



Comparación de la eficacia de tres tipos de entrenamiento de fuerza: autocargas, máquinas de musculación y peso libre

Pablo Prieto-González^{1*}  & Jaromir Sedlacek² 

¹ Prince Sultan University, Riad (Arabia Saudita).

² University of Prešov, Prešov (Eslovaquia).

OPEN  ACCESS

Citación

Prieto-González, P. & Sedlacek, J. (2021). Comparison of the Efficacy of Three Types of Strength Training: Isometrics, Weight Training Machines and Free Weights. *Apunts Educación Física y Deportes*, 145, 9-16. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2021/3\).145.02](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2021/3).145.02)

Editado por:

© Generalitat de Catalunya
Departament de la Presidència
Institut Nacional d'Educació
Física de Catalunya (INEFC)

ISSN: 2014-0983

*Correspondencia:

Pablo Prieto González
pabloccjb@gmail.com

Sección:

Entrenamiento deportivo

Idioma del original:

Castellano

Recibido:

10 de noviembre de 2020

Aceptado:

3 de marzo de 2021

Publicado:

1 de julio de 2021

Portada:

Maialen Chourraut (ESP)
compitiendo en los
Juegos Olímpicos de
Río de Janeiro (2016),
estadio Whitewater.
Semifinal de kayak
femenino (K1).
REUTERS / Ivan Alvarado

Resumen

El objetivo de este estudio fue verificar qué metodología es más eficaz en la mejora de variables antropométricas y de fuerza: un entrenamiento con peso libre, con máquinas de musculación o con autocargas. 33 estudiantes universitarios varones realizaron un entrenamiento de fuerza dos veces por semana, durante ocho semanas, divididos en tres grupos de entrenamiento: autocargas (GEAC), máquinas de musculación (GEMM) y peso libre (GEPL). Se evaluaron las siguientes variables: índice de masa corporal (IMC), tejido magro (TM), porcentaje de grasa (% grasa), sentadilla con salto (SS), sentadilla con contramovimiento (SCM), *press* banca (PB), sentadilla (SQ), fuerza máxima relativa en *press* banca (FMR PB) y fuerza máxima relativa en sentadilla (FMR SQ). No se registraron mejoras significativas en las variables antropométricas y de fuerza en el GEAC. En el GEMM se produjeron mejoras significativas en el % grasa y en los niveles de fuerza, mientras que en el GEPL hubo mejoras significativas en el % grasa, en el TM y en los niveles de fuerza. Asimismo, el GEPL obtuvo mejoras significativas con respecto al GEMM en los siguientes test: SS, PB, SQ, FMR PB y FMR SQ. Un entrenamiento de fuerza de ocho semanas aplicado a varones en edad universitaria fue más eficaz a la hora de incrementar la fuerza y el tejido magro al realizarlo con peso libre que al efectuarlo con máquinas de musculación. La utilización de autocargas no generó mejoras cineantropométricas ni de fuerza. Sin embargo, en este último caso, no se puede descartar totalmente que la ausencia de adaptaciones se deba a las dificultades para cuantificar la intensidad de la carga.

Palabras clave: autocargas, fuerza, máquinas de musculación, peso libre.

Introducción

El entrenamiento de fuerza genera múltiples beneficios, entre los que cabe destacar: la mejora del rendimiento motor, del rendimiento deportivo, de la autoimagen, de las condiciones de salud y calidad de vida, y la prevención de patologías y enfermedades (Copeland et al., 2019; Ruiz, 2008; Seguin et al., 2013). Dada su importancia, la comunidad científica se ha interesado por el estudio de los distintos factores que condicionan las mejoras comentadas previamente. Asociaciones como la National Strength and Conditioning Association, el American College of Sports Medicine, la International Strength Training Association, la American Heart Association o la American Medical Society for Sports Medicine publican regularmente informes que recogen recomendaciones relativas al desarrollo de esta capacidad. Ponen además de relieve su gran importancia tanto en el contexto del deporte como en el de la salud. Pero, aun así, la planificación del entrenamiento de fuerza se aleja en ocasiones de los planteamientos científicos y responde a menudo a falsos mitos, modas pasajeras o filosofías apasionadas (López-Miñarro, 2002). De este modo, se genera cierta confusión entre las personas que realizan trabajos de fuerza, que a menudo desconocen cuál es la manera más eficaz de entrenar para lograr sus objetivos.

En este sentido, en las últimas décadas hemos podido comprobar que el tipo de resistencias empleadas en los entrenamientos de fuerza se ha diversificado considerablemente. A los medios tradicionales (barras, mancuernas, bandas elásticas, máquinas de musculación y balones medicinales) se han sumado nuevos elementos como máquinas vibratorias, superficies inestables, bandas TRX® o pesas rusas (Lloyd et al., 2014; Raya-González y Sánchez-Sánchez, 2018). Paralelamente, el tipo de actividades físicas más utilizadas para el desarrollo de la fuerza también ha variado año tras año. Hasta el año 2013, el entrenamiento de fuerza con autocargas no se encontraba entre las 20 actividades más practicadas a nivel mundial dentro del ámbito del *fitness* (Thompson, 2014). Sin embargo, en 2015 fue la más practicada, por delante del HIIT (entrenamiento de intervalos de alta intensidad), de los programas de entrenamiento realizados bajo la supervisión de profesionales cualificados, de los entrenamientos de fuerza convencionales y de los entrenamientos personalizados, que fueron respectivamente la segunda, tercera, cuarta y quinta actividad más practicadas en ese mismo año (Thompson, 2017). En cada una de ellas se emplean diferentes resistencias y rangos de movimiento. Sin embargo, y pese a que esta cuestión genera un gran debate en el ámbito de la actividad física y el deporte, aún no se ha abordado en profundidad cuál de ellas proporciona mejores resultados (Schwanbeck, 2018).

En el entrenamiento con autocargas, se usa el propio cuerpo como resistencia para realizar trabajos en contra de la fuerza de la gravedad. Sus partidarios defienden que esta metodología permite adaptar los ejercicios a las características antropométricas de cada individuo, de modo que es posible

lograr una mayor individualización. También argumentan que, dado que los movimientos se realizan en cadena cerrada, se favorece la participación de varios grupos musculares en cada ejercicio. Otra virtud atribuida a las autocargas es su efectividad en la mejora de la fuerza relativa, el equilibrio y el control postural. En cambio, la principal desventaja que se les achaca es la dificultad para cuantificar la carga de trabajo (Harrison, 2010).

Las máquinas de musculación ofrecen las siguientes ventajas: proporcionan al ejecutante mayor seguridad, permiten el aprendizaje de los diferentes ejercicios de musculación con facilidad y es posible cambiar la carga de trabajo con gran rapidez. Entre las desventajas podemos destacar que no se adaptan a las características antropométricas de todos los sujetos y que no permiten lograr una gran activación neuromuscular, dado que estabilizan y guían los movimientos realizados por el ejecutante (American College of Sports Medicine, 2009).

Por último, los entrenamientos con peso libre permiten realizar una mayor variedad de movimientos y poseen una mayor funcionalidad que las máquinas de musculación, puesto que es posible reproducir tareas tanto de la vida cotidiana como gestos deportivos. Además, el equipamiento requerido es económico. Todo ello redundará en una mayor adherencia al entrenamiento de fuerza. La estimulación de la musculatura estabilizadora es mayor cuando se trabaja con peso libre que cuando se utilizan máquinas de musculación. Como contrapartida, cabe reseñar que la correcta ejecución técnica de ejercicios con peso libre implica un cierto grado de dificultad, de modo que requieren un mayor tiempo de aprendizaje (American College of Sports Medicine, 2009).

Por tanto, teniendo en cuenta que *a priori* los diferentes tipos de resistencia empleados para entrenar la fuerza presentan tanto pros como contras, resulta necesario conocer cuál es más eficaz. De este modo, el objetivo del presente estudio fue determinar cuál de estos tres entrenamientos mejora en mayor medida los niveles de fuerza y los parámetros cineantropométricos: un entrenamiento con autocargas, un entrenamiento con máquinas de musculación o un entrenamiento con peso libre.

Metodología

Participantes

33 estudiantes universitarios de sexo masculino [edad: 20.52 (1.45); estatura: 176.51 (5.23); masa corporal: 74.37 (4.95); IMC: 23.93 (1.37)] fueron seleccionados para participar en el presente estudio. Ninguno de ellos tenía experiencia en el entrenamiento de fuerza ni practicaba actividades fisicodeportivas de forma estructurada. Tampoco padecían lesiones o enfermedades que les impidiesen realizar con normalidad los test y los protocolos de entrenamiento llevados a cabo. En una sesión teórica inicial previa al inicio

del estudio, los participantes recibieron información relativa a los objetivos, procedimientos y características del estudio. Se les explicó asimismo los beneficios y riesgos derivados de su inclusión en el mismo. Se les exigió además que no modificasen su dieta ni sus hábitos de práctica de actividad fisicodeportiva durante la realización de la investigación. También se les indicó que evitasen realizar ejercicio físico intenso 72 horas antes de la ejecución de las pruebas incluidas en la pre y la postintervención y que no ingiriesen caféina 24 horas antes de dichas pruebas. La presente investigación se realizó respetando los principios éticos recogidos en la declaración de Helsinki y contó además con la aprobación de la Junta de Revisión Institucional del Comité de Bioética de la Universidad Prince Sultan de Riad (Arabia Saudita).

Instrumentos

Se aplicó la misma batería de pruebas una semana antes y una semana después del periodo de intervención. En ambos casos, las mediciones fueron:

Evaluación cineantropométrica. La masa corporal (MC), la estatura y el índice de masa corporal (IMC) se midieron utilizando una báscula Seca Digital Column Scale (Hamburgo, Alemania). La MC se registró con una precisión de 0.1 kg y la estatura con una precisión de 0.1 cm. Las mediciones se hicieron con los sujetos descalzos y fueron realizadas por un mismo investigador. El porcentaje de grasa corporal (% grasa) se calculó mediante la siguiente fórmula: % grasa = $[(\sum \text{de los pliegues abdominal, suprailíaco, subescapular, tricípital, cuadrícipital y peroneal}) \cdot 1.43] + 4.56$; (González et al., 2006). Para medir los pliegues de grasa se utilizó un plicómetro Harpenden, modelo FG1056 (Sussex, Reino Unido). El tejido magro (TM) se calculó mediante la siguiente fórmula: $TM = \text{masa total (kg)} - \text{masa grasa (kg)}$.

Valoración de fuerza. Previa realización de los test, los participantes en el estudio realizaron el siguiente calentamiento: a) fase de activación con cinco minutos de ejercicio aeróbico, b) fase de movilidad musculoesquelética, donde se movilizaron las principales articulaciones en orden cefalocaudal, c) fase de calentamiento específico, con una serie de 10 saltos verticales sin y con contramovimiento, más una serie de 10 repeticiones sin llegar al fallo muscular en los ejercicios de sentadilla y *press* banca.

A continuación, se procedió a la valoración de las siguientes capacidades:

1. Capacidad de salto. Se utilizaron dos test: sentadilla con salto (SS) y salto con contramovimiento (SCM). Para su medición, se hizo uso de un dispositivo Optojump (Bolzano, Italia). A fin de evitar que las diferencias en la técnica de salto entre los participantes pudiesen comprometer la validez de los resultados obtenidos en los dos test, durante la ejecución de los mismos los sujetos situaron sus manos en la cadera. Ambos test se realizaron siguiendo el protocolo de Bosco et al. (1981).

El SS se realizó partiendo de una flexión de rodillas de 90° con el tronco erguido. A continuación, el ejecutante realizaba una contracción concéntrica de la musculatura extensora de la rodilla, manteniendo el tronco en posición vertical durante la fase de vuelo. En el SCM, se partía de la posición de bipedestación. El test se inició con una rápida flexión de rodillas hasta alcanzar un ángulo de 90°. Inmediatamente después, el sujeto realizó una contracción concéntrica de la musculatura de la rodilla, manteniendo también el tronco en posición vertical. Cada participante dispuso de dos intentos tanto en el SS como en el SCM, y tan solo se registró la mejor marca obtenida.

2. Fuerza máxima. Se realizaron dos test: sentadilla (SQ) y *press* banca (PB). La SQ se utilizó para medir la fuerza máxima del tren inferior. Se hizo uso de una barra olímpica y de discos olímpicos. Partiendo de la posición de bipedestación, los ejecutantes situaron la barra olímpica en las fibras superiores del músculo trapecio, mientras que sus pies se encontraban separados a la anchura de los hombros. A continuación, se les pidió que flexionasen sus rodillas hasta que sus muslos se encontrasen paralelos al suelo. Posteriormente, deberían retornar a la posición inicial. Por su parte, el PB se utilizó para la medición de la fuerza máxima del tren superior. Para llevar a cabo este test, los sujetos se colocaron en posición decúbito supino en un banco de *press* banca Hammer Strength, con la cabeza y la cadera en posición neutra. A continuación, se les indicó que debían asir la barra a la anchura de los hombros. Partiendo de esta posición y con los codos extendidos, la barra debía descender hasta contactar con el pecho y ascender posteriormente hasta alcanzar la posición inicial (National Strength and Conditioning Association, 2017). Tanto en la sentadilla como en el *press* banca, se registró el mejor resultado de dos intentos. Dado que los sujetos carecían de experiencia en el entrenamiento de fuerza, el cálculo del 1RM se hizo mediante el uso de la fórmula de Lander (Felipe et al., 2013). Los dos test se realizaron con el 80 % del 1RM estimado de cada sujeto y tan solo se registraron las repeticiones realizadas correctamente.

3. Fuerza máxima relativa. Una vez estimado el 1RM de cada sujeto en la sentadilla y en el *press* banca, se calculó su fuerza relativa en el *press* banca (FMR PB) y en la sentadilla (FMR SQ). Para ello se hizo uso del coeficiente de Wilks, cuya fórmula es la siguiente: $\text{coeficiente} = 500 / (a + bx + cx^2 + dx^3 + ex^4 + fx^5)$; siendo (en el caso de los hombres): $x = MC$ en kg del sujeto; $a = -216.0475144$; $b = 16.2606339$; $c = -.002388645$; $d = -.00113732$; $e = 7.01863E-06$; $f = -1.291E-08$. Esta fórmula es un método validado para comparar la fuerza relativa de sujetos con pesos diferentes, puesto que los multiplicadores de masa corporal favorecen a las personas de pesos ligeros y no tienen en cuenta las relaciones alométricas (García-Manso et al., 2010).

Procedimiento

Una vez finalizado el pretest, los 33 sujetos incluidos en el estudio fueron divididos en tres grupos experimentales: grupo de entrenamiento con autocargas (GEAC), grupo de entrenamiento con máquinas de musculación (GEMM) y grupo de entrenamiento con peso libre (GEPL). A fin de dotar al estudio de una mayor validez interna, conseguir que los grupos tuviesen una mayor homogeneidad y reducir la varianza intergrupo, se utilizó el siguiente procedimiento para asignar los sujetos a cada uno de los tres grupos experimentales: en virtud de las marcas obtenidas en el test de 1RM en sentadilla, se dividió a los participantes en 11 clústeres compuestos por tres sujetos cada uno. Los sujetos con las tres mejores marcas fueron asignados al clúster uno, los sujetos con la cuarta, quinta y sexta marca al clúster dos, y así sucesivamente. Posteriormente, para evitar la influencia de posibles variables extrañas no asignadas a clústeres, cada uno de los tres miembros de

los 11 bloques fue enviado de forma aleatoria a uno de los tres diferentes grupos experimentales.

El proceso de intervención tuvo una duración de ocho semanas. El programa respetó los principios de entrenamiento deportivo y las recomendaciones establecidas por el American College of Sports Medicine para el entrenamiento de fuerza con principiantes. En resumen, se realizaron tres series en cada ejercicio, de 6 a 12 repeticiones por serie, y el tiempo de descanso estuvo comprendido entre uno y dos minutos. Dentro de la sesión de entrenamiento, los ejercicios destinados a fortalecer los grupos musculares de mayor tamaño precedieron a los de menor tamaño, y los multiarticulares a los monoarticulares. Se incluyeron contracciones excéntricas y concéntricas (American College of Sports Medicine, 2009).

Los parámetros de entrenamiento aplicados a los tres grupos fueron idénticos (Tabla 1). En cambio, los ejercicios fueron diferentes en cada uno de los grupos (Tabla 2).

Tabla 1

Características del entrenamiento aplicado a los tres grupos experimentales.

	Semanas 1 y 2	Semanas 3 y 4	Semanas 5 y 6	Semanas 7 y 8
Intensidad	62 %	62 % - 67 % - 72 %	72 %	76 %
Series	3	3	3	3
Repeticiones	12	12 - 10 - 8	8	6
Descanso	1'	1' 30"	2	2
Carácter del esfuerzo	Mayor número posible de repeticiones por serie			

Tabla 2

Ejercicios de fuerza utilizados por cada uno de los tres grupos experimentales.

	GEAC	GEMM	GEPL
Flexores de tronco	Elevaciones de tronco	Encorvada abdominal en máquina	Elevaciones de tronco con sobrecarga
Extensores de tronco	Elevaciones de pelvis	Lumbar en máquina	Lumbar en silla romana con sobrecarga
Pierna	<i>Step up</i> y sentadilla búlgara	Prensa de piernas	Tijeras con barra olímpica o <i>lunges</i>
Pectoral	Planchas (manos separadas)	<i>Press</i> vertical	<i>Press</i> con mancuernas
Espalda	Dominadas (posición horizontal, oblicua y vertical), agarre dorsal amplio	Remo en polea baja	Remo con mancuernas
Extensores de codo	Fondos (manos separadas a la anchura de los hombros)	Tríceps en máquina	Patada de tríceps
Flexores de codo	Dominadas (posición horizontal, oblicua y vertical), agarre palmar a la anchura de los hombros	<i>Curl</i> de bíceps en máquina Scott	<i>Curl</i> alterno con mancuernas

Nota. GEAC: grupo de entrenamiento con autocargas; GEMM: grupo de entrenamiento con máquinas de musculación; GEPL: grupo de entrenamiento con peso libre.

Para estimar la intensidad de entrenamiento en el GEMM y en el GEPL, durante la semana del pretest se calculó el 1RM para los ejercicios utilizados por ambos grupos mediante el uso del test de Lander. Posteriormente, durante el periodo de intervención y para igualar la intensidad de entrenamiento de los tres grupos, se hizo uso de la escala OMNI-RES para entrenamientos de fuerza (Robertson et al., 2003). Asimismo, en todas las sesiones de entrenamiento se prestó especial atención al carácter del esfuerzo durante la realización de cada ejercicio que fue (al igual que el resto de parámetros de entrenamiento) idéntico para los tres grupos.

Análisis estadístico

El análisis de los resultados se realizó con el programa informático IBM SPSS V.22®. Los datos se presentan mediante el formato media aritmética (desviación típica). Se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk para contrastar la normalidad de la distribución y la prueba de Levene para verificar la homogeneidad de varianzas. Para valorar los efectos del entrenamiento, se realizó un ANOVA de dos factores de medidas repetidas (ANOVA-MR). Cuando se hallaron valores de p significativos, se llevó a cabo un análisis *post hoc* con ajuste de Bonferroni para identificar las diferencias. El tamaño del efecto intrasujeto se calculó mediante la d de Cohen, considerando un valor $d=.2$ como pequeño, $d=.5$ mediano, y $d=.8$ grande. El tamaño de efecto intersujeto se estimó mediante el parámetro eta cuadrado (η^2). Valores de $\eta^2=.1$, $.25$, y $.40$ fueron considerados respectivamente como tamaños de efecto pequeños, medianos y grandes (Cohen, 1988). El nivel de significación establecido fue de $p=.05$.

Resultados

No se observaron diferencias entre los grupos en ninguna de las variables dependientes evaluadas antes del inicio del entrenamiento. El ANOVA-MR indicó la ausencia de interacción tiempo*grupo y de efecto principal de tiempo en la MC y en el IMC. En cambio, se verificó la existencia de efecto principal de tiempo en el TM ($p=.01$; $\eta^2=.247$) y en el % grasa ($p=.002$; $\eta^2=.650$). Asimismo, se constató la interacción tiempo*grupo para las siguientes variables: SS ($p=.02$; $\eta^2=.325$), SCM ($p=.007$; $\eta^2=.389$), PB ($p=.001$; $\eta^2=.594$), SQ ($p=.001$; $\eta^2=.58$), FMR PB ($p=.000$; $\eta^2=.564$) y FMR SQ ($p=.000$; $\eta^2=.547$).

Con respecto a las diferencias intersujeto, el análisis *post hoc* permitió constatar que las mejoras obtenidas por el GEPL tras el proceso de intervención fueron significativamente superiores a las obtenidas por el GEAC en todos los test de fuerza (SS: $p=.023$; SCM: $p=.003$; PB: $p=.002$; SQ: $p=.035$; FMR PB: $p=.007$; FMR SQ: $p=.036$). El GEPL también obtuvo mejoras significativamente superiores a las logradas por el GEMM en todos los test de fuerza, excepto en el SCM (SS: $p=.014$; PB: $p<.045$; SQ: $p=.004$; FMR PB: $p<.041$; FMR SQ: $p<.018$). Por el contrario, no hubo diferencias significativas entre las mejoras alcanzadas por el GEMM y las obtenidas por el GEAC.

En cuanto a las comparaciones intrasujeto (Tabla 3), no se observaron mejoras significativas en el GEAC en ninguna de las variables analizadas. En el GEMM se registraron mejoras significativas en todos los parámetros de fuerza y en el % grasa. Finalmente, en el GEPL se constataron aumentos significativos en todas las mediciones de fuerza, en el % grasa y en el TM.

Tabla 3

Cambios registrados en las variables cineantropométricas y en los niveles de fuerza tras la aplicación de los tres protocolos de entrenamiento.

	Grupo	Pretest	Posttest	Cohen d	p
MC	GEAC	74.5 (4.64)	74.3 (4.63)	0.04	.14
	GEMM	74.4 (5.83)	74.5 (5.81)	0.01	.36
	GEPL	74.2 (4.77)	74.5 (4.93)	0.06	.11
IMC	GEAC	23.98 (1.22)	23.95 (0.98)	0.02	.90
	GEMM	23.88 (1.60)	23.78 (1.61)	0.06	.47
	GEPL	23.94 (1.39)	24.03 (1.40)	0.06	.12
TM	GEAC	62.16 (3.42)	62.11 (3.41)	0.01	.52
	GEMM	61.97 (4.23)	62.08 (4.23)	0.02	.62
	GEPL	61.87 (3.35)	62.31 (3.54)	0.12	.02*

Nota. MC: masa corporal; IMC: índice de masa corporal; TM: tejido magro; % grasa: porcentaje de grasa; SS: sentadilla con salto; SCM: salto con contramovimiento; PB: *press* banca; SQ: sentadilla; FMR PB: fuerza máxima relativa en *press* banca; FMR SQ: fuerza máxima relativa en *press* banca; GEAC: grupo de entrenamiento con autocargas; GEMM: grupo de entrenamiento con máquinas de musculación; GEPL: grupo de entrenamiento con peso libre; *: mejora significativa entre el pretest y el posttest; +: mejora significativa entre el GEPL y el GEAC; #: mejora significativa entre el GEPL y el GEMM.

Tabla 3 (Continuación)

Cambios registrados en las variables cineantropométricas y en los niveles de fuerza tras la aplicación de los tres protocolos de entrenamiento.

	Grupo	Pretest	Posttest	Cohen <i>d</i>	<i>p</i>
% grasa	GEAC	16.54 (1.25)	16.39 (1.25)	0.11	.101
	GEMM	16.60 (1.59)	16.38 (1.50)	0.14	.0001*
	GEPL	16.57 (1.41)	16.30 (1.55)	0.18	.0063*
SS	GEAC	31.90 (2.12)	32.46 (1.91)	0.27	.10
	GEMM	31.7 (2.17)	32.6 (2.20)	0.41	.0001*
	GEPL	31.60 (1.90)	33.12 (1.65)	0.85	.0001*+##
SCM	GEAC	35.05 (1.91)	35.63 (1.79)	0.31	.14
	GEMM	34.96 (2.31)	36.58 (2.41)	0.68	.0001*
	GEPL	34.61 (1.88)	37.25 (1.30)	1.63	.0003*+
PB	GEAC	53.40 (6.07)	54.90 (4.02)	0.28	.25
	GEMM	53.1 (6.31)	55.9 (6.67)	0.43	.001*
	GEPL	53.30 (4.08)	60.90 (4.83)	1.69	.000*+##
SQ	GEAC	82.32 (6.5)	84.57 (7.5)	0.32	.19
	GEMM	82.27 (5.70)	85.87 (5.39)	0.64	.0001*
	GEPL	81.88 (5.50)	91.43 (6.67)	1.56	.0001*+##
FMR PB	GEAC	38.63 (5.78)	39.46 (4.28)	0.16	.41
	GEMM	38.18 (4.88)	40.19 (4.97)	0.41	.002*
	GEPL	38.31 (1.94)	43.72 (2.02)	2.73	.0001*+##
FMR SQ	GEAC	59.25 (6.39)	60.91 (6.20)	0.26	.18
	GEMM	59.30 (5.17)	61.89 (4.95)	0.51	.0001*
	GEPL	58.89 (2.61)	65.58 (3.03)	2.36	.0001*+##

Nota. MC: masa corporal; IMC: índice de masa corporal; TM: tejido magro; % grasa: porcentaje de grasa; SS: sentadilla con salto; SCM: salto con contramovimiento; PB: *press* banca; SQ: sentadilla; FMR PB: fuerza máxima relativa en *press* banca; FMR SQ: fuerza máxima relativa en *press* banca; GEAC: grupo de entrenamiento con autocargas; GEMM: grupo de entrenamiento con máquinas de musculación; GEPL: grupo de entrenamiento con peso libre; *: mejora significativa entre el pretest y el posttest; +: mejora significativa entre el GEPL y el GEAC; #: mejora significativa entre el GEPL y el GEMM.

Discusión

Con el presente estudio se ha constatado que un entrenamiento con autocargas de ocho semanas no genera mejoras cineantropométricas. El GEMM consiguió reducir el % grasa, mientras que el GEPL, además de disminuir el % grasa, también logró incrementar el tejido magro. De estos resultados se desprende que el entrenamiento con peso libre es el más eficaz de los empleados para conseguir cambios en la composición corporal. Pero dado que los tamaños de efecto conseguidos tanto por el GEMM como por el GEPL fueron pequeños, también cabe pensar que la consecución de mejoras sustanciales en la composición corporal requiere la aplicación de entrenamientos de fuerza cuya duración sea sensiblemente superior a las ocho semanas.

El GEAC tampoco obtuvo mejoras significativas en los niveles de fuerza. Este hallazgo concuerda con un estudio realizado por Martínez y Cuadrado (2003) con jugadores de balonmano. Dichos autores demostraron que un entrenamiento de fuerza tradicional y especialmente otro combinado (ejercicios de fuerza encadenados con movimientos explosivos) son eficaces en la mejora de la fuerza máxima y de la fuerza explosiva, mientras que un entrenamiento realizado con autocargas no genera mejoras significativas en ninguna de las dos manifestaciones de fuerza mencionadas previamente. Sin embargo, el motivo por el cual el entrenamiento con autocargas no es eficaz en la mejora de variables de fuerza y cineantropométricas no está del todo claro. Una de las razones podría ser que,

con esta metodología, se produce una menor estimulación muscular aun cuando el carácter del esfuerzo es idéntico al empleado con ejercicios con cargas. Otra posible causa sería la menor funcionalidad de los ejercicios en comparación con los realizados con peso libre. Y esto es debido a que cuando se utilizan autocargas, para graduar la intensidad de los ejercicios, es preciso modificar ángulos y posiciones de trabajo, de modo que en ocasiones se utilizan posiciones menos naturales. Aun así, no se puede descartar por completo que la ausencia de adaptaciones se deba a las dificultades para cuantificar la intensidad de los entrenamientos realizados con autocargas.

Por su parte, el GEMM y el GEPL mejoraron sus resultados en todos los test de fuerza realizados. Además, el entrenamiento con peso libre resultó ser más eficaz que las máquinas de musculación a la hora de incrementar la fuerza máxima, la fuerza explosiva y la fuerza máxima relativa. Estos resultados difieren de los obtenidos por Schwanbeck (2018), en un estudio realizado también con jóvenes en edad universitaria, en el que hallaron que tanto las máquinas de musculación como los ejercicios realizados con peso libre generan incrementos similares en el TM y en la fuerza. En la misma línea, el American College of Sports Medicine (2009) y Fisher et al. (2011), tras realizar sendas revisiones sistemáticas de diversas investigaciones de fuerza, concluyeron que ambas metodologías generan mejoras de fuerza semejantes.

Sin embargo, también existen investigaciones cuyos resultados concuerdan con el presente estudio. Wirth et al. (2016) compararon la eficacia de un entrenamiento de fuerza del tren inferior mediante el uso de la sentadilla y de la prensa de piernas. El grupo que entrenó con sentadilla logró mejores resultados en el SS y en el SCM. Los autores lo atribuyen a la mayor funcionalidad de la sentadilla y a su mayor similitud con los test de salto en relación a la prensa de piernas. Shaner et al. (2014), en una investigación similar, en la que se compararon los dos mismos ejercicios, verificaron que la sentadilla genera una respuesta aguda hormonal mayor en la hormona de crecimiento, en la testosterona y en cortisol, además de una frecuencia cardíaca más elevada y una concentración de lactato superior. En otra investigación previa (Shaner, 2012) también se pudo comprobar que la liberación aguda de testosterona y de hormona del crecimiento es superior tras la realización de la sentadilla que después de la ejecución de la prensa de piernas. Pero además de los factores de tipo hormonal, otro motivo por el cual los entrenamientos con peso libre podrían ser más eficaces que los ejecutados con máquinas de musculación es que, en los ejercicios realizados con peso libre, los requerimientos de estabilización son más elevados, y esta circunstancia exige una mayor activación

muscular (García y Requena, 2011). Fletcher y Bagley (2014) y Schick et al. (2010) señalan asimismo que la ventaja de realizar la sentadilla con barra en comparación con la máquina Smith es que los requerimientos de estabilización se producen en los tres planos de movimiento. De este modo, se incrementa la dificultad coordinativa del ejercicio, dado que el ejecutante ha de controlar la carga y el movimiento, sincronizando además las acciones que realizan un número más elevado de músculos fijadores, sinergistas y antagonistas. Estos autores también destacan la mayor funcionalidad de la sentadilla y entienden que la transferencia de las ganancias de fuerza logradas con la sentadilla a otras situaciones motrices es más factible que cuando se trabaja con máquinas que estabilizan el movimiento. En este punto debemos recordar que, en el presente estudio, para evitar el efecto aprendizaje, el ejercicio de fuerza empleado por el GEPL durante el proceso de intervención para desarrollar la fuerza en el tren inferior (tijeras con barra o *lunges*) fue diferente al empleado en el pretest y en el postest con los tres grupos experimentales para valorar su fuerza en las extremidades inferiores (sentadilla). Y, aun así, las mejoras de fuerza obtenidas por el GEPL son significativamente superiores a las de los otros dos grupos. Por tanto, cabe interpretar que las tijeras poseen también mayor funcionalidad que la prensa de piernas.

En consecuencia, a tenor de los resultados del presente estudio y teniendo en cuenta también los estudios previos, entendemos que cuando el objetivo del entrenamiento es incrementar la fuerza máxima o la fuerza explosiva se ha de optar preferentemente por el uso de ejercicios de peso libre. Las máquinas de musculación también pueden ser utilizadas, ya que permiten obtener mejoras en los niveles de fuerza. Pero se ha de tener presente que varios estudios coinciden en señalar que dichas mejoras podrían ser inferiores a las logradas con peso libre. Con respecto a las autocargas, la actual evidencia científica nos indica que no permiten la consecución de mejoras significativas en la composición corporal ni en los niveles de fuerza. Por consiguiente, deberían ser utilizadas exclusivamente en caso de que no exista la posibilidad de entrenar haciendo uso de pesas o máquinas de musculación. Pero, aun así, se necesitan más estudios que confirmen que los entrenamientos con peso libre proporcionan mejores resultados que los trabajos con máquinas de musculación y que estos últimos son más eficaces que las autocargas.

Para finalizar, es preciso mencionar que la principal limitación del estudio fue el reducido tamaño muestral. Haber contado con un número más elevado de participantes le habría conferido a la presente investigación una mayor potencia estadística.

Conclusión

Un entrenamiento de fuerza de ocho semanas, aplicado a varones en edad universitaria, fue más eficaz a la hora de incrementar la fuerza y el tejido magro al realizarlo con peso libre que al efectuarlo con máquinas de musculación. La utilización de autocargas no generó mejoras cineantropométricas ni de los niveles de fuerza. Sin embargo, en este último caso, no se puede descartar por completo que la ausencia de adaptaciones se deba a las dificultades para cuantificar la intensidad de la carga.

Referencias

- American College of Sports Medicine. (2009). American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 41(3), 687-708. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181915670>
- Bosco, C., Komi, P. V. & Ito, A. (1981). Prestretch potentiation of human skeletal muscle during ballistic movement. *Acta physiologica Scandinavica*, 111(2), 135-140.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd Edition). Hillsdale; NJ Erlbaum.
- Copeland, J.L., Good, J. & Dogra, S. (2019). Strength training is associated with better functional fitness and perceived healthy aging among physically active older adults: a cross-sectional analysis of the Canadian Longitudinal Study on Aging. *Aging Clinical and Experimental Research*, 31(9), 1257-1263. <https://doi.org/10.1007/s40520-018-1079-6>
- Felipe, P., Avella, R.E. & Medellín, J.P. (2013). Comparación de las fórmulas indirectas y el método de Kraemer y Fry para la determinación de la fuerza dinámica máxima en press banco plano. *EFDeportes.com, Revista Digital. Buenos Aires, (Argentina) Año 17*, (176). Recuperado de <https://www.efdeportes.com/efd176/la-fuerza-dinamica-maxima-en-press-banco-plano.htm>
- Fisher, J., Steele, J., Bruce-Low, S. & Smith, D. (2011). Evidence-Based Resistance Training Recommendations. *Medicina Sportiva*, 15, 147-162. <https://doi.org/10.2478/v10036-011-0025-x>
- Fletcher, I.M. & Bagley, A. (2014). Changing the stability conditions in a back squat: The effect on maximum load lifted and erector spinae muscle activity. *Sports biomechanics*, 13(4), 380-390. <https://doi.org/10.1080/14763141.2014.982697>
- García-Manso, J.M., Martín-González, J.M. & Da Silva-Grigoletto, M.E. (2010). Aparición de leyes de potencia en el deporte. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 3(1), 23-28.
- García, I. & Requena, B. (2011). Repetition Maximum Squat: Measurement Procedures for Determining Factors. *Apunts Educación Física y Deportes*, 104, 96-105. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2011/2\).104.10](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2011/2).104.10)
- González, J., Sánchez, P. & Mataix, J. (2006). Valoración del estado nutricional. En J. González, P. Sánchez & J. Mataix (Eds.), *Nutrición en el deporte y ayudas ergogénicas y dopaje* (p. 273). Editorial Díaz de Santos.
- Harrison, J.S. (2010). Bodyweight Training: A Return To Basics. *Strength and Conditioning Journal*, 32(2), 52-55. <https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e3181d5575c>
- López-Miñarro, P.A. (2002). Conceptualización de mito, falsa creencia y práctica errónea. En P.A. López-Miñarro (Eds.), *Mitos y falsas creencias en la práctica deportiva* (pp. 15-24). Barcelona: Inde.
- Lloyd, R. S., Faigenbaum, A. D., Stone, M. H., Oliver, J. L., Jeffreys, I., Moody, J. A., Brewer, C., Pierce, K. C., McCambridge, T. M., Howard, R., Herrington, L., Hainline, B., Micheli, L. J., Jaques, R., Kraemer, W. J., McBride, M. G., Best, T. M., Chu, D. A., Alvar, B. A. & Myer, G. D. (2014). Position statement on youth resistance training: the 2014 International Consensus. *British journal of sports medicine*, 48(7), 498-505. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-092952>
- Martínez, I. & Cuadrado, G. (2003). *Estudio de la influencia en los factores de rendimiento del balonmano de distintos métodos del trabajo de la fuerza* (tesis doctoral inédita). Universidad de León, León.
- National Strength and Conditioning Association. (2017). NSCA Strength and Conditioning Professional Standards and Guidelines. *Strength & Conditioning Journal*, 39(6), 1-24. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000348>
- Raya-González, J. & Sánchez-Sánchez, J. (2018). Strength Training Methods for Improving Actions in Football. *Apunts Educación Física y Deportes*, 132, 72-93. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2018/2\).132.06](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2018/2).132.06)
- Robertson, R. J., Goss, F. L., Rutkowski, J., Lenz, B., Dixon, C., Timmer, J., Frazee, K., Dube, J. & Andreacci, J. (2003). Concurrent validation of the OMNI perceived exertion scale for resistance exercise. *Medicine and science in sports and exercise*, 35(2), 333-341. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000048831.15016.2A>
- Ruiz, J. (2008). *La condición física como determinante de salud en personas jóvenes* (tesis doctoral inédita). Universidad de Granada, Granada.
- Schick, E.E., Coburn, J.W., Brown, L.E., Judelson, D.A., Khamoui, A.V., Tran, T.T. & Uribe, B.P. (2010). A comparison of muscle activation between a Smith machine and free weight bench press. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(3), 779-84. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181cc2237>
- Schwanbeck, S.R. (2018). *The Effects of Training with Free Weights or Machines on Muscle Mass, Strength, and Testosterone and Cortisol Levels* (tesis doctoral inédita). Universidad de Saskatchewan, Saskatoon, Canada.
- Seguin, R.A., Eldridge, G., Lynch, W. & Paul, L.C. (2013). Strength Training Improves Body Image and Physical Activity Behaviors Among Midlife and Older Rural Women. *Journal of Extension*, 51(4).
- Shaner, A.A. (2012). *Hormonal response to free weight and machine weight resistance exercise* (tesis de maestría). Universidad del Norte de Texas, Texas.
- Shaner, A.A., Vingren, J.L., Hatfield, D.L., Budnar, R.G., Duplanty, A.A. & Hill, D.W. (2014). The acute hormonal response to free weight and machine weight resistance exercise. *The Journal of Strength & Conditioning*, 28(4), 1032-1040. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000317>
- Thompson, W.R. (2014). Worldwide survey of fitness trends for 2015: What's driving the market. *ACSM's Health & Fitness Journal*, 18(6), 8-17. <https://doi.org/10.1249/FIT.0000000000000073>
- Thompson, W.R. (2017). Worldwide survey of fitness trends for 2018 The CREP Edition Apply It. *ACSM's Health & Fitness Journal*, 21(6), 10-19. <https://doi.org/10.1249/FIT.00000000000000438>
- Wirth, K., Keiner, M., Hartmann, H., Sander, A. & Mickel, C. (2016). Effect of 8 weeks of free-weight and machine-based strength training on strength and power performance. *The Journal of Human Kinetics*, 53(1), 201-210. <https://doi.org/10.1515/hukin-2016-0023>

Conflicto de intereses: las autorías no han declarado ningún conflicto de intereses.



© Copyright Generalitat de Catalunya (INEFC). Este artículo está disponible en la url <https://www.revista-apunts.com/es/>. Este trabajo está bajo la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License. Las imágenes u otro material de terceros en este artículo se incluyen en la licencia Creative Commons del artículo, a menos que se indique lo contrario en la línea de crédito. Si el material no está incluido en la licencia Creative Commons, los usuarios deberán obtener el permiso del titular de la licencia para reproducir el material. Para ver una copia de esta licencia, visite https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es_ES