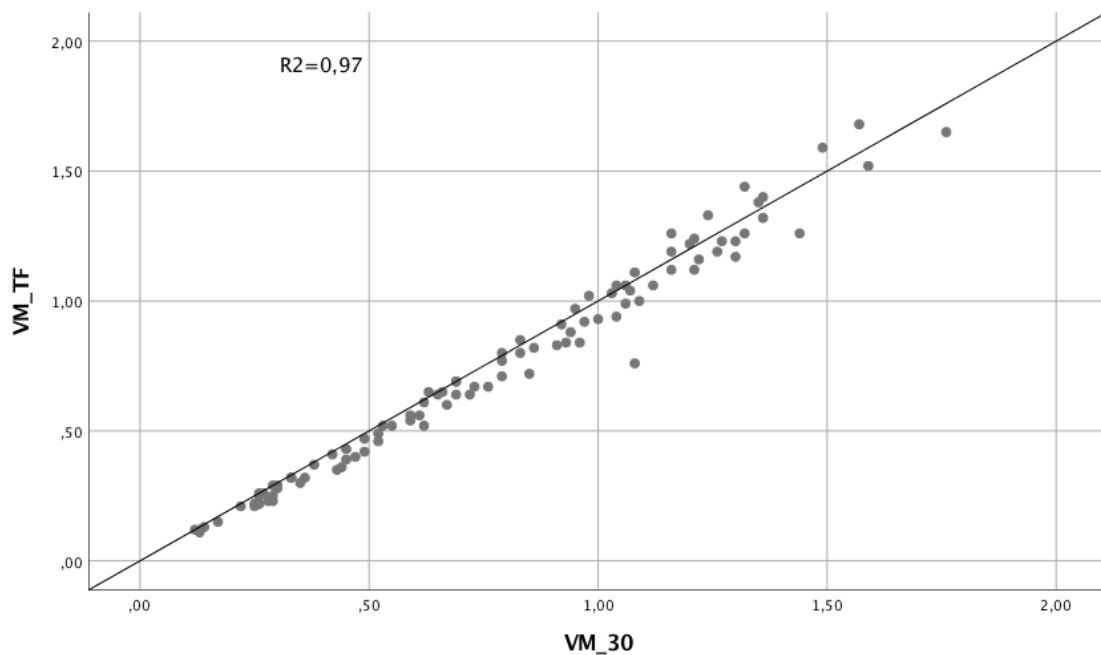
En las figuras 5 a la 7 se puede observar la correlación entre la VM obtenida con la aplicación y la obtenida con el encoder a 0° (Figura 5), 15° (Figura 6) y 30° (Figura 7). Los cuales reflejan un coeficiente de correlación de 0,98; 0,98 y 0,97 respectivamente.



**Figura 5:** Gráfico de correlación de Pearson para 0°.

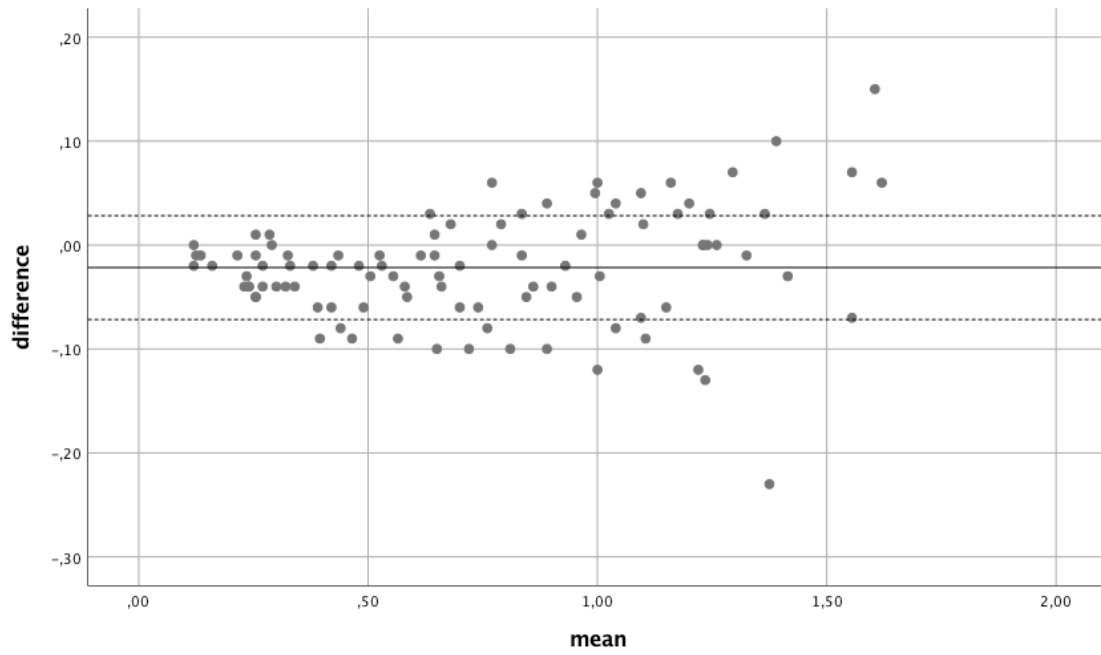


**Figura 6:** Gráfico de correlación de Pearson para 15º.

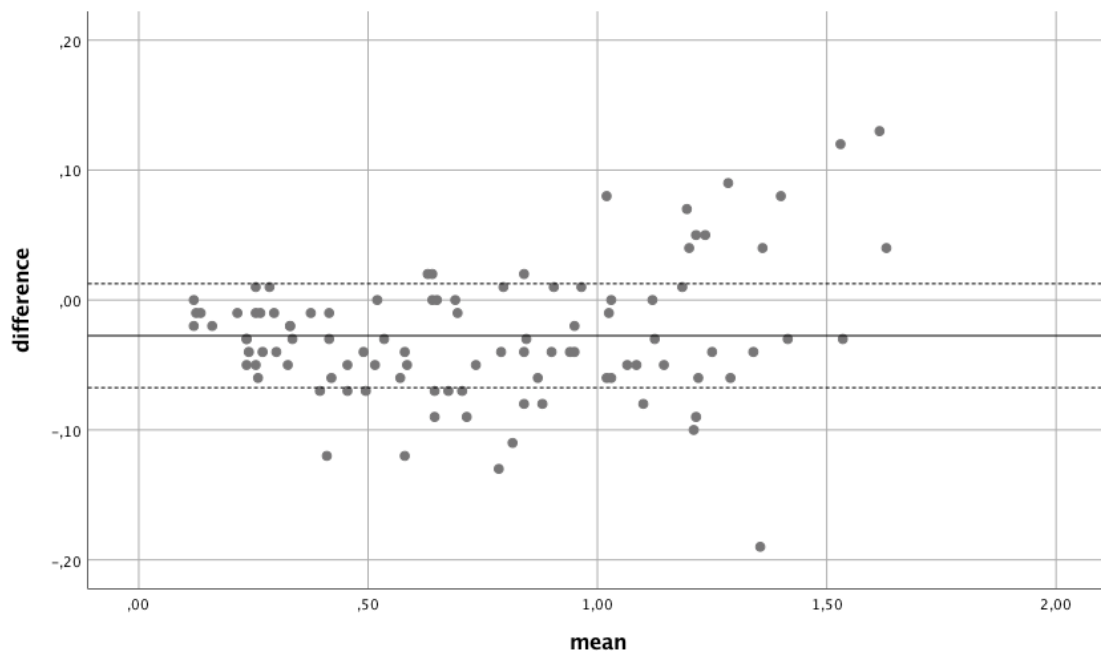


**Figura 7:** Gráfico de correlación de Pearson para 30º.

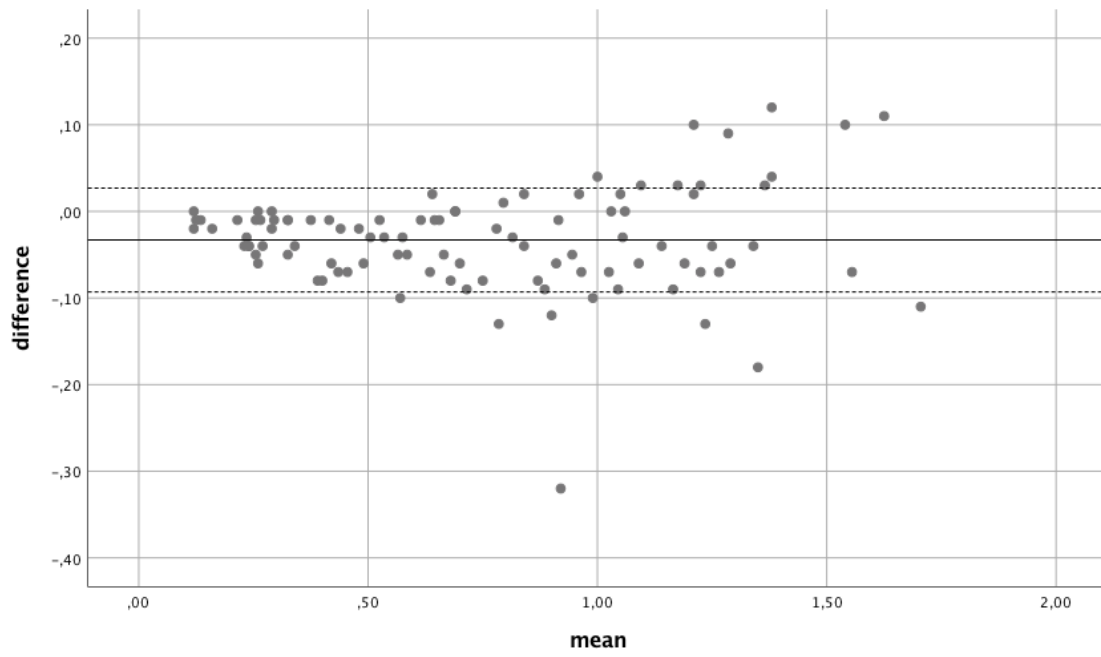
Por último, en las figuras 8 a la 10 se muestra los gráficos de los Bland-Altman Plot con los límites de aceptación de la VM en las diferentes angulaciones 0º (Figura 4), 15º (Figura 5) y 30º (Figura 6). El bias representa la diferencia entre las medias de las diferencias y 0, siendo negativo en los tres casos muestra que el transductor lineal T-Force mostró valores superiores que la aplicación My lift.



**Figura 8:** Gráfico Bland Altman Plot para 0°.



**Figura 9:** Gráfico Bland Altman Plot para 15°.



**Figura 10:** Gráfico Bland Altman Plot para 30°.

## 4 DISCUSIÓN

Este estudio fue realizado para comprobar la validez de las medidas de velocidad media en la ejecución de un press de banca obtenidas a través de la aplicación My lift en diferentes planos (0°, 15 y 30°) en comparación con un transductor lineal (T-Force).

En el presente estudio, la alta correlación obtenida ( $r^2= 0,87$  a  $1.00$ ) para la velocidad media muestra que los datos obtenidos con ambos métodos (My lift y T-Force) reflejan un alto nivel de asociación. Esto nos hace considerar el hecho de que el análisis de video puede ser un método preciso para determinar la intensidad real en el entrenamiento de fuerza (Balsalobre-Fernández et al., 2017). Sin embargo, habría que ser cautos a la hora de asumir que altos niveles de correlación equivalgan a una validez de los diferentes métodos de medición debido a que como señala Sánchez- Pay et al (2019): *“los análisis de correlación fueron incapaces de detectar la sistemática sobrestimación de los datos por parte del análisis de video manteniendo incluso una correlación muy alta ( $r=0,96$ ) en el peor de los casos”*. Este hecho sugiere la necesidad de llevar a cabo un análisis más complejo y exhaustivo para obtener inferencias adecuadas, así como valorar si las asociaciones utilizadas para las evaluaciones tecnológicas deberían ser superiores a las utilizadas en el ámbito clínico ( $r > 0,90$ ).

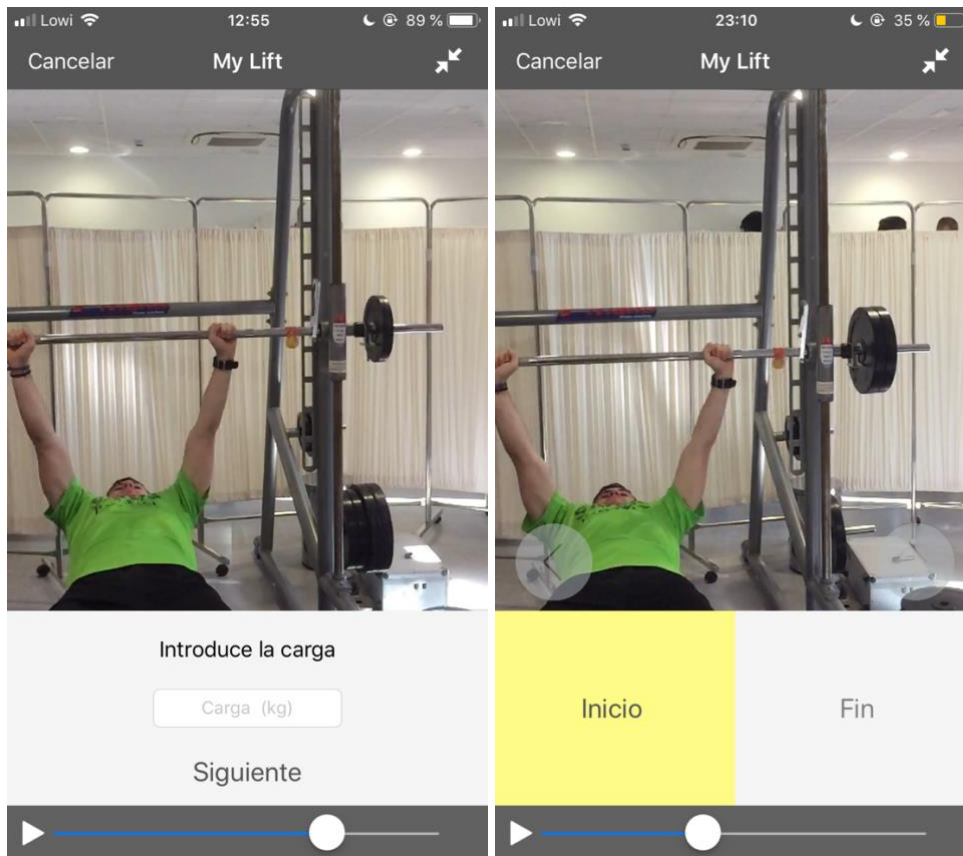
Debido a esto realizamos un análisis más complejo basándonos en los Bland Altman Plot, así comprobamos tanto el bias como el error estándar de la estimación. Observamos que el bias (diferencia en las medias) se mantiene en valores cercanos a 0 y no supera niveles mayores a 0,07 para ninguna de las cargas en ninguno de los ángulos. Este valor ha sido considerado en estudios previos (González-Badillo y Sánchez Medina, 2010; Courel-Ibañez et al., 2019), como el límite para establecer un nivel de discrepancia alto-moderado respectivamente, ya que rangos de variaciones entre 0,07 y 0,09 se asocian a incrementos del 5% del RM y por tanto pueden considerarse como un valor de referencia por el que la carga variara significativamente. En cuanto al error estándar de la estimación, cuanto menor sea este valor, más cerca se encuentran los valores respecto a la línea de regresión y por



tanto mejores son las estimaciones (Courel Ibañez et al., 2019). En el presente estudio estos valores se situaron entre 0,01-0,09; 0,01-0,09 y 0,01-0,11 para 0º, 15º y 30º respectivamente. Por tanto, es posible observar cómo existen mayores valores de error estándar de la estimación para 30º en comparación con 0º y 15º, así como para todas las cargas comprendidas entre 18 y 28 kg en cada una de las angulaciones.

Además podemos intuir diferencias en cuanto a la dispersión de los datos si comparamos las tres angulaciones seleccionadas en los Bland-Altman Plot. Esto puede asociarse a que una alteración del plano mediante la variación del ángulo de la grabación puede reportar diferencias en los valores de velocidad obtenidos. Asimismo, hay que considerar que en el press banca con peso libre la trayectoria no es completamente vertical, esto podría conllevar errores en la medición debido a la intervención de más de un plano (Van Den Tillaar y Ettema, 2009). Sin embargo, en este estudio estos problemas fueron solventados al utilizar una máquina Smith.

A su vez cabe destacar que en este estudio no se ha reportado una sobrestimación de la velocidad medida mediante el análisis de video para cargas bajas como si ha ocurrido en otros estudios (Sañudo et al., 2016; Sánchez-Pay et al., 2019). Esto puede deberse a que se siguió rigurosamente las instrucciones proporcionadas por Balsalobre-Fernández et al (2017) no seleccionando el fotograma final hasta que la barra no finalizara su desplazamiento vertical en vez de cuando los codos estuvieran completamente extendidos. Esto puede marcar la diferencia sobre todo ante velocidades altas ( $VM > 1\text{m/s}$ ) debido a que se observa un mayor rango de movimiento con respecto a otras repeticiones con cargas más altas. Esto probablemente pueda ser debido a la mayor necesidad de controlar el movimiento en la fase de frenado de la fase concéntrica, la cual es más alta ante carga más bajas según el estudio de Sánchez-Medina et al (2010).



**Figura 11** : Diferencias de ROM en el mismo sujeto con 28 kg y 58kg.

Por último, con respecto a los Bland-Altman Plot, observamos como la media de la diferencia va aumentando a medida que incrementa la inclinación del móvil con valores de  $-0,0217$  ( $0^\circ$ ),  $-0,0275$  ( $15^\circ$ ) y  $-0,0330$  ( $30^\circ$ ). Esto nos indica que los valores obtenidos por el dispositivo se alejan más de los valores marcados por el T-Force a medida que aumenta el ángulo de inclinación.

Además, dado que la diferencia es negativa podemos afirmar que los valores de VM obtenidos con la aplicación My lift son menores respecto a los parámetros marcados por el T-force para todas las angulaciones.

Sin embargo, si por ejemplo observamos la media de las diferencias para la franja de carga de 18kg y la de 68kg observamos como tal media es positiva en la franja de 68kg para las tres angulaciones:  $0,036$  ( $0^\circ$ );  $0,035$  ( $15^\circ$ ) y  $0,035$  ( $30^\circ$ ), además no hay una substancial diferencia en los resultados de los tres ángulos. No obstante, en

el caso de la franja de 18 kg la diferencia entre los tres ángulos es evidente: -0,009 (0º), -0,013 (15º) y 0,017 (30º).

Por lo que podríamos concluir que no podemos extraer conclusiones generales acerca de la tendencia en una angulación concreta si no tenemos en cuenta lo que sucede en cada una de las diferentes franjas de cargas.

#### 4.1 APLICACIÓN PRÁCTICA

Los resultados obtenidos nos hacen pensar que la varianza en la dispersión de los datos en 15º y 30º frente a 0º pueden suponer un mayor error en los resultados de velocidad obtenidos en dichos ángulos respecto a 0º.

Debido a esto, acordar una angulación estandarizada (ej: 0º) para la grabación de las ejecuciones en los diferentes ejercicios de fuerza podría ayudar a reducir la variabilidad de los datos obtenidos debido a una posible utilización de diferentes planos en la grabación de las tomas.

#### 4.2 LIMITACIONES DEL ESTUDIO

En cuanto a las limitaciones del estudio cabe destacar el reducido tamaño de la muestra (n=15) debido a problemas logísticos por la necesidad de contar tres dispositivos (iPhone 6) a la vez para las mediciones.

A su vez cabe destacar que solo una persona ha realizado el análisis manual de los datos mediante la aplicación My lift. Por tanto, la fiabilidad inter-observador no se ha podido comprobar mediante el doble análisis de los datos obtenidos por dos analistas independientes.

Por último, hay que tener en cuenta que el rango de movimiento medido previamente no se ajusta a la realidad ante cargas bajas debido a la necesidad de

controlar la fase de frenado de la barra, la cual es mayor ante cargas bajas y altera el ROM del ejercicio.

## **5 CONCLUSIÓN**

A partir de los datos cosechados, se ha obtenido una muy buena correlación entre la VM de la app My lift y la VM del T-force para cada una de las diferentes angulaciones (0,98 para 0º y 15º; y 0,97 para 30º).

Sin embargo, observamos que el bias muestra una tendencia a sobrestimar los valores obtenidos a medida que aumenta la angulación. Eso unido a los tres gráficos de Bland-Altman sugiere la posibilidad de que puedan existir diferencias con respecto a las tres distintas angulaciones.

## **6 PERSPECTIVAS DE INVESTIGACIÓN**

A pesar de esto, debemos ser cautos con estas conclusiones debido a las limitaciones con las que cuenta este estudio, las cuales han sido mencionadas previamente, por lo que futuras investigaciones deberán realizar un análisis estadístico en mayor profundidad con el fin de determinar si existen diferencias significativas en las medidas obtenidas en los análisis de video variando los ángulos de grabación. Además de contar con una muestra que permita extraer conclusiones concluyentes en los diferentes rangos de cargas. Por último, sería conveniente establecer unos criterios definidos para determinar la validez y la fiabilidad de los diferentes dispositivos utilizados para medir la velocidad de ejecución. Así, evitaríamos posibles conflictos de interés y resultados contradictorios por parte de diferentes grupos de investigación.

## 7 BIBLIOGRAFÍA

1. Balsalobre-Fernández, C., Marchante, D., Muñoz-López, M., & Jiménez, S. (2017). Validity and reliability of a novel iPhone app for the measurement of barbell velocity and 1RM on the bench-press exercise. *Journal of Sports Sciences, 36*(1), 64-70.  
doi: 10.1080/02640414.2017.1280610
2. Balsalobre-Fernández, C., Kuzdub, M., Poveda-Ortiz, P., & Campo-Vecino, J. (2016). Validity and Reliability of the PUSH Wearable Device to Measure Movement Velocity During the Back Squat Exercise. *Journal of Strength And Conditioning Research, 30*(7), 1968-1974.  
doi: 10.1519/jsc.0000000000001284
3. Braith, R., Graves, J., Leggett, S., & Pollock, M. (1993). Effect of training on the relationship between maximal and submaximal strength. *Medicine & Science in Sports & Exercise, 25*(1), 132-138.  
doi: 10.1249/00005768-199301000-00018
4. Brzycki, M. (1993). Strength Testing—Predicting a One-Rep Max from Reps-to-Fatigue. *Journal of Physical Education, Recreation & Dance, 64*(1), 88-90.  
doi: 10.1080/07303084.1993.10606684
5. Collado Vázquez, S. (2004). Plataformas dinamométricas: aplicaciones. *Biociencias: Revista De La Facultad De Ciencias De La Salud, 3*, 1-16
6. Conceição, F., Fernandes, J., Lewis, M., González-Badillo, J., & Jimenez-Reyes, P. (2015). Movement velocity as a measure of exercise intensity in three lower limb exercises. *Journal of Sports Sciences, 34*(12), 1099-1106.  
doi: 10.1080/02640414.2015.1090010
7. Courel-Ibáñez, J., Martínez-Cava, A., Morán-Navarro, R., Escribano-Peñas, P., Chavarren-Cabrero, J., González-Badillo, J., & Pallarés, J. (2019).

- Reproducibility and Repeatability of Five Different Technologies for Bar Velocity Measurement in Resistance Training. *Annals of Biomedical Engineering*. doi: 10.1007/s10439-019-02265-6
8. Drinkwater, E., Lawton, T., McKenna, M., Lindsell, R., Hunt, P., & Pyne, D. (2007). Increased Number of Forced Repetitions Does Not Enhance Strength Development With Resistance Training. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(3), 841. doi: 10.1519/r-20666.1
  9. Fry, A. (2004). The Role of Resistance Exercise Intensity on Muscle Fibre Adaptations. *Sports Medicine*, 34(10), 663-679. doi: 10.2165/00007256-200434100-00004
  10. González-Badillo, J., & Sánchez-Medina, L. (2010). Movement Velocity as a Measure of Loading Intensity in Resistance Training. *International Journal of Sports Medicine*, 31(05), 347-352. doi: 10.1055/s-0030-1248333
  11. González-Badillo, J., Yañez-García, J., Mora-Custodio, R., & Rodríguez-Rosell, D. (2017). Velocity Loss as a Variable for Monitoring Resistance Exercise. *International Journal Of Sports Medicine*, 38(03), 217-225. doi: 10.1055/s-0042-120324
  12. Gorostiaga, E., Navarro-Amézqueta, I., Calbet, J., Hellsten, Y., Cusso, R., & Guerrero, M. et al. (2012). Energy Metabolism during Repeated Sets of Leg Press Exercise Leading to Failure or Not. *Plos ONE*, 7(7), e40621. doi: 10.1371/journal.pone.0040621
  13. Hunter, G., McCarthy, J., & Bamman, M. (2004). Effects of Resistance Training on Older Adults. *Sports Medicine*, 34(5), 329-348. doi: 10.2165/00007256-200434050-00005

14. Hurley, B., Hanson, E., & Sheaff, A. (2011). Strength Training as a Countermeasure to Aging Muscle and Chronic Disease. *Sports Medicine*, *41*(4), 289-306. doi: 10.2165/11585920-000000000-00000
15. Izquierdo-Gabarren, M., González de Txabarri Expósito, R., García-Pallarés, J., Sánchez-Medina, L., Sáez de Villarreal E, S., & Izquierdo, M. (2009). Concurrent Endurance and Strength Training Not To Failure Optimizes Performance Gains. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *1*. doi: 10.1249/mss.0b013e3181c67eec
16. Kraemer, W., Fleck, S., & Deschenes, M. (1988). EXERCISE PHYSIOLOGY CORNER: A Review: Factors in exercise prescription of resistance training. *National Strength & Conditioning Association Journal*, *10*(5), 36. doi: 10.1519/0744-0049(1988)010<0036:arfiep>2.3.co;2
17. Layne, J., & Nelson, M. (1999). The effects of progressive resistance training on bone density: a review. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *31*(1), 25-30. doi: 10.1097/00005768-199901000-00006
18. Lloyd, R., Faigenbaum, A., Stone, M., & Meyer, G. (2014). Posicionamiento sobre el entrenamiento de fuerza en jóvenes. Consenso Internacional de 2014. *Arch Med Deporte*, *31*(2), 111-124.
19. Mayhew, J., Ball, T., Arnold, M., & Bowen, J. (1992). Relative Muscular Endurance Performance as a Predictor of Bench Press Strength in College Men and Women. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, *6*(4), 200. doi: 10.1519/1533-4287(1992)006<0200:rmepaa>2.3.co;2
20. Peña García-Orea, G., Heredia Elvar, J., Aguilera Campillos, J., Arenas Dalla, A., & Pérez-Caballero, C. (2017). Dispositivos para la medición de la velocidad de ejecución en el entrenamiento de fuerza ¿Todos valen para lo mismo?. *International Journal of Physical Exercise and Health Science for Trainers*.

21. Pérez-Castilla, A., Piepoli, A., Delgado-García, G., Garrido-Blanca, G., & García-Ramos, A. (2019). Reliability and Concurrent Validity of Seven Commercially Available Devices for the Assessment of Movement Velocity at Different Intensities During the Bench Press. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(5), 1258-1265. doi: 10.1519/jsc.0000000000003118
22. Pérez-Castilla, A., Piepoli, A., Garrido-Blanca, G., Delgado-García, G., Balsalobre-Fernández, C., & García-Ramos, A. (2019). Precision of 7 Commercially Available Devices for Predicting the Bench Press 1-Repetition Maximum From the Individual Load-Velocity Relationship. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 1-13. doi: 10.1123/ijsp.2018-0801
23. Phillips, S., & Winett, R. (2010). Uncomplicated Resistance Training and Health-Related Outcomes: Evidence for a Public Health Mandate. *Current Sports Medicine Reports*, 9(4), 208-213. doi: 10.1249/jsr.0b013e3181e7da73
24. Pollock, M., Carroll, J., Graves, J., Leggett, S., Braith, R., Limacher, M., & Hagberg, J. (1991). Injuries and adherence to walk/jog and resistance training programs in the elderly. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 23(10), 1194-1200. doi: 10.1249/00005768-199110000-00014
25. Sanchez-Medina, L., Perez, C., & Gonzalez-Badillo, J. (2010). Importance of the Propulsive Phase in Strength Assessment. *International Journal of Sports Medicine*, 31(02), 123-129. doi: 10.1055/s-0029-124281
26. Sánchez-Pay, A., Courel-Ibáñez, J., Martínez-Cava, A., Conesa-Ros, E., Morán-Navarro, R., & Pallarés, J. (2019). Is the high-speed camera-based method a plausible option for bar velocity assessment during resistance training?. *Measurement*, 137, 355-361. doi: 10.1016/j.measurement.2019.01.006



27. Sañudo Corrales, B. (2017). *Nuevas tecnologías aplicadas a la actividad física y el deporte*. Cizur Menor, Navarra: Aranzadi.
28. Sañudo, B., Rueda, D., Pozo-Cruz, B., de Hoyo, M., & Carrasco, L. (2016). Validation of a Video Analysis Software Package for Quantifying Movement Velocity in Resistance Exercises. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *30*(10), 2934-2941. doi: 10.1519/jsc.0000000000000563
29. Seguin, R., & Nelson, M. (2003). The benefits of strength training for older adults. *American Journal Of Preventive Medicine*, *25*(3), 141-149. doi: 10.1016/s0749-3797(03)00177-6
30. Suchomel, T., Nimphius, S., & Stone, M. (2016). The Importance of Muscular Strength in Athletic Performance. *Sports Medicine*, *46*(10), 1419-1449. doi: 10.1007/s40279-016-0486-0
31. Thompson, W. (2017). Worldwide Survey of Fitness Trends for 2018. *ACSM's Health & Fitness Journal*, *21*(6), 10-19.
32. Van den Tillaar, R., & Ettema, G. (2009). A Comparison of Successful and Unsuccessful Attempts in Maximal Bench Pressing. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *41*(11), 2056-2063. doi: 10.1249/mss.0b013e3181a8c360
33. Winett, R., & Carpinelli, R. (2001). Potential Health-Related Benefits of Resistance Training. *Preventive Medicine*, *33*(5), 503-513. doi: 10.1006/pmed.2001.0909