



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN
GRADO EN CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y DEL DEPORTE

TRABAJO DE FIN DE GRADO

**EFFECTOS DE DIFERENTES PROTOCOLOS DE
ENTRENAMIENTO DE FUERZA CON DIFERENTES
INTENSIDADES SOBRE EL RENDIMIENTO FÍSICO EN
MUJERES**

AUTOR: GONZALO MUÑOZ DEL CASTILLO

TUTORA: BEATRIZ BACHERO MENA

1. RESUMEN	2
2. ABSTRACT	2
3. INTRODUCCIÓN	4
4. MARCO TEÓRICO	6
5. METODOLOGÍA	11
5.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	11
5.2. MUESTRA	11
5.3. VARIABLES	11
5.4. PROCEDIMIENTOS DE EVALUACIÓN	12
5.5. SESIONES	13
5.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	14
6. RESULTADOS	15
7. DISCUSIÓN	18
8. CONCLUSIONES	23
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24
10. ANEXOS	29
10.1. ANEXO 1. CONSENTIMIENTO INFORMADO	29
11. ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	30
12. ÍNDICE DE TABLAS	30

RESUMEN

Este trabajo trata de analizar cómo se comporta la pérdida de velocidad, ante diferentes intensidades (60-80% 1RM) en el ejercicio de sentadilla con mujeres jóvenes, reafirmando así que la pérdida de velocidad puede ser una variable que considerar cuando se quiere controlar y cuantificar el volumen de entrenamiento de forma objetiva. Tras la realización de varias sesiones de familiarización, las participantes se sometieron a un test de cargas incremental para determinar las velocidades que corresponden a las diferentes intensidades en el ejercicio de sentadilla. Tras ello, se realizaron las sesiones compuestas por un calentamiento y una serie hasta el fallo con el porcentaje 1RM seleccionado de forma aleatoria, las sesiones estuvieron espaciadas con, aproximadamente, una semana de separación entre ellas. Se han encontrado diferencias significativas ($p < 0.001$) en el número de repeticiones realizadas ante cada carga; la mejor velocidad media propulsiva de cada serie y; la velocidad media propulsiva promedio de toda la serie (ambas $p < 0.001$). También, se han dado correlaciones estadísticamente significativas ($p < 0.001$) entre la magnitud de la pérdida de velocidad y el porcentaje de repeticiones completadas en ambas intensidades (60% 1RM, $r = 0.85$; 80% 1RM, $r = 0.82$). Estos resultados reafirman que el control de la velocidad de ejecución y la pérdida inducida, de manera involuntaria, durante la serie, pueden ser una forma objetiva de cuantificar la cantidad de repeticiones completadas en una serie y la fatiga, en mujeres jóvenes.

ABSTRACT

This study aims to analyze how velocity loss behaves at different intensities (60-80% 1RM) in the squat exercise with female subjects, thus reaffirming that velocity loss can be a variable to consider when trying to control and quantify the training volume in an objective way. After the completion of several familiarization sessions, with the aim of improving both technical execution and the ability to perform sets to failure, the subjects underwent an incremental load test to determine the velocities corresponding to the different intensities in the squat exercise. In this way, the sessions were composed of a warm-up and a set to failure with the 1RM percentage randomly selected, the sessions were spaced approximately one week apart from each other. Significant differences were found ($p < 0.001$) in the number of repetitions performed against each load; the best mean propulsive velocity of each set and; the average mean propulsive velocity of the whole set (both $p < 0.001$). Also, there were

statistically significant correlations ($p < 0.001$) between the magnitude of velocity loss and the percentage of repetitions completed at both intensities (60% 1RM, $r = 0.85$; 80% 1RM, $r = 0.82$). These results reaffirm that velocity control and involuntarily induced loss during the set can be an objective way to quantify the number of repetitions completed in a set and fatigue in female subjects.

INTRODUCCIÓN

La actividad física y el ejercicio tienen un gran efecto positivo sobre la salud de las personas y, es algo que ha sido demostrado científicamente en numerosas ocasiones, llegando a ser medidas preventivas eficaces contra una gran cantidad de enfermedades e incluso contra la mortalidad. Actualmente, uno de los grandes problemas que existe entre la población es la inactividad física y el sedentarismo, causando en torno a 3,2 millones de muertes anuales, algo que ha llevado a las Organización Mundial de la Salud a considerar la inactividad física como el cuarto factor de riesgo de mortalidad (González & Rivas, 2018).

El realizar actividad física diaria tiene un gran efecto protector contra gran cantidad de enfermedades como el cáncer de mama, la hipertensión, la diabetes, enfermedades cardiovasculares o incluso provoca un descenso del riesgo de mortalidad prematura por cualquier causa. La ciencia trata de identificar las razones de estos beneficios y, se ha demostrado que la actividad física es un factor que ayuda a regular una gran cantidad de mecanismos que se producen en el cuerpo y, que pueden ser tanto negativos como positivos, mejorando los positivos y, disminuyendo la prevalencia de aquellos que pueden generar problemas en nuestro organismo (González & Rivas, 2018).

Existen una serie de factores que se encuentran asociados a riesgos elevados de padecer diferentes enfermedades o dolencias como son: la falta y pérdida de masa muscular (sarcopenia), que conlleva un descenso del gasto metabólico y genera una ganancia de masa grasa. El tejido muscular es un elemento principal en el desecho de glucógeno y triglicéridos, por lo tanto, una falta o pérdida de masa muscular aumentará el riesgo de sufrir intolerancia a la glucosa y enfermedades asociadas (Dutta & Hadley, 1995; Flack et al., 2011; Strasser & Schobersberger, 2011; Westcott, 2012) Por lo que se puede decir que la sarcopenia es el gran contribuyente a la reducción del metabolismo basal (Phillips, 2007). Todos estos factores de riesgo que se han mencionado pueden ser tratados mediante el entrenamiento de fuerza, ya que se ha demostrado, en gran cantidad de ocasiones, que este tipo de entrenamiento produce mejoras significativas en la masa muscular y el metabolismo basal, lo que suele ir acompañado de una reducción de masa grasa, reducción de dolencias, mejoras funcionales y, también genera un impacto en la densidad mineral ósea, donde el entrenamiento de fuerza es mucho más eficaz que otros tipos de entrenamiento (Westcott, 2012).

Mantener los valores de masa muscular es esencial para la prevención del deterioro de la salud musculoesquelética y el desarrollo de síndrome metabólico (combinación de niveles

de glucosa elevados, colesterol, lípidos, hipertensión y obesidad) (Broeder et al., 1992). El entrenamiento de fuerza es especialmente beneficioso para mujeres, debido a los cambios hormonales producidos por la menopausia, los cuales aumentan el riesgo de una pérdida de densidad mineral ósea mucho más rápida desarrollando así osteopenia, osteoporosis y osteoartritis severa (Alswat, 2017; Ji & Yu, 2015; Srikanth et al., 2005; Vasudevan & Ford, 2021). La falta de fuerza y masa muscular, la cual es un factor de salud y rendimiento físico, genera grandes limitaciones en la vida diaria, siendo también asociada con un mayor riesgo de mortalidad y enfermedades cardiovasculares (Ahtiainen et al., 2016; Timpka et al., 2014). La pérdida de masa muscular provoca reducciones de la tasa metabólica, lo que conllevará a un aumento de la masa grasa y cambios en la composición corporal que estarán relacionados con un mayor riesgo de enfermedades y condiciones metabólicas adversas, las cuales se ven acentuadas en personas de avanzada edad (Ahtiainen et al., 2016; Westcott, 2012).

El entrenamiento de fuerza es un modelo de actividad física el cual busca mejorar la fuerza muscular a través de realizar una actividad contra una carga externa, pudiendo ser un peso libre, máquinas o bandas que ofrecen una resistencia, ejercicios con el peso corporal o actividades de la vida diaria las cuales requieran de un levantamiento, empuje, uso de escaleras, etc. (Gibson-Moore, 2019). En gran cantidad de ocasiones se ha demostrado que realizar un entrenamiento de fuerza de forma controlada y sistematizada genera mejoras en el tamaño del músculo esquelético y la fuerza tanto en hombres como mujeres de edades diferentes y, la inactividad física provoca un deterioro en ambas (Vasudevan & Ford, 2021).

MARCO TEÓRICO

En numerosas ocasiones se ha demostrado que el entrenamiento de fuerza genera gran cantidad de beneficios para el organismo tanto en hombres como en mujeres de diferentes edades (Broeder et al., 1992; Dutta & Hadley, 1995; Flack et al., 2011; Phillips, 2007; Strasser & Schobersberger, 2011; Timpka et al., 2014; Westcott, 2012). Para poder maximizar estos beneficios, es necesaria la aplicación del estímulo óptimo, el cual depende de la manipulación de las diferentes variables que comprenden la carga de entrenamiento como son: la intensidad, el volumen, la selección y orden de ejercicios, la frecuencia, el descanso y la velocidad de ejecución. (Grgic et al., 2018; Rodríguez-Rosell et al., 2020). Entre todas estas variables destacan la intensidad y el volumen de entrenamiento como, principales variables que favorecerán las adaptaciones del entrenamiento.

La carga de entrenamiento se define como el conjunto de exigencias psicológicas y biológicas (carga real o interna) provocadas por las actividades de entrenamiento (carga propuesta o externa). Al diferenciar ésta en dos, es necesario realizar una valoración más amplia e integradora de la carga de entrenamiento, buscando que la carga propuesta y la real difieran lo menos posible, obteniendo una gran representación de la carga real en la carga propuesta (González-Badillo & Ribas-Serna, 2002). El cuantificar la carga de entrenamiento sigue siendo uno de los problemas a los que se enfrentan los entrenadores a la hora de programar el entrenamiento, algo que se ha convertido en el foco de muchas de las investigaciones actuales sobre el entrenamiento de fuerza, utilizando la velocidad de ejecución como forma o método para cuantificar la intensidad y, la pérdida de esa velocidad para cuantificar el volumen. Las investigaciones sobre este ámbito han demostrado que el monitorizar la velocidad de las repeticiones durante la serie es un indicador objetivo, práctico y no invasivo de la fatiga muscular producida por el entrenamiento (González-Badillo & Sánchez-Medina, 2010; Sánchez-Medina & González-Badillo, 2011).

El denominado “Velocity-based training” (VBT) o, “entrenamiento basado en la velocidad” es una metodología que, actualmente se encuentra en auge. En esta metodología se propone a la velocidad de ejecución como una alternativa válida para calcular y ajustar la intensidad de entrenamiento de manera precisa. Esta metodología se basa, principalmente, en la estrecha relación que existe entre la velocidad de desplazamiento de la barra y el porcentaje de la repetición máxima (%1-RM), lo que permite estimar, prescribir y controlar, en tiempo real, las cargas de entrenamiento que han sido propuestas en el entrenamiento de fuerza

(González-Badillo & Ribas-Serna, 2002; González-Badillo & Sánchez-Medina, 2010; Pareja-Blanco, Walker, et al., 2020). En esta metodología, a la hora de medir y cuantificar, se utiliza la velocidad propulsiva media (MPV), definida por la fase propulsiva de la acción, donde la aceleración de la barra es mayor que la gravedad (Pareja-Blanco, Walker, et al., 2020; Sanchez-Medina et al., 2010).

El porcentaje de la repetición máxima (% 1RM) ha sido utilizado de forma tradicional para cuantificar y determinar la intensidad de entrenamiento, el cual requiere de su determinación a través de un test de 1-RM específico de forma regular para realizarlo de forma precisa. Este método tiene una gran cantidad de inconvenientes como son que es necesario estar en un estado óptimo para realizarlo sin que exista error, afectará a la programación de entrenamiento y generará una fatiga extra y; se ha demostrado que el dato de la 1RM tiene una variabilidad diaria, lo cual nos puede dar lugar a que las cargas de entrenamiento no sean las óptimas si no se realiza la estimación a diario (González-Badillo & Sánchez-Medina, 2010; Rissanen et al., 2022). Para tratar de solucionar este problema, muchas investigaciones se han centrado en la relación existente entre la velocidad de ejecución y el porcentaje de intensidad relativa de la carga, indicado a través del %1-RM; llegando a la conclusión que la velocidad de ejecución puede ser utilizada para estimar la 1-RM diaria y, los valores de intensidad relativa, ya que cada %1RM tiene un valor absoluto de velocidad asociado (González-Badillo & Sánchez-Medina, 2010; Pareja-Blanco, Walker, et al., 2020; Rissanen et al., 2022).

Las investigaciones sobre el entrenamiento de fuerza han demostrado la existencia de variabilidad diaria en valores como la 1-RM y, también cómo las respuestas adaptativas al entrenamiento de fuerza dependen de una gran cantidad de variables como son la magnitud de la carga, número de series y repeticiones, tipo de ejercicio y orden, descanso, frecuencia y velocidad de ejecución, generando así el estímulo inducido por el entrenamiento de fuerza, que provocará un estrés y adaptaciones metabólicas diferentes en cada sujeto (Pareja-Blanco et al., 2017; Sánchez-Medina & González-Badillo, 2011; Spiering et al., 2008). Es por todo ello que, medir la velocidad de ejecución genera una mayor objetividad a la hora de controlar la carga de entrenamiento. Usando la VMP de la fase concéntrica del movimiento, se puede estimar la 1-RM diaria para poder ajustar la carga de la sesión, pero todo esto viene dado por una ecuación, la cual asocia los %1-RM con una velocidad de ejecución estimada, de forma general y que ha sido validada en gran cantidad de ocasiones. Pero como se ha indicado anteriormente, la variabilidad que existe en el entrenamiento genera la necesidad de obtener

ecuaciones individuales para cada sujeto y determinar la relación carga-velocidad (Pareja-Blanco, Walker, et al., 2020). No obstante, la mayoría de los estudios que han utilizado esta metodología de control y cuantificación de la carga se han realizado en hombres y, los que se realizaron en mujeres se han centrado en ejercicios de los miembros superiores, hasta que Pareja-Blanco, Walker, & Häkkinen (2020b) detallan la necesidad de obtener una ecuación específica para mujeres, ya que se había observado que la velocidad asociada a cada %1-RM era menor en mujeres que en hombres, por lo que si se trabaja con las mismas velocidades, estarían teniendo un estímulo diferente y, no se podría cuantificar la carga de forma objetiva (Balsalobre-Fernández et al., 2017; García-Ramos et al., 2019; Pareja-Blanco, Walker, et al., 2020; Torrejón et al., 2018).

El volumen de entrenamiento es considerado la cantidad total de repeticiones y series que se realizan durante un programa de entrenamiento (Bird et al., 2005; Kraemer & Ratamess, 2004), generalmente determinado por un número exacto de repeticiones a realizar por cada individuo durante el programa pero, se ha demostrado que el número de repeticiones que se puede realizar con una misma carga relativa, la cual se determina a través del porcentaje de la repetición máxima (1RM); éste tiene gran variabilidad entre cada persona y, es por ello que si durante una sesión de entrenamiento los participantes realizasen el mismo número de repeticiones por serie ante una carga determinada, cada individuo podrá tener un nivel de fatiga y estrés diferente. (Rodríguez-Rosell et al., 2020).

González-Badillo et al. (2017) observaron una relación entre la pérdida de velocidad en la serie y el número de repeticiones que quedan en reserva, es decir, que se pueden hacer hasta llegar al fallo muscular en el entrenamiento de fuerza. En un estudio realizado con hombres en el ejercicio de press banca, se demuestra que durante un entrenamiento de fuerza en el que se realiza la fase concéntrica del ejercicio con la máxima intención posible, existirá un descenso en la velocidad de ejecución, fuerza y potencia aplicada de forma involuntaria debido a la aparición de la fatiga cuando nos acercamos al fallo muscular. Por otro lado, también se encuentra una relación bastante estrecha entre la pérdida de velocidad relativa en una serie y el porcentaje de repeticiones realizadas con respecto al máximo que se pueden realizar y, que conforme el número máximo de repeticiones realizadas descendía, existía un aumento de la carga. Por todo ello, esta metodología de entrenamiento en la que se controla la velocidad de ejecución nos permite cuantificar el volumen y, poder igualar los niveles de esfuerzos más allá de realizar un mismo número de repeticiones, principalmente a través de la

relación entre la pérdida de velocidad que ha tenido una serie y el porcentaje de repeticiones realizadas.

El estudio sobre el que se ha hablado anteriormente se basaba en el ejercicio de press banca, pero también se han realizado estudios sobre la relación que existe entre la pérdida de velocidad y el porcentaje de repeticiones realizadas en el ejercicio de sentadilla. Como se ha visto anteriormente, está demostrado que valores de pérdida de velocidad absolutos a los que detener la realización de una serie determinarían un número de repeticiones en reserva, que son muy similares entre cargas del 60% al 85% 1RM, pero en cambio, el número de repeticiones sí tenía mayor variabilidad en cuanto a las realizadas con cada carga (González-Badillo et al., 2017; Rodríguez-Rosell et al., 2020).

Recientemente, Rodríguez-Rosell et al. (2020) publicaron un estudio en el que se buscaba cuantificar y comparar el porcentaje de pérdida de velocidad con diferentes cargas y su relación con el fallo para utilizarlo como indicador de la fatiga muscular provocada por los ejercicios de sentadilla y press banca. Los resultados de este estudio indicaron que la pérdida de velocidad y el número de repeticiones realizadas en cada serie estaban altamente relacionadas en ambos ejercicios, pero ambas magnitudes fueron significativamente menores con todas las cargas en el ejercicio de sentadilla, mientras que el número de repeticiones realizadas con cada carga tenía gran variabilidad en ambos ejercicios. Por lo que, los resultados indican que el fallo en el ejercicio de sentadilla se encontrará en un porcentaje de velocidad menor y que, la fatiga aguda generada por la serie dependerá de la pérdida de velocidad experimentada en la misma.

En cuanto al entrenamiento de fuerza en mujeres, uno de los grandes problemas es la falta de estudios realizados en comparación con hombres, ya que la mayoría de las investigaciones se realizan con hombres. Si hablamos del entrenamiento de fuerza basado en la velocidad, únicamente se han publicado 16 estudios sobre mujeres en los últimos cinco años, mientras que en hombres se han publicado más de 50 en los últimos dos años, por lo que realmente existe un problema a la hora de programar el ejercicio físico para mujeres, ya que lo aplicado en hombres no tiene por qué ser igual de adecuado en mujeres (Rissanen et al., 2022). Se ha demostrado que el déficit de fuerza de las mujeres, en comparación con hombres es mayor en la musculatura de miembros superiores; mientras que también mujeres y hombres tienen diferentes relaciones de carga-velocidad en los ejercicios; a parte de las diferencias ya conocidas a nivel neuromuscular, fisiológico y metabólico, que influyen también en la fatiga y las cargas de entrenamiento (Ansdell et al., 2019; Askow et al., 2019; Pareja-Blanco,

Alcazar, Cornejo-Daza, et al., 2020; Pareja-Blanco, Alcazar, Sánchez-Valdepeñas, et al., 2020; Pareja-Blanco, Walker, et al., 2020; Rissanen et al., 2022).

En el estudio recientemente publicado por Rissanen et al. (2022), es el primer estudio, de este tipo, que se realiza con mujeres y, se comparan las respuestas que puedan existir entre hombres y mujeres que entrenan con la misma intensidad relativa y, dos protocolos de pérdida de velocidad diferentes, el 20% y el 40% de pérdida de velocidad en cada serie en los ejercicios de sentadilla y press banca. Los resultados de este estudio han demostrado crecimientos similares en el aumento de tamaño de la sección transversal del vasto lateral mediante ambos protocolos y; que es posible que, para las mujeres el 40% de pérdida de velocidad pueda beneficiar más a la ganancia de fuerza en comparación con el 20% en el ejercicio de press, mientras que se observan resultados similares en el rendimiento de la sentadilla tanto en CMJ como en la sección transversal del vasto lateral. En este estudio, se observa que, en mujeres, el entrenar con un 40% de pérdida de velocidad puede tener beneficios mayores tanto en velocidades bajas como altas, comparadas con los resultados del 20%.

Otros estudios también apoyan el hecho de que las mujeres se podrían beneficiar más al entrenar con volúmenes mayores si se compara con hombres, debido a una mayor capacidad de resistir a la fatiga, exhibiendo valores de fatiga muscular menores que los hombres (Ansdell et al., 2019; Pareja-Blanco, Walker, et al., 2020; Rissanen et al., 2022).

La evidente escasez de estudios relacionados con el control y cuantificación de la carga de entrenamiento en mujeres, debido a que la gran cantidad de estudios que se realizan en este ámbito, son realizados con sujetos varones, ha creado una necesidad de conocer cuáles serían las adaptaciones y respuestas agudas que pueden generar diferentes protocolos de entrenamiento de fuerza en mujeres, con el fin de poder controlar, ajustar e individualizar la carga de entrenamiento también en mujeres. Con este trabajo, se han planteado diferentes objetivos que se relacionan con el problema existente y, se van a observar las posibles respuestas mecánicas y de rendimiento que se dan en el entrenamiento de fuerza en mujeres con unas intensidades y ejercicios concretos como son la sentadilla completa con el 60 y 80% 1RM; como son el número de repeticiones que se pueden realizar y su relación con el porcentaje pérdida de velocidad en cada serie.

METODOLOGÍA

TIPO DE INVESTIGACIÓN

Dada las características de los datos, el estudio que se va a realizar es de tipo cuantitativo, transversal y descriptivo, ya que se estudiarán las respuestas mecánicas y de rendimiento ante una determinada intensidad y en un momento dado.

MUESTRA

La muestra de este estudio está compuesta por 23 mujeres jóvenes (edad = 20.20 ± 1.48 años; talla = 166.15 ± 5.25 cm; masa corporal = 62.96 ± 6.35 kg), todas eran físicamente activas y con algo de experiencia en el entrenamiento de fuerza (1.90 ± 1.29 entrenamientos/semana; 3.45 ± 0.90 años de experiencia). Todas ellas son mujeres saludables, es decir, sin ningún tipo de patología que pudiese interferir durante el desarrollo de las sesiones de fuerza a las que son sometidas. A todas se les informó previamente de la metodología y objetivo del estudio, firmando así un Consentimiento Informado (ANEXO 1. CONSENTIMIENTO INFORMADO).

Tabla 1 Características físicas (n=10)

VARIABLES	MEDIA \pm DESVIACIÓN TÍPICA
EDAD	20.20 ± 1.48
TALLA (CM)	166.15 ± 5.25
PESO (KG)	62.96 ± 6.35
EXPERIENCIA (AÑOS)	1.90 ± 1.29
DÍAS/SEMANA	3.45 ± 0.90

VARIABLES

Se van a diferenciar dos tipos de variables que forman parte del objeto del estudio, las variables dependientes y las independientes.

Comenzando por las variables independientes:

- Se utiliza la intensidad relativa programada, en este caso será del 60 y 80% 1-RM.

Como variables dependientes:

- Pérdida de velocidad en cada serie.

- Número de repeticiones realizadas en cada serie.

PROCEDIMIENTOS DE EVALUACIÓN

Para las medidas antropométricas de las participantes, se realizaron diversas mediciones como la masa corporal y la estatura de todas las participantes. La masa corporal se midió utilizando una báscula (TANITA T5896, Ilustración 1), mientras que para medir la estatura se utilizó un tallímetro (SECA 213 1721009, Ilustración 1) tomando como referencia la distancia entre la planta de los pies y el vértex.



Ilustración 1 Báscula TANITA y tallímetro SECA 2131721009

Previo a la evaluación del test de cargas incremental, se realizaron 4 sesiones de familiarización, con el objetivo de controlar la ejecución técnica y evitar posibles errores que contaminasen la muestra. Para las evaluaciones físicas cada participante realizó un test incremental de cargas en el ejercicio de sentadilla completa, para así poder obtener la relación carga-velocidad individual y el valor de la repetición máxima (1-RM) de cada sujeto. Para la realización del test y la medición de velocidades se utilizó el transductor lineal y software: T-Force System, Ergotech, Murcia, Spain (Ilustración 2). Tras la evaluación, se analizaron las relaciones individuales de cada sujeto, para poder obtener así las velocidades de ejecución de cada intensidad.



Ilustración 2 Transductor lineal (T-Force)

La ejecución de los ejercicios se realizó en una máquina tipo Smith o, también denominada “Multipower” (Ilustración 3), la cual guía el movimiento y evita cualquier tipo de oscilaciones que puedan afectar a la medición de datos.



Ilustración 3 Máquina tipo Smith o Multipower

SESIONES

Las sesiones fueron separadas en un espacio de 1 semana entre cada una de ellas, para evitar que la fatiga pudiese afectar al estudio, al igual que se instruyó a cada participante que previo a la realización de la sesión no podrían realizar ejercicios extenuantes ni un entrenamiento enfocado a la musculatura implicada en la sentadilla (musculatura de los miembros inferiores). Tras ello, las intensidades fueron repartidas de forma aleatoria, donde cada participante tendría un orden diferente de sesiones y, se procedió a la realización del estudio.

Las sesiones comenzaban un calentamiento compuesto por: 5 minutos de carrera continua y 2 series de 10 sentadillas con el peso corporal. Tras ello, para la sesión del 60% 1RM, se realizarían 2 series de aproximación con las cargas del 40 y 50% 1RM, realizándose 6 y 4 repeticiones respectivamente. En la sesión del 80% 1RM, se realizarían 4 series de aproximación con cargas del 40-50-60-70% 1RM y, 6-4-3-2 repeticiones respectivamente. También se indican a cada participante que realicen las repeticiones con la máxima intención en la fase concéntrica, para poder así estimar de forma correcta la carga absoluta con la que se va a realizar la parte principal. Tras este calentamiento, se realizaría la serie hasta el fallo con la carga indicada, tratando que las velocidades estuviesen dentro del margen de ± 0.03 m/s con respecto a la VMP programada.



Ilustración 4 Participante durante la realización de una sesión

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para la descripción de los resultados se utilizaron los cálculos clásicos de tendencia central: medias, de variabilidad: desviaciones típicas, el número de casos, y los valores máximos y mínimos de cada grupo de valores según los casos. Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software SPSS versión 20.0 para Mac. La significatividad se estableció cuando la probabilidad de error fue igual o menor que el 5% ($p \leq 0.05$). Se aplicó una prueba T de Student para muestras relacionadas para observar las diferencias entre-grupos, dentro de cada de protocolo de intensidad. La relación entre variables se analizó con el coeficiente de correlación bivariado de Pearson.

RESULTADOS

Tras finalizar la investigación, se han analizado los datos y se han encontrado diferencias significativas en diferentes variables de rendimiento entre los diferentes protocolos. En la Tabla 2 se encuentran representadas las variables analizadas y la existencia de diferencias entre ambos protocolos, que serán expuestas a continuación:

Se han observado diferencias significativas ($p \leq 0,001$) en el número de repeticiones realizadas por cada protocolo de intensidad, realizándose así un mayor número de repeticiones con la intensidad del 60% 1RM, principalmente debido a esa intensidad menor con respecto al 80% 1RM. También, se han observado diferencias significativas ($p \leq 0,001$) en variables de velocidad de las repeticiones como la velocidad media propulsiva de la repetición más alta y, la velocidad media de todas las repeticiones de la serie; siendo mayores las velocidades con el 60% 1RM.

Por otro lado, no se han encontrado diferencias significativas en la velocidad de las últimas repeticiones de cada protocolo y, la pérdida de velocidad de las series, donde, para determinar esta variable, se han utilizado la repetición más rápida y la última de la serie.

Tabla 2 Diferencias en las variables de rendimiento en ambos protocolos

	60% 1RM	80% 1RM	p-value
REPETICIONES	18.10 ± 5.07	7.90 ± 1.79	0.000***
VMP MÁX (m/s)	0.84 ± 0.07	0.59 ± 0.04	0.000***
VMP ÚLTIMA (m/s)	0.41 ± 0.11	0.33 ± 0.06	0.086
VMP MEDIA (m/s)	0.63 ± 0.79	0.45 ± 0.04	0.000***
% PÉRDIDA VELOCIDAD (MEJOR – ÚLTIMA)	50.72 ± 11.78	44.31 ± 9.70	0.201

Repeticiones: número total de repeticiones por serie; VMP máx: velocidad media propulsiva más alta de la serie; VMP última: velocidad media propulsiva de la última repetición realizada; VMP media: media de velocidad media propulsiva de todas las repeticiones; % pérdida de velocidad: diferencia entre la velocidad media propulsiva de la mejor repetición y la última.

*Diferencias significativas entre protocolos: p-value ≤ 0.001 = ***.*

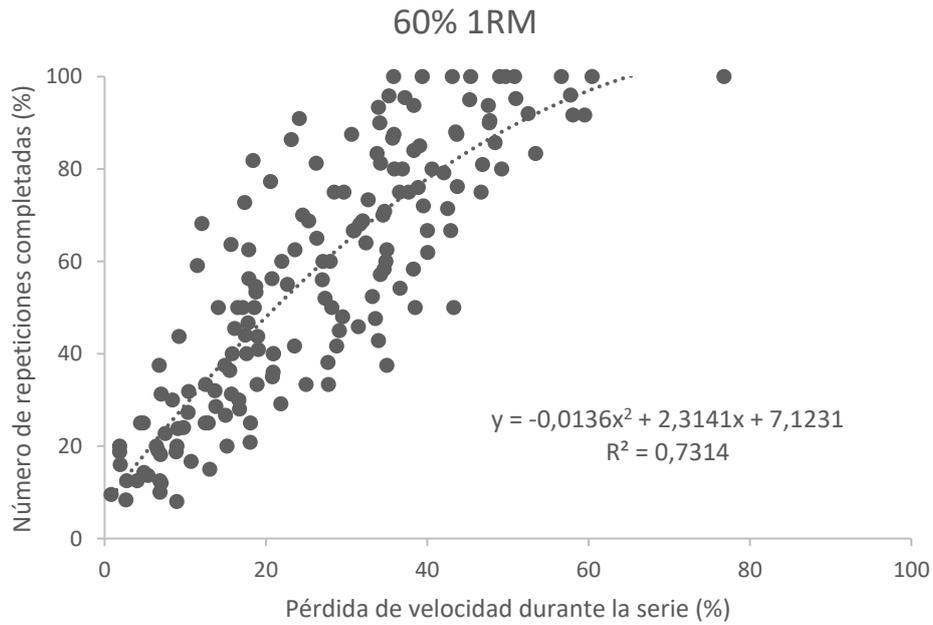


Ilustración 5 Relación entre la pérdida de velocidad inducida en la serie y el número de repeticiones realizadas con la carga del 80% 1RM. 1RM = 1 repetición máxima.

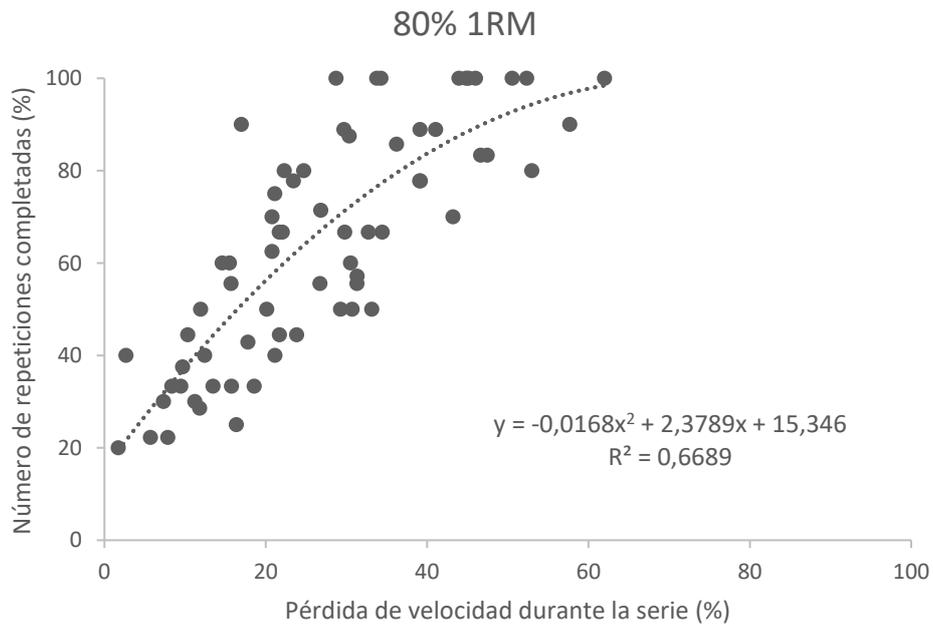


Ilustración 6 Relación entre la pérdida de velocidad inducida en la serie y el número de repeticiones realizadas con la carga del 60% 1RM. 1RM = 1 repetición máxima.

Finalmente, en la Ilustración se observa una correlación positiva ($r > 0.85$) entre el porcentaje de pérdida de velocidad inducida en la serie y, el porcentaje de repeticiones completadas con respecto a las posibles en la carga del 60% 1RM ($r = 0.86$; $p < 0.001$) y, en la Ilustración , con

el 80% 1RM ($r = 0.82$; $p < 0.001$) donde el coeficiente de relación es menor a 0.85, pero en ambas intensidades es significativa la relación existente.

DISCUSIÓN

El objetivo principal de este estudio ha sido comparar y analizar, ante una muestra de mujeres jóvenes, cómo se comporta pérdida de velocidad cuando se realiza una serie al fallo en el ejercicio de sentadilla y, con diferentes protocolos de intensidades o cargas (60, 80% 1RM) para poder identificar a la pérdida de velocidad como un factor o cuantificador del volumen de entrenamiento, observando la relación existente entre la magnitud de la pérdida de velocidad inducida en la serie y el porcentaje o número de repeticiones que el sujeto podría seguir realizando. El monitorizar y controlar la velocidad de las repeticiones se ha demostrado que es una variable determinante y objetiva para controlar la intensidad del entrenamiento, tanto en hombres como en mujeres (González-Badillo & Sánchez-Medina, 2010; Pareja-Blanco, Walker, et al., 2020; Rissanen et al., 2022; Sanchez-Medina et al., 2010; Sánchez-Medina & González-Badillo, 2011), mientras que la cuantificación del volumen es algo que, tradicionalmente se ha realizado a través del número de repeticiones realizadas por serie y, que ya se demostró de su gran variabilidad entre sujetos, donde cada sujeto puede realizar un número de repeticiones diferentes ante cada carga o % 1RM (González-Badillo et al., 2017).

El realizar este tipo de investigaciones con mujeres es realmente importante, ya que no existen apenas investigaciones que se centren en ellas y, a la hora de cuantificar la carga de entrenamiento se utilizan los mismos valores que con hombres. Rodríguez-Rosell et al., (2020) realizan un estudio similar, en el cual se ha basado el objetivo de éste, ya que como se ha explicado existe una gran falta de investigación en mujeres y, este es un ejemplo de ello. Rodríguez-Rosell et al., (2020) utilizaron la pérdida de velocidad para determinar el porcentaje de repeticiones realizadas y, observaron la estrecha correlación que existía, pudiendo afirmar así, que la pérdida de velocidad en la serie es una variable objetiva para cuantificar el volumen de entrenamiento en hombres y, por ello, se va a realizar en mujeres y poder confirmar esta hipótesis.

Tras analizar los resultados de las variables medidas, se han observado diferentes concordancias con algunos estudios previos, realizados tanto con mujeres como con hombres que, dan valor a las hipótesis planteadas previas al estudio, las cuáles necesitaban de esa verificación para poder ser llevadas a la práctica y así, seguir avanzado en la investigación del entrenamiento de fuerza en mujeres. En los últimos años, las investigaciones en el entrenamiento de fuerza están utilizando la velocidad como forma de cuantificar y controlar la carga de entrenamiento de forma objetiva.

El número de repeticiones realizadas siempre ha sido una forma utilizada para controlar el volumen de entrenamiento y, los resultados de este estudio han demostrado la existencia de diferencias significativas en cuanto al número de repeticiones realizadas en cada protocolo, algo que ya fue estudiado y demostrado por González-Badillo et al., (2017), donde proponía que, ante cada %1RM, se podían realizar un número máximo de repeticiones (MNR), existiendo así una relación inversa entre la intensidad y el número de repeticiones, ya que conforme aumenta la intensidad, el número de repeticiones disminuye. La diferencia entre ese estudio y, el que está siendo analizado en este trabajo, es que González-Badillo et al., (2017) lo realizaron únicamente con sujetos varones, por lo tanto, en la actualidad no se podía confirmar que, esos resultados pudiesen ser extrapolados a sujetos mujeres y, tras la realización de este estudio podemos confirmar que también existen diferencias significativas en cuanto al número de repeticiones realizadas con intensidades del 60 y 80% 1RM en sujetos femeninos donde, debido a que el 60% es una intensidad menor, se puede realizar un mayor número de repeticiones en comparación con las carga del 80%, es decir, a menor intensidad de la carga, mayor número de repeticiones y viceversa, siguiendo así una proporción inversa.

En cuanto a las posibles diferencias que puedan existir o no entre ambos géneros, hombres y mujeres, González-Badillo et al., (2017) establece que con el 60% 1RM se pueden realizar entre 15-26 repeticiones, estando la media del estudio en 19.6, lo cual se corresponde con los resultados obtenidos también en esta investigación, donde las participantes realizan una media de 18.10 repeticiones por serie; en cuanto a la intensidad del 80% 1RM, González-Badillo et al., (2017) establece un rango de entre 5-10 repeticiones por serie, siendo 7.7 la media, lo cual también corresponde con los resultados de esta investigación, en la que se han realizado una media de 7.90 repeticiones por series con esa intensidad. Por lo que finalmente, se puede afirmar que existen diferencias en el MNR que se puede realizar con cada % 1RM, tanto en hombres, como ya había sido analizado, como en mujeres, gracias a los resultados de este estudio y, también la existencia de gran variabilidad interpersonal en el MNR, lo que hará que el mismo número de repeticiones en diferentes personas, generen diferentes estímulos.

El entrenamiento de fuerza basado en la velocidad de ejecución (VBRT) se ha demostrado como una metodología eficaz para el control de la intensidad relativa del entrenamiento de fuerza tanto en hombre como en mujeres, mediante el cual, a cada % 1RM se le ha asociado una velocidad de desplazamiento de la barra (Pareja-Blanco, Walker, et al., 2020). Para determinar la velocidad a la que corresponde cada intensidad en cada sujeto se ha utilizado una relación individual que se obtuvo a través de un test incremental de carga

realizado en una sesión previa al inicio de las sesiones que se iban a tener en cuenta para el estudio, obteniendo así una velocidad individual para cada %RM en los diferentes sujetos. Pareja-Blanco, Walker, & Häkkinen, (2020) observaron diferencias significativas entre las velocidades de ejecución del 60 y 80% 1RM, algo que también se puede observar en los resultados obtenidos en este estudio. De nuevo, y al igual que ocurría con el MNR con cada intensidad, los resultados obtenidos han sido similares a los que obtuvieron Pareja-Blanco, Walker, & Häkkinen, (2020) que, también fueron los utilizados como referencia. Las velocidades que corresponden a las intensidades del 60 y 80% 1RM en mujeres son 0.76 ± 0.08 y 0.53 ± 0.07 m/s, respectivamente (Pareja-Blanco, Walker, et al., 2020) y, que han sido parecidas a las obtenidas en este estudio siendo 0.84 m/s para la carga del 60% 1RM y 0.59 m/s con el 80% 1RM, ambas un poco por encima de las establecidas por Pareja-Blanco, Walker, & Häkkinen, (2020) pero prácticamente dentro del rango establecido por la desviación típica de su estudio, lo que confirma que, también existe una pequeña variabilidad en la velocidad a la que cada sujeto ejecuta el ejercicio a una determinada intensidad, dando más consistencia a la necesidad de medir y cuantificar durante el entrenamiento de fuerza.

Continuando con el análisis de las variables referentes a la velocidad, no se observan diferencias significativas entre grupos en la velocidad de ejecución de la última repetición, aunque esta diferencia fue casi significativa ($p = 0.08$), esto se debe a que, como se ha explicado antes, a cada intensidad le corresponde una velocidad de ejecución, siendo $0,30\pm 0.06$ m/s la velocidad de 1RM en el ejercicio de sentadilla, es decir, la velocidad de la repetición máxima (Pareja-Blanco, Walker, et al., 2020) y, como en esta investigación se realiza siempre el MNR, la última repetición medida será la previa al fallo, lo cual debería ser muy próxima a los valores de 0.30 m/s. Los resultados nos han ofrecido valores de 0.41 ± 0.11 y 0.33 ± 0.06 m/s con las intensidades del 60 y 80% 1RM respectivamente, lo que nos hace confirmar la hipótesis planteada, ya que se acercan bastante a lo planteado en las investigaciones previas, como en la realizada por Rodríguez-Rosell et al., (2020) en la que también se realizaron MNR con cada intensidad y, tampoco se observaron diferencias significativas entre las últimas repeticiones de cada serie.

Donde sí se han observado diferencias significativas al analizar los resultados, ha sido en la variable de velocidad media de cada protocolo y, esto puede ser una consecuencia de todo lo explicado anteriormente, es decir, de las diferencias en número de repeticiones y velocidad máxima de la serie y, la no existencia de diferencias en la velocidad de la última repetición. Comenzamos observando que existe una diferencia de casi el doble de repeticiones

realizadas con la intensidad del 60% 1RM, con respecto a la del 80% 1RM y esto, sumado a las diferencias entre velocidades, donde también existe una diferencia de 0.2 m/s aproximadamente entre intensidades. Sin embargo, tampoco se observaron diferencias significativas en la pérdida de velocidad entre las diferentes intensidades, algo que difiere con lo ocurrido en el estudio realizado por Rodríguez-Rosell et al., (2020), donde se observaron diferencias significativas entre la pérdida de velocidad con las cargas del 60 y 80%, siendo mayor la pérdida con el 60% 1RM que con el 80% 1RM. En nuestro trabajo, aunque no se observaron diferencias significativas entre las pérdidas, la tendencia es similar a la del estudio anteriormente mencionado, siendo la mayor pérdida en la intensidad del 60% (50.7%) con respecto a la intensidad del 80% (44.3%). Siguiendo con el análisis del estudio, Rodríguez-Rosell et al., (2020) utilizaron intensidades del 50-60-70-80% 1RM y una muestra mayor (n=20), donde destaca que, todas las cargas tuvieron diferencias significativas en la pérdida de velocidad inducida en la serie con respecto a las cargas superiores.

Por lo que, concluyendo con este apartado de pérdida de velocidad, se puede decir que podrían existir diferencias entre sexos en cuanto a la pérdida de velocidad por serie se refiere, ya que en el estudio realizado por hombres sí se observaron diferencias significativas entre intensidades mientras que, en el realizado ahora no, lo que puede sugerir la posibilidad de replicar ambos estudios de forma combinada, al igual que hicieron Pareja-Blanco, Walker, & Häkkinen, (2020) para tratar de determinar las velocidades correspondientes a cada intensidad en ambos sexos; para tratar de equiparar lo máximo posible la muestra, condiciones y variables que van a ser medidas, como puede ser el caso de la intensidad, ya que en este estudio solo se han analizado las intensidades del 60 y 80% 1RM.

En las Ilustraciones 5 y 6 se observan dos gráficas, una para cada protocolo estudiado, donde se analiza la correlación existente entre la magnitud de la pérdida de velocidad y, el porcentaje de repeticiones realizadas. La relación existente entre el porcentaje de repeticiones completadas y el porcentaje de pérdida de velocidad en la serie ya fue, también una variable de estudio en el realizado por Rodríguez-Rosell et al., (2020), donde fue considerada como indicador o predictor del número de repeticiones en reserva, que son aquellas que quedan por hacer antes de llegar al fallo. En este caso, también se da una correlación positiva entre ambas variables en ambos protocolos (0.85, $p < 0.001$ en el 60% 1RM; 0.82, $p < 0.001$ en el 80% 1RM), lo que confirma que también, en el caso de las mujeres la pérdida de velocidad puede ser un indicador para controlar las repeticiones que quedan por completar y la fatiga, por lo que ayudará a cuantificar la carga de entrenamiento de forma más objetiva. Continuando con

el análisis de las Ilustraciones 5 y 6, se puede observar como el número de repeticiones realizadas es mucho mayor en las intensidad del 60% 1RM, tal y como se ha expuesto previamente, pero también se puede observar cómo en ambas gráficas se dan tendencias similares, situándose las repeticiones finales en torno al 40-60% de pérdida de velocidad, algo que también concuerda con el estudio con el que se ha comparado y, que estableció unos valores de pérdida de velocidad que son usados para el control del volumen de forma objetiva, indicando que el 10% VL en sentadilla se corresponde con menos de la mitad de las repeticiones posibles, el 20% VL con la mitad y, el 40% con prácticamente llegar al fallo o hacer casi el total de las repeticiones posibles (Rodríguez-Rosell et al., 2020). Estos datos deben ser interpretados de forma que consideren la variabilidad que existe entre sujetos e intensidades, pero que corresponden con generalidad al entrenamiento de fuerza.

Los resultados de este estudio ayudan a clarificar y continuar en la investigación sobre el entrenamiento de fuerza en mujeres, donde todavía es necesaria mucha más información que permita poder prescribir, cuantificar y controlar de forma más objetiva las cargas de entrenamiento. Como se ha podido observar, el número de repeticiones realizadas ante una carga tiene una gran variabilidad entre sujetos, proponiéndose así la pérdida de velocidad en la serie con forma de cuantificación y control del volumen de manera objetiva, algo que ya había sido estudiado en hombres, pero no en mujeres (González-Badillo et al., 2017; Pareja-Blanco et al., 2017; Rodríguez-Rosell et al., 2020; Sánchez-Medina & González-Badillo, 2011). Gracias a la correlación existente entre la pérdida de velocidad y el porcentaje de repeticiones completadas (Ilustraciones 5 y 6), se puede afirmar que es una variable que puede ser utilizada para controlar el volumen, la fatiga y la cantidad de repeticiones que pueden quedar por realizar en el ejercicio de sentadilla tanto en hombres, como en mujeres y, ante intensidades del 60 y 80% 1RM. También, el MNR que se pueden realizar ante las cargas estudiadas (60-80% 1RM) son similares en hombres y mujeres si los comparamos con las investigaciones realizadas previamente (González-Badillo et al., 2017; Rodríguez-Rosell et al., 2020).

Las líneas de investigación deben seguir profundizando y mejorando en este ámbito, pudiendo así seguir derribando las barreras que aún existen en el deporte femenino. La posibilidad de replicar este estudio, con una muestra mayor y donde se combinen sujetos femeninos y masculinos en las mismas condiciones puede dar luz también para poder comparar y reafirmar los resultados de este estudio, el cual posee algunas limitaciones como la baja cantidad de sujetos o realizarlo con sujetos más experimentados.

CONCLUSIONES

La velocidad de ejecución es una variable determinante en el entrenamiento de fuerza tanto para cuantificar la intensidad como el volumen de forma objetiva, lo que provoca que la carga de entrenamiento pueda ser también controlada y cuantificada. Los resultados de este estudio confirman que, la variabilidad del número de repeticiones ante una misma intensidad también ocurre en sujetos femeninos, estableciéndose un rango de repeticiones realizables con cada carga que, es prácticamente igual al que ya se había estudiado en hombres con las intensidades del 60 y 80% 1RM (15-20 y 5-10 repeticiones respectivamente) (González-Badillo et al., 2017). Finalmente, la relación existente entre el porcentaje de velocidad y el número de repeticiones completadas puede ser una variable determinante a la hora de cuantificar el volumen de entrenamiento y las repeticiones que quedan por realizar, considerándose también un indicador de fatiga válido.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahtiainen, J. P., Walker, S., Peltonen, H., Holviala, J., Sillanpää, E., Karavirta, L., Sallinen, J., Mikkola, J., Valkeinen, H., Mero, A., Hulmi, J. J., & Häkkinen, K. (2016). Heterogeneity in resistance training-induced muscle strength and mass responses in men and women of different ages. *Age (Dordrecht, Netherlands)*, 38(1), 1–13. <https://doi.org/10.1007/S11357-015-9870-1>
- Alswat, K. A. (2017). Gender Disparities in Osteoporosis. *Journal of Clinical Medicine Research*, 9(5), 382. <https://doi.org/10.14740/JOCMR2970W>
- Ansdell, P., Brownstein, C. G., Škarabot, J., Hicks, K. M., Howatson, G., Thomas, K., Hunter, S. K., & Goodall, S. (2019). Sex differences in fatigability and recovery relative to the intensity–duration relationship. *Journal of Physiology*, 597(23), 5577–5595. <https://doi.org/10.1113/JP278699>
- Askow, A. T., Merrigan, J. J., Neddo, J. M., Oliver, J. M., Stone, J. D., Jagim, A. R., & Jones, M. T. (2019). Effect of Strength on Velocity and Power During Back Squat Exercise in Resistance-Trained Men and Women. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(1), 1–7. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002968>
- Balsalobre-Fernández, C., García-Ramos, A., & Jiménez-Reyes, P. (2017). Load–velocity profiling in the military press exercise: Effects of gender and training: <https://doi.org/10.1177/1747954117738243>, 13(5), 743–750. <https://doi.org/10.1177/1747954117738243>
- Bird, S. P., Tarpenning, K. M., & Marino, F. E. (2005). Designing resistance training programmes to enhance muscular fitness: a review of the acute programme variables. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 35(10), 841–851. <https://doi.org/10.2165/00007256-200535100-00002>
- Broeder, C. E., Burrhus, K. A., Svanevik, L. S., & Wilmore, J. H. (1992). The effects of either high-intensity resistance or endurance training on resting metabolic rate. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 55(4), 802–810. <https://doi.org/10.1093/AJCN/55.4.802>
- Dutta, C., & Hadley, E. C. (1995). The Significance of Sarcopenia in Old Age. *The Journals of Gerontology: Series A*, 50A(Special_Issue), 1–4. https://doi.org/10.1093/GERONA/50A.SPECIAL_ISSUE.1

- Flack, K. D., Davy, K. P., Hulver, M. W., Winett, R. A., Frisard, M. I., & Davy, B. M. (2011). Aging, Resistance Training, and Diabetes Prevention. *Journal of Aging Research, 2011*. <https://doi.org/10.4061/2011/127315>
- García-Ramos, A., Suzovic, D., & Pérez-Castilla, A. (2019). The load-velocity profiles of three upper-body pushing exercises in men and women. *Https://Doi.Org/10.1080/14763141.2019.1597155*, 20(6), 693–705. <https://doi.org/10.1080/14763141.2019.1597155>
- Gibson-Moore, H. (2019). UK Chief Medical Officers' physical activity guidelines 2019: What's new and how can we get people more active? *Nutrition Bulletin, 44*, 320–328. <https://doi.org/10.1111/nbu.12409>
- González, N. F., & Rivas, A. D. (2018). Actividad física y ejercicio en la mujer. *Revista Colombiana de Cardiología, 25*, 125–131. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rccar.2017.12.008>
- González-Badillo, J. J., & Ribas-Serna, J. (2002). Bases de la programación del entrenamiento de fuerza. In *INDE publicaciones* (Vol. 308). Inde. https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=gewwCRUtT6gC&oi=fnd&pg=PA157&dq=gonzalez+badillo+y+serna+2002&ots=AuXfx-yqga&sig=bY5Tbs_XMeG3toRVb5b5BM2ScE8#v=onepage&q=velocidad de ejecuci3n&f=false
- 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*(5), 347–352. <https://doi.org/10.1055/s-0030-1248333>
- González-Badillo, J. J., Yáñez-García, J. M., Mora-Custodio, R., & Rodríguez-Rosell, D. (2017). Velocity loss as a variable for monitoring resistance exercise. *International Journal of Sports Medicine, 38*(3), 217–225. <https://doi.org/10.1055/s-0042-120324>
- Grgic, J., Schoenfeld, B. J., Davies, T. B., Lazinica, B., Krieger, J. W., & Pedisic, Z. (2018). Effect of Resistance Training Frequency on Gains in Muscular Strength: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.), 48*(5), 1207–1220. <https://doi.org/10.1007/S40279-018-0872-X>
- Rodríguez-Rosell, D., Yáñez-García, J. M., Sánchez-Medina, L., Mora-Custodio, R., & González-Badillo, J. J. (2020). Relationship Between Velocity Loss and Repetitions in Reserve in the Bench Press and Back Squat Exercises. *Journal of Strength and*

Conditioning Research, 34(9), 2537–2547.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002881>

- Ji, M.-X., & Yu, Q. (2015). Primary osteoporosis in postmenopausal women. *Chronic Diseases and Translational Medicine*, 1(1), 9–13.
<https://doi.org/10.1016/J.CDTM.2015.02.006>
- Kraemer, W. J., & Ratamess, N. A. (2004). Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(4), 674–688. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000121945.36635.61>
- Pareja-Blanco, F., Alcazar, J., Cornejo-Daza, P. J., Sánchez-Valdepeñas, J., Rodríguez-Lopez, C., Hidalgo-de Mora, J., Sánchez-Moreno, M., Bachero-Mena, B., Alegre, L. M., & Ortega-Becerra, M. (2020). Effects of velocity loss in the bench press exercise on strength gains, neuromuscular adaptations, and muscle hypertrophy. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 30(11), 2154–2166.
<https://doi.org/10.1111/SMS.13775>
- Pareja-Blanco, F., Alcazar, J., Sánchez-Valdepeñas, J., Cornejo-Daza, P. J., Piqueras-Sanchiz, F., Mora-Vela, R., Sánchez-Moreno, M., Bachero-Mena, B., Ortega-Becerra, M., & Alegre, L. M. (2020). Velocity Loss as a Critical Variable Determining the Adaptations to Strength Training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 52(8), 1752–1762. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002295>
- Pareja-Blanco, F., Rodríguez-Rosell, D., Sánchez-Medina, L., Sanchis-Moysi, J., Dorado, C., Mora-Custodio, R., Yáñez-García, J. M., Morales-Alamo, D., Pérez-Suárez, I., Calbet, J. A. L., & 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. <https://doi.org/10.1111/SMS.12678>
- Pareja-Blanco, F., Walker, S., & Häkkinen, K. (2020). Validity of Using Velocity to Estimate Intensity in Resistance Exercises in Men and Women. *International Journal of Sports Medicine*, 41(14), 1047–1055. <https://doi.org/10.1055/A-1171-2287>
- Phillips, S. M. (2007). Resistance exercise: good for more than just Grandma and Grandpa's muscles. <https://doi.org/10.1139/H07-129>, 32(6), 1198–1205.
<https://doi.org/10.1139/H07-129>

- Rissanen, J., Walker, S., Pareja-Blanco, F., & Häkkinen, K. (2022). Velocity-based resistance training: do women need greater velocity loss to maximize adaptations? *European Journal of Applied Physiology*. <https://doi.org/10.1007/S00421-022-04925-3>
- Sánchez-Medina, L., & González-Badillo, J. J. (2011). Velocity loss as an indicator of neuromuscular fatigue during resistance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *43*(9), 1725–1734. <https://doi.org/10.1249/MSS.0B013E318213F880>
- 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*(2), 123–129. <https://doi.org/10.1055/S-0029-1242815>
- Spiering, B. A., Kraemer, W. J., Anderson, J. M., Armstrong, L. E., Nindl, B. C., Volek, J. S., & Maresh, C. M. (2008). Resistance exercise biology: Manipulation of resistance exercise programme variables determines the responses of cellular and molecular signalling pathways. *Sports Medicine*, *38*(7), 527–540. <https://doi.org/10.2165/00007256-200838070-00001/FIGURES/TAB1>
- Srikanth, V. K., Fryer, J. L., Zhai, G., Winzenberg, T. M., Hosmer, D., & Jones, G. (2005). A meta-analysis of sex differences prevalence, incidence and severity of osteoarthritis. *Osteoarthritis and Cartilage*, *13*(9), 769–781. <https://doi.org/10.1016/J.JOCA.2005.04.014>
- Strasser, B., & Schobersberger, W. (2011). Evidence for Resistance Training as a Treatment Therapy in Obesity. *Journal of Obesity*, *2011*. <https://doi.org/10.1155/2011/482564>
- Timpka, S., Petersson, I. F., Zhou, C., & Englund, M. (2014). Muscle strength in adolescent men and risk of cardiovascular disease events and mortality in middle age: A prospective cohort study. *BMC Medicine*, *12*(1). <https://doi.org/10.1186/1741-7015-12-62>
- Torrejón, A., Balsalobre-Fernández, C., Haff, G. G., & García-Ramos, A. (2018). The load-velocity profile differs more between men and women than between individuals with different strength levels. *https://Doi.Org/10.1080/14763141.2018.1433872*, *18*(3), 245–255. <https://doi.org/10.1080/14763141.2018.1433872>

- Vasudevan, A., & Ford, E. (2021). Motivational Factors and Barriers Towards Initiating and Maintaining Strength Training in Women: a Systematic Review and Meta-synthesis. *Prevention Science : The Official Journal of the Society for Prevention Research*. <https://doi.org/10.1007/S11121-021-01328-2>
- Westcott, W. L. (2012). Resistance training is medicine: Effects of strength training on health. *Current Sports Medicine Reports*, *11*(4), 209–216. <https://doi.org/10.1249/JSR.0B013E31825DABB8>

ANEXOS

ANEXO 1. CONSENTIMIENTO INFORMADO

CONSENTIMIENTO INFORMADO

D/D^a.....
mayor de edad, con D.N.I.

DECLARO:

Que he sido informado/a por los profesores Beatriz Bachero Mena y Miguel Sánchez Moreno, sobre las posibles consecuencias de la realización de las pruebas físicas y protocolos de entrenamiento, así como de los riesgos potenciales y molestias que podrían derivarse de los mismos, a la vez que he podido realizar todas las preguntas que he considerado necesarias, respondiéndome a todas ellas de manera comprensible para mí.

También he sido informado de mi derecho a rechazar el tratamiento o revocar este consentimiento.

Por lo tanto, CONSIENTO en someterme a los protocolos indicados.

Si mi caso puede ser de utilidad científica y para tal fin se publican artículos científicos, autorizo su publicación siempre y cuando se garantice el más absoluto respeto a mi intimidad y anonimato.

Firma del sujeto

Firma del responsable del estudio

En Sevilla, a de del 20 .

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1 Báscula TANITA y tallímetro SECA 2131721009</i>	12
<i>Ilustración 2 Transductor lineal (T-Force)</i>	12
<i>Ilustración 3 Máquina tipo Smith o Multipower</i>	13
<i>Ilustración 4 Participante durante la realización de una sesión</i>	14
<i>Ilustración 5 Relación entre la pérdida de velocidad inducida en la serie y el número de repeticiones realizadas con la carga del 60% 1RM. 1RM = 1 repetición máxima.</i>	16
<i>Ilustración 6 Relación entre la pérdida de velocidad inducida en la serie y el número de repeticiones realizadas con la carga del 80% 1RM. 1RM = 1 repetición máxima.</i>	16

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1 Características físicas (n=10)</i>	11
<i>Tabla 2 Diferencias en las variables de rendimiento en ambos protocolos</i>	15