

Efectos de dos tipos de entrenamiento en fuerza uno basado en la velocidad de ejecución y otro en % de 1RM sobre: la composición corporal, activación neuromuscular, y variables cinéticas y cinemáticas, en mujeres físicamente activas

Effects of two types of strength training, one based on execution speed and the other on % of 1RM over: body composition, neuromuscular activation, and kinetic and kinematic variables, in physically active women

*Jairo Alejandro Fernández Ortega, **Darío Mendoza Romero, ***Luz Amelia Hoyos Cuartas

*Universidad Pedagógica Nacional (Colombia), Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales (Colombia), **Universidad Santo Tomas (Colombia), ***Universidad Pedagógica Nacional (Colombia)

Resumen. El propósito de este estudio, fue investigar los efectos de dos tipos de entrenamiento de fuerza (RT), uno basado en la velocidad de desplazamiento de la carga (VBT), versus otro realizado al 70-80% de 1RM (PBT), sobre la masa muscular (MM), densidad mineral ósea (DMO), componente mineral óseo (CMO), activación neuromuscular (EMG), fuerza máxima en sentadilla (FSQ), salto vertical (VJ), potencia de pedaleo (PP) y velocidad de desplazamiento sobre 30 m (RV30). 31 mujeres se distribuyeron aleatoriamente en los dos grupos: VBT (n=16) o PBT (n=15), que entrenaron 3 veces por semana, durante 12 semanas. Antes y después del entrenamiento se determinaron los valores de FSQ, VJ, PP, RV30, BMD, BMC, MM y EMG. El grupo VBT entrenó a una velocidad propulsiva (VMP) de $0,68 \pm 0,08 \text{ m s}^{-1}$ y PBT entrenó a 70-80% de 1RM. El RT produjo aumentos significativos ($p < 0,05$) en los dos grupos en FSQ (VBT 33,79%, PBT 27,94%), VJ (VBT 19,11%, 8,77% PBT), RV30 (VBT 6,27%, PBT 1,66%), PP (VBT 32,2%, PBT 16,11%), MM sin grasa (VBT 3,7%, PBT 2,64%) CMO (VBT 0,39%, PBT 0,25%) y en DMO (VBT 0,76%, PBT 0,80%). No se observaron variaciones significativas en la actividad EMG en ninguno de los grupos. Se identificaron diferencias significativas entre los dos grupos de entrenamiento para DMO, PP, CMJ y RV30. En conclusión, el grupo VBT mostró mejores resultados que PBT con una menor carga de entrenamiento, lo cual es importante para un mejor seguimiento de la fatiga durante el entrenamiento de fuerza.

Palabras clave: perfil carga-velocidad, velocidad media propulsiva, entrenamiento basado en la velocidad, %1RM, masa ósea, masa muscular, actividad neuromuscular.

Abstract. The purpose of this study was to investigate the effects of two types of resistance training (RT), one based on the velocity load displacement (VBT) vs. another performed at 80% of 1RM (PBT) on muscle mass (MM), mineral bone density (BMD) mineral bone component (BMC), neuromuscular activation (EMG), maximal squat strength (FSQ), Vertical jump (VJ), la power output cycling (PP) and sprint 30-m time (RV₃₀). Thirty-one women were randomly divided in VBT group (n=16) or PBT (n=15), the two groups training 3 training times per week, for 12 weeks. Before and after training FSQ, VJ, PP, RV₃₀, BMD, BMC, MM, and EMG values were determined. The VBT group trained at a mean propulsive velocity (MVP) of $0.83 \pm 0.08 \text{ m s}^{-1}$ and the PBT group trained at 80% 1RM. There were no significant differences between the groups at baseline. The RT produced significant increases ($p < 0.05$) in the two groups in FSQ (VBT33.79%, PBT27.94%), VJ (VBT 19.11% ,8.77% PBT), RV30 (VBT 6.27 %, PBT 1.66%), PP (VBT 32.2%, PBT 16.11%), fat-free MM (VBT 3.7%, PBT 2.64%) CMO (VBT 0.39%, PBT 0.25%) and in BMD (VBT 0.76%, PBT 0.80%). No significant variations in EMG activity were observed in any of the groups. Significant differences were identified between the two training groups for BMD, PP, CMJ, and RV₃₀. In conclusion, VBT group showed better results than PBT with a lower training load, which is important for a best fatigue monitoring during strength training.

Keywords: Load-velocity profile, mean propulsive velocity, velocity-based, %1RM, training bone mass, muscular mass, neuromuscular activity. velocity-based training.

Fecha recepción: 24-06-24. Fecha de aceptación: 26-10-24

Jairo Alejandro Fernández
jairofdz@gmail.com

Introducción

El RT es ampliamente conocido como un método eficaz para generar efectos beneficiosos sobre los mecanismos relacionados con la hipertrofia muscular, la potencia, la activación neuromuscular y un componente clave para mejorar la salud (Pareja-Blanco et al., 2014). La evidencia indica que las adaptaciones logradas a través del RT dependen del estímulo aplicado (Schoenfeld et al., 2021), lo cual a su vez está asociado a factores como: volumen, intensidad absoluta y relativa (IR), número de repeticiones, series y tiempo de descanso entre series. Existen diferentes métodos para determinar la carga de entrenamiento, el método más común es conocido tradicionalmente como entrenamiento basado en porcentaje de una

repetición máxima (1RM) es utilizado ampliamente para prescribir y controlar la intensidad del ejercicio. Este método ha sido una de las herramientas más reconocidas para prescribir y diseñar programas de RT, debido a la facilidad de programar la IR en las sesiones de entrenamiento. Por otro lado, hay dos grandes problemas que presenta este método. Durante el proceso de entrenamiento se producen variaciones diarias en los valores de 1RM debido a la fatiga, o al rápido aumento de la fuerza provocado por la adaptación al entrenamiento, por esta razón, no se puede garantizar que las cargas (%1RM) utilizadas en cada sesión de entrenamiento, representen realmente las planificadas (Dorrell, Smith, & Gee, 2020; González-Badillo, Marques, & Sánchez-Medina, 2011). Generalmente, los estudios que utilizan enfoques basados en porcentajes de

1RM, no pueden proporcionar información sobre la intensidad real realizada en cada sesión de entrenamiento, debido a que los atletas programan la IR basados en 1RM como referencia para prescribir el entrenamiento (Jiménez-Reyes et al., 2021).

Como respuesta a este problema, surge el método de entrenamiento basado en la velocidad de ejecución (VBT), que permite de forma objetiva modificar la carga de entrenamiento dentro de una sesión, para que coincida con la carga previamente programada (González-Badillo et al., 2015). Con la velocidad se puede determinar con precisión ($r = 0,97-0,99$) el % de 1RM a lo largo de toda la relación carga-velocidad (Conceicao et al., 2016; González-Badillo & Sánchez-Medina, 2010). Esta relación carga-velocidad se puede determinar objetivamente y en condiciones reales, con transductores de posición lineal (LPT) que proporciona resultados cinéticos y cinemáticos inmediatos durante la RT. Con la información de la velocidad se ajusta objetivamente la carga y el volumen de entrenamiento dentro de una sesión, en función del rendimiento del atleta ese día (Banyard et al., 2019). Identificar los rangos y objetivos de velocidad y carga de entrenamiento mejoran la especificidad del RT, debido a que carga y velocidad influye en los estímulos neuromusculares y, por lo tanto, en las adaptaciones consecuentes al entrenamiento de resistencia (Conceição et al., 2016; García-Ramos et al., 2020); y permiten detectar fatiga aguda o crónica o ganancias de fuerza (González-Badillo & Sánchez-Medina, 2010). Estos hallazgos han abierto la posibilidad de realizar un seguimiento en tiempo real de la IR, lo que permite realizar adaptaciones específicas, teniendo en cuenta la fatiga del entrenamiento y las fluctuaciones de la fuerza, a medida que avanzan las repeticiones, las series y la periodización (Dorrell et al., 2020).

Según nuestro conocimiento, solo tres estudios han comparado los efectos de VBT vs PBT sobre variables cinéticas y cinemáticas (Banyard et al., 2021; Dorrell et al., 2020; Orange et al., 2019). El presente estudio, es el primero en observar además de las variables cinéticas y cinemáticas, la composición corporal y la activación neuromuscular.

Dorrell et al. (2020) realizaron un estudio de entrenamiento de 6 semanas (2 sesiones de entrenamiento por semana) y observaron que el grupo VBT presentó mejoras moderadas en la fuerza máxima y la altura del salto, en comparación con el grupo PBT, que solo presentó pequeñas mejoras en la fuerza máxima y aumentos no significativos en la altura del salto. Orange et al. (2019) implementaron un programa de RT de 7 semanas (2 sesiones por semana) con atletas junior élite de rugby y reportaron cambios similares entre VBT y PBT en la fuerza máxima, tiempo de sprint y altura de salto con CMJ. Pero, el estudio presenta algunas dudas metodológicas planteadas por Banyard et al. (2021) quienes en su estudio con atletas de resistencia que entrenaron durante 6 semanas, tres veces por semana. El grupo PBT entrenó con cargas

relativas fijas que variaron entre el 59% y el 85% del 1RM y el grupo VBT tenía una velocidad objetivo por sesión prescrita a partir de perfiles de carga-velocidad individualizados. Los resultados del estudio indicaron efectos más favorables para VBT que para PBT en CMJ ($ES=1,81$), sprint de 5 m ($ES=1,35$) y sprint de 20 m ($ES=1,27$); Sprint de 10 m probablemente favorable ($ES=1,24$).

Schuenke et al. (2012) realizaron un estudio con mujeres las cuales dividieron en grupo de velocidad lenta (SS), velocidad normal/fuerza tradicional (TS), velocidad normal/resistencia muscular tradicional (TE) y grupo de control sin ejercicio (C). Los grupos TS y TE realizaron series de 6-10 y 20-30 repeticiones respectivamente, a velocidad "normal". TE y SS entrenaron a la misma intensidad relativa (~40-60% 1RM), mientras que TS entrenó a ~80-85% 1RM. Los resultados indicaron que el porcentaje de fibras tipo IIX disminuyó y el IIA aumentó en los tres grupos de entrenamiento. No obstante, sólo TS presentó un incremento en el porcentaje de fibras tipo IIA. La sección transversal de las fibras (CSA) tipos I, IIA y IIX aumentó en TS. En SS, sólo incremento la CSA de las fibras IIA y IIX. Estos cambios fueron respaldados por datos del MHC. No se encontraron cambios significativos para ningún parámetro para el grupo C. En conclusión, el RT a velocidad elevada indujo una mayor respuesta adaptativa en comparación con el entrenamiento con una carga similar a velocidad "normal". Sin embargo, el entrenamiento con mayor carga a velocidad "normal" resultó en la mayor respuesta general de las fibras musculares en cada una de las variables evaluadas.

Es importante aclarar que los estudios mencionados anteriormente fueron realizados en deportistas con experiencia en RT. En el presente estudio, la población estuvo conformada por deportistas recreativos sin experiencia previa en RT, lo que podría producir un desfase entre lo programado y lo realmente realizado debido una evolución rápida del 1RM durante el entrenamiento, o a posibles ganancias de fuerza por los efectos del aprendizaje. Hasta la fecha, solo el estudio de Jiménez-Reyes et al. (2021) ha comparado en sujetos inexpertos, los efectos de un programa de PBT vs uno VBT, con ajustes diarios de carga.

En consecuencia, el objetivo de este estudio fue comparar los cambios en MM, BMD, BMC, FSQ, CMJ, PP, RV30 y EMG después de un programa de entrenamiento basado en % de 1RM con carga fija, versus VMP con ajuste de la carga en cada sesión de entrenamiento, para monitorizar la evolución del IR y la velocidad media alcanzada en mujeres sin experiencia en entrenamiento de fuerza.

La naturaleza individualizada del método VBT nos llevó a plantear la hipótesis de que este método de entrenamiento daría como resultado una mayor magnitud de adaptación para todas las pruebas cinéticas, cinemáticas (CMJ, RV30, PP y EMG), en comparación con el PBT debido a que este método se entrena con una carga de referencia poco realista, lo que

afectaría negativamente las adaptaciones neuromusculares debido a un IR menor, o por un aumento de la fatiga acumulada a lo largo del programa de intervención por un IR mayor al programado. Y la segunda hipótesis es que el entrenamiento PBT produciría una mayor magnitud de adaptación para FMSQ, MM, CMO y DMO,

Materiales y métodos

Participantes

31 mujeres de 18.8 ± 2.3 años, estatura 161.2 ± 3.9 cm, peso 58.6 ± 7.5 kg, se ofrecieron como voluntarias para participar en este estudio. Todas las participantes eran estudiantes físicamente activas, sin experiencia en entrenamiento de fuerza. Después de tres semanas de aprendizaje de la técnica, las participantes debieron demostrar una técnica correcta en la ejecución de FQS, para ser aceptadas en la investigación. Las participantes fueron asignadas aleatoriamente a uno de dos grupos: PBT ($n=15$) o VBT ($n=16$). Se utilizó un método de ocultamiento y doble ciego para evitar el conocimiento de las tareas y garantizar que los evaluadores y participantes no supieran a qué grupo pertenecían. Las participantes debían cumplir con los siguientes criterios de inclusión: no tener limitaciones físicas, problemas de salud o lesiones musculoesqueléticas. Ninguna de las participantes tomaba drogas, medicamentos o suplementos dietéticos. El estudio fue diseñado considerando los estándares deontológicos establecidos en la declaración de Helsinki y aprobados por el comité de ética en investigación de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales (Sesión No. 015 mayo 4 de 2021). Todas las participantes fueron informadas de los riesgos y firmaron el formulario de consentimiento informado.

Diseño del estudio

Las participantes entrenaron tres veces por semana (con un intervalo de 48 h) durante 12 semanas para un total de 36 sesiones. Se utilizó un programa de RT progresivo que comprendía solo el ejercicio FSQ, la IR programada osciló entre 60% y 80%. (sesiones 1-16). (Tabla 1) El grupo PBT entrenó con una carga absoluta que coincidía con la IR programada con base a su 1RM inicial; La velocidad fue monitoreada durante todo el entrenamiento, pero no se incluyó en el análisis. Las cargas disminuyeron de una sesión a otra durante la semana y aumentaron de una semana a otra, excepto en las últimas cuatro semanas de entrenamiento, en las que se mantuvieron iguales (Banyard et al., 2021) como se presenta en la tabla 1. El grupo VBT entrenó con cargas ajustadas al IR programado para cada sesión, para de esta forma asegurar el objetivo planificado para la sesión, con una pérdida máxima por repetición del 20%. La carga necesaria para alcanzar la velocidad objetivo de la sesión se utilizó de acuerdo con el perfil carga-velocidad de cada participante determinado al inicio del estudio. Las velocidades objetivo aumentaron de una sesión a otra

durante la semana y disminuyeron de una semana a otra (Banyard et al., 2021). La velocidad fue monitoreada en todas las repeticiones durante todas las sesiones de entrenamiento.

Procedimientos

Antes de cada prueba se realizó un calentamiento general, de 5 minutos en bicicleta (60 RPM y 60W) y 5 minutos de calentamiento específico para cada prueba. Se utilizó el mismo calentamiento y progresión de carga para cada participante en las pruebas previas y posteriores. Las participantes fueron motivadas en todas las pruebas por los evaluadores para lograr el mejor resultado posible.

Evaluación de fuerza máxima isoinercial

El 1RM en el ejercicio SQ fue evaluado mediante un test de carga incremental en la máquina smith (Multipower Sport Fitness, EE.UU.) sin mecanismo de contrapeso. La posición inicial consistió en rodillas y cadera extendidas, pies separados a la altura de los hombros y la barra ubicada sobre el trapecio a nivel del acromion, posteriormente se realizaba una flexión a un ángulo tibiofemoral de $35-40^\circ$ en el plano sagital, que se midió con un goniómetro (Nexgen Ergonomía, Point Claire, Quebec, Canadá) y luego de una pausa (1-2 s), la participante realizaba una extensión explosiva a máxima velocidad. Se controló la fase excéntrica a una velocidad de $\sim 0,50$ a $0,60 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Para medir la velocidad se empleó un transductor lineal de velocidad (LTP) (T-Force System; Ergotech, Murcia, España). La prueba iniciaba con una carga de 20 kg y aumentos de 5 kg hasta cuando se alcanzaba un MVP inferior a $0,60 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. A partir de ese momento los aumentos eran de 2 a 3 kg hasta lograr el 1RM. Se realizaron tres repeticiones con las cargas más ligeras ($<50\%1\text{RM}$), dos con cargas medias ($70\%1\text{RM}$) y solo una con carga más pesadas ($>80\%$). Cuando las participantes solo podían realizar una repetición con una extensión de 180° , se consideraba 1RM. A lo largo de la prueba, las participantes fueron motivadas verbalmente para dar lo mejor de sí mismas y observaron las velocidades de desplazamiento en cada repetición a través de una pantalla. El tiempo de recuperación entre series fue de 3' para las cargas iniciales y de 5' para las finales. (Conceição et al., 2016)

Perfil carga-velocidad en sentadilla

Setenta y dos horas después de la obtención del 1RM, se determinó el perfil carga-velocidad al 40%-50%-60%-70%-80% de 1RM, y se tomó la mejor MPV en cada carga. Las participantes realizaron los mismos protocolos que en la evaluación de 1RM. Se solicitó que ejecutaran la fase excéntrica de forma controlada ($0,50-0,60 \text{ m/s}$) y la fase concéntrica a la velocidad máxima, que fue controlada mediante el uso de un LTP, (descrito anteriormente) que registró la cinemática de cada repetición y cuyo software aporta retroalimentación visual y auditiva en tiempo real. Se proporcionó un fuerte

estímulo verbal para motivar a las participantes a realizar el máximo esfuerzo.

Salto, Potencia de Pedaleo y velocidad de carrera

La altura del salto, la velocidad de carrera y la potencia de pedaleo, se valoraron de la siguiente manera:

CMJ

Las participantes realizaron el calentamiento general como se describió anteriormente. El calentamiento específico incluyó 3 series de 10 s de salto con 5 minutos de recuperación entre series. Posteriormente realizaron 5 CMJ máximos con 3 minutos de descanso entre cada salto. Partieron de la posición de pie y realizaron un movimiento de flexión de rodilla hasta acercarse a un ángulo de 90° e inmediatamente se impulsaron a toda velocidad, manteniendo siempre las manos en las caderas, así como las piernas extendidas durante el tiempo de vuelo. Las participantes recibieron comentarios sobre cada salto. Se excluyeron los valores más altos y más bajos, y los valores restantes se promediaron para análisis posteriores. La altura del salto se evaluó con el sistema Opto-jump (microgate Engineering, Bolzano, Italia).

Potencia de pedaleo

La potencia de pedaleo se evaluó utilizando la prueba de Wingate (WAnT) en un cicloergómetro Monark 834E (Monark Exercise AB, Vansbro, Suecia). El calentamiento específico consistió en 5 minutos de pedaleo a una cadencia de 60-70 RPM, con una resistencia equivalente al 20% de la resistencia calculada para la prueba. Al final de cada minuto del calentamiento, los participantes realizaron aceleraciones de 5 segundos. Tras un descanso de 3 minutos, se procedió a la prueba principal. Las participantes fueron instruidas para pedalear lo más rápido posible durante 30 segundos, contra una resistencia calculada a partir del producto de su masa corporal (kg) por 0,067 kg·kg⁻¹ de masa corporal. Esta resistencia se aplicaba cuando cada participante alcanzaba el 75% de las RPM máximas obtenidas previamente. La altura del sillín se ajustó a la altura de la cresta ilíaca, asegurando que no hubiera más de 5° de flexión de rodilla cuando la pierna estuviera completamente extendida.

Prueba de velocidad de 30 m

Se realizaron dos sprint máximos sobre una distancia de 30 metros en una pista de atletismo, con una recuperación de 5 minutos entre ellos. El tiempo se registró mediante un sistema de fotocélula de luz infrarroja modelo WL34-R240 (Sick ® Alemania), que se colocaron a 0 y 30 m. El calentamiento específico incluyó aceleraciones de 10, 15 y 20 m con 3' de recuperación entre ellas y luego de 5 minutos de recuperación, se dio inicio a la prueba. La salida se realizó con el pie delantero a 0,5m de la línea de salida donde se encontraba la primera fotocélula. El tiempo más rápido se utilizó para análisis posteriores.

Composición corporal

La composición corporal se evaluó antes de la intervención tras el ayuno nocturno (12 h) y 72 h después de la última sesión de ejercicio para determinar clínicamente cambios relevantes en estos componentes. La masa muscular, la densidad y el componente mineral óseo de las extremidades inferiores se evaluaron mediante absorciometría dual de rayos X (DXA). Las mediciones de DXA se realizaron utilizando un escáner de cuerpo total GE Lunar DXA (GE Medical Systems Lunar, Madison, WI) y se analizaron con software (Lunar encore versión 14. 1; GE Medical Systems Lunar) de nueve zonas que abarcan y subdividen la región entre el borde inferior de las tuberosidades isquiáticas y la interlínea formada en la unión de los condilos femorales y las placas tibiales en ambas piernas, El analizador fue calibrado al comienzo de cada día de prueba.

EMG

Se registró la actividad EMG del vasto lateral (VL) y vasto medial (VM) de la pierna dominante, antes, durante y después del programa de RT en todas las participantes. La EMG se realizó con electromiografía de superficie, utilizando electrodos bipolares Ag/AgCl de 1cm de diámetro (Myotronics noromed, Tukwila, Wash, USA), que se colocaron en el centro del vientre muscular, con una distancia entre electrodos de 2cm y paralelos a la orientación de las fibras musculares. El electrodo de referencia se ubicó en la protuberancia ósea proximal, según las recomendaciones establecidas por el SENIAM. (Hermens, Freriks, Disselhorst-Klug, & Rau, 2000) Para reducir la impedancia de la piel se realizó una preparación estándar que incluye: afeitado, limpieza con una gasa a base de alcohol, abrasión suave, y aplicación de una pequeña cantidad de gel conductor a cada electrodo. Para la VL, los electrodos se colocaron 2/3 entre la espina ilíaca anterosuperior y el lado lateral de la rótula. Para la VM, los electrodos se colocaron en el vientre muscular a una distancia del 80% de la línea entre el borde anterior de la espina ilíaca y el borde anterior del ligamento medial. Estas mediciones se realizaron con el sujeto sentado con las rodillas en ligera flexión y la parte superior del cuerpo ligeramente inclinada hacia atrás, se fotografió el muslo de la participante con los electrodos colocados, para identificar la posición de los electrodos y garantizar la reproducibilidad en las pos-mediciones.

Para el registro se utilizó un electromiógrafo Motion EMG (Mega Electronics Finland), con 6 canales conectados vía Bluetooth, un alcance operativo de hasta 10 metros. Las señales EMG fueron amplificadas (x100, amplificador diferencial de 20 a 450 Hz) digitalizadas a una frecuencia de muestreo de 2000 Hz. Las señales sin procesar se registraron y se rectificaron y filtraron en onda completa (filtro de paso bajo Butterworth de segundo orden con corte a 6 Hz: envolvente lineal). Se determinó la amplitud EMG máxima (mV) y la amplitud EMG promedio (mV) de la envolvente lineal (DATA-PAC 2000; RUN Technologies, Laguna Hills, California, EE.

UU.). Para la comparación previa y posterior a la prueba, los valores EMG registrados se estandarizaron para la carga absoluta máxima levantada. Esta estandarización se realizó porque los valores absolutos de EMG están significativamente influenciados por factores que incluyen el grosor del tejido subcutáneo, la colocación de los electrodos (ubicación y orientación) y el método utilizado para afeitar, raspar y limpiar la superficie de la piel.

Programa de entrenamiento VBT

Este grupo entrenó cada sesión con cargas ajustadas a la IR programada. En cada sesión, la carga a movilizar se ajustó para obtener la velocidad objetivo de entrenamiento para cada sujeto durante la fase concéntrica. Para determinar la carga de entrenamiento de la primera serie para cada sesión, se comparó el VMP de la última serie del calentamiento (una repetición realizada con la carga de entrenamiento de la sesión asignada) con la velocidad objetivo. Para las demás series el ajuste de carga se realizó con el VMP promedio de las repeticiones de la serie anterior. Para todos los casos si la VMP promedio

era $0.06 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ mayor o menor que la velocidad objetivo, la carga de la primera serie se ajustaba a $\pm 5\% 1\text{RM}$, si fue $0.12 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ un ajuste de carga de $\pm 10\% 1\text{RM}$, etcétera (Banyard et al., 2017). La VMP de cada repetición fue controlada con un LPT (descrito anteriormente). El volumen de la sesión incluyó cuatro series y en cada una de ellas se realizaban repeticiones hasta cuando se presentaba una pérdida máxima del 20% de la VMP establecida para el entrenamiento de cada sujeto.

Programa de entrenamiento PBT

El grupo PBT realizó el entrenamiento con una carga absoluta del 70-80% 1RM (basado en su 1RM inicial) de tal manera que coincidiera con la IR programada para cada sesión, la velocidad se monitoreó con el LPT, pero no se utilizó para la programación del entrenamiento. Al inicio de cada semana en la primera sesión de entrenamiento se evaluó la fuerza máxima y se ajustó si era necesario para mantener la IR programada.

Tabla 1.

Características de los programas de entrenamiento VBT y PBT.

Training Variable	Grupo	Sesión 1	Sesión 2	Sesión 3	Sesión 4	Sesión 5	Sesión 6	Sesión 7	Sesión 8	Sesión 9	Sesión 10	Sesión 11	Sesión 12
Velocidad (m·s ⁻¹)	VBT	0,66±0,06	0,68±0,03	0,71±0,05	0,68±0,04	0,72±0,03	0,74±0,04	0,70±0,06	0,74±0,06	0,78±0,04	0,72±0,07	0,76±0,03	0,80±0,02
	%1RM	~60%RM	~56%RM	~52%RM	~65%RM	~61%RM	~57%RM	~70%RM	~66%RM	~63%RM	~70%RM	~66%RM	~62%RM
Velocidad (m·s ⁻¹)	VBT	0,74±0,03	0,78±0,02	0,82±0,01	0,76±0,02	0,80±0,03	0,83±0,03	0,78±0,02	0,82±0,02	0,83±0,01	0,80±0,02	0,82±0,03	0,83±0,02
	%1RM	~70%RM	~66%RM	~62%RM	~75%RM	~71%RM	~67%RM	~75%RM	~71%RM	~67%RM	~75%RM	~71%RM	~67%RM
Velocidad (m·s ⁻¹)	VBT	0,82±0,03	0,83±0,04	0,83±0,02	0,78±0,03	0,82±0,02	0,83±0,03	0,80±0,03	0,82±0,04	0,83±0,01	0,82±0,03	0,83±0,05	0,83±0,03
	%1RM	~80%RM	~76%RM	~72%RM									

Análisis estadístico

Los análisis de normalidad de distribución de las variables en los Pre-tests se realizaron mediante pruebas de Shapiro-Wilk y de homogeneidad de varianza entre grupos (VBT vs PBT) mediante la prueba de Levene. Los valores de todas las variables se presentan como media y \pm DE. La confiabilidad absoluta test-retest se evaluó mediante el CV, mientras que la confiabilidad relativa se calculó mediante el ICC con un intervalo de confianza (IC) del 95 %, utilizando el método del modelo de efectos aleatorios unidireccionales. La significación estadística se estableció en el nivel $P \leq 0,05$. Se realizaron pruebas t de muestras pareadas para examinar la diferencia intragrupo antes y después del entrenamiento. Además, los tamaños del efecto (TE) se calcularon según la escala de Cohen, de 0,2-0,49 para tamaños de efecto pequeños, de 0,5-0,79 moderados y de 0,8 o más para tamaños de efectos grandes. Los análisis estadísticos se realizaron en el software IBMSPSS versión 26 (Chicago, IL, EE. UU.).

Resultados

En las pruebas pretest no se identificaron diferencias significativas entre los grupos VBT y PBT en las variables analizadas. Se observaron aumentos significativos ($p < 0,01$) después de doce semanas de entrenamiento en los dos grupos para todas las variables del estudio, pero la magnitud de los aumentos no fue similar: en el FSQ (VBT 33,79%; ES=1.53 PBT 27,94%; ES=2.44), VJ (VBT 19,11%; ES= 3.5, PBT 8,77%; ES=1.88), RV30 (VBT 6,27%; ES=1.95 PBT 1,66% ES=1.88), PP (VBT 32,2%; ES=4.24, PBT 16,11%;ES=2.42), MM sin grasa (VBT 3,7%;=2.74, PBT 2,64%; ES=0.69) CMO (VBT 0,39%; ES=0.31, PBT 0,25% ES=0.17) y en DMO (VBT 0,76%; ES=0.48, PBT 0,80%; ES=0.68). No se observaron variaciones significativas en la actividad EMG en ninguno de los grupos. (tabla 2-4)

Tabla 2.

Pre, pos, diferencia de medias y tamaños de efecto para los datos de composición corporal.

Variable	Grupo	Pre		Pos		Media diferencias		IC 95% diferencias		TE	p
Masa total (kg)	PBT	21.22	± 2.65	22,02	± 3,10	-0,80	± 0,80	-1,25	a -0,36	‡ 1,01	0.69
	VBT	20.96	± 3.38	21,56	± 3,38	-0,60	± 0,33	-0,77	a -0,42	‡ 1,82	
Magro (g)	PBT	13304.33	± 1340.59	13655,30	± 1528,67	-350,76	± 505,16	-630,51	a -71,02	‡ 0,69	0.9
	VBT	13096.94	± 1819.89	13581,63	± 1856,80	-484,69	± 176,63	-578,81	a -390,57	‡ 2,74	
CMO(g)	PBT	853.39	± 91.88	855,56	± 95,55	-2,17	± 12,71	-9,21	a 4,87	‡ 0,17	0.62
	VBT	870.94	± 120.98	874,33	± 114,89	-3,38	± 10,92	-9,20	a 2,44	‡ 0,31	
DMO (g/cm2)	PBT	1.25	± 0.09	1,26	± 0,09	0,00	± 0,01	-0,01	a 0,00	‡ 0,68	0.05 *
	VBT	1.31	± 0.09	1,32	± 0,10	-0,01	± 0,02	-0,02	a 0,00	‡ 0,48	

Nota: Los resultados son expresados como medias y desviaciones estándar (±); TE= tamaño de efecto de Cohen; valores p para la comparación de los grupos de PBT y VBT en el pos; ‡ denota diferencias significativas en el pre y pos; * denota diferencias significativas entre los grupos en el pos.

Tabla 3.

Pre, pos, diferencia de medias y tamaños de efecto para los datos de potencia en Wingate.

Variable	Grupo	Pre		Pos		Media diferencias		IC 95% diferencias		TE	p
Potencia max (w)	PBT	351,07	± 93,25	407,62	± 109,01	-56,55	± 23,40	-69,51	a -43,59	‡ 2,42	0.03 *
	VBT	340,69	± 93,99	450,38	± 93,25	-109,69	± 25,85	-123,46	a -95,91	‡ 4,24	
Potencia relativa (w/ masa magra)	PBT	26,71	± 8,10	30,18	± 8,73	-3,47	± 2,01	-4,58	a -2,36	‡ 1,73	0.04 *
	VBT	25,84	± 5,10	33,08	± 4,16	-7,24	± 2,25	-8,44	a -6,03	‡ 3,21	

Nota: Los resultados son expresados como medias y desviaciones estándar (±); TE= tamaño de efecto de Cohen; valores p para la comparación de los grupos de PBT y VBT en el pos; ‡ denota diferencias significativas en el pre y pos; * denota diferencias significativas entre los grupos en el pos.

Tabla 4.

Pre, pos, diferencia de medias y tamaños de efecto para los datos de pruebas físicas.

Variable	Grupo	Pre		Pos		Media diferencias		IC 95% diferencias		TE	Valor p
Fuerza (kg)	PBT	50,33	± 13,45	64,39	± 10,83	-14,06	± 9,18	-19,15	a -8,98	‡ 1,53	0,32
	VBT	45,31	± 11,22	60,62	± 10,26	-15,31	± 6,27	-18,66	a -11,97	‡ 2,44	
CMJ (cm)	PBT	25,76	± 4,64	28,02	± 4,16	-2,26	± 1,20	-2,93	a -1,60	‡ 1,88	0,19 *
	VBT	25,27	± 4,30	30,10	± 4,48	-4,83	± 1,14	-5,44	a -4,22	‡ 3,5	
V30m (s)	PBT	4,97	± 0,27	6,01	± 0,35	-1,04	± 0,63	-1,40	a -0,70	‡ 1,65	0,70 *
	VBT	4,96	± 0,27	6,06	± 0,35	-1,09	± 0,63	-1,44	a -0,76	‡ 1,73	
Velocidad (m/s)	PBT	6,11	± 0,35	4,92	± 0,27	-1,17	± 0,62	-1,52	a -0,83	‡ 1,88	0,05 *
	VBT	6,44	± 0,52	4,68	± 0,37	-1,74	± 0,89	-2,22	a -1,27	‡ 1,95	

Nota: Los resultados son expresados como medias y desviaciones estándar (±); TE= tamaño de efecto de Cohen; valores p para la comparación de los grupos de PBT y VBT en el pos; ‡ denota diferencias significativas en el pre y pos; * denota diferencias significativas entre los grupos en el pos.

Tabla 5.

Valores máximos de activación EMG (mV) en el VL y VM antes y después de las 12 semanas de fuerza.

Muscle	Grupo	Pre		Pos	
VL	PBT	1.32	± .98	2.11	± 1,13
	VBT	1.28	± 1.14	2.22	± 1,06
VM	PBT	1.51	± 1.21	2.41	± 1,08
	VBT	1.66	± 1.08	2.68	± 0,98

Se identificaron diferencias significativas ($p < 0,01$) en los cambios producidos por el entrenamiento entre VBT y PBT para DMO, PP, VJ, RV30, lo que indica un aumento significativamente mayor en estas variables después del entrenamiento con VBT en comparación con la intervención PBT. El aumento del FMSQ no presentó diferencias significativas entre los dos grupos después de doce semanas de entrenamiento. En cuanto a la actividad neuromuscular, no se observaron diferencias significativas en la amplitud EMG VL y VM entre los dos protocolos de entrenamiento. Se identificó una tendencia creciente en la activación entre pre y post en la amplitud de EMG, VL y VM, pero las diferencias no fueron estadísticamente significativas (tabla 5).

Discusión

El propósito de este estudio fue identificar el impacto de dos protocolos de entrenamiento de fuerza sobre la composición corporal, variables cinéticas, cinemáticas y neuromusculares en mujeres físicamente activas. Se plantearon varias hipótesis, la primera postulaba que el grupo VBT produciría una mayor magnitud de adaptación para CMJ, RV30, PP y EMG en comparación con PBT, debido al enfoque individualizado de la relación carga-velocidad de VBT y a la elevada velocidad de las repeticiones. Los resultados obtenidos proporcionan evidencia suficiente que apoyan parcialmente la hipótesis y se identificaron efectos significativamente superiores para el grupo VBT, en la mayoría de las variables observadas. La segunda hipótesis indicó que el entrenamiento PBT produciría una mayor magnitud de adaptación para FMSQ, MM, CMO y DMO, los resultados rechazan esta hipótesis, debido a que no se determinaron diferencias significativas entre VBT y PBT de en FMSQ, MM, BMC. Por el contrario, los resultados fueron más favorables para el grupo VBT en la DMO.

El presente estudio, complementa y aborda nuevas perspectivas como los efectos de VBT y PBT sobre MM, DMO, CMO y EMG, que no fueron reportados en estudios previos

(Banyard et al., 2021; Jiménez-Reyes et al., 2021; Pareja-Blanco et al., 2020). Igualmente apoya la hipótesis que indica que el estímulo generado por el grupo VBT, caracterizado por un bajo grado de fatiga y alta velocidad en las repeticiones dentro de la serie, puede ser suficiente para inducir adaptaciones de fuerza y potencia en población no atlética. Adicionalmente, el grupo VBT realizó el mismo volumen de entrenamiento (número de series en cada sesión de entrenamiento) que el grupo PBT, pero con una menor carga de entrenamiento en cada sesión, presento mayores ganancias en CMJ, RV30, PP y DMO que el grupo PBT, resultados van en la misma línea que los reportados en investigaciones previas (González-Hernández et al., 2017; Jiménez-Reyes et al., 2021; Pareja-Blanco et al., 2017); y destacan la utilidad de VBT en RT. Otro aporte fundamental del presente estudio es el ajuste en cada serie de la carga objetivo. Según nuestro conocimiento, son limitados los estudios que reportan la medición del esfuerzo real aplicado en cada sesión de entrenamiento (mediante el seguimiento de la velocidad). En el presente estudio se evaluó la VMP en cada serie con el objetivo de ajustar las cargas de entrenamiento a la VMP programada.

Es importante indicar que son escasos los estudios que contrasten estos dos tipos de entrenamiento en mujeres. Rana et al. (2008) comparan los efectos de adaptaciones tempranas para programas de entrenamientos de fuerza tradicional (TS), fuerza velocidad (LV), fuerza resistencia (TE), en un grupo de mujeres universitarias y observaron que la fuerza muscular mejoró tanto en el entrenamiento TS como con LV, aunque, TS mostró una mejora mayor. La resistencia muscular mejoró con el entrenamiento LV, pero no por encima de lo que demostraron TE o TS. Keeler et al. (2001) compararon dos tipos de entrenamiento de fuerza, estilo Nautilus (TR) vs superlento (SS), el grupo TR aumentó significativamente más que el grupo SS en press de banca (34% vs. 11%), torso brazo (jalón lateral anterior) (27% vs. 12%), prensa de piernas (33% frente a 7%), extensión de piernas (56% frente a 24%) y flexión de piernas (40% frente a 15%). Por el contrario, Stone & Coulter (1994) realizaron un estudio con tres protocolos de entrenamiento de fuerza progresiva: con alta carga/bajo número de repeticiones (HRLR), carga media / medio número de repeticiones (MRMR) y carga baja / altas repeticiones (LRHR), no observaron diferencias significativas entre los tres protocolos después del entrenamiento en la fuerza muscular.

En el presente estudio, la mejora relativa en 1RM fue bastante similar entre los grupos, 27,94% para PBT y 33,79% en el VBT. pero el grupo PBT entrenó con cargas ligeramente más elevadas y velocidades más lentas en comparación con el grupo VBT, que entreno con cargas más ligeras y velocidades elevadas. Estos resultados son similares a las reportados por Fernández et al. (2020) que realizaron un estudio en niñas futbolistas con los mismos dos tipos de entrenamiento en fuerza, (PBT) (VPT) e identificaron incrementos similares en la

fuerza máxima en sentadilla en los dos grupos. Estos resultados han sido ratificados con mayor suficiencia en diversos estudios realizados con hombres (Padulo et al., 2012). Tanto el grupo VBT como el PBT aumentaron su 1RM en ~10%, pero fue ligeramente mayor para el grupo VBT, lo que se puede atribuir a un mayor reclutamiento de unidades motoras de tasa de disparo elevado que puede mejorar la tasa de desarrollo de fuerza y aumentos en 1RM. Aunque, esto no se verificó en nuestro estudio donde, a pesar del aumento en la actividad eléctrica en el grupo VBT, no fue significativamente diferente de la del grupo PBT.

En cuanto al incremento de la masa muscular, en la última década se ha observado que el RT con carga ligera realizado a alta velocidad puede generar los mismos efectos que un RT realizado con cargas elevadas. En el presente estudio se observaron aumentos similares en la masa muscular en los dos grupos, 2.64% para PBT y del 3.7% para VBT después de 12 semanas de entrenamiento, sin diferencias significativas entre los dos grupos.

Estos resultados confirman los hallazgos de estudios anteriores. Lopes et al. (2017) que indican que diferentes programas de RT con carga total similar producen resultados similares en hipertrofia muscular. Campos et al. (2002) señalan que las adaptaciones fisiológicas están relacionadas con la intensidad y el número de repeticiones realizadas y que la intensidad relativa parece explicar del 18 al 35% de la variación en la respuesta de hipertrofia al RT y la velocidad de ejecución es un determinante de la intensidad del RT. Schoenfeld et al. (2017) en su metaanálisis concluyeron que tanto el entrenamiento con carga VBT como PBT produjo aumentos significativos tanto en la fuerza muscular como en la hipertrofia, pero señalaron que la probabilidad estadística favorecía la carga más pesada. Morton et al. (2016) observaron un aumento significativo ($p < 0,01$) en la masa muscular magra y el área de la sección transversal de las fibras musculares tipo I-II, después de un periodo de entrenamiento de doce semanas, sin diferencias significativas entre los grupos, uno entrenó con cargas bajas y mayores repeticiones (30-50%1RM, 24x20-25) y el otro con cargas altas y menores repeticiones (75-90%1RM, 24x8 -12). Fernández et al. (2020) observaron aumentos similares en la masa muscular en los dos grupos de entrenamiento. Por otro lado, el metaanálisis de Schoenfeld et al. (2015) indica que se producen respuestas hipertróficas similares, aunque la mayoría de los estudios no controlaron la duración de fases excéntrica vs concéntrica, lo que dificulta obtener conclusiones definitivas. Otros estudios indican que no está claro si la manipulación de la velocidad del movimiento durante el ejercicio de fuerza tiene un efecto sobre la hipertrofia muscular específica (Cavarretta, et al.; Maddalozzo & Snow, 2000).

Todos estos hallazgos indicarían que el volumen de entrenamiento no es el único modulador de la respuesta hipertrófica. En otras palabras, el RT realizado un alto %1RM no es la

única ruta que estimula la degradación de las proteínas musculares y, posteriormente, la hipertrofia muscular en jóvenes físicamente activos. Por otro lado, la hipertrofia identificada en el presente estudio en los dos grupos de entrenamiento también podría explicarse por el aumento en la amplitud EMG observada después de 12 semanas de entrenamiento. Este aumento puede deberse a una mayor tasa de reclutamiento y/o activación de unidades motoras, que se ha identificado como un factor central en el desencadenamiento de la hipertrofia muscular.

Con respecto al RT y su impacto en el componente mineral óseo, en el presente estudio se observó aumento del CMO (VBT 0.39%, PBT 0.25%) y del DMO (VBT 0.76%, PBT 0.80%) en los dos grupos, valores que concuerda con estudios previos como los de (Maddalozzo & Snow 2000; Schoenfeld et al. 2017; Sanchez-Moreno et al. 2017) que informaron que tanto el RT del 40–60% 1RM como el de 70–90% 1RM incrementan la DMO. Esto contrasta con lo reportado por Pareja-Blanco et al., (2014) que observaron que solo el RT de VBT fue efectivo para aumentar la DMO, mientras que el programa de PBT no provocó ningún cambio. Las diferencias entre los estudios pueden deberse a la diversidad en la metodología del RT que difieren en intensidad, frecuencia, volumen total, duración o todos al mismo tiempo, elementos que tienen un gran impacto en los efectos de la RT. Por otra parte, un elemento común en los diversos estudios incluido el presente, es el modesto aumento de la DMO y el CMO. Esto puede deberse a una subestimación causada por la DXA, porque captura solo la masa ósea que representa una parte de la resistencia ósea y es probable que pase por alto los cambios óseos estructurales (interiores y periósticos) (Specker et al., 2015). La resistencia ósea está determinada no sólo por la masa ósea, sino también por el tamaño, la forma, la estructura y las propiedades del material y del colágeno (Pruitt, et al., 1995), por lo que se considera que la DXA puede subestimar los efectos reales de la carga mecánica sobre el hueso (Specker et al., 2015). En resumen, los resultados de la mayoría de los estudios sugieren que con una intensidad adecuada y relativamente pocas repeticiones, son suficientes para generar una respuesta esquelética adaptativa de los osteocitos. (Schoenfeld et al., 2015).

En cuanto a los efectos de estos dos tipos de entrenamiento sobre las variables cinéticas y cinemáticas, estudios previos (Banyard et al., 2019; Dorrell et al., 2020; Ikezoe et al., 2020; Pareja-Blanco et al., 2017; Sanchez-Medina & Gonzalez-Badillo, 2011; Blazevich & Jenkins, 2002; Dorrell et al., 2020; Fernandez et al., 2020; Seitz et al., 2014), indican una tendencia que observa efectos más acentuados en el RT basado en la velocidad de ejecución, versus el realizado con alto %1RM, sobre la velocidad de carrera 30m, la altura del salto y la potencia de pedaleo. El RT realizado a máxima velocidad voluntaria es de suma importancia para maximizar las ganancias de fuerza y el rendimiento deportivo (capacidad

de salto, velocidad de carrera, potencia de pedaleo) (Banyard et al., 2019).

Los resultados del presente estudio apoyan la hipótesis que las respuestas cinéticas y cinemáticas serían mayores para el grupo que realizó el entrenamiento con VBT debido a que se observaron aumentos significativamente superiores ($p < 0,01$) en el grupo VBT vs PBT, en la RV30, (14,1% vs 3,1%); en el VJ (16,5% vs 4,2%) y en la PP (30,8% vs 13,8%), lo que sugiere que movilizar una carga lo más rápido posible, es un factor determinante para mejorar la fuerza y potencia muscular (Banyard et al., 2021; Randell et al., 2011). Es importante resaltar que los estudios mencionados anteriormente, se realizaron con deportistas masculinos de alto rendimiento, a diferencia de esta investigación, donde las participantes eran deportistas recreativas, razón por la cual no podemos estimar si las ganancias en estas variables cinéticas y cinemáticas son similares.

Estos hallazgos pueden explicarse por el hecho de que el RT con altas cargas y un elevado número de repeticiones por serie, da como resultado bajas velocidades de contracción y mayor estrés, lo que conduce a una pequeña mejora en el rendimiento del sprint, debido a que la adaptación neuromuscular depende de la especificidad de los estímulos del entrenamiento y correr requiere una alta tasa de producción de fuerza propulsora y movimientos rápidos. El entrenamiento de VBT da como resultado el reclutamiento de unidades motoras de disparo de alta frecuencia, lo que, junto a una posible mayor sincronización de unidades motoras, generaría una adaptación neuronal que provoca: un mayor y/o más efectivo reclutamiento de fibras musculares de contracción rápida, cambios en la composición de isoformas de las cadenas pesadas de miosina y aumentos en la rigidez de la aponeurosis tendinosa. Una explicación plausible y bastante aceptada es que la fuerza, la velocidad y la producción de potencia disminuyen gradualmente con el número de repeticiones cuando las series de ejercicios se realizan hasta el fallo muscular, lo que conduce a altos niveles de fatiga metabólica y mecánica, (Krieger, 2010; Sanchez-Medina & Gonzalez-Badillo, 2011), que probablemente afectan la capacidad máxima de producción de fuerza o la tasa máxima de desarrollo de fuerza (RFD). Por el contrario, si las repeticiones se realizan a alta velocidad con pérdidas de velocidad bajas a moderadas (~20%), el estrés metabólico y la fatiga se minimizan, con la posibilidad de activación preferencial de las fibras musculares tipo II y proporcionan un entorno favorable para que se produzcan adaptaciones rápidas en la producción de fuerza. (Pareja-Blanco et al., 2017; Sanchez-Medina & Gonzalez-Badillo, 2011). Todos estos factores parecen inducir mejoras sustanciales en la velocidad del desarrollo de la fuerza, y, en consecuencia, en diferentes tipos de acciones explosivas como el sprint, VJ y PP (Pareja-Blanco et al., 2014; Putman et al., 2004). En el presente estudio, el grupo VBT entrenó con cargas más ligeras y mayor velocidad de movimiento (media 0,68 m.s⁻¹) durante cada serie de entrenamiento, en comparación con el grupo PBT (media 0.31 m. s⁻¹). Por otra parte, se identificó

un aumento no significativo en los valores de EMG en ambos grupos, que no fueron concomitantes con los aumentos significativos en la fuerza máxima y la potencia muscular, estos resultados fueron similares a los reportados en otros estudios (McBride, 2003; Barón et al., 2024). El mayor incremento en el grupo VBT puede explicarse por la mayor generación de fuerza necesaria para acelerar la barra a altas velocidades y para la fase de frenado del movimiento, requiriendo así un mayor reclutamiento de unidades motoras. (Rodríguez-Rosell et al., 2021) Estos cambios en el reclutamiento o la sincronización de las unidades motoras también se han propuesto como una razón para los cambios en los valores de EMG e indican que es posible que los cambios en la velocidad de disparo hayan contribuido al aumento de fuerza observado. (Hakkinen et al., 2001)

Finalmente se observaron correlaciones negativas significativas ($r = -0,67$, $p = 0,005$) entre los cambios relativos individuales en la altura del CMJ y en RV30. Los cambios en FMQS demuestran fuertes asociaciones ($r = -0,69$) con cambios en el rendimiento de RV30, resultados que son consistentes con observaciones previas reportadas en otros estudios realizados con hombres. (Pareja-Blanco et al., 2017; Sanchez-Medina & Gonzalez-Badillo, 2011)

En conclusión, nuestros principales hallazgos fueron que el VBT puede proporcionar estímulos superiores para inducir adaptaciones neuromusculares que generan mayores mejoras en VJ, velocidad sobre 30 m, potencia de pedaleo, DMO y aumentos similares o incluso mayores en la fuerza máxima en sentadilla, masa muscular y CMO que el PBT. Además, aunque no se observaron diferencias estadísticamente significativas en las variables EMG para ningún grupo de entrenamiento, solo el VBT mostró ligeros aumentos en la actividad EMG.

En términos de aplicaciones prácticas del presente estudio se sugiere el ajuste diario de la carga para lograr cumplir con el objetivo programado para cada sesión de entrenamiento, lo cual permite a los individuos en cada sesión de entrenamiento, levantar las cargas apropiadas para adaptarse a las tasas de adaptación del entrenamiento individual. Igualmente, establecer el perfil carga-velocidad individual, debido a la gran variabilidad que se presenta entre sujetos.

Referencias

- Banyard, G., Nosaka, K., Haff, & G., G. (2017). Reliability and Validity of the Load-Velocity Relationship to Predict the 1RM Back Squat. *J Strength Cond Res*, 31(7), 1897-1904. doi:10.1519/jsc.0000000000001657
- Banyard, G., Tufano, J., Weakley, J. (2021). Superior Changes in Jump, Sprint, and Change-of-Direction Performance but Not Maximal Strength Following 6 Weeks of Velocity-Based Training Compared With 1-Repetition-Maximum Percentage-Based Training. *Int J Sports Physiol Perform*, 16(2), 232-242. doi:10.1123/ijsp.2019-0999
- Banyard, H., Tufano, J. J., Delgado, J., Thompson, S. W., & Nosaka, K. (2019). Comparison of the Effects of Velocity-Based Training Methods and Traditional 1RM-Percentage-Based Training Prescription on Acute Kinetic and Kinematic Variables. *Int J Sports Physiol Perform*, 14(2), 246-255. doi:10.1123/ijsp.2018-0147
- Barón Barón, A. C., Fernandez Ortega, J. A., & Camargo Rojas, D. A. (2024). Efectos de dos programas de entrenamiento de fuerza sobre la capacidad física funcional y activación muscular en un grupo de adultos mayores. *Retos*, 51, 741-748. <https://doi.org/10.47197/retos.v51.99901>
- Blazevich, A. J., & Jenkins, D. G. (2002). Effect of the movement speed of resistance training exercises on sprint and strength performance in concurrently training elite junior sprinters. *J Sports Sci*, 20(12), 981-990. doi:10.1080/026404102321011742
- Campos, G. E., Luecke, T. J., Wendeln, H. K., Toma, K., Hagerman, F. C., Murray, T. F., . . . Staron, R. S. (2002). Muscular adaptations in response to three different resistance-training regimens: specificity of repetition maximum training zones. *Eur J Appl Physiol*, 88(1-2), 50-60. doi:10.1007/s00421-002-0681-6
- Cavarretta, D. J., Hall, E. E., & Bixby, W. R. (2019). The acute effects of resistance exercise on affect, anxiety, and mood – practical implications for designing resistance training programs. *International Review of Sport and Exercise Psychology*, 12(1), 295-324. doi:10.1080/1750984X.2018.1474941
- Conceição, F., Fernandes, J., Lewis, M., González-Badillo, J. J., & Jimenez-Reyes, P. (2016). Movement velocity as a measure of exercise intensity in three lower limb exercises. *J Sports Sci*, 34(12), 1099-1106. doi:10.1080/02640414.2015.1090010
- Dorrell, H. F., Smith, M. F., & Gee, T. I. (2020). Comparison of Velocity-Based and Traditional Percentage-Based Loading Methods on Maximal Strength and Power Adaptations. *J Strength Cond Res*, 34(1), 46-53. doi:10.1519/jsc.0000000000003089
- Fernandez Ortega, J. A., los Reyes, Y. G. D., & Garavito Peña, F. R. (2020). Effects of strength training based on velocity versus traditional training on muscle mass, neuromuscular activation, and indicators of maximal power and strength in girls soccer players. *Apunts Sports Medicine*, 55(206), 53-61. doi:<https://doi.org/10.1016/j.apunsm.2020.03.002>
- García-Ramos, A., Janicijevic, D., González-Hernández, J. M., Keogh, J. W. L., & Weakley, J. (2020). Reliability of the velocity achieved during the last repetition of sets to failure and its association with the velocity of the 1-

- repetition maximum. *PeerJ*, 8, e8760. doi:10.7717/peerj.8760
- Gonzalez-Badillo, J. J., Marques, M. C., & Sanchez-Medina, L. (2011). The importance of movement velocity as a measure to control resistance training intensity. *J Hum Kinet*, 29a, 15-19. doi:10.2478/v10078-011-0053-6
- Gonzalez-Badillo, J. J., Pareja-Blanco, F., Rodriguez-Rosell, D., Abad-Herencia, J. L., Del Ojo-Lopez, J. J., & Sanchez-Medina, L. (2015). Effects of velocity-based resistance training on young soccer players of different ages. *J Strength Cond Res*, 29(5), 1329-1338. doi:10.1519/jsc.0000000000000764
- Gonzalez-Badillo, J. J., & Sanchez-Medina, L. (2010). Movement velocity as a measure of loading intensity in resistance training. *Int J Sports Med*, 31(5), 347-352. doi:10.1055/s-0030-1248333
- González-Hernández, J., García Ramos, A., Capelo-Ramírez, F., Castaño, A., Marquez, G., Boullosa, D., & Jimenez-Reyes, P. (2017). Mechanical, Metabolic, and Perceptual Acute Responses to Different Set Configurations in Full Squat. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 34,1. 1581-1590. doi:10.1519/JSC.0000000000002117
- Hakkinen, K., Kraemer, W. J., Newton, R. U., & Alen, M. (2001). Changes in electromyographic activity, muscle fibre and force production characteristics during heavy resistance/power strength training in middle-aged and older men and women. *Acta Physiol Scand*, 171(1), 51-62. doi:10.1046/j.1365-201X.2001.00781.x
- Hermens HJ, Freriks B, Disselhorst-Klug C, Rau G.(2000). Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. *J Electromyogr Kinesiol*, 10(5), 361-74. doi: 10.1016/s1050-6411(00)00027-4. PMID: 11018445.
- Ikezoe, T., Kobayashi, T., Nakamura, M., & Ichihashi, N. (2020). Effects of Low-Load, Higher-Repetition vs. High-Load, Lower-Repetition Resistance Training Not Performed to Failure on Muscle Strength, Mass, and Echo Intensity in Healthy Young Men: A Time-Course Study. *J Strength Cond Res*, 34(12), 3439-3445. doi:10.1519/jsc.0000000000002278
- Jiménez-Reyes, P., Castaño-Zambudio, A., Cuadrado-Peñafiel, V., González-Hernández, J. M., Capelo-Ramírez, F., Martínez-Aranda, L. M., & González-Badillo, J. J. (2021). Differences between adjusted vs. non-adjusted loads in velocity-based training: consequences for strength training control and programming. *PeerJ*, 9, e10942. doi:10.7717/peerj.10942
- Keeler, L. K., Finkelstein, L. H., Miller, W., & Fernhall, B. (2001). Early-phase adaptations of traditional-speed vs. superslow resistance training on strength and aerobic capacity in sedentary individuals. *J Strength Cond Res*, 15(3), 309-314.
- Krieger, J. W. (2010). Single vs. multiple sets of resistance exercise for muscle hypertrophy: a meta-analysis. *J Strength Cond Res*, 24(4), 1150-1159. doi:10.1519/JSC.0b013e3181d4d436
- Lopes, C. R., Aoki, M. S., Crisp, A. H., de Mattos, R. S., Lins, M. A., da Mota, G. R., . . . Marchetti, P. H. (2017). The Effect of Different Resistance Training Load Schemes on Strength and Body Composition in Trained Men. *Journal of human kinetics*, 58, 177-186. doi:10.1515/hukin-2017-0081
- Maddalozzo, G. F., & Snow, C. M. (2000). High intensity resistance training: effects on bone in older men and women. *Calcif Tissue Int*, 66(6), 399-404. doi:10.1007/s002230010081
- McBride JM, B. J., Triplett-McBride T. . (2003). Effect of resistance exercise volume and complexity on EMG, strength, and regional body composition. *Eur J Appl Physiol*, 90(5-6), 626-632.
- Morton, R. W., Oikawa, S. Y., Wavell, C. G., Mazara, N., McGlory, C., Quadrilatero, J., . . . Phillips, S. M. (2016). Neither load nor systemic hormones determine resistance training-mediated hypertrophy or strength gains in resistance-trained young men. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 121(1), 129-138. doi:10.1152/jappphysiol.00154.2016
- Orange, S., Liefeth, A., Metcalfe, J., Robinson, A., & Applegarth, M. (2019). Effects of In-Season Velocity-Versus Percentage-Based Training in Academy Rugby League Players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 15, 1-19. doi:10.1123/ijsp.2019-0058
- Padulo, J., Mignogna, P., Mignardi, S., Tonni, F., & D'Ottavio, S. (2012). Effect of different pushing speeds on bench press. *Int J Sports Med*, 33(5), 376-380. doi:10.1055/s-0031-1299702
- Pareja-Blanco, F., Alcazar, J., Cornejo-Daza, P. J., Sánchez-Valdepeñas, J., Rodríguez-Lopez, C., Hidalgo-de Mora, J., Ortega-Becerra, M. (2020). Effects of velocity loss in the bench press exercise on strength gains, neuromuscular adaptations, and muscle hypertrophy. *Scand J Med Sci Sports*, 30(11), 2154-2166. doi:10.1111/sms.13775
- Pareja-Blanco, F., Rodriguez-Rosell, D., Sanchez-Medina, L., Gorostiaga, E. M., & Gonzalez-Badillo, J. J. (2014). Effect of movement velocity during resistance training on neuromuscular performance. *Int J Sports Med*, 35(11), 916-924. doi:10.1055/s-0033-1363985
- Pareja-Blanco, F., Rodriguez-Rosell, D., Sanchez-Medina, L., Sanchis-Moysi, J., Dorado, C., Mora-Custodio, R., Gonzalez-Badillo, J. J. (2017). Effects of velocity loss during resistance training on athletic performance, strength gains and muscle adaptations. *Scand J Med Sci Sports*, 27(7), 724-735. doi:10.1111/sms.12678

- Pruitt, L. A., Taaffe, D. R., & Marcus, R. (1995). Effects of a one-year high-intensity versus low-intensity resistance training program on bone mineral density in older women. *J Bone Miner Res*, *10*(11), 1788-1795. doi:10.1002/jbmr.5650101123
- Putman CT, Gillies E, MacLean IM, Bell GJ. (2004). Effects of strength, endurance and combined training on myosin heavy chain content and fibre-type distribution in humans. *Eur J Appl Physiol*, *92*, 376–384.
- Rana, S. R., Chleboun, G. S., Gilders, R. M., Hagerman, F. C., Herman, J. R., Hikida, R. S., Toma, K. (2008). Comparison of early phase adaptations for traditional strength and endurance, and low velocity resistance training programs in college-aged women. *J Strength Cond Res*, *22*(1), 119-127. doi:10.1519/JSC.0b013e31815f30e7
- Randell, A. D., Cronin, J. B., Keogh, J. W., Gill, N. D., & Pedersen, M. C. (2011). Effect of instantaneous performance feedback during 6 weeks of velocity-based resistance training on sport-specific performance tests. *Journal of strength and conditioning research*, *25*(1), 87–93. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181fee634>
- Rodríguez-Rosell D, Y.-G. J., Mora-Custodio R, Sánchez-Medina L, Ribas-Serna J, González-Badillo JJ. (2021). Effect of velocity loss during squat training on neuromuscular performance. *Scand J Med Sci Sports*, *31*(8), 1621-1635.
- Sanchez-Medina, L., & Gonzalez-Badillo, J. (2011). Velocity loss as an indicator of neuromuscular fatigue during resistance training. *Med Sci Sport Exerc* *43*, 1725-1734.
- Sanchez-Moreno, M., Rodriguez-Rosell, D., Pareja-Blanco, F., Mora-Custodio, R., & Gonzalez-Badillo, J. J. (2017). Movement Velocity as Indicator of Relative Intensity and Level of Effort Attained During the Set in Pull-Up Exercise. *Int J Sports Physiol Perform*, *12*(10), 1378-1384. doi:10.1123/ijsp.2016-0791
- Schoenfeld, B. J., Grgic, J., Ogborn, D., & Krieger, J. W. (2017). Strength and Hypertrophy Adaptations Between Low- vs. High-Load Resistance Training: A Systematic Review and Meta-analysis. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *31*(12), 3508-3523. doi:10.1519/jsc.0000000000002200
- Schoenfeld, B. J., Grgic, J., Van Every, D. W., & Plotkin, D. L. (2021). Loading Recommendations for Muscle Strength, Hypertrophy, and Local Endurance: A Re-Examination of the Repetition Continuum. *Sports (Basel)*, *9*(2). doi:10.3390/sports9020032
- Schoenfeld, B. J., Ogborn, D. I., & Krieger, J. W. (2015). Effect of repetition duration during resistance training on muscle hypertrophy: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med*, *45*(4), 577-585. doi:10.1007/s40279-015-0304-0
- Schuenke, M. D., Herman, J. R., Gliders, R. M., Hagerman, F. C., Hikida, R. S., Rana, S. R., . . . Staron, R. S. (2012). Early-phase muscular adaptations in response to slow-speed versus traditional resistance-training regimens. *Eur J Appl Physiol*, *112*(10), 3585-3595. doi:10.1007/s00421-012-2339-3
- Seitz, L. B., Reyes, A., Tran, T. T., Saez de Villarreal, E., & Haff, G. G. (2014). Increases in lower-body strength transfer positively to sprint performance: a systematic review with meta-analysis. *Sports Med*, *44*(12), 1693-1702. doi:10.1007/s40279-014-0227-1
- Specker, B., Thiex, N. W., & Sudhagoni, R. G. (2015). Does Exercise Influence Pediatric Bone? A Systematic Review. *Clin Orthop Relat Res*, *473*(11), 3658-3672. doi:10.1007/s11999-015-4467-7
- Stone, W. J., & Coulter, S. P. (1994). Strength/Endurance Effects From Three Resistance Training Protocols With Women. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *8*(4), 231-234. Retrieved from https://journals.lww.com/nsca-jscr/fulltext/1994/11000/strength_endurance_effects_from_three_resistance.5.aspx

Datos de los/as autores/as:

Jairo Alejandro Fernández Ortega
 Dario-Dario Mendoza Romero
 Luz Amelia Hoyos Cuartas

jairofdz@gmail.com
 dariomendoza@usta.edu.co
 luzahoyos@yahoo.com

Autor/a
 Autor/a
 Autor/a