

# TRABAJO DE FIN DE MÁSTER

MÁTER UNIVERSITARIO EN ENTRENAMIENTO Y RENDIMIENTO DEPORTIVO

Curso Académico 2016-2017

VALIDEZ Y FIABILIDAD DE UNA APLICACIÓN DE MÓVIL BASADA EN  
ANÁLISIS DE VÍDEO PARA MEDIR LA VELOCIDAD DE EJECUCIÓN  
EN EL EJERCICIO DE PRESS BANCA

*Validity and reliability of a video analysis-based mobile application a to measure the  
barbell velocity in the bench press exercise*

Autor: Carlos Andrés Villoria

Tutores: José A. Rodríguez Marroyo

Juan García López

Fecha: 11/9/2017

Vº Bº TUTOR

Vº Bº AUTOR

---

## RESUMEN

---

La fuerza es un factor esencial para la actividad física, especialmente en rendimiento deportivo de la mayoría de los deportes. Variables como el volumen, la intensidad, la densidad, o el descanso, influirán directamente en el rendimiento del deportista. Para ello se hace necesario la evaluación y control de las cargas periódicamente. En los últimos años se ha investigado sobre la validez y fiabilidad de usar la velocidad de ejecución de la fase concéntrica como método para programar, controlar y evaluar el entrenamiento de fuerza, por ello la velocidad de ejecución es el componente idóneo para el entrenamiento de la fuerza. Por ello comprobamos la validez y fiabilidad de una aplicación de móvil basada en el análisis de vídeo, comparándola con un Transductor lineal de posición y velocidad (patrón oro). 16 sujetos realizaron un test progresivo hasta el 1RM registrando la velocidad media (VM), velocidad máxima (VMáx), fuerza media (FM) y potencia media (PM) por ambos dispositivos. Para el análisis estadístico se dividieron las cargas en cargas ligeras (0-55%), cargas moderadas (55-85%) y todas las cargas (85-100%). Se encontraron diferencias significativas ( $p < 0,01$ ) entre ambos instrumentos en todas las variables analizadas, comprobando que la app Barsense sobreestima los valores de todas las variables con respecto al patrón oro. Se obtuvieron correlaciones muy altas en la VM media entre ambos dispositivos en todos los porcentajes de carga ( $r=0,99$ ), pero bajas correlaciones en la VMáx ( $r=0,22$ ), moderadas en la FM ( $r=0,65$ ) y bajas en la PM ( $r=0,45$ ). Por tanto Barsense no es un método válido a pesar de ser un método fiable si se utiliza individualmente como método de medición de la velocidad de ejecución.

**Palabras clave:** *Fuerza, Evaluación, Velocidad de ejecución, 1RM, Press Banca.*

---

## **ABSTRACT**

---

Strength is an essential factor for physical activity, especially in sports performance of most sports. Variables such as volume, intensity, density, or rest, will directly influence the performance of the athlete. For this it's necessary to evaluate and control the loads periodically. In recent years research has been done on the validity and reliability of using the velocity of execution of the concentric phase as a method to program, control and evaluate strength training, so the execution speed is the ideal component for training the force. Therefore we test the validity and reliability of a mobile application based on video analysis, comparing it with a linear position and velocity transducer (gold standard). 16 subjects performed a progressive test up to 1RM recording the mean velocity (VM), maximum velocity (MVA), mean strength (FM) and mean power (PM) by both devices. For statistical analysis, loads were divided into light loads (0-55%), moderate loads (55-85%) and all loads (85-100%). Significant differences ( $p < 0.01$ ) were found between both instruments in all variables analyzed, showing that the Barsense app overestimates the values of all variables with respect to gold standard. High correlations were found in the mean MV between the two devices at all loading percentages ( $r = 0.99$ ), but low correlations at the MVA ( $r = 0.22$ ), moderate at the FM ( $r = 0.65$ ) and low in the PM ( $r = 0.45$ ). Therefore Barsense is not a valid method in spite of being a reliable method if it is used individually as a method of measuring the speed of execution.

**Key Words:** Force, Assessment, Execution velocity, 1RM, Press Banca.

---

## ÍNDICE

---

1. INTRODUCCIÓN.....	4
1.1 La Fuerza .....	4
1.2 Importancia de la fuerza en el rendimiento deportivo .....	5
1.2.a Curvas F-T y F-V.....	5
1.3 La carga de entrenamiento .....	6
1.4 Métodos para valorar el grado de esfuerzo en el entrenamiento .....	7
1.4.a Cálculo de la fuerza máxima dinámica: test de 1RM .....	7
1.4.b Estimación del 1RM mediante tests indirectos.....	8
1.4.c Estimación del carácter de esfuerzo mediante la escala de esfuerzo percibido (RPE).....	9
1.4.d Estimación del carácter de esfuerzo mediante repeticiones en la reserva (RIR) .....	9
1.5.a Carácter del esfuerzo definido por la velocidad.....	10
1.5.b Importancia de desplazar la carga a la máxima velocidad posible.....	12
1.5.c Relación entre la velocidad y los porcentajes de 1RM .....	12
1.5.d La pérdida de velocidad como indicador de fatiga .....	13
1.6 Instrumentos para medir la velocidad de ejecución en ejercicios de fuerza....	14
2. OBJETIVOS.....	18
3. METODOLOGÍA.....	19
5. DISCUSIÓN.....	28
6. CONCLUSIONES Y APLICACIONES PRÁCTICAS .....	30
7. FUTURAS LÍNEAS DE TRABAJO .....	31
8. VALORACIÓN PERSONAL Y REFLEXIÓN CRÍTICA.....	32
9. BIBLIOGRAFÍA.....	33

---

## 1. INTRODUCCIÓN

---

### 1.1 La Fuerza

---

**La fuerza** es la cualidad física más influyente en la condición física de cualquier sujeto, ya sea cuando se busca mejorar la salud o mejorar el rendimiento. Esto es así porque la fuerza es la única cualidad que influye en el resto de cualidades físicas básicas, por lo tanto la transferencia que esta cualidad tiene en el resto de cualidades físicas básicas la hace una de las más importantes para la mejora del rendimiento.

Según González y Gorostiaga (2002) en el ámbito deportivo **“la fuerza es la capacidad que tiene un músculo para activarse o contraerse”**. Y desde el punto de vista físico la fuerza es “la capacidad que tiene un músculo para acelerar o deformar un cuerpo, frenarlo o mantenerlo inmóvil”.

La fuerza se puede expresar en diferentes manifestaciones en función de la tensión, la velocidad, el tipo de activación y otros factores (fuerza máxima, fuerza explosiva...). Respecto a esto debemos destacar un aspecto, al contrario de lo que se suele creer, **un deportista no tiene un sólo nivel de fuerza máxima sino que tiene numerosos niveles de fuerza máxima**, en función de la velocidad a la que se mida la fuerza máxima ejercida. Por lo tanto encontraremos un nivel de fuerza máxima aplicada en cada velocidad a la que desplazemos la carga o lo que es lo mismo en cada velocidad o porcentaje de intensidad al que se trabaje (González y Rivas, 2002; González y Gorostiaga, 2002; González, Yañez, Mora y Rodríguez, 2017a).

Por ello en el deporte debemos tener en cuenta la fuerza en relación con la velocidad de movimiento ya que en determinadas disciplinas la aplicación de fuerza está limitada por el gesto técnico, disponemos de un determinado tiempo (el que dura el gesto técnico) para aplicar la máxima fuerza posible. Por este motivo dependiendo de la situación en la que se contextualice la acción deportiva, la resistencia a desplazar (el cuerpo del atleta o un implemento externo), cada deporte tendrá unas características diferentes en cuanto a la aplicación de fuerza.

González y Rivas, (2002) denominan **la fuerza aplicada** como **“la fuerza que se produce a la velocidad específica y el tiempo específico del gesto de competición”**. A esto se le llama fuerza útil, ya que es la que el deportista puede utilizar durante los periodos que dura el gesto técnico, el cual se suele aproximar más a 200-300ms que a 4-5 segundos que es cuando estaría en disposición de aplicar la fuerza máxima isométrica. Por este

motivo son tan importantes la curva fuerza-velocidad (F-V) o fuerza-tiempo (F-T) las cuales expresan la relación entre la fuerza y el tiempo y entre la fuerza y la velocidad, algo de lo que hablaremos más adelante.

## **1.2 Importancia de la fuerza en el rendimiento deportivo**

---

La fuerza máxima tiene una relación directa con la masa muscular, sobre todo cuando la velocidad de movimiento es lenta, la relación es menor cuando la velocidad es mayor, incluso en ejercicios con una resistencia mínima la masa corporal puede influir negativamente a la manifestación de la fuerza específica. En la mayoría de los deportes no se necesita un desarrollo máximo de fuerza sino que **el objetivo ha de ser buscar un desarrollo de la fuerza óptima que aporte un mayor beneficio en la técnica y el rendimiento deportivo, consiguiendo mantener los valores de fuerza y la mejor aplicación de ésta.** El desarrollo correcto de la fuerza teniendo en cuenta las características del deporte va a influir positivamente en el rendimiento específico.

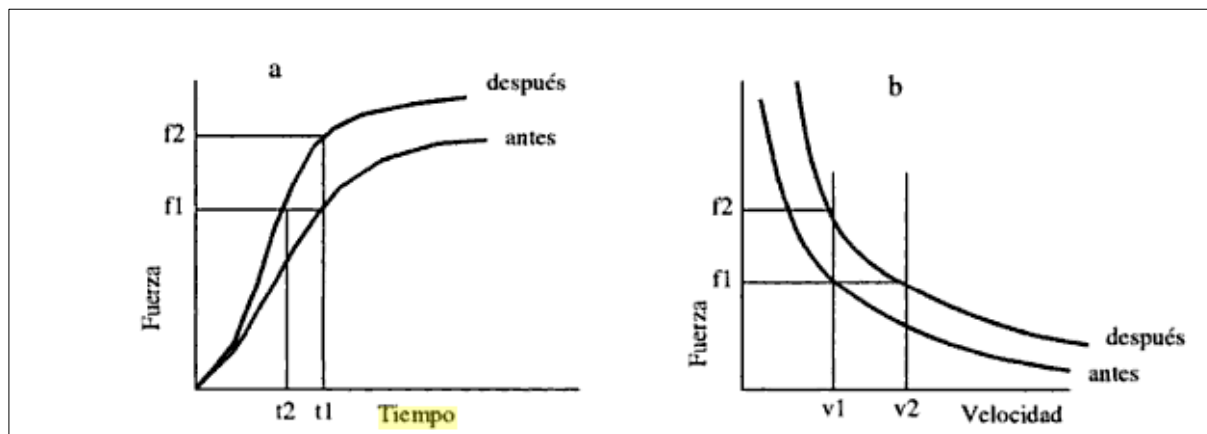
La fuerza interviene de manera decisiva en numerosas variables relacionadas con el rendimiento. Una de ellas es **técnica**, una mejora de fuerza permitirá mejorar la ejecución técnica, del mismo modo la falta de fuerza puede distorsionar la ejecución técnica. También una mejora de la velocidad de ejecución producida por una mayor aplicación de fuerza nos indica que la mejora tiene una relación directa con la mejora de la **potencia**. (Baechle y earle, 2012). La fuerza también tiene una relación directa con la **resistencia**, y es que aunque ambas parezcan estar situadas en extremos opuestos la mejora de la fuerza máxima relativa conducirá a una mayor resistencia con cargas relativas medias o bajas, mejorando así el rendimiento en disciplinas donde la resistencia sea un factor determinante del rendimiento.

### **1.2.a Curvas F-T y F-V**

La manifestación de fuerza depende de varios factores como la tensión, tipo de activación, la velocidad, entre otros. Pero hay dos relaciones en la manifestación de fuerza que tienen gran importancia en el significado de la fuerza y su entrenamiento, éstas son la curva f-t y la curva f-v.

La curva f-t “es la relación entre la fuerza manifestada y el tiempo necesario para ello” (González y Gorostiaga, 2002). **La curva de f-t nos muestra la fuerza ejercida por un sujeto para vencer una resistencia determinada.** En función de la fuerza ejercida

respecto a la resistencia, la curva tendrá una determinada pendiente (figura 1). De la **curva f-t** sacamos **dos puntos clave** a tener en cuenta en la programación y el control del entrenamiento, que son **el porcentaje de fuerza máxima conseguida** y **el tiempo que se ha utilizado para ello**.



**Figura 1.** Datos de las curvas f-t y f-v antes y después de un período de un período de entrenamiento.

Al contrario de lo que ocurre en la c.f-t que alcanzamos la fuerza máxima isométrica con mayor tiempo de aplicación de fuerza, en la c.f-v cuanto mayor es la velocidad a la realizamos el gesto deportivo, menor es la fuerza aplicada o lo que es lo mismo cuanto mayor es la fuerza que podemos aplicar, menor es la velocidad (Figura 1). Esto no quiere decir que cuanto mayor sea la fuerza, más lentos vamos a ser, sino que cuanto mayor fuerza pueda generar un sujeto, mayor será la velocidad del gesto deportivo. La c.f-t se utiliza para mediciones estáticas y dinámicas mientras que la c.f-v se utiliza sólo en mediciones dinámicas.

### 1.3 La carga de entrenamiento

Cuando hablamos de carga de entrenamiento debemos atender tanto a variables cuantitativas como el volumen, compuesto por la frecuencia de entrenamiento, número de sesiones y duración de la carga, y también a variables cualitativas como son la intensidad y densidad. Estas variables componen la carga de entrenamiento, la cual es definida por González y Rivas (2002) como “el conjunto de exigencias biológicas y psicológicas (carga real, llamada generalmente carga interna) provocadas por las actividades de entrenamiento (carga propuesta, llamada generalmente carga externa)”.

La aplicación correcta de la carga de entrenamiento es determinante en la mejora del rendimiento del deportista, puesto que si la carga programada es excesiva o inútil el

desarrollo de fuerza del deportista será negativo. Conseguir la carga deseada en el deportista debe ser el objetivo de todo entrenador, pero en muchas ocasiones aunque la carga programada (externa) sea la correcta, difiere mucho de la carga (interna) recibida por el sujeto, por este motivo se debe prestar especial atención a la cuantificación de la carga, ya que la correcta valoración de la carga será la que nos indique por un lado, que carga externa hemos aplicado al deportista y por otro lado, comprobar si esa carga es la que ha percibido el deportista.

VARIABLES como el volumen o la densidad no entrañan grandes dificultades para ser calculados. Cuando hablamos de **volumen** hablamos de cantidad total de trabajo realizado, ya sea en un ejercicio, en una sesión o en un microciclo. Se suele prescribir como número de series / número de repeticiones o número de series / tiempo. La **densidad** se refiere a trabajo realizado por unidad de tiempo por lo que no tiene mayor problema para ser cuantificado. Pero es en el caso de la intensidad cuando nos encontramos problemas para cuantificar con exactitud y sin que esto influya de forma negativa en el deportista. **La intensidad “es el grado de esfuerzo que exige un ejercicio en cada repetición”**. El esfuerzo es la demanda al organismo (carga real) de tipo fisiológica, mecánica, técnica y emocional en cada repetición, por tanto expresa la intensidad y está determinado por la relación entre lo realizado y lo realizable (González y Rivas, 2002). Existen varios métodos de cuantificación de la intensidad que han venido utilizando diferentes autores durante los últimos años, a continuación veremos las ventajas e inconvenientes que tiene la utilización de cada método.

## **1.4 Métodos para valorar el grado de esfuerzo en el entrenamiento**

---

### **1.4.a Cálculo de la fuerza máxima dinámica: test de 1RM**

El método más conocido y utilizado al menos hasta hace poco tiempo es el 1RM (una repetición máxima), el 1RM es según Baechle y earle (2012) “el peso que podemos desplazar una sola vez con una técnica adecuada”. La manera de trabajar con el 1RM es utilizar sus porcentajes para prescribir la intensidad de trabajo, teniendo en cuenta que cada porcentaje de 1RM tiene un número máximo de repeticiones posibles (Tabla 1), según los autores. El 1RM nos permite también llevar un control del entrenamiento mediante la evaluación de un entrenamiento, de este modo podemos comprobar como el deportista aumenta o disminuye el peso con que trabaja a un mismo porcentaje del 1RM. Sin embargo este método también conlleva unos inconvenientes importantes que pueden provocar grandes errores en la dosificación del entrenamiento que pueda realizar un entrenador a su



deportista. El valor de la 1RM en numerosos casos no es real, puesto que si el deportista no tiene experiencia no va a conseguir velocidades de 1RM (González, 2000). El 1RM tiene la característica de que cada día puede variar, ya que en el deportista influyen numerosas variables como son el estrés, el descanso, la fatiga producida por el entrenamiento, el estado anímico, modificaciones en el material de entrenamiento, etc. También debemos tener en cuenta que con el entrenamiento el 1RM puede mejorar o en ocasiones empeorar, por lo tanto no es óptimo cuantificar con un test de 1RM realizado al principio de una programación ya que probablemente sólo las primeras sesiones el entrenador estará prescribiendo un % de intensidad real. Incluso esto es algo que sólo podremos realizar con deportistas con una determinada experiencia, ya que realizar un test de 1RM requiere de gran dominio de la técnica, la cual se puede ver distorsionada cuando el deportista está cerca del 1RM. Asimismo el esfuerzo que provoca cada porcentaje de 1RM es distinto según el ejercicio realizado (González, 2000). Además de estos factores debemos añadir que realizar un test de 1RM requiere de una alta activación del sistema nervioso por lo que provoca una fatiga que puede afectar en las siguientes sesiones de entrenamiento, por este motivo realizar un test a menudo no es posible o no es lo más óptimo.

**Tabla 1.** Relación entre el número de repeticiones realizadas e intensidad de la carga (Baechle y Earle, 2012)

Repeticiones	Intensidad (% 1RM)
1	100
2	95
3	93
4	90
5	87
6	85
7	83
8	80
9	77
10	75

#### 1.4.b Estimación del 1RM mediante tests indirectos

Para solventar esos inconvenientes se han venido utilizando el test indirectos como son el 3RM, 5RM o 8RM. Realizando el protocolo de 5RM propuesto por Verkhoshansky y Siff (2009), podemos estimar a través de una regla de tres el 1RM del deportista, o utilizando la ecuación del test de Brzycki (1993). En este caso exceptuando que la fatiga producida por

un test 5RM no es la misma que en un test de 1RM y que podemos aplicarlo a sujetos menos expertos, nos encontramos con los mismos inconvenientes citados anteriormente en el test de 1RM.

#### **1.4.c Estimación del carácter de esfuerzo mediante la escala de esfuerzo percibido (RPE)**

Precisamente para solventar los inconvenientes citados en los anteriores métodos numerosos autores (Robertson et al., 2003; Day, Mcguigan, Brice y Foster, 2004; Lagally, McGaw, Young, Heather y Thomas, 2004) han propuesto como método para cuantificar la intensidad de entrenamiento la escala de esfuerzo percibido o RPE (Rating of Perceived Exertion). Este sistema consiste en valorar por parte del deportista el esfuerzo percibido en una repetición, serie, o sesión de entrenamiento mediante una escala del 1-10 en la cual del 1-2 no supondría esfuerzo, 3-5 sería un esfuerzo muy ligero similar a un calentamiento, 6 supondría un esfuerzo moderado, 7-8 indicaría un esfuerzo duro, 9 mostraría un esfuerzo muy duro y 10 sería esfuerzo máximo. La utilización de este método evitaría crear fatiga en el deportista y podría ser controlada el grado de esfuerzo de todos los entrenamientos, sin embargo requiere de un tiempo de familiarización por parte del deportista, así como tener experiencia en el entrenamiento. No obstante la utilización de este método para dosificar el entrenamiento sería algo muy subjetivo por parte del deportista lo cual provoca grandes problemas a la hora de evaluar el grado de esfuerzo del deportista.

#### **1.4.d Estimación del carácter de esfuerzo mediante repeticiones en la reserva (RIR)**

Este método de para cuantificar la carga de entrenamiento se basa en el grado de esfuerzo o carácter del esfuerzo (CE) propuesto y explicado por González y Gorostiaga (2002) como “la relación entre lo que el deportista hace y lo que podría hacer”. Esta fundamentación es en la que se basa la escala RIR (repeticiones en la reserva), la cual muestra las repeticiones realizadas y las realizables. Para trabajar con el RIR (repeticiones en la reserva) se toma como referencia las repeticiones máximas asociadas a cada porcentaje de trabajo, de tal manera que si al 85% se ha estimado que se pueden realizar 6 repeticiones y el deportista hace 4 estaríamos hablando de un 2 en la escala RIR, pero si realizara las 6 estaríamos hablando de un 0 en la escala RIR, lo que sería un 10 en la escala RPE (Richens y Cleather 2014; Zourdos 2016). Los inconvenientes que nos surgen al trabajar con RIR son muy similares a las que nos aporta la RPE y de hecho para trabajar con este método también se requiere familiarización con la escala y ligera experiencia en el

entrenamiento por parte del deportista, además en ambos métodos cada porcentaje de intensidad se asocia a un número máximo de repeticiones estandarizadas que como veremos más adelante tiene una gran variabilidad entre sujetos y diferentes niveles de experiencia (Sakamoto y Sinclair, 2006; Shimano, Kraemer, Spiering y Volek, 2006; Richens y Cleather, 2014; Terzis et al., 2008;).

## **1.5 La velocidad de ejecución como método para valorar el carácter del esfuerzo (CE)**

---

**La velocidad de ejecución** es una variable de gran importancia en el entrenamiento de fuerza, **es un elemento determinante de la intensidad** debido a que las exigencias neuromusculares y los efectos del entrenamiento dependen en gran medida de la velocidad conseguida ante una resistencia. La velocidad alcanzada para desplazar una carga es consecuencia de la fuerza aplicada por lo tanto para conseguir más velocidad ante una carga debemos aplicar más fuerza. En los sucesivos puntos cuando hablamos de velocidad de ejecución nos vamos a referir a velocidad propulsiva media (VPM) o velocidad concéntrica media (VM)

### **1.5.a Carácter del esfuerzo definido por la velocidad**

Como ya hemos citado en el punto 1.4.d la expresión particular de la intensidad o grado de esfuerzo es el CE, pero en el caso de utilizar la velocidad de ejecución como método para cuantificar la carga de entrenamiento González, et al. (2017b) tienen en cuenta dos indicadores, la diferencia entre las repeticiones realizadas y realizables o posibles y el número total de repeticiones posibles. En este caso si un sujeto realiza 3 repeticiones de 5 posibles 3(5), la diferencia entre lo realizado y lo realizable sería la misma que si hiciera 8 repeticiones de 10 posibles 8(10), pero el efecto y las características de cada serie serían muy diferentes. Cada una implicaría diferentes grados de fatiga, estrés metabólico, pérdida de velocidad, etc.

Para solventar esta problemática los autores (González et al., 2017b) proponen la utilización de dos indicadores que permiten alcanzar la máxima expresión del CE cuando se trata de desplazar cargas externas. Por un lado, **la máxima velocidad intencionada de la primera repetición**, permite estimar con precisión el porcentaje de 1RM que representa esa carga (González y Sánchez, 2010), esto es algo de lo que hablaremos detenidamente más adelante. Pero aún en este caso seguiríamos teniendo la incertidumbre de que grado total de esfuerzo provocan las repeticiones totales que hagamos con respecto a las máximas

posibles. Para ello los autores introducen el concepto de **pérdida de velocidad en la serie**, ya que han comprobado que utilizando la pérdida de velocidad en la serie, el porcentaje de repeticiones realizado con respecto a las posibles es similar ante un mismo porcentaje de pérdida de velocidad. Con este indicador se solventa también la problemática de que ante una misma velocidad en la primera repetición o ante un mismo porcentaje del 1RM no todos los sujetos pueden realizar el mismo número de repeticiones (González et al., 2017a).

Basándose en estos dos indicadores González, Sánchez, Pareja y Rodríguez, (2017b) proponen un índice que exprese de manera más concreta el grado de fatiga. Este índice, denominado índice de esfuerzo (IE) no es sino otra forma de expresar el carácter del esfuerzo. Se puede calcular multiplicando la velocidad de la primera repetición (intensidad relativa) y la pérdida de velocidad media en todas las series realizadas, en este caso los autores proponen un total de entre 3 series.

**Índice de esfuerzo (IE) = velocidad de la primera repetición · pérdida de velocidad media en todas las series**

De este modo la idea de los investigadores es utilizar este índice como variable de control y variable independiente. González et al., (2017b) redactan que según la pérdida de velocidad y la intensidad de la primera repetición se obtuvieron diferentes índices de esfuerzo, lo cual puede ser muy aplicable para programar la fatiga deseada en los deportistas de manera exacta fiable y cuantificable (Tabla 2).

**Tabla 2.** IE correspondiente a diferentes porcentajes de pérdida de velocidad (10-60%) ante distintas cargas (40-95%) (González et al., 2017b).

Carga	Pérdida de VMP en la serie											
	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	
<b>% 1RM</b>												
<b>40%</b>	10,9	16,3	21,7	27,0	32,4	37,4	43,2	48,6	54,0	59,3	64,0	
<b>45%</b>	10,1	15,2	20,2	25,2	30,2	34,8	40,2	45,3	50,3	55,3	60,3	
<b>50%</b>	9,4	14,0	18,7	23,3	28,0	32,1	37,3	41,9	46,6	51,2	55,9	
<b>55%</b>	8,6	12,9	17,2	21,5	25,8	29,5	34,3	38,6	42,9	47,2	51,5	
<b>60%</b>	7,9	11,8	15,7	19,6	23,5	26,9	31,4	35,3	39,2	43,1	47,0	
<b>65%</b>	7,1	10,7	14,2	17,8	21,3	24,2	28,4	32,0	35,5	39,1	42,6	
<b>70%</b>	6,4	9,6	12,7	15,9	19,1	21,6	25,5	28,6	31,8	35,0	38,2	
<b>75%</b>	5,6	8,4	11,3	14,1	16,9	19,0	22,5	25,3	28,1	31,0	33,8	
<b>80%</b>	4,9	7,3	9,8	12,2	14,7	16,3	19,6	22,0	24,5	26,9	29,4	
<b>85%</b>	4,1	6,2	8,3	10,4	12,4	13,7	16,6	18,7	20,8	22,9	24,9	
<b>90%</b>	3,4	5,1	6,8	8,5	10,2	11,0	13,7	15,4	17,1	18,8	20,5	
<b>95%</b>	2,6	4,0	5,3	6,7	8,0	8,4	10,7	12,0	13,4	14,7	16,1	

### **1.5.b Importancia de desplazar las carga a la máxima velocidad posible**

Los estudios realizados para evaluar la velocidad se realizaron tomando como dato la velocidad de la fase concéntrica en ejercicios de tipo isoínercial (González et al., 2016; González et al., 2017a; Gorostiaga et al., 2010; Pareja et al., 2017; Sánchez, 2010; Sánchez y González, 2011). Asimismo es preciso apuntar de la importancia de desplazar las cargas a la máxima velocidad intencionada ya que el mayor efecto del entrenamiento se alcanza si las cargas se desplazan a la mayor velocidad posible (Badillo et al., 2014; Pareja et al., 2014). Algunos estudios han intentado comprobar el efecto de la velocidad de ejecución pero no han encontrado resultados concluyentes ni a favor de realizar el movimiento a baja velocidad y ni a favor de hacerlo a alta velocidad, no obstante en estos estudios no se han tenido en cuenta igualar variables como el volumen o la intensidad, asimismo se llegaba al fallo muscular en muchos casos lo que hacía que los sujetos realizaran de manera involuntaria muchas repeticiones por debajo de la velocidad programada, puesto que las últimas repeticiones antes de llegar al fallo muscular han de realizarse necesariamente a baja velocidad (Pereira y Gomes, 2007; Ingebrigtsen et al., 2009). Esto provocaba que no se pudiera utilizar la velocidad de ejecución como variable independiente.

### **1.5.c Relación entre la velocidad y los porcentajes de 1RM**

Según los autores de las últimas investigaciones respecto a la velocidad de ejecución se puede afirmar que utilizar la velocidad de ejecución de la primera o más rápida repetición de una serie, nos va a indicar con bastante precisión la carga con la que estamos entrenando. Esta afirmación ha sido demostrada por la existencia de una alta relación entre cada porcentaje de 1RM y la velocidad, mostrando que cada porcentaje de 1RM tiene su propia velocidad de ejecución siempre que el levantamiento se haya hecho con la máxima velocidad intencionada. Esta relación entre la carga y la velocidad se mantuvo estable antes y después de periodos de entrenamiento (González y Sánchez, 2010) manteniéndose las velocidades asociadas a cada porcentaje incluso cuando se mejora el rendimiento. Esta afirmación es algo que se repitió cuando analizaron la relación entre los porcentajes de 1RM y la velocidad en sujetos de diferentes niveles, si bien la velocidad del 1RM puede ser ligeramente más baja en sujetos expertos ya que pueden aprovechar mejor su potencial gracias a su seguridad y mejora de la aplicación de fuerza y técnica. No obstante la relación entre sus velocidades es similar a la de sujetos noveles en el entrenamiento de fuerza (González y Sánchez, 2010; Sánchez et al., 2014; Sánchez et al., 2017).

### **1.5.d La pérdida de velocidad como indicador de fatiga**

La mayor parte de los estudios realizados hasta la fecha analizando la fatiga se han hecho realizando ejercicios que comprendían acciones musculares de tipo isométrico, a pesar de que en el entrenamiento con cargas de la mayoría de las disciplinas del rendimiento deportivo priman las acciones dinámicas. En los estudios de González et al., (2016); Pareja et al., (2017); Sánchez y González, (2011) se han analizado la pérdida de velocidad como indicador de fatiga, puesto que la pérdida de velocidad es un indicador de alta validez para estimar la fatiga (Allen et al., 2008). Se ha demostrado que comparando la pérdida de velocidad y diferentes tipos de esfuerzo (desplazamiento de una carga a 1 m/s en sentadilla y press de banca, pérdida de altura en el CMJ después de un esfuerzo de sentadilla) con las respuestas en los valores fisiológicos (concentración de lactato en sangre, concentración de amonio, testosterona, hormona de crecimiento e insulina) tienen una alta relación, afirmando que cuanto mayor es la pérdida de velocidad en la serie, el grado de esfuerzo generado es mayor, es decir, se produce un mayor estrés metabólico, mecánico y hormonal.

Pero utilizar la pérdida de velocidad como método para cuantificar y dosificar la carga del entrenamiento tiene una serie de inconvenientes como es la necesidad de disponer de una herramienta de medida para registrar la velocidad de ejecución en ejercicios con cargas, estos aparatos tienen un coste y su utilización requiere de mayor tiempo e instalaciones, algo que no es aplicable en todos los entrenadores de la fuerza. Por ello en este trabajo propondremos diferentes herramientas para medir la velocidad que tiene un bajo coste y pueden ser de mayor interés para entrenadores modestos que los típicos transductores lineales (TL) los cuales tienen un coste elevado.

### **1.5.e Principales beneficios de la velocidad de ejecución como referencia para dosificar y controlar el entrenamiento**

A continuación enumeramos una serie de beneficios que aporta trabajar con la velocidad como referencia para dosificar y controlar el entrenamiento con respecto los métodos más usados como son el 1RM, 3RM, 5RM, 8RM (González et al., 2017b):

- La velocidad nos va a permitir evaluar la fuerza de un deportista sin la necesidad de realizarle ningún test de 1RM que puede provocar riesgo de lesión, así como fatiga innecesaria, la estimación de la RM tendrá además una alta precisión, lo cual nos conducirá a determinar con alta precisión el porcentaje que nuestro deportista está utilizando en cada repetición, serie o sesión de entrenamiento

mediante la velocidad de la primera repetición o más alta repetición de una determinada carga absoluta.

- Programar, controlar y dosificar la carga de entrenamiento a través de la velocidad y no a través de un porcentaje de 1RM. De esta manera además evitamos cometer el error de trabajar por número de repeticiones máximas con cada carga relativa ya que esto es algo que tiene mucha variabilidad entre sujetos (Sakamoto y Sinclair, 2006; Shimano et al., 2006; Richens y cleather, 2014; Terzis et al., 2008;).
- Midiendo la velocidad a la que se mueve una carga absoluta se puede controlar la evolución a lo largo de las sesiones en el deportista sin necesidad de realizar ningún test.
- Este método se puede utilizar con deportistas noveles y jóvenes, con deportistas experimentados y hasta con personas mayores que busquen una mejora en el ámbito de la salud, sin la necesidad de realizar un test de máximo esfuerzo.

## **1.6 Instrumentos para medir la velocidad de ejecución en ejercicios de fuerza**

### **1.6.a Transductores lineales de posición y velocidad**

En los inicios de 1970 se empezaron a diseñar aparatos de medición para registrar la trayectoria y aceleración de la barra en ejercicios de fuerza. Entonces eran instrumentos bastante precarios y con poca fiabilidad, pero con el paso de los años estos instrumentos se han ido perfeccionando y en la actualidad contamos con transductores lineales de posición y velocidad (también denominado encoder), lo cuales te ofrecen numerosos datos con alta precisión en tiempo real.

Un transductor lineal de posición y velocidad es un sistema de medida electromecánico dotado de un cable que se extiende y recoge en sentido vertical, este cable o hilo va enganchado a la carga que se desplaza (normalmente barra o pesas). Se compone de tres partes: sensor, interfaz de comunicación y software. Normalmente el dato que recoge el transductor es la posición o velocidad en función del tiempo, y posteriormente mediante cálculos físicos calcula otras variables como aceleración, potencia, fuerza. Entre las diferentes marcas de TL que hay en el mercado (T-Force, Chronojump, Smartcoach, Gymaware, SPEEDFORLIFTS...) nos centraremos en dos de ellos que han formado parte de las material utilizado y estudiado en este trabajo.

El **T-Force** (Figura 2) ya ha sido utilizado en multitud de estudios científicos como patrón oro y también fue el TL utilizado en este trabajo. El T-Force se compone de 2 partes, una parte electromecánica (hardware: transductor e interfaz) y un programa de ordenador (software). Este dispositivo tiene la fiabilidad y validez de haber sido comparado con un calibre digital de altura de gran precisión previamente calibrado por el instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA) (González et al., 2017b).



**Figura 2.** Transductor lineal de velocidad y posición (T-Force)

Estos dispositivos tienen un alto coste, algo que muchos entrenadores no se pueden permitir, además requiere de más instrumental de campo ya que se trabaja con el dispositivo y un ordenador donde recibir los datos a través de su software.

### **1.6.b Dispositivos para la medir de la velocidad mediante análisis de vídeo**

Sin duda una alternativa más económica para los entrenadores pueden ser dispositivos basados en análisis de vídeo (fotogrametría) ya que se trata de dispositivos de “coste 0”.

En la actualidad están en auge los llamados wearables, se trata de una tecnología sin cables, dispositivos móviles con aplicaciones basadas en acelerometría y video análisis. Los dispositivos con más futuro basados en vídeo análisis para medir la velocidad de ejecución son los smartphones y tablets que disponen de cámaras de última generación que pueden grabar 60 fotogramas por segundo (fps), 120 fps y algunos hasta 240 fps. Mediante aplicaciones (PowerLift, Myjump, Barsense...) instaladas en estos dispositivos analizan la distancia recorrida por la barra en un tiempo determinado, de este modo obtienen la velocidad. A partir de aquí y mediante cálculos físicos sacan otras variables (potencia, aceleración, fuerza...).

Recientemente fue validada **PowerLift** (Balsalobre et al., 2017), se utilizaron 10 powerlifters para realizar una prueba incremental con 5 cargas diferentes del 75-100% en el



ejercicio de press de banca. Se tomaron mediciones con la app powerlift y con un TL (Smartcoach power encoder) . Tanto las velocidades medias como la estimaciones de 1RM tuvieron altas correlaciones entre ambos dispositivos ( $r = 0,94$  y  $r = 0,98$  respectivamente). Esto demuestra que esta es una app es altamente válida y fiable para la medición de la velocidad en el ejercicio de press de banca. Powerlift es una aplicación para dispositivos iOS que mide la velocidad de la barra en la fase concéntrica en el ejercicio de press de banca. Otra de sus funciones es estimar el 1RM mediante un test progresivo con diferentes cargas por encima del 75% de 1RM. La app te permite seleccionar el primer y último fotograma y en base a estos dos datos calcula el tiempo en que ha sido recorrida esa distancia por la barra, de este modo obtiene la velocidad media.

Otra app basada en el análisis de vídeo es **Barsense**, la cuales objeto de estudio en este trabajo. Barsense es una aplicación disponible para dispositivos Android e iOS que analiza (vídeo) los levantamientos olímpicos o ejercicios multi-articulares obteniendo la velocidad media, velocidad máxima, desplazamiento de la barra y fuerza en la fase concéntrica en cada levantamiento. Para ello Barsense te permite la opción de grabar desde la app o cargar un vídeo de la galería grabado desde un lateral ya que toma como referencia la circunferencia del disco olímpico, haciéndolo coincidir con la silueta de un disco marcado en la app (Figura 3).

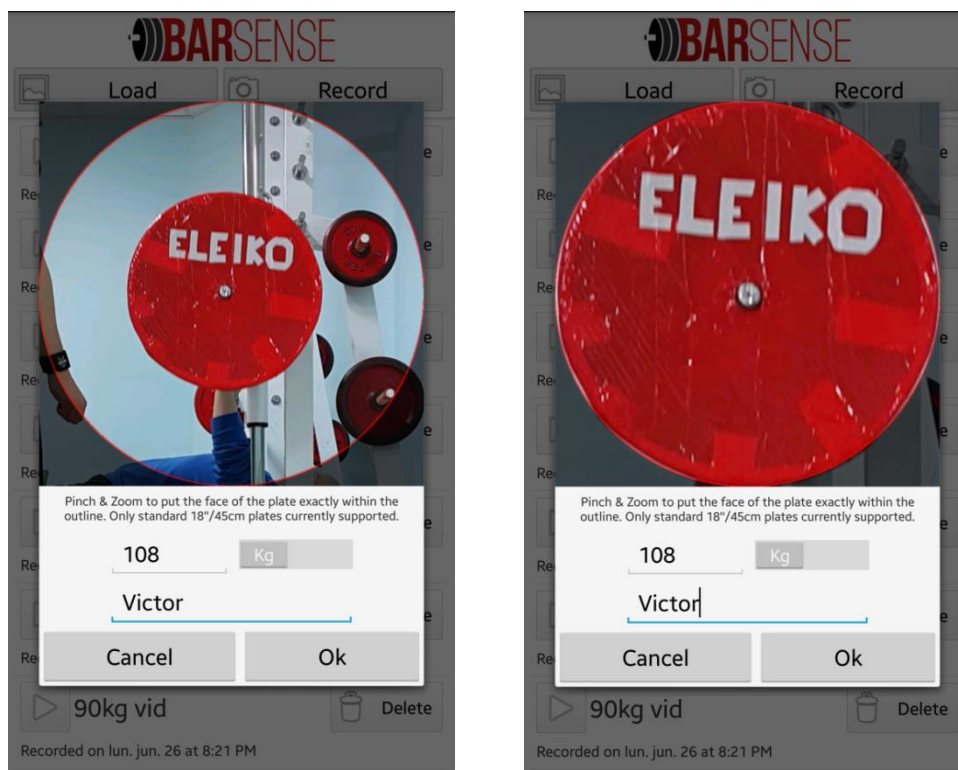


Figura 3. Display del análisis de vídeo de la app Barsense.

La app tiene introducida como constante el diámetro de un disco olímpico (50cm). Una vez introducidos la masa (kg) de la carga desplazada (barra y discos), se marcan el inicio y final de la fase concéntrica del movimiento, la app sigue la trayectoria del disco calculando la distancia recorrida y el tiempo empleado en ello, obteniendo así la velocidad media, el resto de variables los calcula mediante cálculos físicos.

Como se muestra en la Figura 4, estos instrumentos de medida aportan una serie de ventajas e inconvenientes en función de las características principales de cada uno.

Tipo de dispositivo	Transductores lineales de velocidad y posición (por cable)	Transductores ópticos de posición (por infrarrojos)	Plataformas dinámométricas	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

**Figura 4.** Características de los distintos tipos de dispositivos para medir la velocidad de ejecución (Peña et al., 2017).

---

## **2. OBJETIVOS**

---

Teniendo en cuenta lo mostrado en los estudios analizados sobre la velocidad como referencia para la programación control y evaluación de la carga de entrenamiento de fuerza y que este dispositivo no han sido validado, los objetivos de este trabajo son comprobar la fiabilidad y validez de la app para Android e iOS **Barsense**. Dado que contamos con una app gratuita, el hecho de poder esclarecer su fiabilidad y validez cobra mayor importancia y una posible gran aplicabilidad para los entrenadores de la fuerza.

---

### 3. METODOLOGÍA

---

#### 3.1 Sujetos

---

En el estudio participaron de forma voluntaria 16 sujetos jóvenes, sanos y activos, con experiencia en el entrenamiento de fuerza y el ejercicio de press de banca (edad media:  $26 \pm 6$  años, peso:  $82 \pm 21$  kg, talla:  $178 \pm 19$  cm, 1RM en press de banca =  $110 \pm 32$ kg). Los sujetos practicaban deportes de fuerza de forma recreacional o en algunos casos deporte federado amateur (powerlifting).



**Figura 5.** Imagen de uno de los sujetos realizando un levantamiento mientras uno de los evaluadores registra los datos obtenidos por el T-Force.

---

#### 3.2 Instrumentación

---

Para el registro de datos en la fase experimental fue utilizada la siguiente instrumentación:

Un **transductor lineal y software (T-Force)**, compuesto por un cable que iba unido desde el sensor a la barra de la maquina Smith, un interfaz que envía la señal al software instalado en un **ordenador portátil (Asus M51V)**.

Un **teléfono móvil (Samsung note4)** para la grabación de los levantamientos, y una aplicación de Android (**Barsense**) para el análisis de los levantamientos. Debido a la

utilización de una maquina Smith se fabricó una **réplica** de un **disco olímpico** con doble capa de cartón reforzado, el disco se colocaba en la barra por fuera de los discos de metal de la maquina Smith para que estuviera visible en la grabación de móvil (Barsense).

El material de gimnasio estaba compuesto por una **maquina Smith (Gervasport)** compuesta por una barra guiada por dos carriles sobre los que se desliza, permitiendo el movimiento sólo en el plano vertical, y en la que se añade carga colocando discos de metal en sus extremos para la realización del ejercicio de press de banca. El motivo de la utilización de una máquina Smith fue obtener una gran estabilidad en la técnica y medición de los levantamientos. Junto con la maquina Smith se utilizó un banco plano de gimnasio.

### **3.3 Diseño experimental**

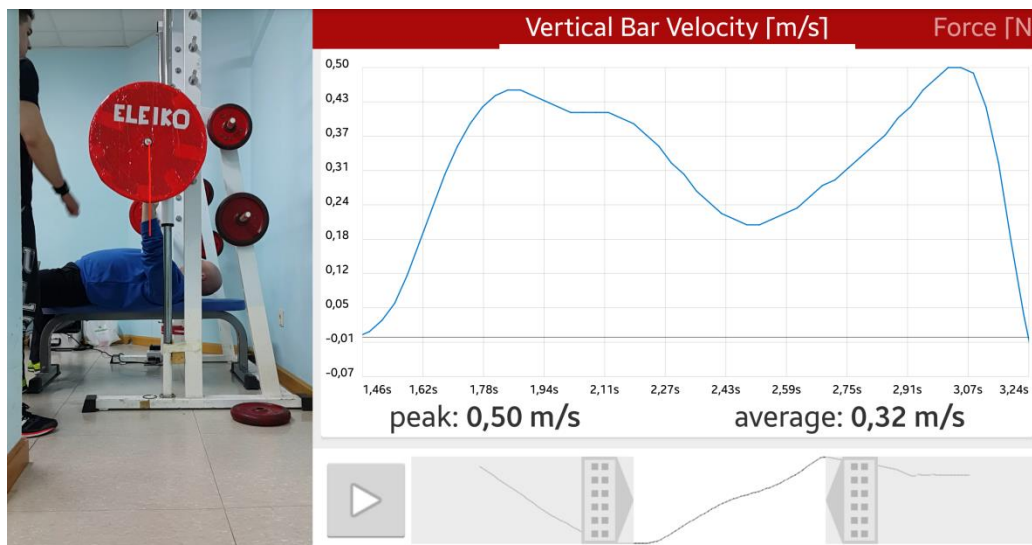
---

El estudio consistió en la realización de un test incremental del 20% al 100% de 1RM. El protocolo utilizado fue similar al utilizado por Sánchez et al., (2010). Los sujetos iniciaron el test con la barra de la máquina multipower vacía y posteriormente se realizaron incrementos de 10kg en cada serie hasta que la velocidad bajó de 0,5 m/s, cuando la velocidad fue menor de 0,5 los incrementos de peso realizados fueron entre 1-5kg. Cuando la velocidad fue mayor de 1 m/s los sujetos ejecutaban 3 repeticiones por serie, entre 1 y 0,65 m/s los sujetos realizaron 2 repeticiones y cuando la velocidad estaba por debajo de 0,65 m/s los sujetos hicieron sólo una repetición. Todos los sujetos realizaron el mismo protocolo de calentamiento (Tabla 2). El descanso entre cada serie fue de 3 minutos cuando la velocidad fue mayor de 0,65 m/s, aumentándose hasta 5 cuando la velocidad fue menor de 0,65 m/s. Los porcentajes iniciales variaron en función de cada sujeto pero todos ellos estuvieron entre 14 y 20%. Para la toma de datos en la fase experimental se contó con 3 investigadores, uno de ellos se encargaba de la grabación de vídeo desde una posición lateral a la posición de sujeto que realizaba el test. Se ubicó el dispositivo móvil de manera que quedara a la misma altura que la barra de la multipower en posición de inicio. Otro evaluador registraba los datos obtenidos por el encoder T-Force en el ordenador donde se instaló el software del T-Force. Y un último evaluador daba las instrucciones de ejecución a los sujetos. Para eliminar la fuerza elástico explosiva se formalizó un segundo de pausa entre la fase excéntrica y concéntrica de cada levantamiento.

**Tabla 3.** Protocolo de calentamiento realizado a los sujetos en el estudio.

Ejercicio	Series	Repeticiones
Estiramiento dinámico pectoral	1	12
Dislocaciones hombro	1	10
Estiramiento dinámico pectoral	1	12
Círculos de muñeca	1	12
Estiramiento dinámico pectoral	1	12
Flexo-ext codo	1	10
Band pull apart	3	15
Extensiones de tríceps con banda	3	15
Flexiones pliométricas	3	5

Se registraron las velocidades medias y máxima, potencia y fuerza medias con el T-Force y se grabaron los todos los levantamientos con un móvil (Samsung Galaxy Note4) para posteriormente realizar su análisis. Este análisis consistió en cortar y editar cada repetición por separado, para posteriormente ser analizadas con la aplicación Barsense (Figura 6), obteniendo la velocidad media y máxima, potencia y fuerza máximas. Un total de 231 repeticiones fueron editadas y analizadas.



**Figura 6.** Análisis de la velocidad de la fase concéntrica de una repetición con la app Barsense

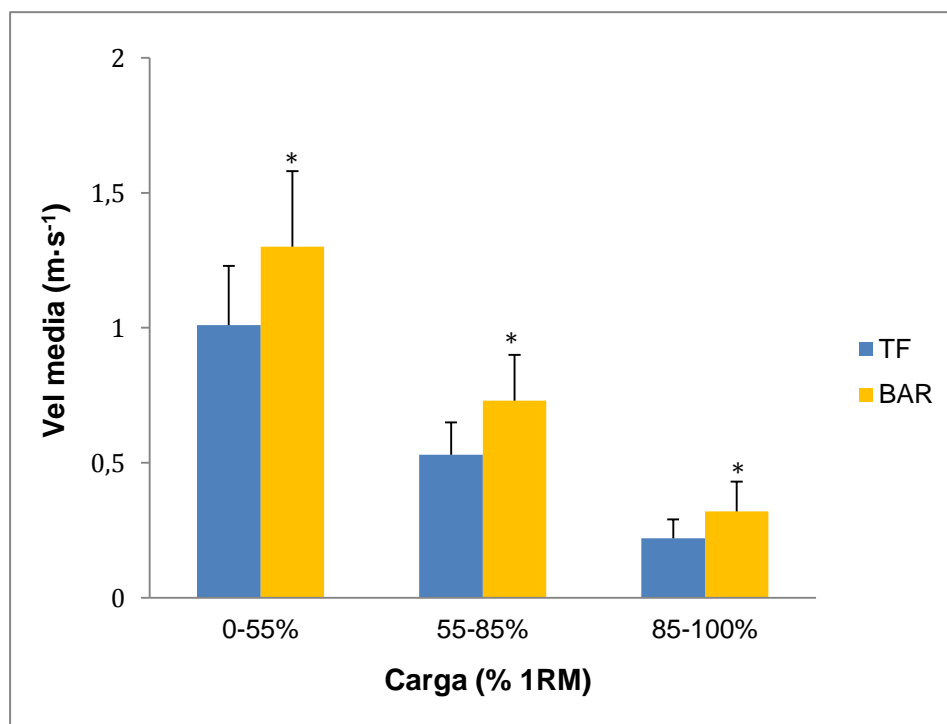
### **3.4 Análisis estadístico**

---

Los resultados se expresan como media  $\pm$  desviación estándar. La asunción de normalidad fue verificada usando el test de Shapiro-Wilk. Una prueba t de Student fue aplicada para establecer las diferencias entre las variables analizadas. La relación entre las variables se calculó por medio del coeficiente de correlación de Pearson (r). La fiabilidad relativa de las medidas intraserie fue evaluada usando el coeficiente de correlación intraclase (ICC). Valores de  $p < 0.05$  fueron considerados estadísticamente significativos. La fiabilidad absoluta se calculó por medio del error típico de medida (TE) y el coeficiente de variación (CV; TE expresado como un porcentaje). El software SPSS+ V.19.0 fue usado para el análisis.

## 4. RESULTADOS

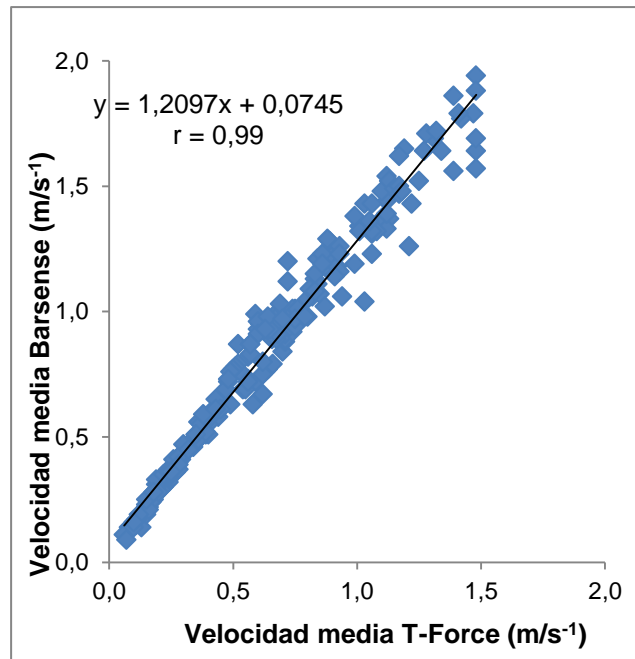
En la Figura 7 se muestra la relación entre la carga relativa y la velocidad media concéntrica usando el encoder T-Force (patrón oro) y la aplicación Barsense. La comparativa entre ambos instrumentos de medida de la velocidad media concéntrica mostró diferencias significativas ( $p < 0,01$ ) en los tres niveles de cargas. Barsense sobreestimó la velocidad media con respecto a T-Force.



**Figura 7.** Valores de velocidad media concéntrica para cargas ligeras (0-55%), moderadas (55-85%) y altas (85%-100%) medidos con T-Force y la app Barsense.

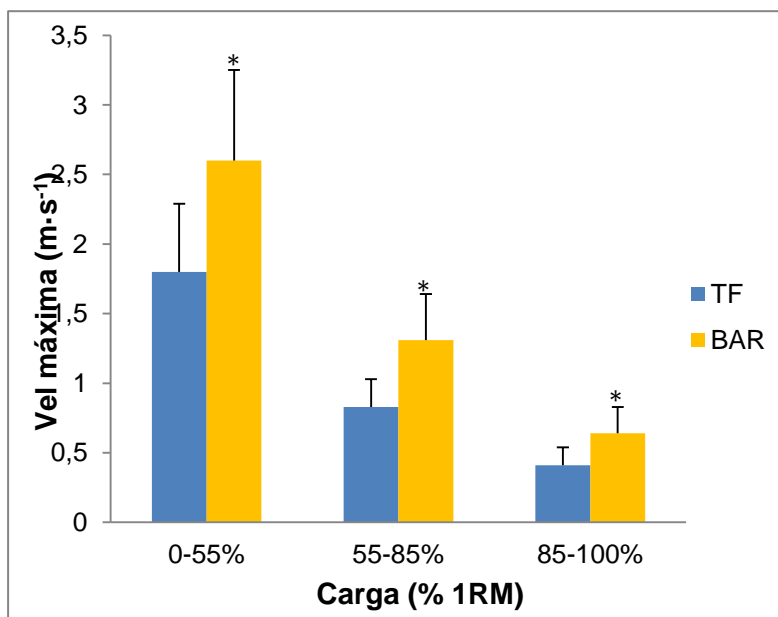


No obstante se obtuvieron correlaciones muy altas ( $r=0,99$ ) entre ambos instrumentos de medida como se muestra en la Figura 8.



**Figura 8.** Valores de velocidad máxima concéntrica para cargas ligeras (0-55%), moderadas (55-85%) y altas (85%-100%) medidos con T-Force y la app Barsense.

Cuando se estudió la relación entre la carga relativa y la velocidad máxima medidas con ambos dispositivos se encontraron diferencias significativas como muestra la Figura 9. Barsense sobrestimó también la velocidad máxima con respecto al encoder.



**Figura 9.** Relación entre la carga y la velocidad máxima con el encoder y la aplicación Barsense.

En la relación entre ambos instrumentos de medida con el encoder y la aplicación Barsense se encontraron diferencias significativas tanto en la potencia como en la fuerza (Tablas 3 y 4), sobreestimando los valores Barsense con respecto al encoder.

**Tabla 4.** Valores de fuerza media para cargas ligeras (0-55%), moderadas (55-85%) y altas (85%-100%) medidos con T-Force y la app Barsense.

Carga (% 1RM)	FM (N)	
	TF	BAR
0-55%	328,4* ± 162,8	451,5 ± 150,8
55-85%	769,3* ± 159,4	909,0 ± 729,0
85-100%	1024,9* ± 166,7	1038,6 ± 166,1

\*, diferencias significativas ( $p < 0,01$ ).

**Tabla 5.** Valores de fuerza media para cargas ligeras (0-55%), moderadas (55-85%) y altas (85%-100%) medidos con T-Force y la app Barsense.

Carga (% 1RM)	PM (W)	
	TF	BAR
0-55%	301,0* ± 93,7	575,9 ± 138,7
55-85%	393,4* ± 84,6	675,2 ± 663,6
85-100%	237,6* ± 134,2	332,0 ± 117,7

\*, diferencias significativas ( $p < 0,01$ ).

La fiabilidad intraserie para todas las cargas hasta el 85% en todas las variables analizadas con ambos instrumentos de medida se muestra en la Tabla 5, se obtuvieron altos ICC en ambos dispositivos, los CV en el T-Force es bajo en todas las variables, en el caso de Barsense los CV son bajos en todas las variables excepto en la potencia media. Los TE en el T-Force son bajos exceptuando la potencia media y en el caso de Barsense son bajos en la VM y VM<sub>máx</sub> y altos en FM y PM.

**Tabla 6.** Fiabilidad intraserie de todas las variables analizadas de todas las cargas hasta el 85%.

		TE	ICC	CV
T-Force	VM	0,06	0,95	5,50
	V <sub>máx</sub>	0,09	0,97	5,20
	FM	0,49	1,00	0,20
	PM	15,80	0,98	6,40
Barsense	VM	0,08	0,93	6,20
	V <sub>máx</sub>	0,13	0,96	4,80
	FM	20,46	0,99	5,20
	PM	56,63	0,86	10,40

Te, error técnico de medida; ICC, coeficiente de correlación intraclass; CV, coeficiente de variación.

La fiabilidad intraserie con cargas ligeras (0-55%) muestra altos ICC en ambos dispositivos como se muestra en la Tabla 6. Los CV son bajos en ambos dispositivos en todas las variables excepto en la PM medida con Barsense. Los TE fueron bajos en VM, VMáx y FM, pero alto en PM cuando se midió con T-Force. En el caso de Barsense los TE fueron bajos en VM y VMáx y altos en FM y PM.

**Tabla 7.** Fiabilidad intraserie de todas las variables analizadas en cargas ligeras (0-55%).

		TE	ICC	CV
<b>T-Force</b>	<b>VM</b>	0,06	0,94	5,60
	<b>Vmáx</b>	0,09	0,96	4,80
	<b>FM</b>	0,51	1,00	0,20
	<b>PM</b>	15,30	0,98	5,70
Te, error técnico de medida; ICC, coeficiente de correlación intraclase; CV, coeficiente de variación.				
<b>Barsense</b>	<b>VM</b>	0,08	0,91	6,50
	<b>Vmáx</b>	0,13	0,96	4,70
	<b>FM</b>	21,90	0,98	5,50
	<b>PM</b>	60,60	0,83	11,10

Te, error técnico de medida; ICC, coeficiente de correlación intraclase; CV, coeficiente de variación.

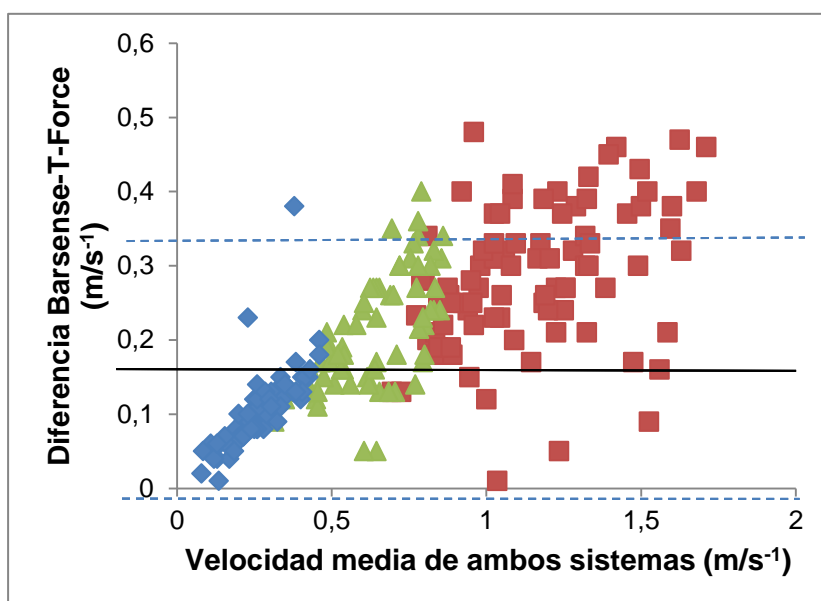
Con cargas moderadas (55-85%) la fiabilidad intraserie mostró altos ICC y bajos CV con ambos instrumentos de medida (Tabla 7). Los TE fueron bajos en VM, VMáx y FM y alto en la PM cuando se midió con T-Force. Cuando se midió con Barsense los TE fueron bajos en la VM y VMáx y altos en la FM y PM.

**Tabla 8.** Fiabilidad intraserie de todas las variables analizadas en cargas moderadas (55-85%).

		TE	ICC	CV
<b>T-Force</b>	<b>VM</b>	0,02	0,92	2,70
	<b>Vmáx</b>	0,03	0,91	2,70
	<b>FM</b>	0,38	1,00	0,10
	<b>PM</b>	14,30	0,98	3,70
<b>Barsense</b>	<b>VM</b>	0,03	0,96	3,30
	<b>Vmáx</b>	0,06	0,91	3,70
	<b>FM</b>	11,10	0,99	1,50
	<b>PM</b>	21,30	0,99	3,70

Te, error técnico de medida; ICC, coeficiente de correlación intraclase; CV, coeficiente de variación.

Cuando se analizó la diferencia entre T-Force y Barsense de la velocidad media concéntrica se comprobó que en cargas medias y ligeras numerosos valores superaban la diferencia media (Figura 10)



**Figura 10.** Diferencia entre T-Force y Barsense de la velocidad media obtenida en ambos sistemas, diferenciada por colores en los 3 niveles de cargas. Azul, cargas altas; Verde, cargas medias; rojo, cargas ligeras.

## **5. DISCUSIÓN**

---

El principal objetivo de este trabajo fue comprobar la validez y fiabilidad de una aplicación de video análisis (Barsense), para ello se tomaron 231 repeticiones en el ejercicio de press banca en la maquina Smith. Se comprobó que la velocidad media y velocidad máxima fue sobrestimada por la aplicación Barsense como muestran las Figuras 7 y 9. También los valores de fuerza media y potencia media mostraron valores mayores cuando se midió con la app Barsense (Tablas 4 y 5). A pesar de que Barsense sobreestima en todas las variables analizadas encontramos correlaciones muy altas en la velocidad media entre ambos dispositivos como muestra la Figura 8. La única referencia que encontramos en la bibliografía fue el estudio que realizamos el año 2016 (Andrés, 2016) donde estudiamos la relación entre diferentes porcentajes de carga y la velocidad media propulsiva comparando un encoder y la aplicación Barsense. La velocidad media en este estudio también fue sobreestimada por Barsense, pero sólo se obtuvieron correlaciones entre el 30-70% de las cargas. Esto pudo ser debido a la metodología utilizada en este estudio ya que se trataba de una muestra muy heterogénea, se realizó en press banca libre y no se estableció una pausa antes de la fase concéntrica. No obstante la correlación de todas las cargas es alta pero como muestra la Figura 8 la correlación es menor con cargas ligeras. Este aspecto queda reflejado en la Figura 10 donde se analizó la diferencia de la velocidad media obtenida entre ambos instrumentos de medida, en ella se muestra como en cargas medias y sobretodo en cargas ligeras la diferencia entre ambos instrumentos supera la diferencia media y se salen de los valores permitidos para establecer una alta correlación.

En la bibliografía podemos destacar otro estudio que comprueba la validez y fiabilidad de otras aplicaciones basadas en análisis de vídeo (Balsalobre et al., 2017). En este caso los autores afirman la validez de la aplicación basándose en las altas correlaciones entre el patrón oro (Transductor lineal) y la app powerlift, pero estas correlaciones no nos dicen si ambos instrumentos de medida están midiendo los mismo.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en estos dos estudios (Andrés, 2016 y Balsalobre, 2017) no tenemos información veraz para replicar los datos obtenidos en nuestro trabajo. Asimismo en base a los resultados obtenidos y el funcionamiento de la app Barsense podemos generar la hipótesis de que el motivo de la sobreestimación de Barsense respecto al patrón oro es debido a un error en el seguimiento de la referencia (disco olímpico) en el análisis de vídeo, ya que es en cargas ligeras cuando el disco alcanza mayores velocidades cuando las correlaciones son más bajas y la diferencia entre velocidades medias es mayor.

En las Tablas 6,7 y 8 observamos cómo se obtuvieron CV bajos en todas las variables excepto en la potencia media, también pudimos ver como los TE fueron altos en la fuerza y potencia medias con la app Barsense y en la potencia media con el encoder. Según la bibliografía consultada (García et al., 2017) la velocidad máxima es la variable que mayor fiabilidad tiene a la hora de cuantificar la intensidad en el ejercicio de press banca. Esto refuerza la hipótesis de que los errores mínimos que se pueden obtener en la medición de la velocidad son multiplicados en la fuerza y potencia ya que estas variables son calculadas por los dispositivos mediante cálculos físicos.

## **6. CONCLUSIONES Y APLICACIONES PRÁCTICAS**

---

Hemos podido mostrar con cierta clarividencia que cuando medimos la velocidad de la fase concéntrica de un levantamiento de press banca con un transductor lineal y con la app Barsense los datos obtenidos no son los mismos.

Por tanto la app **Barsense no es un instrumento válido para medir la velocidad.**

Sin embargo Barsense sí es fiable y además tiene una correlación con el patrón oro. Por estos motivos **Barsense permiten trabajar con este instrumento para valorar y cuantificar un entrenamiento** siempre que no se intercambien estos datos con los que pueda aportar otro dispositivo.

Teniendo en cuenta **el bajo coste de la app Barsense** en comparación con el encoder, la app sería una herramienta muy buena para entrenadores de la fuerza o deportistas que no poseen de un alto presupuesto.

De este modo **permite a los entrenadores de la fuerza trabajar evaluando el progreso mediante la velocidad** de la fase concéntrica en ejercicios de fuerza y así evitar los errores cometidos hasta la fecha utilizando otras sistemas de valoración (1RM, 5RM...).

Utilizando Barsense **el entrenador puede evaluar la velocidad a la que su deportista mueve una carga absoluta al antes, durante y después de un programa de entrenamiento**, permitiéndole así evaluar el efecto que está o ha supuesto en entrenamiento en el deportista y controlando la intensidad en cada sesión de entrenamiento ajustando de manera más precisa las cargas aplicadas, a las cargas programadas por el entrenador.

---

## **7. FUTURAS LÍNEAS DE TRABAJO**

---

Una vez expuestas las conclusiones y aplicaciones prácticas que puede aportar este trabajo al ámbito del entrenamiento de la fuerza, nos gustaría proponer la posibilidad de realizar estudios futuros en los que se pueda evaluar y comparar diferentes instrumentos de medida basados en análisis de vídeo entre sí para dilucidar si sus mediciones son intercambiables.

Otra línea de trabajo sería, comprobar si sería factible la creación de una ecuación individual en cada sujeto de la muestra, obtenida a través de un test progresivo. Y si esta ecuación es válida para estimar el 1RM durante la realización de un programa de entrenamiento, así como para detectar mejoras producidas por el entrenamiento.



---

## **8. VALORACIÓN PERSONAL Y REFLEXIÓN CRÍTICA**

---

Desde un punto de vista personal la realización de este trabajo es un aporte más para acercar lo máximo posible la ciencia al entrenamiento, ya que la utilización de este instrumento permite aplicar los conceptos expuestos en el ámbito científico como son las ventajas de trabajar con la velocidad de ejecución como método para programar, controlar y evaluar el entrenamiento de fuerza. No obstante se requiere de la mejora de estas herramientas para que obtengan una validez y fiabilidad que permitan trabajar de esta manera limitando al máximo el margen de error.

## **9. BIBLIOGRAFÍA**

---

Allen, D. G., Lamb, G. D., & Westerblad, H. (2008). Skeletal muscle fatigue: cellular mechanisms. *Physiological reviews*, 88(1), 287-332.

Baechle T. Earle, R. Principios del entrenamiento de la fuerza y del acondicionamiento físico. Ed. Paidotribo. Badalona. 2012.

Balsalobre-Fernández, C., Marchante, D., Muñoz-López, M., & Jiménez, S. L. (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*, 1-7.

Brzycki, M. (1993). Strength testing: Predicting a one-rep max from repstofatigue. *JOHPERD* 64:88-90.

Day, M. L., Mcguigan, M. R., Brice, G., & Foster, C. (2004). Monitoring exercise intensity during resistance training using the session RPE scale. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 18(2), 353-358.

García-Ramos, A., Haff, G. G., Padial, P., & Feriche, B. (2017). Reliability of power and velocity variables collected during the traditional and ballistic bench press exercise. *Sports Biomechanics*, 1-14.

González Badillo, J. J. (2000). Concepto y medida de la fuerza explosiva en el deporte. Posibles aplicaciones al entrenamiento. *Revista de entrenamiento deportivo*, 14(1), 5-16.

González-Badillo, J. J., & Ayestarán, E. G. (2002). Fundamentos del entrenamiento de la fuerza: Aplicación al alto rendimiento deportivo (Vol. 302). Inde.

González-Badillo, J. J., & Serna, J. R. (2002). Bases de la programación del entrenamiento de fuerza (Vol. 308). Inde.

González-Badillo, J. 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.

González-Badillo, J. J., Rodríguez-Rosell, D., Sánchez-Medina, L., Gorostiaga, E. M., & Pareja-Blanco, F. (2014). Maximal intended velocity training induces greater gains in bench press performance than deliberately slower half-velocity training. *European journal of sport science*, 14(8), 772-781.

González-Badillo, J. J., Yañez-García, J. M., Mora-Custodio, R., & Rodríguez-Rosell, D. (2017a). Velocity Loss as a Variable for Monitoring Resistance Exercise. *International journal of sports medicine*, 38(03), 217-225.

González-Badillo, J. J., Sánchez, L., Pareja, B., & Rodríguez, D. (2017b). La velocidad de ejecución como referencia para la programación, control y evaluación del entrenamiento de fuerza. Ed. Ergotech consulting, S.L.

Gorostiaga, E. M., Asiáin, X., Izquierdo, M., Postigo, A., Aguado, R., Alonso, J. M., & Ibáñez, J. (2010). Vertical jump performance and blood ammonia and lactate levels during typical training sessions in elite 400-m runners. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(4), 1138-1149.

Ingebrigtsen, J., Holtermann, A., & Roeleveld, K. (2009). Effects of load and contraction velocity during three-week biceps curls training on isometric and isokinetic performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(6), 1670-1676.

Lagally, K. M., McGaw, S. T., Young, G. T., Heather, C. M., y Thomas, D. Q. (2004). Rating of perceived Exertion and Muscle Activity During The Bench Press Exercise in Recreational And Novice Lifters. *J Strength and Conditioning*, 18 (2), 359-364.

Pareja-Blanco, F., Rodríguez-Rosell, D., Sánchez-Medina, L., Gorostiaga, E. M., & González-Badillo, J. J. (2014). Effect of movement velocity during resistance training on neuromuscular performance. *International journal of sports medicine*, 35(11), 916-924

Pareja-Blanco, F., Sánchez-Medina, L., Suárez-Arrones, L., & González-Badillo, J. J. (2016). Effects of velocity loss during resistance training on performance in professional soccer players. *International journal of sports physiology and performance*, 1-24.

Pareja-Blanco, F., Rodríguez-Rosell, D., Sánchez-Medina, L., Sanchis-Moysi, J., Dorado, C., Mora-Custodio, R., ... & González-Badillo, J. J. (2017). Effects of velocity loss during resistance training on athletic performance, strength gains and muscle adaptations. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 27(7), 724-735.

Pereira, M. I. R., & Gomes, P. S. C. (2007). Effects of isotonic resistance training at two movement velocities on strength gains. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 13(2), 91-96.

Peña García-Orea, G., Elvar, H., Juan, R., Aguilera Campillos, J., Arenas Dalla, A., & Pérez-Caballero, C. (2017). Dispositivos para la Medición de la Velocidad de Ejecución en el Entrenamiento de la Fuerza: ¿ Todos Valen para lo Mismo?. *International Journal of Physical Exercise and Health Science for Trainers*, 1(2).

Richens, B., & Cleather, D. J. (2014). The relationship between the number of repetitions performed at given intensities is different in endurance and strength trained athletes. *Biology of sport*, 31(2), 157.

Robertson, R. J., Goss, F. L., Rutkowski, J., Lenz, B., Dixon, C., Timmer, J., Frazee, K., Dube, J., y Andreacci, J. (2003). Concurrent Validation of the OMNI Perceived Exertion Scale For Resistance Exercise. *Med and Sci. in sport and Exc*, 35 (2), 333-341.

Sakamoto, A., & Sinclair, P. J. (2006). Effect of movement velocity on the relationship between training load and the number of repetitions of bench press. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(3), 523.

Sanchez-Medina, L., Perez, C. E., & Gonzalez-Badillo, J. J. (2010). Importance of the propulsive phase in strength assessment. *International journal of sports medicine*, 31(02), 123-129.

Sanchez-Medina, L., & González-Badillo, J. J. (2011). Velocity loss as an indicator of neuromuscular fatigue during resistance training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 43(9), 1725-1734.

Sánchez-Medina, L., Gonzalez-Badillo, J. J., Perez, C. E., & Pallarés, J. G. (2014). Velocity-and power-load relationships of the bench pull vs. Bench press exercises. *International journal of sports medicine*, 35(03), 209-216.

Sánchez-Medina, L., Pallarés, J. G., Pérez, C. E., Morán-Navarro, R., & González-Badillo, J. J. (2017). Estimation of relative load from bar velocity in the full back squat exercise. *Sports Medicine International Open*, 1(02), E80-E88.

Shimano, T., Kraemer, W. J., Spiering, B. A., & Volek, J. S. (2006). Relationship between the number of repetitions and selected percentages of one repetition maximum in free weight exercises in trained and untrained men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(4), 819.

Terzis, G., Spengos, K., Manta, P., Sarris, N., & Georgiadis, G. (2008). Fiber type composition and capillary density in relation to submaximal number of repetitions in resistance exercise. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(3), 845-850.

Verkhoshansky, Y., & Siff, M. C. (2009). Supertraining. Verkhoshansky SSTM.

Zourdos, M. C., Klemp, A., Dolan, C., Quiles, J. M., Schau, K. A., Jo, E., ... & Blanco, R. (2016). Novel Resistance Training-Specific Rating of Perceived Exertion Scale Measuring Repetitions in Reserve. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(1), 267-275.