

Meta-analysis

La Efectividad del Entrenamiento de la Fuerza en los Niños. Un Meta-Análisis

The Effectiveness of Resistance Training in Children

Bareket Falk¹ y G. Tenenbaum²¹Ribstein Center for Research and Sport Medicine Sciences, Wingate Institute, Netanya, Israel.²Department of Psychology, University of Southern Queensland, Toowoomba, Queensland, Australia.

RESUMEN

Muchos estudios recientes han reportado que el entrenamiento con sobrecarga puede ser efectivo para producir ganancias de fuerza en prepúberes. Estos estudios aparecen para refutar las antiguas creencias de la ineffectividad del entrenamiento de la fuerza en los niños. Un procedimiento de meta-análisis combina los resultados de los estudios empíricos individuales y estima un efecto estandarizado, llamado efecto de tamaño o dimensión. Este efecto de tamaño está basado en los valores alcanzados por los grupos experimental y control antes y después del entrenamiento, dividido por el desvío estándar de las varianzas de los dos grupos. En una búsqueda en la literatura se encontraron 28 estudios que describían un programa de entrenamiento de la fuerza para niños y niñas de menos de 12 o 13 años, respectivamente. Presumiblemente, estos niños eran prepúberes o habían entrado recientemente en la pubertad. Sin embargo solo 9 de estos estudios proveían los datos necesarios para calcular el efecto del tamaño, por lo tanto solo 9 estudios pudieron ser incluidos. La mayoría de los estudios mostraron una mejoría en la fuerza de entre un 13 y 30 %. El efecto del tamaño total promedio fue de 0,57. Esto significa que luego del entrenamiento, el promedio de los niños en el grupo experimental estaba un 71,6 % arriba de los niños del grupo control. La efectividad del entrenamiento de la fuerza puede ser influenciada por factores como la edad, maduración, sexo, así como la frecuencia, duración e intensidad de los programas de entrenamiento. Los estudios incluidos en este análisis examinaron participantes de edades variadas y no demostraron una influencia clara de la edad. La mayoría de los estudios examinó solo a niños o a grupos mezclados de niños y niñas. Por esto, la influencia del sexo en la efectividad del entrenamiento de la fuerza en niños prepúberes no puede ser determinada todavía. No obstante, en los estudios en los que los niños y las niñas fueron examinados por separado, no fue encontrada ninguna diferencia en el efecto del entrenamiento de la fuerza entre sexos. Una frecuencia de entrenamiento de 2 veces por semana parece ser suficiente para inducir ganancias en la fuerza de los niños. Sin embargo, la duración e intensidad mínima no están claras. Algunas cosas que faltaron en los estudios revisados incluyen: 1. la falta de control para medir un posible efecto de aprendizaje, 2. división de grupos control y experimental no realizada al azar, 3. ausencia del reporte de la tasa de adherencia, 4. participación en los estudios únicamente de varones, 5. muy poca información acerca del tipo, volumen e intensidad del entrenamiento. Los estudios que sean realizados en el futuro deberían tomar en consideración estas recomendaciones.

Palabras Clave: entrenamiento de sobrecarga, revisión, prepúberes, entrenabilidad, púberes, entrenamiento de resistencia

ABSTRACT

Many recent studies have reported that resistance training can be effective in producing strength gains among prepubescents. These studies appear to refute the early claims of ineffectiveness of resistance training in children. A meta-analysis procedure combines the results of individual empirical studies and estimates a standardised effect, termed effect size. This effect size is based on the scores of the control and experimental groups before and after training. It defines the difference between the gain of the experimental and control groups, divided by the standard deviation of the pooled variances of both groups. A literature search revealed 28 studies which described a resistance training programme for girls and boys under the age of 12 and 13 years, respectively. Presumably, these children were pre- or early-pubescent. However, only 9 of these studies provided the necessary data to calculate the effect size and could be included in the analysis. The majority of the studies showed a gain in strength between 13 and 30%. The overall mean effect size was found to be 0.57. This signifies that following training, the average child in the resistance training group was above 71.6% of the children in the control group. The effectiveness of resistance training can be influenced by factors such as age and maturation, gender, as well as the frequency, duration and intensity of the training programme. The studies included in the analysis examined participants of varying ages and did not demonstrate a clear influence of age. Most studies examined only boys or a mixed group of boys and girls. Therefore, the influence of gender on the effectiveness of resistance training in prepubescents cannot yet be determined. Nevertheless, in the few studies where boys and girls were examined separately, no difference was found in the effect of resistance training between genders. It appears that a training frequency of twice per week is sufficient to induce strength gains in children. However, the minimal, or for that matter optimal, duration and intensity are not clear. Some of the weaknesses observed in the reviewed studies include: (i) the lack of control for a possible learning effect; (ii) non-randomisation into the training and control groups; (iii) no report of adherence rate; (iv) a reliance on boys as study participants; and (v) too little information on the type, volume and intensity of training. Future studies should take these weaknesses into consideration.

Keywords: resistance training, review, prepubertal, trainability, pubescent, resists training

LA EFECTIVIDAD DEL ENTRENAMIENTO DE LA FUERZA

El entrenamiento de la fuerza en niños y adolescentes ha sido un tópico de gran interés en los últimos años entre científicos, médicos, entrenadores, atletas jóvenes y padres. La extensión de la juventud en este tipo de entrenamiento no está bien documentada. Sin embargo una encuesta nacional reciente reportó que en el 25% de los centros de actividad física emplean graduados certificados de la Escuela Nacional de Entrenadores de Israel, la mayoría de los entrenadores (60%) tenían menos de 18 años. La mitad de estos adolescentes (48.9%) tenían menos de 16 años (datos no publicados). En Israel la ley no permite que niños menores de 14 años asistan a gimnasios. Así, aunque no este bien documentado, es aparente que el entrenamiento de la fuerza es comúnmente practicado por adolescentes. La extensión del entrenamiento de la fuerza entre los niños es desconocida.

La efectividad, beneficios y riesgos del entrenamiento de la fuerza han sido extensamente estudiados en adultos. De otro modo, en niños y adolescentes hay mucha menos información y esta, es mucho más incierta. Los estudios que han investigado el efecto del entrenamiento de la fuerza en los niños y adolescentes ha menudo sufren de errores metodológicos, o de ausencia de grupo control, o de programas de entrenamiento inapropiados.

Por muchos años el entrenamiento de la fuerza no fue recomendado para los niños y adolescentes por dos razones. Primero por el esqueleto inmaduro de los niños y especialmente se creía que los adolescentes eran más propensos a lesiones y a la posible interferencia en el crecimiento. Segundo, se creía que el entrenamiento de fuerza en los niños y especialmente en los prepúberes no era efectivo.

El hecho de las lesiones asociadas al entrenamiento de fuerza ha sido recientemente discutido por Macera y Wooten (4). Ellos concluyeron en que en niños y adolescentes, las lesiones que pueden resultar del entrenamiento de la fuerza son similares a las causadas por el fútbol americano. De otro modo Hamill (5), reportó los resultados de un estudio británico en el cual la tasa de lesiones entre adolescentes que hacían entrenamiento de fuerza y levantamiento de pesas era mucho más baja que en otros deportes (rugby, football, tennis). Existen algunos reportes retrospectivos de lesiones en relación al entrenamiento de la fuerza, pero son pocos en número.

Ninguno de los programas prospectivos de entrenamiento de la fuerza (en los cuales el entrenamiento estaba bien supervisado), reportó ninguna fractura. Sale (3) y Micheli (6) sostienen que las lesiones esqueléticas pueden ser

prevenidas con una técnica y una supervisión apropiadas, un programa de entrenamiento progresivo y la prohibición de los movimientos balísticos. Además, Blinkie (2) en su extensiva revisión de la literatura, afirma que no hay ninguna indicación de que el entrenamiento de la fuerza sea más riesgoso que otros deportes que realizan los jóvenes o actividades recreacionales en términos de la incidencia o severidad de las lesiones musculoesqueléticas.

Basándose en algunos primeros estudios, fue sostenido que el entrenamiento de sobrecarga no resultaba en incrementos en la fuerza y la potencia de los niños, especialmente prepúberes. De hecho, en 1983, La Academia Nacional de Pediatría (7) sugirió que los máximos beneficios del entrenamiento de la fuerza eran obtenidos por atletas postpúberes, y que los mínimos beneficios eran obtenidos por los atletas prepúberes. Esta afirmación era sostenida por las bajas concentraciones de hormonas anabólicas en los niños prepúberes. Kirsten(8) reportó un incremento no significativo en la fuerza de extensión isométrica de los músculos de la espalda baja de niños y niñas prepúberes que entrenaron 5 veces a la semana con una contracción máxima cada sesión, comparado con un grupo control que no entrenó. La falta de diferencia entre los grupos fue posiblemente causada por el bajo volumen de entrenamiento. En otro estudio Vrijens (9) no reportó ganancia en la fuerza en niños de 10 a 17 años luego de un entrenamiento de 8 semanas (3 veces por semana, 1 serie de 8-12 repeticiones). Más recientemente, Docherty et al. (10) tampoco reportó ganancias significativas de fuerza en niños de 12 años, jugadores de hockey y fútbol, que entrenaron luego de su temporada de competición en sus deportes. De nuevo el bajo volumen de entrenamiento puede explicar la falta de mejora.

De otro modo, muchos otros estudios han demostrado incrementos claros en la fuerza y la potencia de los niños como resultado de los programas de entrenamiento (tablas 1 y 2). Desafortunadamente algunos de estos estudios sufren de fallas metodológicas, como la ausencia de grupo control y la falta de control de un posible efecto de aprendizaje.

Un factor metodológico importante que puede contar para la inconsistencia en los resultados del entrenamiento de fuerza en niños está relacionado a la fuerza de los test estadísticos (38,39). Debe destacarse que el número de participantes en cada estudio, incluido este análisis (tablas 1 y 2) no es siempre suficiente para producir el efecto nombrado. En otras palabras, se debe concluir que los tamaños de muestra pequeños en el entrenamiento de fuerza en niños reducen las posibilidades de encontrar un efecto. Una de las soluciones para sobrepasar esta seria limitación es aplicar un meta-análisis (también llamado análisis secundario sintético-integrativo), con el fin de particularizar el efecto de todos los estudios que han sido reportados en la literatura científica.

UN META-ANÁLISIS DEL ENTRENAMIENTO DE LA FUERZA EN NIÑOS

El procedimiento de meta-análisis fue introducido por primera vez por Glass (40,41). Y apunta a combinar los resultados de estudios empíricos individuales, y de este modo formar una síntesis de las investigaciones. El método consiste en estimar un efecto estándar (tamaño de efecto, ES) basado en los resultados de los grupos controles y experimentales de cada medición de manera independiente. El ES puede ser convertido desde medias, desvíos estándar, correlaciones, valores F, y niveles de significación. Un ES es una magnitud de un efecto en términos de unidades de desviación estándar y permite la integración cuantitativa de la investigación.

El propósito de este estudio secundario es conducir un análisis cuantitativo de la literatura disponible para evaluar la efectividad del entrenamiento de fuerza en los niños. A pesar de que hubiéramos preferido limitar el análisis solo a niños prepúberes, esto fue imposible, debido a que el estado puberal no es mencionado en la mayoría de los estudios. Así, limitamos nuestro análisis por la edad. El análisis es apuntado a explorar si las diferencias en el ES pueden ser atribuidas al sexo, la duración del entrenamiento, u algún otro régimen demográfico, intensidad, o características de los programas. Sin embargo, debe hacerse notar, que debido a hay un número limitado de estudios de alta calidad en el grupo de edades que buscamos, la fuerza del meta-análisis está limitada a delinear conclusiones no muy amplias.

SELECCIÓN E INCLUSIÓN DE LOS ESTUDIOS

Una búsqueda por computadora fue conducida por las bases de datos MEDLINE y SIRC para identificar estudios que hayan examinado el efecto del entrenamiento de la fuerza en niños. Las palabras clave utilizadas fueron: niños, fuerza, entrenamiento de la fuerza. Un cierto número de revistas científicas (ej. Ped Exerc Sci) fueron examinadas manualmente. También fueron buscados estudios que hallan sido citados en revisiones.

La inclusión de los estudios en el análisis consistía en los siguientes criterios: 1.El diseño del estudio debía incluir un

programa de entrenamiento de la fuerza, 2. La edad máxima de los participantes era de 12 y 13 años para los niños y las niñas respectivamente, 3. Los datos debían permitir el cálculo del ES (número de participantes en cada grupo, medias y desvíos estándar pre y post entrenamiento tanto para los grupos experimental como control).

Un estudio se desviaba de los criterios anteriormente citados, pero fue incluido en el análisis. En este estudio el rango de edad de los participantes fue de 10 a 14 años y fue asumido que la mayoría de los participantes cumplían los criterios citados. De los 28 estudios que satisficieron los dos criterios (ver tablas 1 y 2), solo 9 estudios presentaban los datos necesarios para calcular el ES. Cuatro estudios no tenían grupo control, tres no daban los desvíos estándar, dos daban solo los porcentajes de los cambios, cinco no daban ningún tipo de datos, y cinco no estaban disponibles. Debe ser destacado que los datos de dos estudios fueron derivados de un gráfico. En un estudio fueron calculados análisis separados para las mujeres y los varones.

Estudio	N	Edad	Características del programa	Tipo de entrenamiento	Sexo	Comentarios
Kirsten (8)	ND	11-12	15 semanas, 5 veces por semana, 1 contracción máxima de los músculos extensores de la espalda	Isométrico	M, F	Bajo volumen, encontró incrementos en adolescentes
Vrijens (9)	16	10,5	8 semanas, 3 veces por semana, 1 serie de 8-12 repeticiones	Isométrico	M	Bajo volumen, no grupo control, incremento de los postpúberes
Docherty et al. (10)	34	12,6	4-6 semanas, 3 veces por semana, 2 series de 20'' c/ serie	Isométrico, aeróbico y anaeróbico	M	Jugadores de jockey y fútbol, bajo volumen, no grupo control

Tabla 1. Estudios que no encontraron incrementos en la fuerza en niños y adolescentes a través de entrenamiento de la fuerza. Los rangos de edades son reportados cuando están disponibles. De otro modo es reportada la edad media. Abreviaciones: F = femenino, M = masculino, ND = no disponible, N = número de participantes en el grupo experimental.

El Procedimiento del Meta-Análisis

La metodología del meta-análisis sigue la teoría estadística del análisis ES de Hedges (42). Los cambios en la fuerza muscular son definidos en términos de ES basados en los puntajes de las ganancias de los participantes en los pre y post test. El ES es definido como la diferencia entre la media de las ganancias en los puntajes de los grupos experimental y control dividido por los desvíos estándar de las varianzas de los dos grupos. Cuando las varianzas no estaban disponibles, fueron usados los desvíos estándar del grupo control, asumiendo la igualdad de las varianzas pre, post test en los dos grupos.

El ES fue calculado de la siguiente manera:

$$ES = (Ge - Gc) / Sc = \{(Ye - Yc) - (Xe - Xc)\} / Sc$$

Donde G_e y G_c son los valores medios de los grupos experimental (e) y control (c), respectivamente; Y_e y Y_c son las medias de los valores post-test; X_e y X_c son las medias de los valores pre-test y Sc es el desvío estándar de los valores pre-test del grupo control.

El estimador del parámetro de población ES está sesgado ("g") y tiende a sobreestimar los parámetros de población en muestras pequeñas. Por esto, un factor de corrección es usado para proveer un estimador no sesgado. El ES no sesgado "d" se obtiene multiplicando el ES sesgado "g" por una constante "Cn".

El valor de la constante se obtiene de la siguiente forma:

$$C_n = 1 - \{3 / (4 N_e + 4 N_c - 9)\}$$

Donde N_e y N_c son el número de participantes.

Luego un ES corregido es estimado para cada estudio individual, el segundo paso en este análisis es testear la homogeneidad de este ES individual, para determinar cual de los dos ES estimados difiere más de las fluctuaciones de las muestras.

El test de la homogeneidad del ES tiene una hipótesis de test nula de que todos los estudios alcanzan un ES común. Los datos estadísticos obtenidos a partir del test de homogeneidad es distribuido con grados de libertad iguales al número de estudios menos uno. El estadígrafo de homogeneidad es calculado de la siguiente forma:

$$H = n \sum_{i=1}^P \sum_{j=1}^{M_i} (d_{ij} - d_{..})^2 / \sigma_{ij}^2 (d_{ij})$$

Donde d_{ij} es el ES de cada estudio, $d_{..}$ es una combinación del ES estimado y $\sigma_{ij}^2 (d_{ij})$ es la varianza de cada ES para cada estudio.

Cuando la homogeneidad es significativa, significa que los ESs no alcanzan igual tamaño. En este caso un análisis de agrupamiento es aplicado, para agrupar los ESs (para averiguar porque determinados estudios alcanzaron resultados similares y porque son diferentes de otras clases de estudios). Este procedimiento es usualmente aplicado cuando no hay ningún motivo para postular asunciones a priori (hipótesis). Finalmente, para evitar sesgos para estimar los ESs en algunos estudios donde fueron tomadas muchas mediciones (variables dependientes), se calcula un ES promedio. Este procedimiento garantiza que una inflación del ES derivado de un solo estudio no va a sesgar al ES de la población, particularmente cuando la muestra de estudios relevantes es pequeña.

Estudio	N	Edad	Sexo	Caract. del programa	Tipo de entrenam.	% de incremento	Comentarios
Ban-Pillarela (11)	30	11,5	M, F	10 sem., 3 vec.	Aeróbico e isotónico	20	Ningún dato del grupo control
Blasky & Gregor (12)	20	10-14	M, F	Temporada de invierno, 3 vec., 2 series, 8-12RM	Isotónico	10-12	Se entrenó a nadadores
Clark et al. (13)	23	7-9	M	12 sem., 3 vec., 90'	Lucha	17-43	Intensidad y volúmenes desconocidos, no hubo efectos sobre la capacidad aeróbica
Duffner (14)	¿?	7-9	M, F	4 sem.	¿?	24-27	Intensidad desconocida

Faigenbaum et al. (15)	14	10,8	M, F	8 sem, 2 vec., 10-15 rep. 50-100%-10RM	Isométrico	74,3	Disminución de la sumatoria de pliegues. Los participantes eran prepúberes y niños recién entrados en la pubertad
Faigenbaum et al. (16)	15	7-12	M, F	8 sem, 2 vec, 3 series, 6-8 rep, 6RM	Isotónico	41,1-53,5	Los participantes eran prepúberes y niños recién entrados en la pubertad
Falk & Mor (17)	15	6-8	M	12 sem, 2 vec, ejercicios variados	Isométrico isotónico, y ejercicios de karate.	14-26	Mejoraron también en coordinación
Grimm & Raede (18)	¿?	9	M, F	16 sem, 3 vec	Círculo	¿?	Intensidad desconocida
Hettinger (19)	26	12,6	M, F	20-24 sesiones, una contracción máxima	Isométrico	1,6- 4,1 por semana	No grupo control, mejoras similares en niños y niñas, incrementos similares en prepúberes y recién iniciados en la pubertad(n=11) vs. Púberes (n=15)
Isaacs & Pohlman (20)	9	Prepúberes	F	12 sem, 3 vec, 5 series, 15 rep, 50-70%-1RM	Isotónico, pesos libres	¿?	No incrementos en la fuerza isométrica
McGovern (21)	42	4-6 grado	M, F	12 sem, 3 vec	Isotónico, circuito	¿?	Mejoras similares en niños y niñas, no hubo incremento en la cap. aeróbica, no hubo cambios en los pliegues.
Mersch & Stoboy (22)	4	Prepúberes	M	8-6 sem, 6 vec, 10 contracciones máximas de 10''	Isométrico	26 -40	Eran mellizos, incrementos en el área de sección cruzada
Messner (23)	¿?	7- 9	M, F	4 sem	¿?	40	Volumen e intensidad desconocida
Noack (24)	¿?	13	F	17 sem, 3 vec, 3 rep máximas	Isométrico	¿?	No hay información del grupo control

Nielsen et al. (25)	50 75 88	7-19	F	5 sem, 3 vec, 24 rep máximas o 10 sprints o 80 saltos	Isométrico, saltos y sprints	¿?	Mejoras principalmente en las variables entrenadas, mayores incrementos en las niñas < 13,5 años
Ozmun et al. (26)	8	9,8 – 11,6	M, F	8 sem, 3 vec, 7-11 rep	Isotónico, pesos libres	22,6 – 27,8	Ningún cambio en los perímetros de las extremidades, todos los participantes eran prepúberes
Pfieffer & Francis (27)	15 15	10,3 13,1	M	9 sem, 3 vec., 3 series, 50- 100%- 10RM	Isotónico	19,4 – 26,4	Mayor % de incremento en los grupos mas jóvenes
Ramsay et al. (28)	13	9-11	M	20 sem, 3 vec, 3-5 series, 8- 12 rep	Isotónico	25 - 37	Control parcial del efecto de aprendizaje, todos los participantes eran prepúberes
Rians et al. (29)	18	8,3	M	14 sem, 3 vec., máximo número de repeticiones en 30''	Hidráulico, circuito	21,6 – 32,8	todos los participantes eran prepúberes, Ningún efecto sobre el crecimiento en la composición corporal, incremento de la flexibilidad, practicaron también hockey
Rohmert (30)	29	8	M, F	9-10 sem, 6 vec, máximas rep cada sesión (1-6'')	Isométrico	19,4 – 36,3	No grupo control, incrementos similares en niños y niñas
Sailors & Berg (31)	5	12,6	M	8 sem, 3 vec, 3 series, 65- 100%-5RM	Isotónico, pesos libres	19,6 – 52,3	Controló el efecto del aprendizaje, disminución de la sumatoria de pliegues
Servedio et al. (32)	6	11,9	M	8 sem, 3 vec	Isotónico, levantamient o de pesas	¿?	Todos los participantes eran prepúberes, Volumen e intensidad desconocida, no hubo cambios en la comp. corporal y en la flexibilidad

Sewall & Micheli (33)	10	10 - 11	M, F	9 sem, 3 vec, 3 series, 10 rep, 50-100%-10RM	Isotónico, neumático	42,9	Los participantes eran prepúberes y niños recién entrados en la pubertad, incrementos de la flexibilidad, incrementos en solo un ejercicio (flexión de hombro).
Siegel et al. (34)	26 24	8,4 8,6	M F	12 sem, 3 vec, ejercicios desestructurados con énfasis en el tren sup.	Isotónico e isométrico	10,3 – 13,7	Mejoras similares en niños y niñas, incrementos en la flexibilidad, carga desconocida.
Stahle et al. (35)	36	7-9 10 - 12	M	9 sem, 2-3 vec, 30', máximas rep con 75%-1RM	Isotónico	¿?	Mejoras similares para diferentes frecuencias de entrenamiento, no hubo comparación entre edades
Weltman et al. (36)	19	6 - 11	M	14 sem, 3 vec, 3 series de 30''	Hidráulico, circuito	18,5-36,6	Todos los participantes eran prepúberes, incremento en el rendimiento motor, la cap. aeróbica y la flexibilidad
Wescott (37)	¿?	8 - 13	F	3 sem, 10 sesiones, 3 series 55-85%-1RM	Isométrico	23	No grupo control

Tabla 2. Estudios que demostraron incrementos en la fuerza y en el rendimiento en niños y adolescentes luego del entrenamiento de la fuerza. Los rangos de edades son reportados cuando están disponibles. De otro modo es reportada la edad media. Abreviaciones: F = femenino, M = masculino, ND = no disponible, N = número de participantes, sem = semanas de duración, vec = frecuencia del entrenamiento por semana, rep = repeticiones por serie, RM = repeticiones máximas, ¿? = información que falta.

RESULTADOS DEL META-ANÁLISIS

Los datos descriptos previamente, propusieron tres estudios que fallaron en mostrar cambios significativos en la fuerza luego de programas de entrenamiento para niños y adolescentes relativamente cortos (4 a 6 semanas), intermedios (6 a 12 semanas) y largos (15 semanas) (tabla 1). Los estudios varían en duración, intensidad, y volumen de entrenamiento, edad de los participantes, y tipo de entrenamiento. Debe hacerse notar que varios estudios no contaron con diseños de investigación apropiados, como el hecho de tener un grupo control. Estos estudios fueron excluidos para realizar análisis más amplios.

De los 28 estudios, menos de un tercio cumplían con los criterios de los procedimientos del meta-análisis. Estos estudios y sus ESs están presentados en la tabla 3. Los 9 estudios contienen un número desigual de mediciones dependientes. De este modo, un ES medio fue computado para cada estudio. Solo en el estudio de Siegel et al. (34) fueron calculados dos ESs (para los niños y las niñas por separado). Estos 10 ESs fueron luego analizados con test estadísticos descriptivos y de

homogeneidad.

El ES total corregido de 0,57 (SD=0,12) fue significativamente mayor que cero. El test de homogeneidad fue significativo ($p<0,03$), indicando la heterogeneidad de los ESs. Como no fue aplicada una hipótesis a priori, el análisis de agrupamiento reveló 3 grupos diferentes de ESs. Estos grupos están presentados en la tabla 5. Solo un estudio (13) resultó en un ES muy bajo (0,13) y solo 2 estudios (15, 31), resultaron en ESs extremadamente altos. La mayoría (7 de 10) resultó en ES moderados en un rango de 0,35 a 0,85.

Para esclarecer más ampliamente la tabla 5, los ESs pueden ser interpretados como porcentajes. Por ejemplo, un ES de 0,13 significa que el promedio de los participantes en el grupo que entreno la fuerza está un 55 % arriba de los participantes del grupo control. ESs de 1,44 y 2,71 significa que el promedio de los participantes en el grupo experimental está un 92,5 y un 99,6 % arriba de los participantes del grupo experimental. ESs de 0,35 y 0,83 significa que el promedio de los participantes del grupo experimental está un 63,7 y un 79,6 %, respectivamente arriba de los participantes del grupo control. Para comparación, el promedio de los participantes en el grupo control es mejor que el 50 % de los participantes de su propio grupo. Así, los resultados de los 9 estudios y sus 10 ESs asociadas indican que la mayoría de los estudios muestran una ganancia en la fuerza que varía entre un 13.7 y un 29.6 % (63,7 % menos 50 %, y 79,6 % menos 50 %), teniendo en cuentas ambas medias y varianzas de los grupos experimental y control.

Estudio	Edad y sexo	N	Efecto de grupo (en diferentes test)	Efecto de grupo medio
Blasky & Gregor (12)	10 – 14 (M, F)	E = 20 C = 20	0,59 0,78 0,85 0,34 0,46 0,41 0,62 1,04 0,77 0,73 0,46 0,47 0,46 0,69 0,89 0,72	0,64
Clark et al. (13)	7 – 9 (m)	E = 23 C = 22	-0,26 0,52	0,13
Faigenbaum et al. (15)	10,8 9,9 (M, F)	E = 15 C = 10	1,77 1,80 3,12 2,87 3,97	2,71
Falk & Mor (17)	6 – 8 (M)	E = 15 C = 14	0,83	0,83
Ozmun et al. (26)	10,3 (M, F)	E = 8 C = 8	0,35 0,92	0,64
Ramsay et al. (28)	9 – 11 (M)	E = 13 C = 13	0,21 0,31 0,65 0,83	0,51

Sailors & Berg (31)	12,6 (M)	E = 5 C = 6	2,4 0,91 1,38	1,44
Siegel et al. (34)	8,4 8,6 (M)	E = 26 C = 30	0,11 -0,22 0,36 0,15 0,47 1,24	0,35
Weltman et al. (36)	6 – 11 (M)	E = 16 C = 10	0,81 0,69 0,43 0,20 0,85 0,78 0,54 0,18	0,56

Tabla 3. Estudios incluidos en le meta-análisis, características principales y efectos de grupo. Los rangos de edades son reportados cuando están disponibles. De otro modo es reportada la edad media. Abreviaciones: F = femenino, M = masculino, N = número de participantes.

DISCUSIÓN

Este procedimiento de meta-análisis apunto a cuantificar la efectividad del entrenamiento de la fuerza en los niños. El análisis reveló un ES promedio de 0,57 (SD=0,12), que significa que el promedio de participantes en el grupo experimental está un 71,6 % arriba de los participantes del grupo control. La mayoría de los estudios demostraron un incremento de la fuerza de entre un 13 y un 30 %, como resultado del entrenamiento. Estos resultados coinciden con revisiones previas realizadas recientemente (1,45) sobre entrenamiento de fuerza en niños y sugirieron que el entrenamiento de la fuerza puede ser beneficioso en los prepúberes. Los resultados deberían ser interpretados con cautela, ya que el análisis está basado en un número de estudios relativamente pequeño. Los 3 estudios que no demostraron efectos del entrenamiento de fuerza en los niños no fueron incluidos en el análisis, por sus diseños o por falta de información. Además, debe destacarse que los estudios que reportaron un efecto (entrenamiento de la fuerza en este caso) tienen una probabilidad más alta de ser aceptados en una revista científica comparado con los estudios que no encontraron efectos, así posiblemente sesgaron este análisis. Por lo tanto, el ES real puede ser menor que el que se encontró en este meta-análisis.

Parámetro	Valor
Media del efecto de grupo (EF)	0,79
Efecto de grupo corregido	0,57
Desvió estándar	0,12
Intervalo de confianza del 95%	0,34 – 0,80
Significancia Z	4,85
Valor – p	<0,001
Homogeneidad	18,98
Df	9
Valor – p	0,03

Tabla 4. Resultados del meta-análisis de los estudios de entrenamiento de la fuerza en niños. Abreviaciones: *df* = grados de libertad.

Referencia	Efecto de grupo
Grupo 1	
Clark et al. (13)	0,13
Grupo 2	
Blasky & Gregor (12)	0,64
Ozmun et al. (26)	0,64
Ramsay et al. (28)	0,51
Siegel et al. (34)	0,35
Weltman et al. (36)	0,56
Falk & Mor (17)	0,83
Grupo 3	
Faigenbaum et al. (15)	2,71
Sailors & Berg (31)	1,44

Tabla 5. Estudios agrupados por efecto de grupo (EF) pertenecientes a las ganancias de fuerza de los niños. Derivados de la tabla 3.

Hay muchos factores que pueden influenciar la efectividad del entrenamiento de la fuerza, incluyendo la edad o maduración, sexo, tanto como frecuencia, duración e intensidad de los programas de entrenamiento. La mayoría de los estudios incluidos en este análisis no reportaron el estadio de maduración de los participantes. Sin embargo en vista de los límites de las edades, se presume que los participantes incluidos eran prepúberes o en algunos casos habían ingresado a la pubertad recientemente. Es difícil determinar en este análisis la influencia de la edad sobre la efectividad del entrenamiento de la fuerza en los niños prepúberes. Clarke et al. (13) encontró un ES bajo (0,13) luego de un programa de entrenamiento de la fuerza en niños de 7 a 9 años de edad. Sailors y Berg (31), que encontraron un ES de 1,44, examinaron niños de edad más avanzada ($12,6 \pm 0,69$), sugiriendo que la efectividad del entrenamiento de la fuerza puede aumentar con la edad. Sin embargo, Faigenbaum et al. (15), que examinó niños más jóvenes, encontró un ES más alto (2.71). Otros estudios incluidos en este análisis examinaron individuos de edades variadas y encontraron ESs que están en rangos intermedios de los antes citados.

Para determinar la influencia de la edad en el efecto del entrenamiento de la fuerza, es necesario diseñar programas de entrenamiento de cargas relativamente similares en niños de diferentes grupos de edades. Varios estudios han intentado tal comparación entre adolescentes y prepúberes (8, 9, 27, 35). En general, parece que programas de entrenamiento similares resultan en ganancias de fuerza absoluta mayores en los adolescentes y adultos comparados con los prepúberes, pero los prepúberes obtienen ganancias porcentuales similares o mayores que los adultos.

Este análisis no pudo determinar la influencia del sexo en la efectividad del entrenamiento de la fuerza en prepúberes. Siegel et al. (34), que comparó niños y niñas, demostró un ES similar para ambos sexos (0,35). La mayoría de los estudios de entrenamiento de fuerza en prepúberes examinó solo niños o un grupo mezclado de niños y niñas. En los estudios donde los niños y las niñas fueron examinados por separado, no fue encontrada ninguna diferencia en el efecto del entrenamiento de la fuerza entre sexos (19, 21, 30).

El Colegio Americano de Medicina del Deporte (American College of Sport Medicine) recomienda que el entrenamiento de la fuerza en los niños debe ser practicado dos veces por semana (46). En la mayoría de los estudios de entrenamiento de la fuerza los participantes entrenaron 3 veces por semana o más. En adolescentes (15 a 18 años), Gillam (47) reportó incremento del aumento de la fuerza con aumentos de la frecuencia de los entrenamientos (1 a 5 veces por semana). No

obstante, debe ser destacado que el ES más alto en este estudio (ES=2.71) fue demostrado con una frecuencia de entrenamiento de dos veces por semana (15). Además, Stahle et al. (35) comparó el efecto de entrenar 2 vs. 3 veces a la semana en niños de 7 a 16 años y encontró mejoras similares.

La mayor tasa de incremento en las mediciones de la fuerza ocurre al comienzo del programa de entrenamiento (24, 48). Todos los estudios descriptos en este análisis demostraron incrementos en la fuerza y tuvieron también una duración relativamente corta. El estudio de mayor duración fue de 20 semanas (28) y demostró un ES de 0,51. Otros estudios de duración menor (8 a 12 semanas) demostraron ESs mas pequeños que este último estudio pero todavía grandes (Clarke et al. (13) ES=0,13; Faigenbaum et al. (15) ES=2,71; Saikors y Berg (31) ES=1.44). Así, la influencia de la duración de los programas de entrenamiento sobre la efectividad de los mismos debe ser todavía determinada.

Debe ser destacado que algunas de las primeras ganancias en la fuerza observadas reflejan el efecto del aprendizaje. Pocos estudios intentaron controlar este efecto. Sailors y Berg (31) realizaron el pre-test luego de 4 sesiones de entrenamiento en orden de controlar el efecto del aprendizaje, mientras que Ramsay et al. utilizó test intermedios para este propósito. Otros estudios no controlaron este efecto.

Así, es difícil determinar cuanto del ES fue causado por el entrenamiento y cuanto refleja el aprendizaje.

Todos los estudios que no encontraron efectos en la fuerza de los niños emplearon regimenes de intensidades relativamente bajos (tabla 1). Clarke et al. (13) que demostró un ES bajo, utilizó a la lucha como modo de entrenamiento. De este modo, la intensidad y el volumen de entrenamiento utilizados en este estudio son difíciles de determinar. Los 2 estudios que demostraron los ESs más altos (15, 31) emplearon suficiente intensidad (según Blimkie (1)) para inducir ganancias en la fuerza. Esta intensidad no parece ser más alta que la empleada en otros estudios. Blimkie (1) sostiene que la intensidad del entrenamiento es uno de los determinantes más importantes de la efectividad del entrenamiento de la fuerza en los niños, aunque desde este análisis, es difícil determinar la relación entre la intensidad y la ganancia de fuerza.

Las ganancias de la fuerza reportadas en diferentes estudios en la tabla 2 reflejan diferentes programas de entrenamiento, diferentes test y lo más importante diferentes grupos musculares. Programas de entrenamiento similares pueden resultar en diferentes mejoras en varios grupos musculares.

Esto puede obviamente resultar en diferentes ESs. Asimismo, diferentes programas de entrenamiento pueden resultar en ESs similares en ciertos grupos musculares. Así, el ES promedio encontrado en este análisis no refleja necesariamente las ganancias de fuerza esperadas en todos los programas de entrenamiento de diferentes grupos musculares. Con una disponibilidad mayor de estudios del efecto del entrenamiento de la fuerza en los niños, podría ser posible enfocar un ES que refleje diferentes programas de entrenamiento así como grupos musculares y segmentos del cuerpo (ej. Tren superior vs. Tren inferior).

RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES

Algunos de los estudios y revisiones incluidos en este análisis son de gran calidad. Sin embargo, varias flaquezas de algunos estudios deberían ser tomadas en consideración en estudios futuros. Una de las mayores flaquezas es que solo 2 estudios intentaron controlar el efecto del aprendizaje (28, 31). Este efecto puede contar mucho en las primeras ganancias de fuerza, por lo tanto estudios futuros deberían controlar el efecto del aprendizaje. Los participantes de los estudios fueron separados al azar en solo un tercio de los estudios en este análisis (12, 15, 26). La tasa de adherencia fue reportada en pocos de los estudios analizados. (15, 17, 36). No dividir los grupos al azar y una tasa de adherencia baja son factores que pueden sesgar los resultados de cualquier tratamiento. Así, estudios futuros deberían proveer esta información para permitirle al lector evaluar mejor los resultados. Otra flaqueza es la participación únicamente de varones en la mayoría de los estudios. Aunque pocos estudios describen ganancias de fuerza similares en niños y niñas, más estudios deberían intentar sistemáticamente comparar estos dos grupos en diferentes niveles de maduración.

Para finalizar, muchos estudios no proveen suficiente información del tipo, volumen e intensidad del entrenamiento. En orden de determinar la relación entre estas variables (y otras como duración y frecuencia) estudios futuros deberían proveer una descripción completa del entrenamiento empleado.

En conclusión, este meta-análisis, aunque está limitado por el pequeño número de estudios disponibles, revela que el entrenamiento de la fuerza puede ser efectivo en prepúberes. Estudios futuros deberían intentar determinar la influencia que tienen factores como la edad, maduración y sexo, así como la intensidad, duración y frecuencia del entrenamiento sobre el entrenamiento de la fuerza en niños.

Agradecimientos

Los autores quieren agradecer a Michael Bar-Eli por su ayuda en la traducción de algunos de los estudios en alemán y a Jay Hoffman y Raffy Dotan por sus útiles comentarios en la preparación de este manuscrito.

Correspondencia y reprints: Dr. B. Falk, Acting Director, Ribstein Center for Research and Sport Medicine Sciences, Wingate Institute, Netanya 42902, Israel.

REFERENCIAS

1. Bliemkie C.J.R (1992). Resistance training during pre- and early puberty: efficacy, trainability, mechanisms, and persistence. *Can J Sport Sci*, 17: 264-279
2. Blimkie, C (1993). Resistance training during preadolescence. Issues and Controversies. *Sports Med*. 15: 389-407
3. Sale, D (1989). Strength training in children. In *Gisolfi, G, Lamb, D, (eds): Perspectives in Exercise Science and Sports Medicine. Indianapolis: Benchmark Press, pp. 165-216*
4. Macera C.A., Wooten W (1994). Epidemiology of sports and recreation injuries among adolescents. *Phys Educ Sport*, 6: 424-433
5. Hamill, B (1994). Relative safety of weight lifting and weight training. *J Strength Cond Res*. 8: 53-57
6. Micheli L. J (1988). The incidence of injuries in children's sports: a medical perspective. In: *Brown E W, Branta C E, editors. Competitive sports for children and youth. Champaign: HK Publishers, 99-105*
7. American Academy of Pediatrics (1983). Weight training and weight lifting: Information for the Pediatrician. *Physician Sportsmed*. 11(3):157-161
8. Kirsten G (1963). Der Einfluss isometrischen Muskeltrainings auf die Entwicklung der Muskelkraft Jugendlicher (The influence of isometric muscle training on the development of muscle strength in youth). *Int. Z. Angew. Physiol. Einschi. Arbeitsphysiol*. 19:387-402
9. Vrijens, F (1978). Muscle strength development in the pre-and post-pubescent age. *Med Sport*, 11:152-158
10. Docherty D, Wenger HA, Collins ML, Quinney HA (1987). The effects of variable speed resistance training on strength development in prepubertal boys. *J of Hum Mov Stud* 13:377-382
11. Ban-Pillarella D (1995). Effects of combined step aerobic and resistance training in children on cardiorespiratory endurance and strength (abstract). *9th Annual Meeting of the American Society for Pediatric Exercise Medicine: Aug 11-14, 1994: Pittsburgh (PA). Ped Exerc Sci*, 7. 218-219
12. Blanksby, B. Gregor, J (1981). Anthropometric, strength, and physiological changes in male and female swimmers with progressive resistance training. *Australian J Sport Sci* 1: 3- 6
13. Clarke D, Vaccaro P, Andresen, N (1984). Physiologic alterations in 7- to 9- year old boys following a season of competitive wrestling. *Research Q Exercise Sport*, 55: 318- 322
14. Duffner B (1989). Die Trainierbarkeit der Maximalkraft im Kindersalter (The trainability of maximal strength during childhood). *Zulassungsbelt für das Lehramt. Sportwissenschaftliches Institut der Universität Freiburg. (cited in Mersch and Stoboy)*
15. Faigenbaum, A., Zaichkowsky, L., Westcott, W. et al (1993). The effects of a twice per week strength training program on children. *Pediatric Exercise Science*, 5: 339-346
16. Faigenbaum, A., Westcott, W., Micheli, L. et al (1996). The effects of strength training and detraining on children. *J Strength Cond Res* 10: 109-114
17. Falk B., Mor G (1996). The effects of resistance and martial arts training in 6- to 8- year old boys. *Pediatr Exer Sci*, 8: 48-56
18. Grimm D, Raede H (1978). Successful application of circuit training in the third class (in German). *Theor Prax Körperkult*, 16: 333-342, 1967 (cited in Vrijens)
19. Hettinger T (1958). Die Trainierbarkeit menschlicher Muskeln in Abhängigkeit vom Alter und Geschlecht (Muscle training in relation to age and sex). *Int. Z. Angew. Physiol. Einschi. Arbeitsphysiol*. 7:371-377
20. Isaacs, L., Pohlman, R., Craig, B (1995). Specificity of strength training modes in prepubescent females. *Med Sci Sports Exerc*. 27: S180
21. Mc Govern MB (1984). Effects of circuit weight training on the physical fitness of prepubescent children. *Diss Abstr. Int*. 45: 452A-3A
22. Mersch F, Stoboy H (1989). Strength training and muscle hypertrophy in children. In: *Oseid S, Carlsen KH, editors. International Series on Sport Sciences Children and Exercise XIII. Champaign (IL): HK Publishers, 165-192*
23. Messmer A (1989). The influence of motor ability on shot putting and the educational progress at the beginner level (in German). *Zulungsarbeit für das Lehramt. Freiburg: Sportwissenschaftliches Institut der Universität Freiburg, 1984 (cited in Mersch and Stoboy)*
24. Noack H (1978). Fluctuation of performance ability of women during the menstrual cycle and the different athletic talent of the sexes (in German). *Theorie Praxis Körperkultur*, 5: 885, 1956. (cited in Vrijens)
25. Nielsen BK, Nielsen M, Behrerdt-Hansen A, Asmussen (1980). Training of functional muscular strength in girls 7-19 years old. In: *K. Berg and B.O. Eriksson. Children and Exercise IV. Champaign (IL): HK, 69-78*
26. Ozmun, J., Mikesky, A., Surburg, P (1991). Neuromuscular adaptations during prepubescent strength training. *Med Sci Sports Exerc*, 23: S31
27. Pfeiffer R, Francis RS (1986). Effects of strength training on muscle development in prepubescent, pubescent and postpubescent

- males. *Physician Sportsmed.* 14(9):134-143
28. Ramsay, J., Blimkie, C., Smith, K. et al (1990). Strength training effects in prepubescent boys. *Med Sci Sports Exerc*, 22: 605-614
 29. Rians C.B., Weltman A.W., Cahill B.R., et al (1987). Strength training for prepubescent males: is it safe?. *Am J Sports Med*, 15: 483-489
 30. Rohmert W (1968). Retchs-Links-Vergleich bei isometrischen Armmuskeltraining mit verschiedenem Trainingsreiz bei achtjährigen Kindern. (Right-left comparison of isometric arm muscle training with different training incentives with 8 year old children). *Int. Z. Angew. Physiol. Einschi. Arbeitsphysiol.* 26:363-393
 31. Sailors M., Berg K (1987). Comparison of responses to weight training in prepubescent boys and men. *J. Sports Med.* 27(1) 30-37
 32. Servedio F.V., Bartels R.L., Hamlin R.L (1985). The effects of weight training using Olympic lifts on various physiological variables in pre-pubescent boys. *Med. Sci. Sports Exerc.* 17, 288
 33. Sewall L., Micheli L.J (1986). Strength training for children. *J Pediatr Orthop.* 6: 143-146
 34. Siegal J, Camaione D, Manfredi T (1989). The effects of upper body resistance training in prepubescent children. *Pediatr Exerc Sci* 1:145-154
 35. Stahle S.D., Roberts S.O., Davis B., et al (1995). Effect of 2 versus 3 times per week weight training program in boys aged 7 to 16. (abstract no.648). *Med Sci Sports Exerc*, 27 Suppl: S114
 36. Weltman A, Janney C, Rians CB, Strand K, Berg B, Tippitt S, Wise J, Cahill BR, Katch FI (1986). The effects of hydraulic resistance strength training in pre-pubertal males. *Med Sci Sports Exerc*, 18(6):629-38
 37. Westcott WL (1979). Female Response to weight training. *J Physical Educ* 77:31-33
 38. Cohen J (1988). Statistical power analysis for the behavioral sciences. 2nd ed. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates
 39. Cohen J (1992). A power primer. *Psychol Bull*, 112: 155-159
 40. Cohen G.V (1976). Primary, secondary, and meta-analysis of research. *Educ Res*, 5: 3-8
 41. Glass G. V (1977). Integrating findings: the meta-analysis of research. In: Shulman, editor. *Review of research in education*. Vol. 5. Washington DC: American Educational Research Association, 351-379
 42. Hedges L.V (1982). Fitting categorical models to effect sizes from a series of experiments. *Educ Stat*, 7: 119-139
 43. Glass G.U., McGaw B., Smith M. L (1981). Meta-analysis in social research. Beverly Hills: Sage
 44. Hedges L. V (1981). Distribution theory for Glass's estimator of effect size and related estimators. *Statistics*, 6: 107-128
 45. Blimkie C.J.R (1989). Age and Sex-associated variation in strength during childhood: anthropometric morphologic, biomechanical, endocrinologic, genetic and physical activity correlates. In: Gisolfi CV, Lamb DR, editors. *Persp. in Exercise Science and Sports Medicine*. Vol 2, Indianapolis. Benchmark Press, 99-163
 46. American Collage of Sport Medicine (1995). Guidelines for exercise testing and prescription for children, the elderly, and pregnancy. Philadelphia: Williams & Williams, 220-240
 47. Gillam G.M (1981). Effects of frequency of weight training on muscle strength enhancement. *J Sports Med*, 21: 432-436
 48. Moritani T., de Vries H.A (1940). Neural factors versus hypertrophy in the time course of muscle strength gain. *Am J Phys Med*, 58: 115-130

Cita Original

Falk B, Tenenbaum G. The effectiveness of resistance training in children: A meta-analysis. *Sports Med.* 22:176-186. 1996.