

Article

Efectos de Diferentes Protocolos de Entrenamiento con Sobrecarga sobre la Fuerza del Tren Superior y el Desarrollo de la Resistencia en Niños

Effects of Different Resistance Training Protocols on Upper-Body Strength and Endurance Development in Children

Avery D Faigenbaum¹, Wayne L Westcott², Rita LaRosa Loud¹, Jill O'Connell¹, Scott Glover¹ y Jason O'Connell¹

¹Department of Human Performance and Fitness, University of Massachusetts (A.D.F), Boston, Mass; South Shore YMCA (W.L.W., C.L., R.L-R.L., M.D.), Quincy, Mass; Children's Hospital (L.J.M.), Boston, Mass.

²South Shore YMCA, Quincy, Massachusetts 02169.

RESUMEN

Este estudio examinó los efectos de 4 protocolos diferentes de entrenamiento con sobrecarga, sobre la fuerza corporal del tren superior y el desarrollo de la resistencia muscular local en niños. Niños y niñas desentrenados (medias \pm DS edad, 8.1 ± 1.6 años) entrenaron dos veces por semana durante 8 semanas utilizando máquinas de sobrecarga adaptadas para niños y balones medicinales con un peso de entre 1-2.5kg. Además de los ejercicios de acondicionamiento general, los sujetos en cada grupo de ejercicio realizaron 1 serie de los siguientes protocolos de ejercicios para el acondicionamiento corporal del tren superior: 6-8 repeticiones con una alta carga en el ejercicio de press de banca (HL, $n = 15$); 13-15 repeticiones con una carga moderada en el ejercicio de press de banca (ML, $n = 16$); 6-8 repeticiones con una carga pesada en el ejercicio de press de banca seguidos inmediatamente por 6-8 pases de pecho con un balón medicinal (CX, $n = 12$); o 13 -15 pases de pecho con un balón medicinal (MB, $n = 11$). Doce niños sirvieron como control sin realizar entrenamiento (CT). Después del entrenamiento, solo los grupos ML y CX demostraron mejoras significativas en 1 RM en press de banca ($p < 0.05$) (16.8% y 16.3%, respectivamente) cuando se los comparó con el grupo CT. La resistencia muscular local, que se determinó por el número de repeticiones realizadas después del entrenamiento en el ejercicio de press de banca con la carga de 1 RM previa al entrenamiento, se incrementó significativamente en el grupo ML (5.9 ± 3.2 repeticiones) y el grupo CX (5.2 ± 3.6 repeticiones) cuando se los comparó con el grupo CT. En función de incrementar la fuerza muscular y la resistencia muscular local en niños desentrenados, estos hallazgos favorecen la prescripción de protocolos de entrenamiento con mayores repeticiones durante el periodo inicial de adaptación.

Palabras Clave: entrenamiento de fuerza, entrenamiento con sobrecarga, preadolescentes, entrenamiento complejo, juve

ABSTRACT

This study examined the effects of 4 different resistance training protocols on upper-body strength and local muscle endurance development in children. Untrained boys and girls (mean +/- SD age, 8.1 +/- 1.6 years) trained twice per week for 8 weeks using child-sized weight machines and medicine balls weighing 1-2.5 kg. In addition to general conditioning exercises, subjects in each exercise group performed 1 set of the following exercise protocols for upperbody conditioning: 6-8 repetitions with a heavy load on the chest press exercise (HL, n = 15); 13-15 repetitions with a moderate load on the chest press exercise (ML, n = 16); 6-8 repetitions with a heavy load on the chest press exercise immediately followed by 6-8 medicine ball chest passes (CX, n = 12); or 13-15 medicine ball chest passes (MB, n = 11). Twelve children served as nontraining controls (CT). After training, only the ML and CX groups demonstrated significant ($p < 0.05$) improvements in 1RM chest press strength (16.8% and 16.3%, respectively) as compared with the CT group. Local muscle endurance, as determined by the number of repetitions performed posttraining on the chest press exercise with the pretraining 1RM load, significantly increased in the ML group (5.9 +/- 3.2 repetitions) and CX group (5.2 +/- 3.6 repetitions) as compared with the CT group. In terms of enhancing the upper-body strength and local muscle endurance of untrained children, these findings favor the prescription of higher-repetition training protocols during the initial adaptation period.

Keywords: strength training, resistance training, preteens, complex training, jóvenes

INTRODUCCIÓN

Las investigaciones conducidas durante las décadas pasadas compilaron evidencias de que los niños pueden incrementar su fuerza muscular por encima y más allá del crecimiento y la maduración a través de la participación en programas de entrenamiento con sobrecarga (5, 12). A pesar de la convicción dominante previamente, acerca de que los niños no podían beneficiarse del entrenamiento con sobrecarga debido a niveles inadecuados de andrógenos circulantes, las organizaciones médicas y de aptitud física, apoyan ahora la participación de niños en programas de entrenamiento de fuerza, apropiadamente diseñados y competentemente supervisados (2, 3, 7). Además del incremento de la fuerza muscular, se han observado mejoras de la destreza en el rendimiento motor, la aptitud cardiorrespiratoria, la densidad mineral ósea, y la composición corporal en niños que entrenaron con sobrecarga. (11, 14, 15, 18, 22).

Ha sido probado que diferentes combinaciones de series y repeticiones y una variedad de modalidades de entrenamiento son seguras y efectivas en los niños, aunque la intensidad del entrenamiento (o sea, carga o resistencia usada) parece que es una de las variables más importantes. En la población adulta, aparentemente el uso de cargas pesadas (o sea cargas de 6 o menos repeticiones máximas [RM]) han tenido los mejores efectos sobre la fuerza muscular, mientras que resistencias menores (o sea, de 20 o más RM) han tenido los mejores efectos sobre la resistencia muscular local (13). En general, es aparente que la relación entre la intensidad del entrenamiento y la magnitud del cambio de la fuerza en adultos es lineal. Sin embargo, los datos limitados sugieren que los niños pueden responder de manera diferente a los protocolos de entrenamiento de fuerza. Por ejemplo, la mayor ganancia de fuerza en niños, reportada después de programas de entrenamiento de fuerza a corto plazo, ha resultado de protocolos de entrenamientos con repeticiones relativamente altas (11).

Ha sido recomendado que los niños realicen un mínimo de 1 serie de 6 a 15 repeticiones sobre una variedad de ejercicios para el tren superior e inferior, de 2 a 3 veces por semana (7). Sin embargo, recomendaciones más específicas acerca de los protocolos de entrenamiento de fuerza más efectivos para niños pueden ser beneficiosas para educadores físicos y entrenadores de jóvenes. En particular, desde que el incremento de la fuerza y la resistencia son considerados componentes importantes de la salud-relacionados a la aptitud física (1, 17), existe una necesidad distintiva para un mejor entendimiento acerca de los efectos del entrenamiento con sobrecarga sobre el incremento de la fuerza y el desarrollo de la resistencia muscular local en niños. Para nuestro conocimiento, existe una disponibilidad muy escasa de datos en niños, que comparen los efectos de diferentes protocolos de entrenamiento con sobrecarga sobre la medición de este tipo de rendimiento. Se necesitan datos adicionales para ganar en discernimientos en la pregunta sobre que protocolo de entrenamiento con sobrecarga optimiza las ganancias de la fuerza corporal en el tren superior y la resistencia muscular local en niños durante el periodo inicial de adaptación. Por ello, el propósito principal de esta investigación fue examinar los efectos de 4 protocolos diferentes de entrenamiento con sobrecarga sobre las adaptaciones y el rendimiento del tren superior en niños saludables.

MÉTODOS

Acercamiento al Problema y al Diseño Experimental

Basados en la hipótesis que los niños responden mejor a los protocolos de entrenamiento con mayor número de repeticiones durante el periodo inicial de adaptación, este estudio de investigación fue diseñado para medir las adaptaciones fisiológicas de niños (o sea, fuerza muscular y resistencia muscular local) a 4 protocolos diferentes de entrenamiento con sobrecarga con diferentes planificaciones de las cargas. Los niños desentrenados participaron en 1 de 4 programas de entrenamiento con sobrecarga y fueron evaluados antes y después del entrenamiento en evaluaciones seleccionadas de la fuerza y la resistencia muscular local. Un grupo de edad pareja a los grupos experimentales, sirvió como control. Análisis subsecuentes de las evaluaciones pre y pos-entrenamiento nos permitieron evaluar los cambios en la fuerza y en la resistencia muscular local en respuesta a varios programas de entrenamiento.

Sujetos

Sesenta y seis niños (44 niños y 22 niñas) de una edad de 5.2-11.8 años participaron voluntariamente de este estudio. Tanto niños como padres fueron informados acerca de la naturaleza de este proyecto y completaron cuestionarios de la historia de salud. Los siguientes criterios de exclusión fueron utilizados: (a) niños con enfermedades pediátricas crónicas, (b) niños con limitaciones ortopédicas, (c) niños con más de 12 años al inicio del estudio. Todos los voluntarios fueron aceptados para participar, y ningún voluntario tenía experiencia previa con entrenamiento de sobrecarga. Se obtuvo un informe de consentimiento de los padres y de sus hijos. Las características descriptivas de los sujetos se presentan por grupos en la Tabla 1.

	HL (n= 15)	ML (n=16)	CX (n=12)	MB (n=11)	CT (n=12)	p
Edad	7.8 ± 1.4	8.5 ± 1.6	8.3 ± 1.2	9.2 ± 1.6	8.6 ± 2.2	0.28
Rango de Edad	6.0-10.3	6.0-11.0	6.5-10.8	7.2-11.4	5.2-11.8	
Peso, kg	35.4 ± 8.4	39.8 ± 11.9	32.6 ± 8.6	35.5 ± 10.7	27.7 ± 6.0	0.03
Altura, cm	130.6 ± 8.5	133.0 ± 9.6	129.2 ± 8.2	133.5 ± 10.6	127.4 ± 10.6	0.45

Tabla 1. Características Iniciales*.

*HL = grupo de entrenamiento de carga alta y bajas repeticiones; ML = grupo de entrenamiento de carga moderada y altas repeticiones; CX = grupo de entrenamiento complejo; CT = grupo control. Los datos son presentados como medias ± DS. Los valores p están basados en comparaciones de grupos utilizando análisis de varianza.

Debido al gran número de sujetos en este estudio y al tamaño del área de entrenamiento, este protocolo de estudio incluyó 2 fases de recolección de datos. Este acercamiento fue necesario para mantener un ambiente de entrenamiento seguro, instrucciones de alta calidad, y un bajo índice instructor- sujeto (menor de 1:4). A lo largo del periodo de estudio los sujetos ejercitaron típicamente en grupos de 8-10, y todas las sesiones de ejercicio fueron supervisadas por 1 fisiólogo del ejercicio, 1 instructor de aptitud física en niños, y 1 o 2 estudiantes de fisiología del ejercicio. Todas las sesiones de entrenamiento tuvieron lugar después de la escuela en un centro de aptitud física para niños YMCA que fue utilizado exclusivamente por los sujetos de este estudio en días de entrenamiento designados. Durante cada sesión de entrenamiento, los instructores revisaron las técnicas de ejercicios correctas y realizaron los ajustes apropiados en la carga de entrenamiento y en las repeticiones. Durante la fase 1 los sujetos fueron asignados aleatoriamente a un grupo de entrenamiento con cargas pesadas y bajas repeticiones (HL; niñas = 4; niños n = 12) o a un grupo de entrenamiento con cargas moderadas y altas repeticiones (ML; niñas, n = 4; niños n = 12). Durante esta fase, 12 niños voluntarios sirvieron como un grupo control sin entrenamiento (CT; niñas, n = 3; niños, n = 9). Los resultados de la fase 1 han sido publicados en otra parte (8).

Durante la fase 2, diferentes sujetos fueron asignados aleatoriamente a un grupo de entrenamiento compuesto que realizó una combinación de entrenamiento de bajas repeticiones, con alta carga y ejercicios con balón medicinal (CX; niñas, n = 5; niños, n = 7) o a un grupo balón medicinal, que realizó entrenamiento con balón medicinal en lugar del ejercicio primario de fuerza (MB; niñas, n = 5; niños, n = 6). El entrenamiento compuesto es un método de acondicionamiento comparable biomecánicamente, en el que ejercicios de fuerza y pliometría son combinados, serie a serie, dentro de la misma sesión de ejercicio (6), el entrenamiento con balón medicinal incluyó el uso de pelotas pesadas y movimientos corporales dinámicos.

Ya que niños y niñas demuestran claramente valores similares en el desarrollo de la fuerza durante la preadolescencia (4), fueron combinados en este estudio. La influencia de cada uno de los 4 protocolos de entrenamiento con sobrecarga sobre los índices de laboratorio de la fuerza muscular del tren superior y la resistencia muscular local fueron evaluados a través de la comparación de los cambios entre los grupos de ejercicio y el grupo control.

Procedimientos de Evaluación

Todos los sujetos participaron en una sesión introductoria antes de las evaluaciones, para aprender la técnica correcta del ejercicio sobre el equipamiento de evaluación, para reducir la influencia de cualquier efecto de aprendizaje, y para familiarizarse con las pautas del entrenamiento con sobrecarga (o sea, control del movimiento y respiración apropiada). Las mediciones fueron realizadas con un posicionamiento idéntico del equipamiento, usando un equipamiento de resistencia externa dinámica constante, de tamaño adaptado para niños (DCER) (Schenell Equipment, Peutenhausen, Germany). Todos los sujetos realizaron 10 minutos de ejercicio aeróbico y estiramientos antes de todas las evaluaciones y procedimientos de entrenamiento.

Fuerza Máxima

La fuerza máxima (1 RM) fue determinada para cada sujeto en el ejercicio de press de banca vertical antes de empezar el programa y después de 8 semanas de entrenamiento. En el ejercicio de press de banca vertical, los sujetos permanecieron erectos con sus espaldas en contra de un soporte acolchado y con ambas manos en una posición de empuñadura neutra sujetando las manijas a la altura del pecho. Se les pidió a los sujetos que extendieran sus brazos enfrente de sus cuerpos hasta que sus codos estuvieran a 5° de la extensión completa (para prevenir un bloqueo en la articulación del codo), y que posteriormente regresaran a la posición de inicio. Los sujetos realizaron 3 series submáximas antes de intentar una repetición con la carga de 1 RM percibida. La repetición máxima (1 RM) fue típicamente encontrada dentro de 4-6 intentos. El fallo fue definido como un levantamiento que caía en un rango menor al del movimiento completo, en un mínimo de dos intentos, espaciados al menos por 2 minutos. Todos los procedimientos de evaluación fueron supervisados atentamente, y se les otorgó un aliento uniforme a todos los sujetos. La confiabilidad test-retest en nuestro laboratorio para la evaluación de 1 RM en niños es muy buena: con un rango de correlación intraclase de $r = 0.93$ a $r = 0.98$, dependiendo del tipo de ejercicio (9).

Resistencia Muscular Local

Al final del periodo de entrenamiento, todos los sujetos realizaron una evaluación de resistencia muscular local en el ejercicio de press de banca vertical. Después de un calentamiento de 6 repeticiones con una carga relativamente liviana (y con un periodo de 2 minutos de pausa), los sujetos intentaron realizar todas las repeticiones como les fueran posibles con el peso de la 1 RM realizada antes del entrenamiento. Se les pidió a los sujetos mantener una técnica apropiada durante esta evaluación y fueron alentados para que realicen todas las repeticiones que fueran posibles. El número de repeticiones realizadas hasta la fatiga volitiva, usando la técnica correcta, fueron contadas y colectadas como criterio de valoración de la resistencia muscular local.

Programa de Entrenamiento con Sobrecarga

Los sujetos entrenaron dos veces por semana en días no consecutivos durante ocho semanas. Las investigaciones previas han demostrado claramente que el entrenamiento con sobrecarga dos veces por semana, es suficiente para incrementar la fuerza muscular y la resistencia muscular local de los niños (10,11). Además, el entrenamiento con sobrecarga realizado dos veces por semana, les provee a los niños la oportunidad de participar en otros deportes y actividades recreacionales. Los instructores revisaron los procedimientos de entrenamiento apropiados cada día, y se les enseñó a los niños como registrar sus datos en un apunte de entrenamiento y lo hicieron de esta manera hasta el final del periodo de estudio. Aunque el foco principal de este estudio estuvo en el desarrollo de la fuerza corporal del tren superior y la resistencia muscular local, para propósitos de acondicionamiento general, todos los sujetos que se ejercitaron participaron en un programa de entrenamiento con sobrecarga que consistió en 10 ejercicio adicionales (2 ejercicios con el peso corporal [flexión abdominal y extensión lumbar] y 8 ejercicios DCER [press de piernas, extensión de piernas, flexión de piernas, abducción de cadera, pull-over, remo sentado, flexión abdominal, y remo frontal]). Un equipamiento de entrenamiento de fuerza de tamaño adaptado para niños, fue usado para todas las sesiones de entrenamiento.

Todos los protocolos de entrenamiento consistieron en una serie por ejercicio. La última repetición de cada serie en los ejercicios DCER representó la fatiga muscular momentánea. Los sujetos en el grupo HL realizaron 6-8 repeticiones en todos los ejercicios, y los sujetos en el grupo ML realizaron 13-15 repeticiones en todos los ejercicios. Los sujetos en el grupo CX realizaron 13-15 repeticiones en todos los ejercicios excepto en el press de banca vertical, en el cual ellos realizaron 6-8 repeticiones inmediatamente seguidas (dentro de los 10 segundos) por 6-8 pases de pecho con balón medicinal. Los sujetos en el grupo MB realizaron 13-15 repeticiones en todos los ejercicios; sin embargo, en lugar del press de pectoral vertical, ellos realizaron 13-15 pases de pecho con balón medicinal.

Durante la primera semana de entrenamiento, las cargas de los ejercicios fueron seleccionadas en todos los ejercicios DCER para producir fatiga dentro del rango de repeticiones prescriptas. Cuando el rango de repeticiones deseadas podía ser realizado, el peso era incrementado en un 5-10%, y las repeticiones eran disminuidas al menor rango de repeticiones prescriptas para el entrenamiento. A lo largo del estudio, todos los sujetos fueron alentados para incrementar la cantidad de peso levantado dentro de cada rango de repeticiones asignadas. Si un sujeto perdía un entrenamiento, la carga de entrenamiento no era incrementada en la sesión de regreso. En los ejercicios con el peso corporal, los sujetos realizaban hasta una serie de 15 repeticiones en todos los grupos.

En el presente no existe ningún método para cuantificar la fuerza de impacto de la carga de entrenamiento con balón medicinal en niños. Aunque la masa del balón medicinal es usualmente conocida, la fuerza de impacto puede cambiar considerablemente dependiendo de cuán fuerte sea lanzado el balón. Por ello, el programa de entrenamiento con balón medicinal desarrollado por este estudio fue basado sobre observaciones previas de nuestros centros de aptitud física para niños. Todos los sujetos en el grupo CX y MB usaron un balón medicinal de poliuretano de 1 kg (similar al tamaño de un balón de volleyball) durante las primeras dos semanas del estudio. El peso del balón medicinal se incrementó a 2.5 kg (en incremento de 0.5 kg cada semana) durante el curso del periodo del estudio. El uso de un balón medicinal de 1 kg al inicio del estudio y la progresión gradual al balón de 2.5 kg en la séptima semana de entrenamiento proveyó a todos los sujetos la oportunidad de realizar cada repetición explosivamente experimentando éxito. Cada sujeto fue animado a arrojar el balón medicinal tan fuerte como sea posible a un instructor, que estuvo posicionado a unos 2.5-3.5 metros del sujeto. Posteriormente el instructor devolvía el balón al sujeto, quien inmediatamente repetía el ejercicio de pase de pecho. Este ciclo fue repetido por el número de repeticiones prescriptas. Cuando el peso del balón medicinal se incrementó, las repeticiones realizadas por cada sujeto disminuyeron al menor número del rango de entrenamiento prescripto. Aunque los sujetos en los grupos CX y MB realizaron diferentes números de repeticiones para el entrenamiento con balón medicinal (6-8 o 13-15 repeticiones, respectivamente), el peso del balón medicinal durante un número dado de sesiones de entrenamiento fue el mismo para ambos grupos.

El orden de los ejercicios fue cambiado en todas las sesiones para maximizar el entretenimiento de los sujetos, y no fue permitida ninguna forma de entrenamiento con sobrecarga fuera del ámbito de la investigación. A todos los sujetos se les permitió participar en las clases de Educación Física básica de la escuela y de actividades recreacionales a lo largo del periodo del estudio. La asistencia fue tomada en cada sesión de entrenamiento. A los sujetos del grupo control se les ordenó no participar en ningún programa de entrenamiento con sobrecarga durante el periodo del estudio.

Análisis Estadístico

Se calcularon las estadísticas descriptivas (medias \pm DS) para la edad, la talla, y el peso. Para las comparaciones iniciales, los 5 grupos fueron comparados utilizando un análisis de varianza a 1 vía (ANOVA) para determinar si existió alguna diferencia antes del entrenamiento. Se usaron mediciones repetidas de ANOVA a 2 vías (grupo x tiempo) para detectar posibles cambios ocurridos a lo largo del tiempo para el dato de fuerza en 1 RM. En la presencia de un valor F significativo, se realizaron una serie de comparaciones post hoc para identificar donde ocurrió la diferencia. Se realizó un test ANOVA a una vía posterior al entrenamiento para determinar si existió alguna diferencia entre grupos para las evaluaciones de resistencia muscular local. El nivel de significancia fue fijado a un $p < 0.05$. En términos de poder estadístico, los datos de nuestro laboratorio indican que el DS en la evaluación 1 RM para la fuerza del tren superior en niños es de aproximadamente un 20% (9). Ya que deberíamos considerar una diferencia en el tamaño de efecto entre grupos de ejercicio (comparaciones apareadas) del 25% (1.25 DS) para que sea importante, se requirió que un mínimo de 11 sujetos por grupo alcancen un 80% de poder, a un nivel α de 0.05 (2-colas).

RESULTADOS

Sesenta y cinco de los 66 sujetos completaron este estudio de acuerdo con la metodología anteriormente mencionada. Un sujeto en el grupo HL estuvo imposibilitado de completar el estudio debido a conflictos de horarios. Los participantes del estudio fueron similares al inicio en edad, altura, y fuerza en 1 RM, pero heterogéneos con respecto al peso (Tabla 1). El promedio de asistencia a las sesiones de entrenamiento para cada uno de los 4 grupos de ejercicio no fue menor al 92%. Los promedios Post Hoc de las cargas de entrenamiento indicaron que el estímulo de entrenamiento en el ejercicio de press de banca para el grupo ML fue el 67.5% de su RM inicial, mientras que los grupos HL y CX entrenaron a intensidades del 78.9% y 72.6%, de su 1 RM inicial, respectivamente. El grupo MB no entrenó en el ejercicio de press de banca. Durante el periodo de estudio, 6 sujetos (40%) en el grupo HL, 5 sujetos (31%) en el grupo ML, 6 sujetos (50%) en el grupo CX, 4 sujetos (36%) en el grupo MB, y 5 sujetos (42%) en el grupo CT (control) participaron regularmente de programas deportivos, organizados un mínimo de dos veces por semana (principalmente fútbol y natación). No ocurrió ninguna lesión a lo largo del periodo de estudio, y todos los protocolos de entrenamiento fueron bien tolerados por los

sujetos.

Las ganancias en la fuerza de press de banca, realizadas por los grupos ML y CX fueron significativamente mayores que las ganancias realizadas por el grupo CT ($p < 0.05$) (Tabla 2). La ganancia en fuerza ocurrida en los grupos MB y HL no fueron significativamente diferente de las ganancias de fuerza en el grupo CT, las cuales fueron atribuidas al crecimiento y la maduración. Para estas comparaciones, las probabilidades de realizar un error de tipo II fueron de 20% y 47%, respectivamente. Tanto los grupos ML como CX incrementaron significativamente las ganancias en la resistencia muscular local en el press de banca comparados con el grupo CT, mientras que las ganancias realizadas para los grupo HL y MB no fueron significativamente diferentes de aquellas realizadas por el grupo CT (Tabla 3). Las ganancias en la resistencia muscular local resultantes del entrenamiento CX también fueron significativamente mayores a las resultantes del entrenamiento MB.

Grupo	Pre-entrenamiento, kg	Pos-entrenamiento
HL	24.5 ± 5.9	25.8 ± 6.4*
ML	25.7 ± 9.1	29.9 ± 9.7*†
CX	23.8 ± 4.3	27.8 ± 4.1*†
MB	24.1 ± 3.9	25.8 ± 3.8*
CT	21.2 ± 5.1	22.1 ± 5.3*

Tabla 2. Resultados en las evaluaciones de 1 RM de press de banca pre y pos-entrenamiento. ‡

‡RM = repetición máxima; HL = grupo de entrenamiento de carga alta y bajas repeticiones; ML = grupo de entrenamiento de carga moderada y altas repeticiones; CX = grupo de entrenamiento complejo; CT = grupo control. Los datos son presentados como medias ± DS. *Indica diferencia significativa ($p < 0.05$) dentro de un grupo entre valores pre y pos-entrenamiento. †Indica diferencia significativa ($p < 0.05$) comparado con CT.

Grupo	Nº de repeticiones con 1 RM pre-entrenamiento
HL	3.1 ± 2.5
ML	5.2 ± 3.6*†
CX	5.9 ± 3.1*†‡
MB	3.1 ± 2.7
CT	1.7 ± 1.1

Tabla 3. Resultados de las evaluaciones pos-entrenamiento de resistencia muscular local en el ejercicio de press de pectoral.

1RM = repetición máxima; HL = grupo de entrenamiento de carga alta y bajas repeticiones; ML = grupo de entrenamiento de carga moderada y altas repeticiones; CX = grupo de entrenamiento complejo; CT = grupo control. Los datos son presentados como medias ± DS. *Indica diferencia significativa ($p < 0.05$) comparado con HL. † Indica diferencia significativa ($p < 0.05$) comparado con CT. ‡ Indica diferencia significativa ($p < 0.05$) comparado con MB.

DISCUSIÓN

Ya que la fuerza muscular en el tren superior y la resistencia muscular local son consideradas componentes importantes de la salud relacionada a la aptitud física en los niños (1, 17), las organizaciones de aptitud física y de medicina deportiva han recomendado incrementar la participación en actividades físicas que aumenten la función muscular (2, 3, 7). En esta investigación, nosotros proveemos evidencia acerca de como protocolos de entrenamiento con mayor número de repeticiones (tanto entrenamiento de fuerza o la combinación del entrenamiento de fuerza y el entrenamiento pliométrico) incrementan la fuerza corporal del tren superior y la resistencia muscular local de niños desentrenados, mas que otros protocolos de entrenamiento. Estos datos son importantes para ayudar a identificar la prescripción de ejercicios más efectivos para niños que participan en un programa introductorio de entrenamiento con sobrecarga.

Debe notarse que el propósito de este estudio fue determinar para propósitos prácticos, el protocolo de entrenamiento más

efectivo para una serie de entrenamiento, que produzca ganancias en el incremento de la fuerza muscular corporal y la resistencia muscular local en niños desentrenados que participaron voluntariamente en un programa de aptitud física especial para esta población, posterior a la escuela. Aunque se necesitan más estudios, es posible que los programas de acondicionamiento periodizados puedan proveer un mejor estímulo de entrenamiento a largo plazo para el entrenamiento en niños. Por ello los resultados de esta investigación pueden no ser aplicables a niños entrenados y a atletas jóvenes, en quienes la relación entre la intensidad del entrenamiento, volumen de entrenamiento, y la magnitud de la ganancia de la fuerza pueden ser diferentes. Los principales variables medidas en esta investigación fueron la fuerza muscular y la resistencia muscular local.

Los resultados de este estudio sugieren que los niños desentrenados pueden producir ganancias significativas en el incremento de la fuerza corporal a través de la participación en un programa de entrenamiento con sobrecarga. Interesantemente, en la presente investigación, solo los grupos ML y CX realizaron ganancias en fuerza que fueron significativamente mayores a las realizadas por el grupo CT (16.3% Y 16.8% vs. 4.2%, respectivamente). En comparación, las ganancias en fuerza producidas por niños en los grupos HL o MB no fueron superiores a las mayores ganancias obtenidas por el grupo CT. Las ganancias de fuerza observadas logradas por los grupos ML y CX fueron un poco menores a las reportadas en otros estudios de corta duración que incluyeron niños (10, 11, 19, 22).

Los incrementos absolutos en la fuerza de press de banca en 1 RM que ocurrieron en los grupos ML (4.2 kg) y CX (4.0 kg) fueron también menores a aquellos reportados en otras investigaciones de corta duración que incluyeron niños (10, 11, 19).

Las mayores ganancias en fuerza logradas en otros estudios comparadas con la presente investigación pueden ser atribuibles al volumen de entrenamiento (o sea al total de trabajo realizado por cada sesión de entrenamiento y por semana). Es razonable sugerir que mayores volúmenes de entrenamiento (o sea 3 series de 10 a 15 repeticiones con una carga moderada) pueden resultar en mayores ganancias de la fuerza muscular que programas caracterizados por menor volumen. Además, las publicaciones relacionadas a la especificidad de las evaluaciones de entrenamiento pueden explicar en parte la relativamente pequeña ganancia en el incremento de la fuerza corporal producidas por el entrenamiento MB. Aunque la fuerza muscular fue evaluada por una evaluación de 1 RM, en el mismo equipamiento en el que los grupos HL, ML, y CX entrenaron, los niños del grupo MB no entrenaron con el ejercicio de press de banca. Si bien el ejercicio de press de banca y el ejercicio de pase de pecho con balón medicinal incluyen esencialmente los mismos grupos musculares (pectoral mayor, deltoides anterior, y triceps) el entrenamiento con balón medicinal fue realizado con una carga liviana y a una velocidad de entrenamiento más rápida. Como se ha observado previamente en poblaciones adultas (21), las adaptaciones al entrenamiento en niños pueden no solo ser específicas al patrón de movimiento, sino también a la velocidad del movimiento.

Consecuentemente, el entrenamiento con balón medicinal caracterizado por movimientos de mayor velocidad (y una generación de fuerza rápida) puede ser menos probable que induzca mejoras en la fuerza de 1 RM cuando se compara con los programas de entrenamiento de la fuerza caracterizado por movimientos lentos y metódicos. Aunque la escasez de estudios con balón medicinal que incluyen niños limita, cualquier comparación de nuestros resultados con investigaciones previas, es intuitivamente atractivo asumir que el entrenamiento con balón medicinal tiene el potencial de ser superior a otros modos de acondicionamiento incrementando la fuerza rápida (potencia) y fuerza explosiva (máxima tasa de desarrollo de fuerza) en niños.

Aunque se necesitan estudios adicionales, parece que puede existir un nivel umbral de fuerza durante un ejercicio, necesario para estimular ganancias de fuerza en el tren superior en niños. Nuestros datos muestran que 1 serie de 6-8 repeticiones con cargas pesadas o 1 serie de 13-15 repeticiones con un balón medicinal de peso más liviano puede ser un estímulo sub-óptimo para aumentar la fuerza corporal del tren superior de niños por encima y más allá del crecimiento y la maduración. Si bien todos los sujetos entrenaron bajo supervisión con frecuentes ajustes en la intensidad del entrenamiento para mantener el deseo y el estímulo de entrenamiento, es aparente que los protocolos de entrenamiento con mayor número de repeticiones (con cargas moderadas o cargas pesadas combinadas con ejercicios con balón medicinal) resultan en cambios más favorables en el incremento de la fuerza muscular corporal durante la fase inicial del período de adaptación. Los efectos de estos protocolos de entrenamiento durante una duración mas prolongada deben ser todavía determinados. Estos hallazgos pueden ser particularmente importantes para atletas jóvenes quienes podrían necesitar incrementar su fuerza corporal antes de participar en programas de acondicionamiento específicos de un deporte.

Aunque no han sido evaluadas en este estudio, las ganancias inducidas por el entrenamiento en niños han sido atribuidas principalmente a adaptaciones neuromusculares (o sea, incremento en la activación de unidades motoras y mejoras de la coordinación motora) como oposición a factores de hipertrofia (18). Por ello parece razonable concluir, aunque no con completa confianza, que protocolos con mayor número de repeticiones durante el periodo inicial de adaptación, pueden proveer un mejor estímulo para el incremento de la fuerza muscular en niños. Mientras que protocolos de entrenamiento

con menos repeticiones y altas cargas, pueden optimizar las ganancias de fuerza en el adulto (13), este tipo de entrenamiento puede no ser ideal para niños desentrenados. El entrenamiento con mayor número de repeticiones puede proveer una mejor oportunidad para mejorar la coordinación o el aprendizaje e incrementar la activación motora principal (o sea incrementar el número de unidades motoras reclutadas y aumentar la frecuencia de descarga). Puesto que los niños no pueden activar sus músculos tan bien como los adultos en estado desentrenado (20), los protocolos con mayor número de repeticiones pueden ser ideales para los niños que participan en un programa de entrenamiento con sobrecarga introductorio. Además, el entrenamiento complejo puede ofrecer ventajas adicionales ya que este método de acondicionamiento aparentemente incrementa la potencia en adultos (6), y podría ser razonable sugerir que los niños pueden experimentar beneficios similares, a condición de que el programa sea apropiadamente prescripto. Claramente, se necesita más investigación para explorar los efectos de diferentes tipos de entrenamiento sobre los mecanismos neurales y mecánicos precisos que incrementan la fuerza y la potencia en niños.

Como se esperaba, el incremento de la resistencia muscular local mejoró después de 8 semanas de entrenamiento progresivos con sobrecarga. Sin embargo en el presente estudio, solamente las ganancias en resistencia producidas por los grupos ML y CX fueron significativamente mayores a las ganancias producidas por el grupo CT (control). Las ganancias realizadas por los grupos ML y CX fueron también significativamente mayores a las producidas por el grupo HL. Estos hallazgos sostienen la observación de otros que reportaron incrementos en la resistencia muscular local en niños que participaron en un programa de entrenamiento con sobrecarga progresivo (18). Mientras que los comentarios verbales de los niños en este estudio sugirieron que disfrutaron del entrenamiento con el balón medicinal, nuestros datos indicaron que el entrenamiento de la fuerza combinado con el entrenamiento con el balón medicinal (o sea, entrenamiento complejo) podría ser más beneficioso que el entrenamiento con el balón medicinal solamente.

En las poblaciones adultas, los programas de entrenamiento con sobrecarga que son designados para maximizar la fuerza no son típicamente tan efectivos en incrementar la resistencia muscular (13). Los resultados de este estudio sugieren que el entrenamiento de altas repeticiones a corto plazo (tanto en el entrenamiento ML o CX) puede ser igualmente efectivo en el incremento de la fuerza muscular y la resistencia muscular local en niños desentrenados. Por ello, parece que niños y adultos responden diferentes a los protocolos de entrenamiento con sobrecarga, y por ello la relación existente entre los estímulos de entrenamiento y la respuesta puede variar entre diferentes poblaciones. Aunque todos los entrenamientos utilizados en este estudio pueden ser considerados seguros (o sea de los programas de entrenamiento no resultó ninguna lesión), los resultados sugieren que si los niños comienzan con 1 serie por ejercicio, deberían ser recomendados un número elevado de repeticiones (13-15 repeticiones) o un número bajo de repeticiones (6-8 repeticiones) seguidas de 6-8 pases de pecho con balón medicinal, para el entrenamiento corporal del tren superior (asumiendo que las repeticiones en el ejercicio DCER son realizadas hasta punto de fatiga temporaria). Es posible que sesiones de entrenamiento más frecuentes o mayores periodos de entrenamiento pueden ser necesitados para observar cambios en la fuerza corporal del tren superior en respuesta al entrenamiento HL y MB.

En el pasado, ha sido difícil comparar los efectos de protocolos seleccionados de entrenamiento con sobrecarga en niños debido a las diferencias en el diseño de los programas, la duración de los estudios y las metodologías de entrenamiento. Mientras que los resultados de esta investigación confirman los resultados de estudios previos que reportaron ganancias significativas en la fuerza muscular en niños, un hallazgo nuevo del presente estudio fue la magnitud del incremento de la fuerza corporal de los músculos y el desarrollo de la resistencia muscular local resultantes de los entrenamientos ML y CX, comparados con el desarrollo producido en los otros grupos experimentales. Adicionalmente estos datos hacen resaltar el valor potencial del entrenamiento complejo, el cual parece ser significativamente seguro, efectivo y eficiente en el entrenamiento de niños saludables.

Una de las limitaciones de este estudio fue que algunos de los sujetos realizaron entrenamiento de la potencia, pero no realizamos evaluaciones de la misma. Deben diseñarse futuros estudios para identificar protocolos de entrenamiento que aumenten la potencia en niños. Otra inquietud es que el peso del grupo control fue significativamente menor que el de los grupos que entrenaron. En teoría esto puede complicar la interpretación de los hallazgos de la investigación ya que un incremento determinado de la fuerza representa un menor incremento relativo en niños más pesados. Sin embargo, no hubo diferencias en 1 RM de press de banca al comienzo del periodo de entrenamiento.

También, ya que no hemos medido la maduración biológica al inicio del periodo del estudio, es posible que alguno de los sujetos mayores hubiera entrado en la pubertad o en la adolescencia. Por ello, no se puede establecer con completa confianza que todos los sujetos fueran preadolescentes. Sin embargo, para el propósito de este estudio, nosotros afirmamos que esta limitación es menor debido a que las ganancias de fuerza relativa producidas durante la preadolescencia son comparables con las ganancias relativas producidas durante la adolescencia (16). Finalmente, ya que esta investigación se dirigió solo a la fase inicial de la adaptación en niños previamente desentrenados, es posible que las diferencias entre protocolos de entrenamiento seleccionados pueden no ser evidentes debido a la naturaleza de corto plazo de este estudio.

Aplicaciones Prácticas

Los resultados de nuestra investigación sugieren que los niños pueden incrementar su fuerza corporal del tren superior y la resistencia muscular local a través de la participación en un programa progresivo de entrenamiento con sobrecarga. Si bien el entrenamiento induce mejoras en el rendimiento muscular, estas son una función de muchos factores (o sea, diseño del programa y calidad de la instrucción), nuestros datos indican que durante el período inicial de adaptación, comenzar con un protocolo de entrenamiento de altas repeticiones (con una carga moderada o con una carga pesada en combinación con entrenamiento con balón medicinal) es más efectivo que otros protocolos en niños desentrenados. Aunque un mayor estímulo de entrenamiento puede ser necesario para producir adaptaciones en niños desentrenados, comenzar un programa de entrenamiento con sobrecarga en el tren superior para niños con una sola serie puede producir cambios positivos en el rendimiento muscular. Los resultados de este estudio sugieren que los programas de entrenamiento diseñados para optimizar el desarrollo de fuerza en adultos pueden no ser similarmente efectivos en poblaciones de niños desentrenados. Finalmente, se necesitan estudios a largo plazo para explorar los efectos de un programa de entrenamiento con sobrecarga periodizado sobre mediciones seleccionadas del rendimiento en niños.

REFERENCIAS

1. American Association of Health, Physical Education, Recreation and Dance (1988). The AAHPERD Physical Best Program. Reston, VA: American Alliance for Health, Physical Education, Recreation and Dance
2. American College of Sports Medicine (2000). ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription (6th ed.). Baltimore: Lippincott, Williams & Wilkins
3. American Orthopedic Society for Sports Medicine (1988). Proceedings of the conference on Strength Training and the Prepubescent. Chicago: American Orthopedic Society for Sports Medicine
4. Blimkie, C (1989). Age- and sex-associated variation in strength during childhood: Anthropometric, morphologic, neurologic, biomechanical, endocrinologic, genetic, and physical activity correlates. In *Perspectives in Exercise Science and Sports Medicine*. Eds. Indianapolis: Benchmark Press, pp. 99-163
5. Blimkie, C (1993). Resistance training during preadolescence. Issues and controversies. *Sports Med*; 15: 389-407
6. Ebben, W., and P. Watts (1998). A review of combined weight training and plyometric training modes: Complex training. *Strength Cond*; 20:18-27
7. Faigenbaum, A., W. Kraemer, B. Cahill, J. Chandler, J. Dziados, L. Elfrink, E. Forman, M. Gaudiose, L. Micheli, M. Nitka, and S. Roberts (1996). Youth resistance training: Position Statement paper and literature review. *Strength Cond* 18:62-75
8. Faigenbaum, A., W. Westcott, R. LaRosa Loud, and C. Long (1999). The effects of different resistance training protocols on muscular strength and endurance development in children. *Pediatrics*; 104:e5. www.pediatrics.org/cgi/content/full/104/1/e5
9. Faigenbaum, A., W. Westcott, C. Long, R. LaRosa Loud, and M. Delmonico, and L. Michelli (1998). Relationship Between Repetitions and Selected Percentages of One Repetition Maximum in Healthy Children. *Pediatr Phys Ther*; 10:110-113
10. Faigenbaum, A., W. Westcott, L. Michelli, A. Outerbridge C., Long, R. LaRosa Loud, and L. Zaichkowsky (1996). The effects of strength training and detraining on children. *J Strength Cond Res*; 10:109-114
11. Faigenbaum, A., Zaichkowsky, Westcott, L., L. Michelli, and A. Fehlandt (1993). The effects of a twice per week strength training program on children. *Pediatric Exerc Sci*; 5: 339-346
12. Falk, B., and G. Tenenbaum (1996). The effectiveness of resistance training in children: A meta-analysis. *Sport Med*; 22:176-186
13. Fleck, S., and W. Kraemer (1997). Designing resistance training program (2nd ed.). Champaign, IL: Human Kinetics
14. Lillegard, W., E. Brown, D. Wilson, R. Henderson, and E. Lewis (1997). Efficacy of strength training in prepubescent to early prepubescent males and females: Effect of gender and maturity. *Pediatr Rehabil*; 1: 147-157
15. Morris, F, G. Naughton, J. Gibbs, J. Carlson, and J. Wark (1997). Prospective ten month exercise intervention premenarcheal girls: Positive effects of on bone and lean mass. *J Bone Miner Res*; 12: 1453-1462
16. Pfeiffer, R., and R. Francis (1986). Effects of strength training on muscle development in prepubescent, pubescent and postpubescent males. *Physician Sports Med*; 14: 134-143
17. Ramsay, J., C. Blimkie, K. Smith, S. Garner, and J. MacDougall (1990). Strength training in prepubescent boys. *Med Scie Sports Exerc*; 22:605-614
18. Sailors, M., and K Berg (1987). Comparison of responses to weight training in pubescent boys and men. *J Sports Med*; 27:30-37
19. Sale, D (1989). Strength training in children. In *Perspective in Exercise Science and Sports Medicine*. Eds. Indianapolis: Benchmark Press, pp. 165-216
20. Sale, D., and D. MacDougall (1981). Specificity in strength training: A review for the coach and athlete. *Can J Appl Sports Sci*; 6:87-92
21. Weltman, A., C. Janney, C Rains, K Strand, B. Berg, S. Tippitt, J. Wise, B. Cahill, and F. Katch (1986). The effects of hydraulic resistance strength training in prepubertal males. *Med Sci Sports Exerc*; 18:629-638

Cita Original

Faigenbaum, Rita LaRosa Loud, Jill O'Connell, Scott Glover, Jason O'Connell, y Wayne L. Westcott. Effects of different resistance training protocols on upper-body strength and endurance development in children. J Strength Cond Res; 15 (4):459-465, 2001.