

Article

Efectos Crónicos del Entrenamiento de la Fuerza de Baja y de Alta Intensidad sobre el Fitness Muscular en Adolescentes

Ari R. Assunção, Martim Bottaro, João B. Ferreira-Junior, Mikel Izquierdo, Eduardo L. Cadore y Paulo Gentil

RESUMEN

Para comparar los efectos de regímenes de entrenamiento de fuerza de alta carga, con bajas repeticiones (LRM) y baja carga, con altas repeticiones (HRM) sobre el fitness muscular en adolescentes desentrenados, cuarenta y cinco adolescentes desentrenados de ambos sexos (13.7 ± 0.8 años; 161.3 ± 7.5 cm, 56.8 ± 13.4 kg) fueron asignados al azar en cada uno de los tres grupos: 1) LRM ($n = 17$): voluntarios que realizaron tres series de 4-6 máximas repeticiones (MR); 2) HRM ($n = 16$): voluntarios que realizaron tres series de 12-15 MR; y 3) control (CON, $n = 12$). El entrenamiento se realizó dos veces por semana durante 9 semanas. Después del entrenamiento, hubo aumentos significativos en 1MR de press de pecho (LRM = 14.8% y HRM = 14.2%, $p < 0.05$) y de sentadilla (LRM = 26.4% y HRM = 25.7%, $p < 0.05$), sin diferencias entre los grupos LRM y HRM ($p > 0.05$). Adicionalmente, la resistencia muscular aumentó significativamente para el test de press de pecho (LRM = 14.5% y HRM = 21.8%, $p < 0.05$) y de la sentadilla (LRM = 31.4% y HRM = 32.4%, $p < 0.05$) luego del entrenamiento de la fuerza, sin diferencia entre los grupos LRM y HRM ($p > 0.05$). Estos resultados indican que tanto el entrenamiento de la fuerza de alta carga, bajas repeticiones, como de moderada carga, altas repeticiones, puede prescribirse para mejorar el fitness muscular en adolescentes desentrenados.

INTRODUCCIÓN

El entrenamiento de la fuerza se ha recomendado como un componente importante de los programas de entrenamiento, principalmente debido a su capacidad de aumentar la fuerza y el tamaño muscular. Los niños y los adolescentes también se benefician del entrenamiento de la fuerza [1, 2], con ganancia de fuerza muscular que aumenta con la edad y el estado de maduración [3]. En adición a las ganancias de hipertrofia y de la fuerza muscular, se ha reportado que el entrenamiento de la fuerza puede mejorar parámetros de salud importantes (es decir, densidad mineral ósea, composición corporal, y capacidades de la aptitud física) en los jóvenes [1, 2, 4-7]. Un estudio previo reportó que una alta fuerza muscular en la adolescencia estaba asociada con un 20-35% de menor riesgo de mortalidad prematura debido a cualquier causa o enfermedad cardiovascular, independientemente de otro factor, como el índice de masa corporal o presión sanguínea [8]. El estudio también reveló que aquellos adolescentes más fuertes eran un 15-65% menos probables de tener problemas psiquiátricos y tenían un 20-30% de menor riesgo de cometer un suicidio. Adicionalmente, el entrenamiento de la fuerza juega un rol importante en la juventud que tiene sobrepeso y obesa, puesto que puede mejorar la fuerza muscular, la composición corporal, la coordinación motora, y la confianza en sí mismo en esta población [1]. Por lo tanto, una mayor

fuerza muscular en la adolescencia parece ser un tema de salud importante, y se necesitan estudios que evalúen la eficiencia de distintos protocolos del entrenamiento de la fuerza en esta población.

Para optimizar las ganancias en la fuerza y en la masa muscular, los profesionales que prescriben regímenes del entrenamiento de la fuerza deben tener en cuenta muchas variables como el volumen, la carga, selección y orden de los ejercicios, el período de descanso, la velocidad, la acción muscular, y la frecuencia de entrenamiento [9, 10]. La carga y el volumen de entrenamiento han sido considerados como una de las variables principales para el entrenamiento de la fuerza juvenil [1]. En los adultos, se han reportado programas de entrenamiento de la fuerza caracterizados por cargas altas y repeticiones bajas para inducir ganancias de fuerza mayores comparado a programas que utilizan cargas bajas y muchas repeticiones [11-17]. Sin embargo, otros estudios no reportaron diferencias en el aumento de la fuerza entre el entrenamiento de la fuerza de alta carga y de moderada carga [18-21]. Es interesante observar que los niños parecen responder diferentemente al entrenamiento de la fuerza. Los estudios previos han mostrado ganancias similares en la fuerza muscular en los niños después de regímenes de entrenamiento con cargas altas máximas (6-10 MR) comparado a cargas más bajas (13-20 MR) [22-24]. Según los autores, estas diferencias en los niños se relacionan a las influencias neurales en lugar de factores hipertróficos, posiblemente debido al bajo nivel de testosterona en los niños [24].

Otro resultado que puede ser principalmente influenciado por la selección variable es la resistencia muscular. Se observaron grandes aumentos en la resistencia muscular después del entrenamiento compuesto de cargas bajas y repeticiones altas en adultos [25, 26]. En suma, los mayores aumentos en la resistencia muscular fueron obtenidos por niños que realizaron un programa de 13 a 20 MR comparado con aquellos que realizaron 6 a 10 MR [22-24]. Considerando que los estudios previos indican que los diferentes protocolos producen adaptaciones divergentes en la fuerza muscular y en la resistencia [25, 26], sería importante evaluar el impacto de manipular la intensidad y el volumen de entrenamiento tanto en las ganancias de fuerza muscular como de resistencia.

La posición actual sobre el entrenamiento de la fuerza juvenil recomienda un volumen bajo (1-2 series y 1-3 repeticiones) y una intensidad de entrenamiento baja-moderada (<60% 1 MR) para jóvenes sin experiencia de entrenamiento de la fuerza y, una vez que la técnica del ejercicio básica sea competente, se progresa a una superior intensidad y volumen (es decir, 2-4 series de 6-12 repeticiones con $\leq 80\%$ 1 MR) [1]. Un reciente meta-análisis en niños y adolescentes reportó una relación de respuesta de dosis positiva para la intensidad en sujetos que realizaron regímenes de entrenamiento de la fuerza [27]. Según este estudio, la intensidad del ejercicio mínima para inducir las ganancias en las habilidades del rendimiento motor en los niños y los adolescentes es del 50% [27]. Sin embargo, estas recomendaciones son principalmente basadas en estudios con niños. Considerando que los adolescentes difieren de los niños y de los adultos en el status hormonal [28] y en las respuestas agudas al entrenamiento de la fuerza [28, 29] y que la capacidad para ganar fuerza muscular parece aumentar con la edad y el estado madurativo [1, 3], las recomendaciones en base a los niños y a los adultos no pueden ser óptimas para los adolescentes.

A nuestro mejor conocimiento, ningún estudio ha investigado los efectos de diferentes ajustes de carga y volumen de entrenamiento de la fuerza sobre las adaptaciones de la fuerza y de la resistencia muscular en adolescentes; así, este tema requiere de una investigación más extensa. En suma, investigando este tema se podría ayudar a los entrenadores de la fuerza para diseñar programas de entrenamiento más mejores para el entrenamiento de la fuerza en los adolescentes. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue comparar los efectos del entrenamiento de la fuerza con alta carga, máximo de bajas repeticiones (LRM) y con moderada carga, máximo de altas repeticiones (HRM) sobre las ganancias de la fuerza y la resistencia muscular en adolescentes desentrenados durante un período de adaptación inicial. Nuestra hipótesis es que: 1) las ganancias de fuerza musculares serían superiores en el grupo de alta carga, bajas repeticiones máximas, y 2) las ganancias en la resistencia muscular serían las mismas entre ambos grupos de entrenamiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sujetos

Los participantes eran de la misma institución, el Centro Integrado de Actividad Física, que es una institución pública que atienden niños y adolescentes y se entrenaban en diferentes modalidades deportivas. Ellos tienen una opción para seleccionar una actividad para practicar durante un semestre. Los adolescentes que optaron para realizar el entrenamiento de la fuerza, fueron invitados a unirse al estudio.

Sesenta adolescentes fueron inicialmente contactados, pero cuarenta y cinco (19 varones y 26 mujeres; 13.7 ± 0.8 años; 161.3 ± 7.5 cm, 56.8 ± 13.4 kg) concluyeron el estudio. Los participantes y sus padres dieron su consentimiento por escrito antes del estudio. Ellos fueron informados sobre los procedimientos experimentales y los beneficios y riesgos del estudio

antes de firmar una declaración de consentimiento informado por escrito. El presente estudio se realizó de acuerdo con el Código de Ética de la Asociación Médica Mundial (Declaración de Helsinki), y el comité de Ética de la Escuela de Ciencias de la Salud de la Universidad de Brasilia concedió la aprobación para el estudio (CAEE 38384514.6.0000.0030). Los participantes potenciales tenían que tener 13-15 años, nunca haber tomado parte en un programa de entrenamiento de la fuerza y estar libre de problemas de salud, para ser incluidos en el estudio. Todos los participantes estaban en los estadios 3 y 4 de Tanner. Los participantes si ellos no asistieran a 80% de las sesiones de entrenamiento al menos [30]. Los participantes fueron advertidos de no cambiar sus hábitos nutricionales (por ejemplo, volverse vegetarianos, restringir la ingesta calórica, o usar suplementos nutricionales o sustancias ergogénicas). Es más, todos los adolescentes estaban comprometidos en actividad física moderada (trote, agilidad o resistencia) por un promedio de 3 días por semana.

Diseño experimental

Las primeras tres semanas consistieron en una evaluación antropométrica, la familiarización con los procedimientos del estudio, y el test y re-test de la fuerza máxima (1 MR) y de la resistencia muscular. Durante las sesiones de familiarización, los participantes fueron instruidos en cómo realizar los ejercicios correctamente, y se obtuvieron los valores de carga iniciales. Después de esto, los sujetos fueron asignados al azar en tres grupos por aleatoriedad en bloque [31]: 1) un grupo de entrenamiento de la fuerza de bajas-repeticiones (LRM, $n = 17$), que implicaban 4 a 6 MR de ocho ejercicios de fuerza; 2) un grupo de entrenamiento de la fuerza de altas repeticiones (HRM, $n = 16$), que implicaba 12 a 15 MR de ocho ejercicios de fuerza; y 3) un grupo de no-ejercicio de control (CON, $n = 12$). Inicialmente, se asignaron 20 participantes para cada grupo; sin embargo, tres de HRM, cuatro de LRM y ocho de CON no completaron el estudio debido a asistir menos del 80% de la sesión de entrenamiento o no realizar todos los tests. Los grupos de LRM y de HRM realizaron dos veces semanalmente los mismos ejercicios de fuerza en el transcurso de 9 semanas. Los participantes de cada grupo se entrenaron juntos en la misma instalación del entrenamiento de la fuerza (LRM se entrenó de 2PM a 3PM y HRM se entrenó de 3PM a 4PM) y el grupo de control fue informado que ellos comenzarían las clases de EF después de las segundas evaluaciones finales.

La fuerza máxima (1 MR) y la resistencia muscular se evaluaron en un press de pecho con barra de pesas y una sentadilla en máquina Smith al inicio y post-entrenamiento. Las diferencias en las ganancias de fuerza máxima y de resistencia muscular en respuesta a los diferentes regímenes del entrenamiento de la fuerza, se compararon entre los grupos LRM, HRM y CON. Adicionalmente, se les pidió a los sujetos visitar el laboratorio al mismo momento del día para evitar las influencias circadianas. También se les dijo que no tomaran medicaciones o suplementos durante el período del estudio.

Test de 1 MR

La fuerza máxima fue determinada evaluando 1MR para los ejercicios de press de pecho y de sentadilla. El test de 1MR se realizó en un press de banco con barra de pesas y en una sentadilla en máquina Smith. El peso se ajustaba 0.5 kg para ajustar la carga. En el día de la evaluación, los sujetos realizaron un precalentamiento que consistió en 8 repeticiones al 40-50% de su 1MR estimada. Después de una pausa de 60 segundos, ellos realizaron 6 repeticiones al 50-60% de su 1 MR estimada. Luego, cada sujeto tenía un máximo de cinco intentos para lograr su carga de 1MR. El intervalo de pausa entre los intentos era de 5 minutos. El rango de movimiento era controlado para los ejercicios del press de pecho y de la sentadilla. Para el ejercicio del press de pecho, los sujetos tenían que tocar su pecho al final de la fase excéntrica y volver a una posición con sus codos totalmente extendidos al final de la fase concéntrica. Además, su cuello, cabeza, hombros, y caderas eran mantenidos en contacto con el banco a lo largo del ejercicio, con sus pies en el suelo. Para el ejercicio de la sentadilla, los sujetos tenían que flexionar sus rodillas hasta los 90° (0° extensión completa) al final de la fase excéntrica y volver a una posición con sus rodillas totalmente extendidas al final de la fase concéntrica. Los sujetos recibieron estímulo verbal a lo largo del test, y el mismo investigador realizó todos los procedimientos de evaluación. Los coeficientes de confiabilidad de test-retest (CCI) era de 0.97 y 0.96 para la 1MR en press de pecho y en sentadilla, respectivamente,

Test de resistencia muscular

La resistencia muscular fue determinada evaluando el número de repeticiones antes del fallo para el press de pecho y la sentadilla. Antes del test, los sujetos realizaron un precalentamiento que consistió en 10 repeticiones al 50% de su línea de base de 1MR. Dos minutos después, cada sujeto llevó a cabo las repeticiones hasta el fallo al 70% de su línea de base de 1MR. Cada repetición tomó 1.5 segundos para las acciones concéntricas y excéntricas y eran controladas por un metrónomo electrónico. El test finalizaba cuando los sujetos eran incapaces de mantener el ritmo del metrónomo. El rango de movimiento era controlado durante los ejercicios de press de pecho y de sentadilla como fue descrito anteriormente. Los participantes recibían el estímulo verbal a lo largo del test, y el mismo investigador realizó todos los procedimientos de la evaluación. Los coeficientes de confiabilidad (CCI) del test-retest era de 0.94 y 0.88 para el test de resistencia del press de pecho y de la sentadilla, respectivamente.

Protocolos del entrenamiento de la fuerza

Todos los voluntarios en ambos grupos de LRM y de HRM realizaron los mismos ejercicios: el press de piernas, extensión de rodillas, press de pecho con barra, vuelos laterales con mancuernas, dorsales con polea alta, remo sentado, abdominales 'crunch', y elevaciones de piernas. El grupo de LRM realizó 2 series de 4MR a 6MR, mientras el grupo de HRM llevó a cabo 2 series a 12MR a 15MR para cada ejercicio. Si era necesario, las cargas eran ajustadas en cada serie para mantener el número planificado de repeticiones de cada grupo. Para los crunches y las elevaciones de las piernas, los grupos de LRM y de HRM realizaron 2 series de 15 repeticiones. El intervalo de la pausa era de 60 segundos entre las series y de 120 segundos entre los ejercicios. Se les pidió a los sujetos que realicen 2 segundos para las acciones musculares concéntricas y excéntricas. Se orientaron a los participantes a realizar todas las series hasta el fallo concéntrico. Si era necesario, las cargas eran cada serie ajustadas para mantener el número deseado de repeticiones. El entrenamiento era realizado dos veces por semana, con un mínimo de 48 hs entre las sesiones. Cada participante completaba un registro de entrenamiento para cada sesión de ejercicio, conteniendo las cargas usadas y el número de las repeticiones de cada serie realizada. Todos los registros de entrenamiento fueron verificados por un supervisor después de cada sesión de ejercicio. Todas las sesiones de entrenamiento fueron supervisadas estrechamente por entrenadores experimentados y certificados [32]. Es más, los adolescentes no fueron permitidos a realizar algún ejercicio de fuerza extra.

Análisis estadístico

Los datos son reportados como una desviación estándar \pm media. El test de Shapiro-Wilk fue usado para evaluar los datos para la distribución normal. Los datos exhibieron una distribución normal, de tal forma que un modelo ANOVA mixto 3x2 [grupos (CON, LRM y HRM) x tiempo (pre- y post-entrenamiento)] fue usado para analizar la fuerza máxima y la resistencia muscular. En el caso de diferencias significativas, el Test Tukey post hoc fue usado. El coeficiente de correlación de intraclase (CCI) fue usado para medir la confiabilidad del intra-evaluador. El nivel de significancia estaba fijo en $P < 0.05$. Se evaluaron características físicas, fuerza máxima básica, y resistencia muscular usando un ANOVA de sentido único. En el caso de las diferencias significativas, un Test de Fisher post hoc LSD fue usado. La confiabilidad de todas las mediciones fue calculada por los valores de coeficiente de correlación de intraclase (CCI) usando únicos valores. El nivel de significancia estaba fijo en el $P < 0.05$. En suma, el tamaño del efecto fue calculado según Beck [33], y los valores d fueron definidos como pequeños, medios, y grandes, en base a los rangos de Cohen de 0.2, 0.5, y 0.8, respectivamente.

RESULTADOS

Las características físicas, la fuerza máxima y la resistencia muscular iniciales no difirieron entre los grupos ($p > 0.05$, Tabla 1). El volumen de entrenamiento promedio acumulado (series x repetición x carga) en el período de entrenamiento en el press de banco fue de $10,282 \pm 3,076$ kg para HRM y $6,268 \pm 1,949$ kg para LRM. Los valores fueron de $27,558 \pm 7,264$ kg y $14,168 \pm 3,529$ kg para HRM y LRM, respectivamente. En el press de piernas, los valores para HRM fueron superiores que para LRM ($p < 0.05$)

Hubo una diferencia significativa en la interacción de tiempo para la fuerza máxima del press de pecho ($F = 6.4$, $p = 0.004$, $1-\beta = 0.82$, Fig. 1) y de la sentadilla ($F = 15.2$, $p < 0.001$, $1-\beta = 0.99$, Fig. 2) por grupo. Después del entrenamiento, hubo aumentos significativos en la fuerza máxima del press de pecho y de la sentadilla tanto para el grupo LRM ($d = 0.68$ y $d = 0.77$, respectivamente) como el grupo HRM ($d = 0.69$ y $d = 0.78$, respectivamente) ($p < 0.05$), mientras ningún cambio se observó en el grupo CON ($p > 0.05$). Sin embargo, no hubo ninguna diferencia en las ganancias de la fuerza máxima del press de pecho y de la sentadilla entre los grupos LRM y HRM ($p > 0.05$). El tamaño del efecto del entrenamiento de la fuerza de LRM y de HRM fue moderado para la fuerza máxima del press de pecho ($f = 0.68$ y $f = 0.69$, respectivamente) y de la sentadilla ($d = 0.77$ y $d = 0.78$, respectivamente). En suma, la fuerza máxima de sentadilla post-entrenamiento fue superior en los grupos LRM y HRM comparado al grupo CON ($p < 0.05$).

	Grupo LRM (10M/7F)	Grupo HRM (7M/9F)	Grupo CON (2M/10F)	Valor P
Edad (años)	13.8 \pm 0.9	13.7 \pm 0.7	13.7 \pm 0.7	0.87
Altura (cm)	161.2 \pm 7.3	162.2 \pm 5.2	160.6 \pm 10.1	0.85
Peso (kg)	54.7 \pm 18.8	58.6 \pm 10.2	57.1 \pm 11.2	0.74
1MR Press de Pecho (kg)	31.4 \pm 7.1	30.9 \pm 7.1	29.3 \pm 5.5	0.69
1MR Sentadilla (kg)	61.2 \pm 13.1	60.9 \pm 10.6	62.7 \pm 10.7	0.91
Resistencia Press de Pecho (reps.)	11.4 \pm 4.5	10.9 \pm 2.3	10.6 \pm 4.5	0.98
Resistencia Sentadilla (reps.)	10.3 \pm 4.0	11.0 \pm 5.9	8.1 \pm 1.2	0.33

Figura 1. Media \pm SD de la fuerza máxima del press de pecho pre y post 9 semanas de entrenamiento de la fuerza.

LRM, grupo de entrenamiento de la fuerza con bajo número de repeticiones y carga pesada. HRM, grupo de entrenamiento de la fuerza con alto número de repeticiones y moderada carga. CON, grupo de control. (*) $p < 0.05$, más alto que pre-entrenamiento.

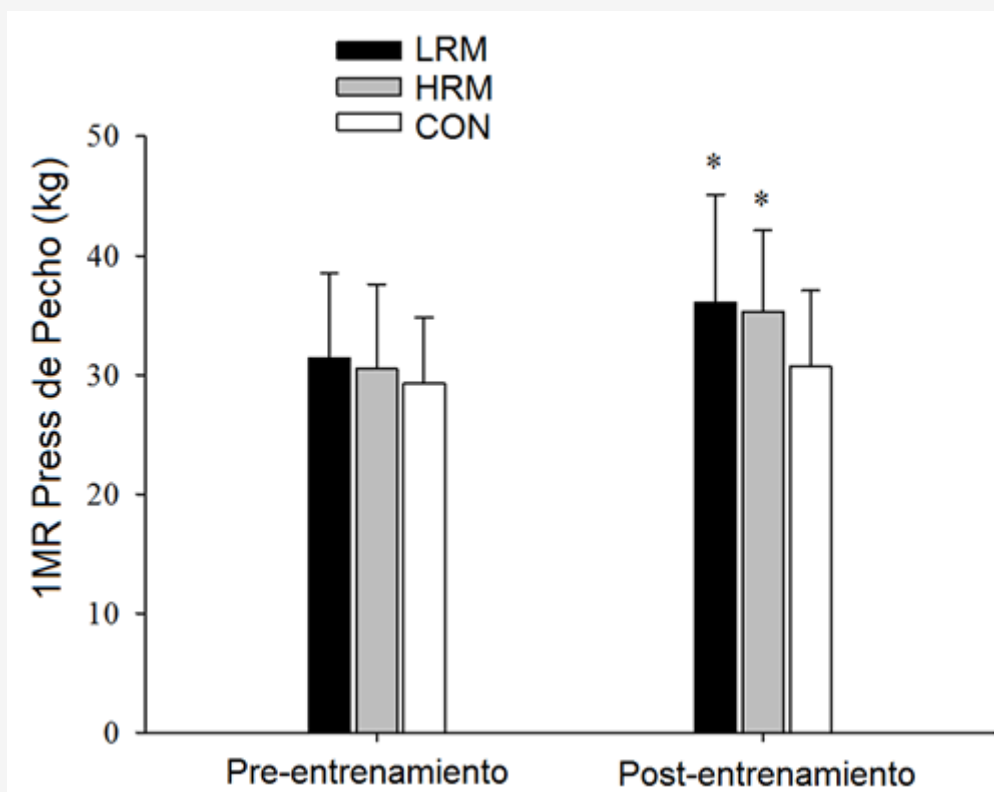


Figura 2. Media \pm SD de la fuerza máxima de la sentadilla pre y post 9 semanas de entrenamiento de la fuerza.

LRM, grupo de entrenamiento de la fuerza con bajo número de repeticiones y carga pesada. HRM, grupo de entrenamiento de la fuerza con alto número de repeticiones y moderada carga. CON, grupo de control. (#) $p < 0.05$, más alto que el grupo CON $p < 0.05$.

Hubo una interacción significativa de grupo y tiempo en la fuerza muscular en el press de pecho ($F = 3.5$, $p = 0.039$, $1-\beta = 0.46$, Fig. 3) y en la sentadilla ($F = 3.4$, $p = 0.042$, $1-\beta = 0.45$, Fig. 4). La resistencia muscular aumentó significativamente para el test de press de pecho y de sentadilla en LRM ($d = 0.72$ y $d = 1.56$, respectivamente) y en HRM ($d = 0.87$ y $d = 1.46$, respectivamente) después del entrenamiento de la fuerza ($p < 0.05$), sin diferencias entre ellos. Es más, la resistencia muscular de sentadilla post-entrenamiento fue superior en los grupos LRM y HRM comparado con el grupo CON ($p < 0.05$), mientras que sólo en la resistencia muscular del press de pecho post-entrenamiento para el grupo HRM fue superior que el grupo CON ($p < 0.05$). El tamaño de efecto para la resistencia muscular de la sentadilla fue grande en ambos grupos de entrenamiento LRM ($d = 1.56$) y HRM ($d = 1.46$). Sin embargo, para la resistencia para el press de pecho, el efecto fue grande en el grupo HRM ($d = 0.87$) y moderado en el grupo LRM ($d = 0.72$). Finalmente, la resistencia muscular de press de pecho y de sentadilla no fue alterada después de 9 semanas en el grupo CON.

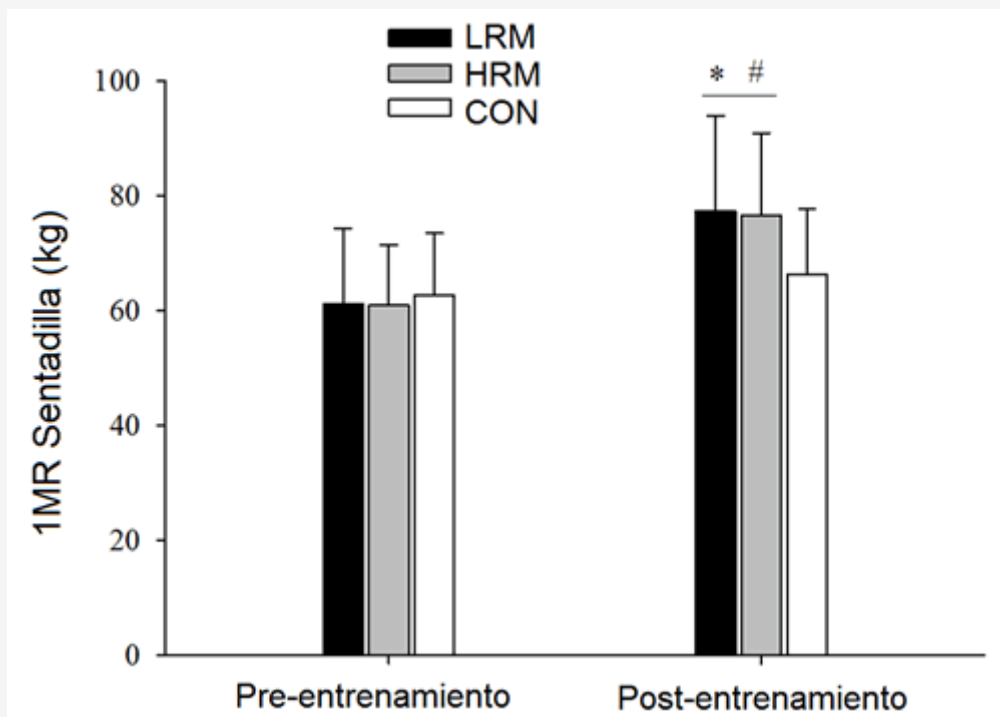
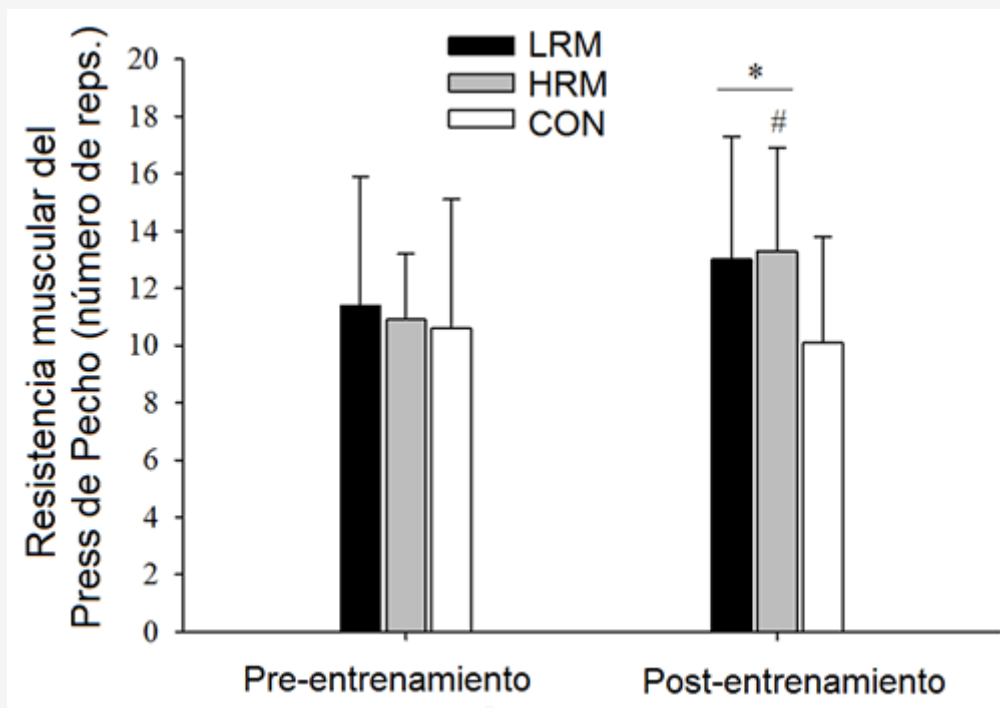


Figura 3. Media \pm SD de la resistencia muscular del press de pecho pre y post 9 semanas de entrenamiento de la fuerza.

LRM, grupo de entrenamiento de la fuerza con bajo número de repeticiones y carga pesada. HRM, grupo de entrenamiento de la fuerza con alto número de repeticiones y moderada carga. CON, grupo de control. (#) $p < 0.05$, más alto que el grupo CON.



LRM, grupo de entrenamiento de la fuerza con bajo número de repeticiones y carga pesada. HRM, grupo de entrenamiento de la fuerza con alto número de repeticiones y moderada carga. CON, grupo de control. (#) $p < 0.05$, más alto que el grupo CON.

DISCUSIÓN

La prescripción apropiada de la carga y el volumen de entrenamiento es uno de los desafíos más importantes al diseñar una rutina de entrenamiento, ya que son considerados como unas de las variables principales en el entrenamiento de la fuerza juvenil [1]. El propósito de este estudio fue comparar los efectos de 9 semanas de entrenamiento de la fuerza con alta carga, bajas repeticiones con entrenamiento de la fuerza con carga moderada, altas repeticiones sobre las ganancias de fuerza y resistencia muscular en adolescentes desentrenados. Nuestra primera hipótesis no fue confirmada; no hubo ninguna diferencia en la fuerza muscular entre los dos grupos de entrenamiento de la fuerza. Sin embargo, nuestra segunda hipótesis fue confirmada, puesto que las ganancias de la resistencia muscular no difirieron entre ambos grupos de entrenamiento.

Considerando que este es el primer estudio en comparar los efectos de programas de entrenamiento de bajas repeticiones y altas repeticiones sobre las ganancias de fuerza y de resistencia muscular en adolescentes, los resultados presentes no pueden compararse directamente a los estudios previos. Sin embargo, una variedad de programas del entrenamiento de la fuerza puede aumentar la fuerza muscular en la juventud [1]. Los niños parecen presentar aumentos similares de fuerza en respuesta al entrenamiento de la fuerza de de alta carga y de baja carga pero exhiben una mayor resistencia después del entrenamiento de la fuerza de baja carga [23, 24]. No ha sido verificado que el entrenamiento de la fuerza con altas repeticiones (15 a 20 MR) produzca poca diferencia en las ganancias de fuerza de 1MR (21 y 23%, respectivamente) en niños [24]. Sin embargo, sólo el entrenamiento de la fuerza de altas repeticiones produjo ganancias en la resistencia muscular (42%) [24]. Otro estudio no encontró diferencias en las ganancias de la fuerza de 1MR de extensión de piernas en respuesta a entrenarse en 6-8 MR (40.9%) y 13-15 MR (31%) [23] en niños. En contraste, el aumento en la resistencia muscular de la extensión de piernas fue del 50.5% mayor después de un entrenamiento con 13-15RM comparado a otro con 6-8RM [23].

Es más, varios estudios en adultos encontraron más alta la fuerza muscular máxima después de un entrenamiento de la fuerza con alta carga con bajas repeticiones comparado a un régimen de baja carga con altas repeticiones [11-17, 34], mientras la ganancia de la resistencia muscular fue óptima después de baja carga y altas repeticiones [11-14, 16, 17, 34]. Delorme [11] fue el primero en demostrar que la fuerza se desarrolla aumentando la carga de resistencia y no aumentando las repeticiones, mientras que la mejora de la resistencia muscular se logra aumentando el número de repeticiones. En base a estos resultados, este autor recalcó que los regimenes de entrenamiento orientados a aumentar tanto la fuerza como la resistencia eran discretos y que no hay ninguna transferencia entre los regimenes de entrenamiento. Los estudios subsecuentes corroboran esta suposición en los que la mayor fuerza después del entrenamiento de la fuerza de alta carga [11-17, 34] y la resistencia mayor después del entrenamiento de la fuerza de altas repeticiones fueron reportadas [11-14, 16, 17, 34]. Sin embargo, otros estudios en adultos no encontraron ninguna diferencia entre las altas cargas y repeticiones y bajas cargas, y la resistencia [13, 20]. La resistencia muscular no difirió entre los regimenes de entrenamiento de 6-8MR vs 30-40MR vs 100-150MR [13]. Adicionalmente, Stone y Coulter [20] demostraron ninguna diferencia en las ganancias de resistencia después de protocolos de 6-8MR vs 15-20 MR vs 30-40MR, y esos resultados fueron similares al presente estudio. Por lo tanto, el aumento (cargas más livianas vs más pesadas) podría variar entre los niños, adolescentes y adultos.

Hay una creencia de que más pesado en lugar de una carga más ligera es requerida para maximizar el desarrollo de la fuerza muscular, que fue en base al principio del tamaño del reclutamiento de las unidades motoras [35]. Este principio declara que las unidades motoras se reclutan de las más pequeñas a las más grandes y esa activación muscular se relaciona directamente a la actividad de la carga. Una carga mayor produce un reclutamiento superior de las unidades motoras, lo que a su vez produce una fuerza muscular mayor. En realidad, el principio del tamaño indica fuertemente que el entrenamiento de la fuerza eficaz simplemente orientado al desarrollo de la fuerza máxima requiere del rendimiento de repeticiones hasta el fallo, sin tener en cuenta la cantidad de repeticiones (es decir, 4 a 15 MR) [36-38]. Sin embargo, los resultados con respecto a la efectividad de entrenarse hasta el fallo concéntrico para mejorar la adaptación neuromuscular permanecen polémicos. Aunque algunos autores han demostrado algunas ventajas de entrenarse hasta el fallo concéntrico sobre ganancias de fuerza máxima [39] y fuerza de 6MR [40], otros estudios han demostrado ninguna evidencia de una

mayor magnitud de las adaptaciones de la fuerza inducidas al entrenarse hasta el fallo [41-43]. De hecho, algunos estudios reportaron una ventaja de realizar repeticiones submáximas por serie (es decir, no hasta el fallo) sobre las adaptaciones de la potencia máxima [42, 44]. Así, investigar si estas adaptaciones neuromusculares se relacionan al entrenamiento de la fuerza al fallo (es decir, MR) o al entrenamiento de alta y baja carga en la población juvenil, está justificado. Sin embargo, es importante resaltar que la posición actual sobre el entrenamiento de la fuerza juvenil recomienda cargas pesadas (>85% 1MR) sólo después de que los jóvenes logren una técnica apropiada del ejercicio [1]. Es interesante observar que aunque hay una diferencia en la concentración de testosterona en plasma en reposo entre el pre-adolescente, el adolescente, y el adulto, las ganancias de fuerza observadas en el presente estudio fueron similares a las de los niños, mientras la resistencia muscular observada fue más similar a la de los adultos. Estos resultados pueden ser debidos a la duración más corta (es decir, 9 semanas) del presente estudio. Así, los estudios en adolescentes por encima de una duración de entrenamiento más larga son importantes para entender mejor este tema.

En conclusión, generalmente se argumenta que en el entrenamiento de la fuerza, "más pesado es mejor". Sin embargo, los resultados del estudio actual indican que tanto el entrenamiento de la fuerza con altas cargas y bajas repeticiones como el entrenamiento de la fuerza con cargas moderadas y altas repeticiones inducen ganancias similares de fuerza y de resistencia en adolescentes desentrenados. Sin embargo, el presente estudio tiene limitaciones. La limitación primaria del estudio actual es que la adaptación neural e hipertrofia muscular no fueron medidas, lo que podría ayudar a descubrir los mecanismos relacionados a la similar fuerza y resistencia en respuesta a los protocolos de entrenamiento de LRM y de HRM. De esta manera, los mecanismos que subyacen de las adaptaciones neuromusculares al entrenamiento de la fuerza juvenil requieren de una investigación más extensa. Desde un punto de vista práctico, los resultados del estudio actual indican que los entrenadores de la fuerza, y los preparadores físicos pueden diseñar un entrenamiento de la fuerza que va de 4 a 15 MR para aumentar el fitness muscular.

REFERENCIAS

1. Lloyd RS, Faigenbaum AD, Stone MH, Oliver JL, Jeffreys I, Moody JA, et al. (2014). Position statement on youth resistance training: The 2014 international consensus. *Br J Sports Med.* 2014;48(7):498-505.
2. Behm DG, Faigenbaum AD, Falk B, Klentrou P. (2008). Canadian society for exercise physiology position paper: Resistance training in children and adolescents. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2008;33(3):547-61.
3. Behringer M, Vom Heede A, Yue Z, Mester J. (2010). Effects of resistance training in children and adolescents: A meta-analysis. *Pediatrics.* 2010;126(5):e1199-210.
4. Faigenbaum AD, Farrell A, Fabiano M, Radler T, Naclerio F, Ratamess NA, et al. (2011). Effects of integrative neuromuscular training on fitness performance in children. *Pediatr Exerc Sci.* 2011;23(4):573-84.
5. Faigenbaum AD, Kraemer WJ, Blimkie CJ, Jeffreys I, Micheli LJ, Nitka M, et al. (2009). Youth resistance training: Updated position statement paper from the national strength and conditioning association. *J Strength Cond Res.* 2009;23:S60-79.
6. Faigenbaum AD, Myer GD. (2010). Resistance training among young athletes: Safety, efficacy and injury prevention effects. *Br J Sports Med.* 2010;44(1):56-63.
7. Fleck SJ. (2011). Perceived benefits and concerns of resistance training for children and adolescents. *Revista Kronos.* 2011;10(1):15-20.
8. Ortega FB, Silventoinen K, Tynelius P, Rasmussen F. (2012). Muscular strength in male adolescents and premature death: Cohort study of one million participants. *BMJ.* 2012;345:e7279.
9. Schoenfeld BJ. (2010). The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training. *J Strength Cond Res.* 2010;24(10):2857-72.
10. American College Of Sports Medicine position stand. (2009). Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc.* 2009;41(3):687-708.
11. DeLorme TL. (1945). Restoration of muscle power by heavy-resistance exercises. *J Bone Joint Surg Am.* 1945;27(4):645-67.
12. Berger RA. (1962). Optimum repetitions for the development of strength. *Res Q.* 1962;33(3):334-8.
13. Anderson T, Kearney JT. (1982). Effects of three resistance training programs on muscular strength and absolute and relative endurance. *Res Q Exerc Sport.* 1982;53(1):1-7.
14. Campos GE, Luecke TJ, Wendeln HK, Toma K, Hagerman FC, Murray TF, et al. (2002). Muscular adaptations in response to three different resistance-training regimens: Specificity of repetition maximum training zones. *Eur J Appl Physiol.* 2002;88(1-2):50-60.
15. Schoenfeld BJ, Ratamess NA, Peterson MD, Contreras B, Sonmez G, Alvar BA. (2014). Effects of different volume-equated resistance training loading strategies on muscular adaptations in well-trained men. *J Strength Cond Res.* 2014;28(10):2909-18.
16. Mitchell CJ, Churchward-Venne TA, West DW, Burd NA, Breen L, Baker SK, et al. (2012). Resistance exercise load does not determine training-mediated hypertrophic gains in young men. *J Appl Physiol.* 2012;113(1):71-7.
17. Holm L, Reitelseder S, Pedersen TG, Doessing S, Petersen SG, Flyvbjerg A, et al. (2008). Changes in muscle size and mhc composition in response to resistance exercise with heavy and light loading intensity. *J Appl Physiol.* 2008;105(5):1454-61.

18. O'Shea P. (1966). Effects of selected weight training programs on the development of strength and muscle hypertrophy. *Res Q.* 1966;37(1):95-102.
19. Withers RT. (1970). Effect of varied weight-training loads on the strength of university freshmen. *Res Q.* 1970;41(1):110-4.
20. Stone WJ, Coulter SP. (1994). Strength/endurance effects from three resistance training protocols with women. *J Strength Cond Res.* 1994;8(4):231-4.
21. Chestnut JL, Docherty D. (1999). The effects of 4 and 10 repetition maximum weight-training protocols on neuromuscular adaptations in untrained men. *J Strength Cond Res.* 1999;13(4):353-9.
22. Faigenbaum AD, Loud RL, O'Connell J, Glover S, Westcott WL. (2001). Effects of different resistance training protocols on upper-body strength and endurance development in children. *J Strength Cond Res.* 2001;15(4):459-65.
23. Faigenbaum AD, Westcott WL, Loud RL, Long C. (1999). The effects of different resistance training protocols on muscular strength and endurance development in children. *Pediatrics.* 1999;104(1):e5-e.
24. Faigenbaum AD, Milliken L, Moulton L, Westcott WL. (2005). Early muscular fitness adaptations in children in response to two different resistance training regimens. *Pediatr Exerc Sci.* 2005;17(3):237.
25. Campos GE, Luecke TJ, Wendeln HK, Toma K, Hagerman FC, Murray TF, et al. (2002). Muscular adaptations in response to three different resistance-training regimens: Specificity of repetition maximum training zones. *Eur J Appl Physiol.* 2002;88(1-2):50-60.
26. Mitchell CJ, Churchward-Venne TA, West DW, Burd NA, Breen L, Baker SK, et al. (2012). Resistance exercise load does not determine training-mediated hypertrophic gains in young men. *J Appl Physiol.* 2012;113(1):71-7.
27. Behringer M, Vom Heede A, Matthews M, Mester J. (2011). Effects of strength training on motor performance skills in children and adolescents: A meta-analysis. *Pediatr Exerc Sci.* 2011;23(2):186-206.
28. Chen TC, Chen HL, Liu YC, Nosaka K. (2014). Eccentric exercise-induced muscle damage of pre-adolescent and adolescent boys in comparison to young men. *Eur J Appl Physiol.* 2014;114(6):1183-95.
29. Faigenbaum AD, Ratamess NA, McFarland J, Kaczmarek J, Coraggio MJ, Kang J, et al. (2008). Effect of rest interval length on bench press performance in boys, teens, and men. *Pediatr Exerc Sci.* 2008;20(4):457-69.
30. Gentil P, Bottaro M. (2013). Effects of training attendance on muscle strength of young men after 11 weeks of resistance training. *Asian J Sports Med.* 2013;4(2):101-6.
31. Suresh K. (2011). An overview of randomization techniques: An unbiased assessment of outcome in clinical research. *J Hum Reprod Sci.* 2011;4(1):8-11.
32. Gentil P, Bottaro M. (2010). Influence of supervision ratio on muscle adaptations to resistance training in nontrained subjects. *J Strength Cond Res.* 2010;24(3):639-43.
33. Beck TW. (2013). The importance of a priori sample size estimation in strength and conditioning research. *J Strength Cond Res.* 2013;27(8):2323-37.
34. Schoenfeld BJ, Peterson MD, Ogborn D, Contreras B, Sonmez GT. (2015). Effects of low- vs. high-load resistance training on muscle strength and hypertrophy in well-trained men. *J Strength Cond Res.* 2015;29(10):2954-63.
35. Kraemer WJ, Ratamess NA. (2004). Fundamentals of resistance training: Progression and exercise prescription. *Med Sci Sports Exerc.* 2004;36(4):674-88.
36. Carpinelli RN, Otto RM, Winett RA. (2004). A critical analysis of the acsm position stand on resistance training: Insufficient evidence to support recommended training protocols. *J Exerc Physiol.* 2004;7(3):1-60.
37. Carpinelli RN. (2008). The size principle and a critical analysis of the unsubstantiated heavier-is-better recommendation for resistance training. *J Exerc Sci Fit.* 2008;6(2):67-86.
38. Jungblut S. (2009). The correct interpretation of the size principle and its practical application to resistance training. *Med Sport.* 2009;(13):203-9.
39. Rooney KJ, Herbert RD, Balnave RJ. (1994). Fatigue contributes to the strength training stimulus. *Med Sci Sports Exerc.* 1994;26(9):1160-4.
40. Drinkwater EJ, Lawton TW, Lindsell RP, Pyne DB, Hunt PH, McKenna MJ. (2005). Training leading to repetition failure enhances bench press strength gains in elite junior athletes. *J Strength Cond Res.* 2005;19(2):382-8.
41. Folland JP, Irish CS, Roberts JC, Tarr JE, Jones DA. (2002). Fatigue is not a necessary stimulus for strength gains during resistance training. *Br J Sports Med.* 2002;36(5):370-3; discussion 4.
42. Izquierdo M, Ibanez J, Gonzalez-Badillo JJ, Hakkinen K, Ratamess NA, Kraemer WJ, et al. (2006). Differential effects of strength training leading to failure versus not to failure on hormonal responses, strength, and muscle power gains. *J Appl Physiol.* 2006;100(5):1647-56.
43. Sampson JA, Groeller H. (2015). Is repetition failure critical for the development of muscle hypertrophy and strength? *Scand J Med Sci Sports.*
44. Izquierdo-Gabarron M, Gonzalez De Txabarri Exposito R, Garcia-pallares J, Sanchez-medina L, De Villarreal ES, Izquierdo M. (2010). Concurrent endurance and strength training not to failure optimizes performance gains. *Med Sci Sports Exerc.* 2010;42(6):1191-9.

Cita Original

Assunção AR, Bottaro M, Ferreira-Junior JB, Izquierdo M, Cadore EL, Gentil P (2016) The Chronic Effects of Low- and High-Intensity Resistance Training on Muscular Fitness in Adolescents. *PLoS ONE* 11(8): e0160650. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0160650> Editor: Senthil Kumar Subramanian, Pondicherry Institute of Medical Sciences, INDIA Recibido: Abril 15, 2016; Aceptado: Julio 23, 2016; Publicado: Agosto 10, 2016 Copyright: © 2016 Assunção et al.