Revista de Educación Física, (Rev Edu Fís / J Physical Edu) 2018, 36(1)

Selected Papers from Impact

Efectos de un Programa de Entrenamiento Pliométrico y con Sobrecarga a Corto Plazo sobre el Rendimiento Físico en Niños de 12 a 15 Años de Edad

Effects of a Short-Term Plyometric and Resistance Training Program on Fitness Performance in Boys Age 12 to 15 Years

Avery D Faigenbaum[1], Nicholas A Ratamess[1], Jay R Hoffman[1], Jie Kang[1], James E McFarland[2], Fred B Keiper[2] y William Tevlin[1]

[2]*Physical Education Department, Hillsborough High School, 466 Raider Blvd. Hillsborough, NJ, USA.*

RESUMEN

El propósito de este estudio fue comparar los efectos de un período de seis semanas de entrenamiento combinado de pliometría y sobrecarga (PRT, n = 13) con los efectos de un entrenamiento con sobrecarga por si solo (RT, n = 14) sobre la aptitud física en niños (12-15 años). El grupo RT realizó ejercicios de estiramiento estático seguidos de ejercicios de sobrecarga mientras que el grupo PRT realizó ejercicios pliométricos seguidos de los mismos ejercicios de sobrecarga que realizó el otro grupo. La duración de cada sesión de entrenamiento en ambos grupos fue de 90 minutos. Antes y después del entrenamiento todos los participantes fueron evaluados en salto vertical, salto en largo, lanzamiento de balón medicinal, esprint en 9.1 metros, test de agilidad de ir y volver, y en flexibilidad. Post entrenamiento, el grupo PRT tuvo una mejora significativamente mayor ($p<0.05$) que el grupo RT en el salto vertical (10.8 cm vs 2.2 cm), lanzamiento de balón medicinal (39.1 cm vs 17.7 cm) y en el tiempo en el test de agilidad de ir y volver (-0.23 s vs -0.02 s). Estos hallazgos sugieren que la incorporación de un programa de entrenamiento pliométrico a un programa de entrenamiento con sobrecarga puede ser más beneficiosa que el entrenamiento con sobrecarga y estiramientos estáticos para mejorar determinadas mediciones de la potencia del tren superior e inferior en niños.

Palabras Clave: adolescentes, entrenamiento de la fuerza, potencia, ciclo de estiramiento acortamiento

ABSTRACT

The purpose of this study was to compare the effects of a six week training period of combined plyometric and resistance training (PRT, n = 13) or resistance training alone (RT, n = 14) on fitness performance in boys (12-15 yr). The RT group

performed static stretching exercises followed by resistance training whereas the PRT group performed plyometric exercises followed by the same resistance training program. The training duration per session for both groups was 90 min. At baseline and after training all participants were tested on the vertical jump, long jump, medicine ball toss, 9.1 m sprint, pro agility shuttle run and flexibility. The PRT group made significantly ($p < 0.05$) greater improvements than RT in long jump (10.8 cm vs. 2.2 cm), medicine ball toss (39.1 cm vs. 17.7 cm) and pro agility shuttle run time (-0.23 sec vs. -0.02 sec) following training. These findings suggest that the addition of plyometric training to a resistance training program may be more beneficial than resistance training and static stretching for enhancing selected measures of upper and lower body power in boys.

Keywords: adolescents, strength training, power, shortening stretch cycle

INTRODUCCION

Existe abundante evidencia que indica que la participación regular en un programa de entrenamiento con sobrecarga o en un programa de entrenamiento pliométrico puede mejorar las medidas de la fuerza y la potencia en adultos (para una mayor revisión ver Chu, 1998; Fleck and Kraemer, 2004). Diversos estudios también sugieren que los cambios en el rendimiento en destrezas motoras resultantes de la participación en un programa combinado de entrenamiento con sobrecarga y entrenamiento pliométrico son mayores que con un tipo de entrenamiento por si solo (Adams et al., 1992; Fatouros et al., 2000; Polhemus et al., 1981). De esta manera, se recomienda que los adultos participen tanto en un programa de entrenamiento con sobrecarga como en un programa de entrenamiento pliométrico cuando se desean mayores ganancias en el rendimiento motor.

En niños y adolescentes, está bien establecido que las ganancias en la fuerza y la potencia inducidas por el entrenamiento son posibles mediante su participación en un programa de entrenamiento con sobrecarga (Faigenbaum et al., 1996; Falk and Tenenbaum, 1996). Observaciones más recientes sugieren que el entrenamiento pliométrico también puede ser seguro y efectivo para los niños y adolescentes siempre que se sigan las guías recomendadas para el entrenamiento en estas edades (Chu et al. , 2006; Marginson et al., 2005). Por ejemplo, Matavulj et al (2001) hallaron que el entrenamiento pliométrico mejoraba el rendimiento de los saltos en jugadores de básquetbol adolescentes y Kotzamanidis (2006) reportó que el entrenamiento pliométrico mejoraba el rendimiento en saltos y la velocidad de carrera en niños pre púberes. Sin embargo el entrenamiento pliométrico no debe ser el único componente del programa de ejercicios (Bompa, 2000; Chu et al., 2006). Similarmente a lo observado en adultos, se pueden obtener ganancias significativamente mayores cuanto el entrenamiento pliométrico se combina con el entrenamiento de sobrecarga (Adams et al., 1992; Fatouros et al., 2000; Polhemus et al., 1981).

Para nuestro conocimiento, no se han llevado a cabo estudios prospectivos que comparen los efectos del entrenamiento combinado de sobrecarga y pliométrico con el entrenamiento combinado de sobrecarga y estiramientos estáticos en niños y adolescentes. En estudios previos con jóvenes, se compararon los efectos del entrenamiento pliométrico con la condición de “control” que consistió en el entrenamiento deportivo o clases de educación física (Cosser et al, 1999; Diallo et al., 2001; Kotzamanidis, 2006; Matavulj et al., 2001) o el estudio no contaba con grupo control (Brown et al., 1986). Debido a que los atletas jóvenes con frecuencia son estimulados para realizar estiramientos estáticos antes de realizar ejercicios con sobrecarga (Martens, 2004), sería interesante saber hasta que punto el entrenamiento combinado con sobrecarga y pliométrico (sin la realización de estiramientos estáticos) puede proporcionar efectos combinados en este tipo de población. Dada la creciente popularidad de los programas de entrenamiento de la fuerza y acondicionamiento para los jóvenes, y la percepción entre la mayoría de los entrenadores de los beneficios que provee la realización de estiramientos estáticos antes de evento principal (Shehab et al., 2006), es importante determinar el método más eficaz para mejorar el rendimiento físico en niños y adolescentes. Esta información puede ser de gran utilidad para los profesores de educación física, entrenadores deportivos y personal dedicado al cuidado de la salud.

Por lo tanto, el propósito de la presente investigación fue comparar los efectos de un período de 6 semanas de entrenamiento combinado de sobrecarga y pliométrico con el entrenamiento combinado de sobrecarga y estiramientos estáticos sobre el rendimiento físico en jóvenes. Aun cuando las ganancias iniciales en la fuerza y la potencia debidas al entrenamiento son mediadas principalmente por factores neurales (Fleck and Kraemer, 2004), utilizamos un período de entrenamiento de 6 semanas ya que investigaciones previas han reportado cambios favorables en el rendimiento de jóvenes (Martel et al., 2005; Myer et al., 2005) y adultos (dams et al., 1992; Vossen et al., 2000) luego de seis semanas de entrenamiento con sobrecarga y/o pliométrico. Nuestra hipótesis fue que los efectos combinados del entrenamiento con sobrecarga y pliométrico resultarían en mejoras significativamente mayores en el rendimiento que el entrenamiento con sobrecarga y estiramientos estáticos.

METODOS

Participantes

Veintisiete niños saludables que participaban en deportes organizados a nivel local (principalmente béisbol y fútbol americano) fueron voluntarios para formar parte en este estudio. Los métodos y procedimientos utilizados en este estudio fueron aprobados por el Comité de Revisión Institucional para la utilización de sujetos humanos de la Facultad, y se obtuvo el consentimiento informado por escrito de los padres con el asentimiento de los niños. Los participantes fueron aleatoriamente asignados a un grupo que realizó entrenamientos con sobrecarga (n = 14) o a un grupo que realizó entrenamientos combinados con sobrecarga y pliométricos (n = 13). Las características físicas de los niños al comienzo del estudio se presentan en la Tabla 1. Los participantes fueron excluidos del estudio si presentaban alguna enfermedad pediátrica crónica o si presentaban alguna condición ortopédica que hubiera limitado su capacidad para realizar los ejercicios.

	RT (n = 14)	PRT (n = 13)
Edad (años)	13.6 (.7)	13.4 (.9)
Masa corporal (kg)	58.6 (14.4)	61.5 (21.8)
Talla (m)	1.66 (.10)	1.64 (.10)
BMI (kg/m^2)	21.0 (3.8)	22.5 (5.9)

Tabla 1. *Características físicas de los sujetos al comienzo del estudio. Los datos son medias (± DE). Ninguna de las diferencias entre los grupos fue significativa. RT = grupo entrenamiento con sobrecarga; PRT = grupo entrenamiento combinado de pliometría y sobrecarga; BMI = índice de masa corporal*

Procedimientos

Todos los procedimientos del estudio se llevaron a cabo en las instalaciones deportivas de la facultad. Aun cuando los participantes tenían experiencia previa en la realización de los test de aptitud física utilizados en este estudio, antes de la recolección de los datos todos los sujetos participaron en una sesión introductoria durante la cual se revisaron y practicaron la técnica y la forma apropiada de cada test de aptitud física. Durante esta sesión, los asistentes de la investigación mostraron los procedimientos de evaluación y los participantes practicaron cada test. Durante estas sesiones se respondió cualquier inquietud que tuvieran los participantes. Se les pidió a los sujetos que no realizaran actividades físicas vigorosas durante el día previo o durante cualquiera de los días en que se llevaron a cabo los procedimientos del estudio. Los mismos investigadores evaluaron y entrenaron a los mismos participantes y los test de aptitud física fueron llevados a cabo en el mismo orden y con el mismo equipamiento, posicionamiento y técnica. Las evaluaciones pre entrenamiento fueron llevadas a cabo una semana antes del comienzo del período de entrenamiento y las evaluaciones post entrenamiento fueron llevadas a cabo una semana después de finalizado el período de entrenamiento.

Procedimientos para la Evaluación de la Aptitud Física

La potencia, aceleración, velocidad y la agilidad fueron evaluadas utilizando los tests de salto vertical, salto en largo, lanzamiento de balón medicinal sentado, esprint en 9.1 m (10 yardas) y test de agilidad de ir y volver. Estos test son comúnmente utilizados para valorar el rendimiento físico en atletas (Arthur and Bailey, 1998). La flexibilidad lumbar y de los isquiotibiales fue evaluada mediante el test de flexibilidad v-sit en un ambiente con temperatura controlada. Para la realización de los test de rendimiento físico se siguieron protocolos estandarizados de acuerdo a métodos previamente descritos (Harman and Pandorf, 2000; Safrit, 1995). La mejor puntuación obtenida en dos pruebas en cada test se registró con una precisión de 0.5 cm o 0.01 segundos.

En forma resumida, el salto vertical fue evaluado utilizando el dispositivo Vertec Jump Training System (Sports Imports, Hilliard, OH, USA). El dispositivo Vertec tiene 49 aspas de color móviles espaciadas cada 1.27 cm. Los sujetos fueron instruidos APRA que salten lo más alto posible y toquen la aspa más alta. La altura del salto vertical fue calculada sustrayendo el alcance de los sujetos en posición de parados con los brazos extendidos a al altura del salto vertical. El salto en largo fue medido en una colchoneta fijada al suelo. Se les permitió a los sujetos realizar contramovimiento (i.e., un pre estiramiento activo de los extensores de las caderas y rodillas) antes de realizar el salto vertical o el salto en largo.

El lanzamiento de balón medición desde posición de sentado fue llevado a cabo con un balón medicinal de 3.6 kg (aproximadamente el tamaño de un implemento para el lanzamiento de bala). Los participantes se sentaron el suelo con su espalda apoyada en la pared y fueron instruidos para que lanzaran el balón lo más lejos que pudieran con ambas manos a un ángulo aproximado de 45º (similarmente a un pase de pecho). Antes de cada lanzamiento el balón fue cubierto con carbonato de magnesio (e.g., la tiza utilizada en el levantamiento de pesas) de manera que cuando el balón tocara el suelo dejara una marca que permitiera una medición precisa. Se midió la distancia desde la pared hasta el borde más próximo de la marca dejada por el balón. Para los tests de esprint en 9.1 m y el test de agilidad de ir y volver se utilizó el dispositivo electrónico Speed Trap II Timing System (Brower Timing Systems, Draper, Utah, USA). El test de esprint en 9.1 m se llevó a cabo para valorar la aceleración. Para el test de agilidad de ir y volver, los sujetos comenzaron el mismo en una línea central de frente al investigador. Los sujetos realizaron un esprint de 4.55 m hacia la izquierda, luego uno de 9.1 m hacia la derecha y finalmente realizaron un último esprint de 4.55 hacia la izquierda hasta cruzar la línea central. Los valores resultantes de la utilización de una técnica inapropiada o de un incorrecto posicionamiento del cuerpo en cualquier test fueron descartados. El coeficiente de confiabilidad interclase test-retest Rs para todas las variables dependientes fue R>0.85. La confiabilidad test – retest fue establecida evaluando a 15 niños en dos días separados. En el presente estudio no se evaluó la fuerza máxima debido a que las variables de mayor interés fueron la potencia del tren superior e inferior.

Procedimientos de Entrenamiento

Ambos grupos de ejercicio entrenaron dos veces por semana en días no consecutivos (Martes y Jueves) durante seis semanas con un cuidadoso monitoreo y bajo condiciones controladas. Antes de cada sesión de entrenamiento, todos los sujetos participaron en una entrada en calor de 10 minutos la cual incluyó trote a un ritmo confortable seleccionado por los sujetos, seguido de ejercicios de calistenia. Luego de la entrada en calor, los sujetos pertenecientes al grupo que entrenó solo con sobrecarga realizaron ejercicios de estiramientos estáticos (~ 25 min). Si bien los potenciales beneficios de una serie aguda de estiramientos estáticos han sido recientemente cuestionados (Faigenbaum et al., 2005; Zakas et al., 2006), ningún estudio sugiere que el estiramiento regular disminuye el rendimiento (Shrier, 2004). Los sujetos del grupo que realizó entrenamientos combinados con sobrecarga y pliométrico realizaron los ejercicios pliométricos inmediatamente después de la entrada en calor (~ 25 min). Luego de completar los protocolos de estiramiento estático o de entrenamiento pliométrico, todos los sujetos participaron en el mismo programa de entrenamiento con sobrecarga (~ 50 min). Cada sesión de entrenamiento finalizó con ~ 5 min de actividades para la vuelta a la calma. La duración diaria de los entrenamientos para ambos grupos experimentales fue establecida intencionalmente para que no excediera los 90 min.

Durante todo el período del estudio, los sujetos se ejercitaron en pequeños grupos, con un instructor cada 4 sujetos. Profesores de educación física experimentados y entrenadores de fuerza y acondicionamiento discutieron y demostraron las técnicas apropiadas durante todo el período del estudio. Los profesores y entrenadores consistentemente estimularon a los sujetos para que mantuvieran la técnica correcta. Si un sujeto se fatigaba y no podía realizar un ejercicio en forma correcta, se detenía la ejecución del mismo.

Estiramientos Estáticos:Los sujetos que participaron en el grupo que entrenó solo con sobrecarga realizaron siete ejercicios de estiramiento estático en forma lenta y deliberada con un correcto alineamiento del cuerpo y durante las seis semanas de entrenamiento. Los sujetos mantuvieron el estiramiento durante 30 segundos próximo al punto de sentir un ligero disconfort, luego de lo cual se relajaron durante 5 segundos y finalmente repitieron el mismo estiramiento otros 30 segundos antes de progresar a la pierna opuesta (cuando fuera necesario). Los estiramientos específicos (en orden de realización) fueron, estiramiento para las caderas/lumbares, estiramiento para el pecho/isquiotibiales, estiramiento para los cuadriceps, estiramiento para las pantorrillas, estiramiento para los tríceps/caderas, estiramiento para los aductores y estiramiento para los isquiotibiales v-sit. El protocolo de estiramientos utilizado en el presente estudio fue consistente con recomendaciones para el entrenamiento general de flexibilidad para niños en edad escolar (American Alliance for Health, Physical Education, Recreation and Dance, 1999).

Entrenamiento Pliométrico: El programa progresivo de entrenamiento pliométrico utilizado en este estudio se basó en los hallazgos de investigaciones previas así como también en las observaciones realizadas por entrenadores y profesionales de la medicina del deporte (Chu et al., 2006; Hewett et al., 1999; Myer et al., 2005). Los componentes de este programa incluyeron el entrenamiento de movimientos preparatorios y entrenamiento pliométrico. Antes de la realización de los ejercicios pliométricos, los sujetos realizaron una o dos series de seis a diez repeticiones en dos o tres ejercicios preparatorios (e.g., flexiones de brazos, sentadillas con el propio peso corporal) las cuales sirvieron para prepararlos para las demandas impuestas por el entrenamiento más avanzado. La inclusión de estos ejercicios fue especialmente importante para los sujetos que no tenían experiencia previa en la realización de ejercicios pliométricos. El propósito fue que los sujetos "automatizaran" estos movimientos de manera que la destreza aprendida pudiera ser "aprovechada" posteriormente cuando estos realizaron los ejercicios pliométricos más avanzados.

El programa de entrenamiento pliométrico progresó desde el nivel uno (semanas uno y dos; 1-2 series de 10 repeticiones) al nivel dos (semanas tres y cuatro; 1-2 series de 8 repeticiones) y finalmente al nivel tres (semanas cinco y seis; 1-2 series

de 6 repeticiones). Durante las semanas uno, tres y cinco, los sujetos realizaron solo una serie de cada ejercicio debido a que el programa de entrenamiento pliométrico requirió principalmente que los ejercicios se realizaran con la técnica correcta. Durante las semanas dos, cuatro y seis, los sujetos realizaron dos series de cada ejercicio. Los sujetos realizaron 11 ejercicios pliométricos durante las semanas uno y dos y 12 ejercicios pliométricos durante las semanas tres a la seis. En la Tabla 2 se muestra un resumen del programa de ejercicios pliométricos.

Semanas 1 y 2 1-2 series / 10 repeticiones	Semanas 3 y 4 1-2 series / 8 repeticiones	Semanas 5 y 6 1-2 series / 6 repeticiones
• Saltos a piernas juntas hacia delante • Saltos a piernas juntas hacia atrás • Rebotes en "X" con piernas juntas • Lanzamientos con balón medicinal con brazos extendidos • Saltar y alcanzar • Pases laterales con MB • Lanzamientos por sobre la cabeza con MB • Saltos a una sola pierna sobre el MB • Ejercicio con conos en forma de flecha* • Ejercicio en forma de 8*	• Saltos con impulso solo de los tobillos • Saltos a vallas • Saltos laterales a los conos • Saltos en zig-zag • Pase de pecho con MB • Saltar y girar 90° • Ejercicio "High-5" • Lanzamiento de MB hacia atrás • Sentadilla en tijeras con MB • Skipping de potencia • Ejercicio en forma de reloj* • Ejercicio en forma de T*	• Ejercicio sobre puntos marcados en el suelo • Salto a los conos a una pierna • Ejercicio en zig-zag a una sola pierna • Pase de pecho en posición de estocada con MB • Saltar y girar 180° • Saltar y llevar las rodillas al pecho • Pase de pecho con MB con un compañero • Salto desde media sentadilla en tijeras • Rebotes alternados • Ejercicio en forma de "X"* • Ir y volver

Tabla 2*. Resumen del programa de entrenamiento pliométrico. MB = balón medicinal; los ejercicios pliométricos de velocidad y agilidad fueron realizados una sola vez en las semanas 1, 3 y 5 y dos veces en las semanas 2, 4 y 6. Los detalles del programa de entrenamiento se discuten en el texto.*

Los sujetos fueron estimulados para que realizaran todos los ejercicios pliométricos de forma explosiva. El nivel uno incluyó ejercicios de baja intensidad (e.g., rebotes a dos piernas) para introducir a los sujetos de forma segura al entrenamiento pliométrico. Además, los ejercicios del nivel uno proveyeron a los sujetos la oportunidad de que ganaran confianza en sus habilidades para realizar los movimientos pliométricos básicos antes de progresar a los ejercicios más avanzados del nivel dos (e.g., salto a las vayas con ambas piernas) y del nivel tres (e.g., salto a las vayas a una sola pierna). Cada sesión de ejercicio incluyó ejercicios pliométricos para el tren superior, tren inferior y ejercicios pliométricos de velocidad y agilidad, los cuales fueron específicamente diseñados para que los sujetos mejoraran su capacidad para acelerar, desacelerar, cambiar de dirección y acelerar nuevamente. Los sujetos realizaron cada ejercicio pliométrico de velocidad y agilidad una vez durante las semanas uno, tres y cinco, y dos veces durante las semanas dos, cuatro y seis. Se les dio a los sujetos el tiempo adecuado de recuperación entre los ejercicios y las series. Se incluyó un ejercicio abdominal (e.g., abdominales con brazos extendidos con balón medicinal) al programa de entrenamiento pliométrico para permitir un mayor período de recuperación entre los ejercicios pliométricos para el tren inferior y el tren superior. Para el entrenamiento con balones medicinales para el tren superior se utilizó un balón medicinal liviano (1-2 kg).

Entrenamiento con Sobrecarga: Luego de la realización de los estiramientos estáticos o del entrenamiento pliométrico, todos los sujetos participaron en el mismo programa de entrenamiento con sobrecarga. Los primeros 10 minutos de cada sesión de entrenamiento con sobrecarga incluyeron una progresión en levantamiento de pesas (e.g., arranque y envión modificados) con una carga liviana (espiga de madera o una barra de aluminio sin carga [~ 7kg]). Los sujetos realizaron una a tres series de cuatro repeticiones en cada levantamiento. Luego de la progresión en levantamiento de pesas, los sujetos realizaron ejercicios adicionales para el entrenamiento con sobrecarga. Los martes, todos los sujetos realizaron tres series de 10 a 12 repeticiones en los siguientes ejercicios: sentadillas, press de banca, press de hombros, tirones en polea, elevaciones de talones de pie y curl de bíceps. Los jueves, los sujetos realizaron tres series de 10 a 12 repeticiones en los siguientes ejercicios: sentadilla por delante, press de banca inclinado, tirones en polea, remo de pie, elevaciones de talones de pie, y extensiones de tríceps. La última repetición de la tercera serie en cada ejercicio representó la fatiga muscular momentánea con lo cual los participantes fueron incapaces de realizar repeticiones adicionales. Luego de cada sesión de entrenamiento con sobrecarga, los sujetos de ambos grupos realizaron dos series de 12 a 25 repeticiones de ejercicios para el fortalecimiento de los abdominales (e.g., abdominales superiores), lumbares (e.g., extensiones de tronco arrodillados) y manguito rotador (e.g., rotaciones externas). Se le enseñó a los sujetos como registrar sus datos en diarios de entrenamiento y así lo hicieron durante todo el período de entrenamiento. Los instructores revisaron los diarios de

entrenamiento y realizaron los ajustes adecuados en las cargas y repeticiones a través de todo el período de entrenamiento.

Análisis Estadísticos

Se realizó la estadística descriptiva de todas las variables. Las diferencias grupales al comienzo del estudio fueron evaluadas utilizando la prueba t para muestras independientes. Se utilizó el análisis de varianza ANOVA de dos vías (grupo × tiempo) para medidas repetidas para valorar las diferencias grupales en las variables de interés, incluyendo el salto vertical, el salto en largo, el lanzamiento de balón medicinal en posición de sentado, el esprint en 9.1 m, el test de agilidad de ir y volver y la flexibilidad. Cuando se observaba un efecto principal significativo o una interacción significativa, se realizaban pruebas t post hoc para datos apareados, con la corrección de la inflación alfa (corrección de Bonferroni) para identificar las diferencias específicas. Todos los análisis fueron llevados a cabo utilizando el programa SPSS versión 11.0 (SPSS, Inc. Chicago, IL) y la significancia estadística fue establecida a $p<0.05$.

RESULTADOS

Todos los participantes asistieron a todas las sesiones de entrenamiento (cumplimiento del 100%) y no se registraron lesiones resultantes de ningún programa de entrenamiento. Los grupos PRT y RT no difirieron significativamente respecto de sus características físicas al comienzo del estudio (Tabla 1). Del mismo modo, no se observaron diferencias significativas entre los grupos, al inicio del estudio, respecto de los resultados en los test de rendimiento físico. Se observaron efectos significativos del tiempo para el salto vertical, salto en largo, test de agilidad de ir y volver, lanzamiento de balón medicinal y flexibilidad, $F(1,25) = 20.2$, 17.9, 6.9, 80.8, y 19.9, respectivamente, $p<0.05$. Los análisis post hoc revelaron que el grupo PRT tuvo mejoras significativas en el salto vertical, salto en largo, test de agilidad de ir y volver, lanzamiento de balón medicinal y en la flexibilidad, mientras que el grupo RT exhibió mejoras significativas solo en el lanzamiento de balón medicinal y en la flexibilidad. Se observaron interacciones significativas grupo por tiempo para el salto en largo, test de agilidad de ir y volver y para el lanzamiento del balón medicinal, $F(1,25) = 7.9$, 4.8, y 11.5, respectivamente, $p<0.05$, observándose que el grupo PRT tuvo mejoras significativamente mayores que el grupo RT. No se hallaron efectos de interacción significativos entre los grupos para el salto vertical, el esprint en 9.1 m y para la flexibilidad, $F(1,25) = 3.\ 6$, 0.1, y 1.6, respectivamente, $p>0.05$. Los resultados de los tests de rendimiento físico pre y post entrenamiento se muestran en la Tabla 3.

Variable	Grupo	Pre Entrenamiento	Post Entrenamiento	Δ%
Salto Vertical (cm)	RT	48.2 (10.7)	49.6 (10.1)	3.4 (5.2)
	PRT	43.1 (8.4)	46.5 (9.2)*	8.1 (7.2)
Salto en Largo (cm)	RT	190.0 (23.1)	192.2 (25.4)	1.1 (4.3)
	PRT	181.1 (25.9)	191.9 (28.5)*†	6.0 (3.7)
Esprint en 9.1 m (s)	RT	2.1 (.14)	2.1 (.13)	0.2 (4.0)
	PRT	2.2 (.12)	2.2 (.15)	0.3 (4.6)
Ir y Volver (s)	RT	5.6 (.27)	5.6 (.25)	-.3 (3.5)
	PRT	5.6 (.18)	5.4 (.18)*†	-3.8 (5.1)
Lanzamiento de Balón Medicinal (cm)	RT	321.7 (58.0)	339.4 (59.1)*	5.6 (4.6)
	PRT	319.2 (96.9)	358.4 (85.2) *†	14.4 (9.8)
Flexibilidad (cm)	RT	20.5 (8.9)	25.6 (5.9)*	29.0 (244.9)
	PRT	18.4 (8.5)	21.2 (8.0)*	27.6 (49.2)

Tabla 3. *Resultados en los test de rendimiento físico llevados a cabo pre y post entrenamiento. Los datos se presentan como medias (± DE). RT, grupo entrenamiento con sobrecarga; PRT, grupo entrenamiento combinado de pliometría y sobrecarga; Δ%, porcentaje individual de cambio. *Significativmente mayor que el valor pre entrenamiento (p<0.05); †Mejora significativamente mayor que el grupo RT (p<0.05)*

DISCUSION

En el presente estudio evaluamos la hipótesis de que seis semanas de entrenamiento combinado con sobrecarga y pliométrico puede producir mayores mejoras en el rendimiento físico en niños saludables que el entrenamiento con sobrecarga y estiramientos. Se observó que los sujetos que participaron en el entrenamiento pliométrico fueron capaces de obtener mayores mejoras en la potencia del tren superior e inferior en comparación con los sujetos que participaron en un programa de acondicionamiento pero que no realizaron ejercicios pliométricos. Si bien es necesario considerar los efectos agudos y crónicos del estiramiento estático sobre el rendimiento, dichas mejoras en la potencia del tren superior e inferior probablemente se debieron a la adición del entrenamiento pliométrico al programa de entrenamiento con sobrecarga.

Los resultados de diversas investigaciones llevadas a cabo con adultos sugieren que la combinación del entrenamiento pliométrico y el entrenamiento de la fuerza puede ser útil para mejorar el rendimiento muscular (Adams et al., 1992; Fatouros et al., 2000). Por ejemplo, Fatouros y colaboradores (2000) reportaron que luego de 12 semanas de entrenamiento, los sujetos adultos que combinaron el entrenamiento pliométrico con el entrenamiento de la fuerza tuvieron un incremento en el salto vertical del 15% mientras que los sujetos que realizaron solo entrenamiento pliométrico o entrenamiento de la fuerza exhibieron mejoras del 11 y 9% respectivamente. Similares hallazgos fueron reportados recientemente por Myer y colaboradores (2005) quienes observaron que un programa de entrenamiento con múltiples componentes de seis semanas de duración y que incluyó ejercicios con sobrecarga, ejercicios pliométricos y ejercicios de velocidad, produjo mejoras significativas en la fuerza, capacidad de salto y en la velocidad en atletas mujeres adolescentes en comparación con un grupo de control que no se ejercitó. En el estudio mencionado previamente (Myer et al., 2005) no se puede dilucidar cual de los componentes del entrenamiento fue más efectivo ni si los efectos fueron combinados.

Tal como se observara previamente en poblaciones de adultos (Sale and MacDougall, 1981), aparentemente los programas de entrenamiento que incluyen movimientos que son biomecánica y metabólicamente específicos respecto de los test de rendimiento pueden probablemente inducir mayores mejoras en las medidas seleccionadas. Si bien hay pocas actividades de entrenamiento, si es que en realidad hay alguna, que tenga una transferencia del 100% a la actividad deportiva, en términos de especificidad, nuestros hallazgos sugieren que un programa combinado que incluya diferentes tipos de entrenamientos que sean específicos de los tests (i.e., entrenamiento pliométrico y entrenamiento con sobrecarga) y diferentes esquemas de aplicación de la carga (i.e., saltos de alta velocidad y sentadillas con altas cargas) puede ser más efectivo para mejorar el rendimiento en actividades de potencia en jóvenes. La pliometría de alta velocidad que consiste en una rápida acción muscular excéntrica seguida de una potente contracción concéntrica, es importante para mejorar la tasa de desarrollo de la fuerza durante los saltos y los esprints mientras que el entrenamiento con sobrecarga de alta intensidad es necesario para mejorar la fuerza muscular y la aceleración (Fleck and Kraemer, 2004).

De esta manera, los efectos del entrenamiento pliométrico y del entrenamiento con sobrecarga pueden ser en realidad sinérgicos, siendo sus efectos combinados mayores que los efectos de cada programa por si solo. Si bien en el presente estudio no se realizaron tests para evaluar la activación neuromuscular, el entrenamiento pliométrico pudo también “preparar” al sistema neuromuscular para las demandas del entrenamiento con sobrecarga activando vías neurales adicionales y mejorando en mayor grado la preparación del sistema neuromuscular. Esta potencial ventaje pudo ser particularmente beneficiosa durante las primeras semanas de entrenamiento cuando los participantes se encuentran aprendiendo como realizar los ejercicios con sobrecarga en la forma correcta. Si bien, esta sugerencia es consistente con el trabajo de otros investigadores (Linnamo et al., 2000), se necesitan investigaciones adicionales para explorar los mecanismos responsables de estas adaptaciones en los jóvenes.

También es posible que la realización de ejercicios de estiramiento estático antes del entrenamiento con sobrecarga pueda haber tenido efectos negativos sobre el rendimiento. Aunque la realización de estiramientos estáticos antes del entrenamiento con sobrecar4ga es una práctica común entre atletas jóvenes (Martens, 2004; Shehab et al, 2006), reciente evidencia sugiere que una serie aguda de estiramientos estáticos previa al evento principal puede tener un impacto negativo sobre el rendimiento de fuerza y potencia en niños y adolescentes (Faigenbaum et al., 2005; Zakas et al., 2006). Si bien la realización regular de ejercicios de estiramiento estático puede mejorar la producción de fuerza y la velocidad de contracción (Hortobagyi et al., 1985; Hunter and Marshall, 2002; Wilson et al., 1992), los efectos agudos del estiramiento estático sobre el rendimiento de fuerza y potencia deberían ser considerados a la hora de evaluar los resultados de este estudio. Claramente se necesitan estudios adicionales para evaluar si el impacto negativo de una serie aguda de estiramientos estáticos tendrá consecuencias a largo plazo sobre las ganancias inducidas por el entrenamiento en la fuerza y la potencia.

En la presente investigación, los sujetos que participaron en el programa combinado de entrenamiento con sobrecarga y entrenamiento pliométrico tuvieron mejoras significativamente mayores en la potencia del tren superior, tren inferior, en la velocidad y en la agilidad que los sujetos que realizaron estiramientos estáticos y entrenamiento con sobrecarga. El

entrenamiento pliométrico combinado con el entrenamiento con sobrecarga produjo mejoras en la potencia del tren superior (medida mediante el lanzamiento de balón medicinal) del 14.4% en comparación con la mejora del 5.6% observada en el grupo que realizó estiramientos estáticos y entrenamiento con sobrecarga. Si bien ambos grupos realizaron ejercicios con sobrecarga para el tren superior, esta diferencia probablemente se debió a los ejercicios pliométricos para el tren superior realizados con balones medicinales y que fueron incorporados en el programa de entrenamiento combinado. Estos datos concuerdan con los hallazgos de Vossen y colaboradores (2000) quienes observaron que la adición de ejercicios pliométricos para el tren superior incrementó su capacidad de rendimiento en el tren superior.

Los sujetos que realizaron el entrenamiento combinado de pliometría y sobrecarga también tuvieron una mejora significativamente mayor en el salto en largo que los sujetos que realizaron los estiramientos estáticos y el entrenamiento con sobrecarga (6.0% vs 1.1%, respectivamente). Aunque el entrenamiento combinado de pliometría y sobrecarga resultó en mayores ganancias en el salto vertical que el entrenamiento con sobrecarga y estiramientos estáticos (8.1% y 3.4%, respectivamente), no se observaron diferencias significativas entre los grupos, aunque si se observó una tendencia hacia la significancia ($p = 0.07$). Estos hallazgos pueden deberse a la elección de los ejercicios pliométricos incluidos en nuestro programa. Si bien los ejercicios pliométricos para el tren inferior tienen un componente horizontal y un componente vertical, la mayoría de los ejercicios se enfocaron en rebotar o saltar hacia delante y no verticalmente. Al parecer hubiera sido necesario incorporar ejercicios pliométricos para el tren inferior que hicieran foco en el salto vertical para promover ganancias en el rendimiento en los saltos verticales mayores a las que pueden obtenerse con el entrenamiento de sobrecarga y estiramientos estáticos. Esta sugerencia es consistente con los hallazgos de otros investigadores que han observado mejoras en el salto vertical en jóvenes que realizaron en forma regular saltos con caída, los cuales implican dejarse caer desde una plataforma y luego saltar en forma vertical lo más rápidamente y lo más alto posible (Diallo et al., 2001; Matavulj et al., 2001).

Si bien cierta evidencia sugiere que el entrenamiento pliométrico y el entrenamiento con sobrecarga puede incrementar la velocidad en los adultos (Delecluse et al., 1995), los datos acerca de los efectos del entrenamiento de sobrecarga o el entrenamiento combinado de pliometría y sobrecarga sobre la mejora de la velocidad en jóvenes son limitados. Myer y colaboradores (2005) demostraron que un programa de entrenamiento con múltiples componentes de 6 semanas de duración y que incluyó ejercicios con sobrecarga, ejercicios pliométricos y ejercicios de velocidad, produjo mejoras significativas en el esprint en 9.1 m en mujeres atletas adolescentes. Similarmente, Kotzamanidis (2006) reportó que la velocidad de carrera mejoró en niños prepúberes luego de 10 semanas de entrenamiento pliométrico. Sin embargo, Kotzamanidis (2006) observó mejoras en la velocidad para distancias de carrera de 0 a 30 m, 10 a 20 m y 20 a 30 m, pero no en la distancia de 0 a 10 m. En el presente estudio, ninguno de los programas de entrenamiento influenció el rendimiento de velocidad medido con el test de esprint en 9.1 m. La corta distancia que representan los 9.1 m no permitió a los participantes alcanzar su máxima velocidad de carrera.

El entrenamiento combinado provocó la mejora significativa en el test de agilidad de ir y volver en comparación con el entrenamiento de sobrecarga por si solo (3.8% vs 0.3%, respectivamente). Este hallazgo demuestra la necesidad de un programa de acondicionamiento con múltiples componentes para mejorar el rendimiento en actividades que implican aceleración, desaceleración y cambios de dirección. Se podría hipotetizar que un programa de acondicionamiento comprehensivo que incluya ejercicios pliométricos, de sobrecarga y ejercicios orientados a la mejora de la técnica de la mecánica de carrera puede mejorar en mayor medida el rendimiento de carrera en los jóvenes.

Los resultados de esta investigación también demuestran que tanto el entrenamiento combinado de pliometría y sobrecarga (sin estiramientos estáticos) como el entrenamiento con sobrecarga por si solo (con estiramientos estáticos) pueden mejorar la flexibilidad en los jóvenes (medida mediante el test de flexibilidad v-test).

A pesar de las preocupaciones tradicionales acerca de que el entrenamiento con sobrecarga puede resultar en una pérdida de flexibilidad, los resultados de la presente investigación sugieren que el entrenamiento con sobrecarga combinado con estiramientos estáticos o el entrenamiento con sobrecarga combinado con el entrenamiento pliométrico puede mejorar la flexibilidad en aproximadamente un 28%. Otros investigadores han reportado ganancias en la flexibilidad en jóvenes que participaron en un programa de entrenamiento con sobrecarga (Faigenbaum et al., 2005; Lillegard et al., 1997).

Una limitación de este estudio a corto plazo es que no se incluyó un grupo que entrenara solo con ejercicios de sobrecarga. No obstante, el foco del presente estudio fue comparar los efectos de seis semanas de entrenamiento combinado de pliometría y sobrecarga con el entrenamiento de sobrecarga y estiramientos estáticos en niños. Asimismo, nosotros tampoco valoramos la maduración biológica antes del comienzo del estudio. Si bien, no se observaron diferencias pre entrenamiento respecto de las características físicas o de rendimiento entre los grupos, es posible que los participantes en cada grupo difirieran en su maduración biológica. Por último, aunque la duración de las sesiones de entrenamiento para ambos grupos fue de 90 minutos, el grupo que realizó el entrenamiento combinado de pliometría y sobrecarga tuvo un mayor acondicionamiento físico que el grupo que realizó entrenamientos de sobrecarga y estiramientos estáticos.

CONCLUSIONES

En el presente estudio hemos demostrado que la adición de un programa de entrenamiento pliométrico a un programa de entrenamiento con sobrecarga fue más efectivo que el entrenamiento con sobrecarga y estiramientos estáticos para mejorar la potencia del tren superior e inferior en niños. Nuestros hallazgos resaltan el valor potencial del entrenamiento combinado que tiene el propósito de maximizar el rendimiento de potencia en jóvenes, al menos en el corto plazo. Debido a la creciente popularidad de los programas de acondicionamiento y entrenamiento de la fuerza para los jóvenes, se deberían llevar a cabo estudios a largo plazo que exploren los mecanismos neuromusculares responsables de las adaptaciones inducidas por el entrenamiento en los jóvenes y que investiguen los efectos de diferentes tipos de entrenamiento sobre diversas poblaciones de niños y adolescentes.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la administración y la facultad del Colegio Secundario Hillsborough, Hillsborough, NJ, USA, por su respaldo a la presente investigación. Los autores también agradecen a Jeff Schwerdtman, Kyle Newell y Mark Salandra por su colaboración en la recolección de los datos.

Puntos Clave

- Los programas de acondicionamiento para jóvenes que incluyen diferentes tipos de entrenamientos y diferentes esquemas de carga (e.g., pliometría de alta velocidad y entrenamiento con sobrecarga) pueden ser más efectivos para mejorar el rendimiento de potencia.
- Los efectos del entrenamiento combinado de pliometría y sobrecarga pueden ser sinérgicos en los niños, y sus efectos combinados pueden ser mayores que los efectos de cada programa por si solo.

REFERENCIAS

1. Adams, K., O'Shea, J.P., O'Shea, K.L. and Climstein, M (1992). The effect of six weeks of squat, plyometric and squat-plyometric training on power production. *Journal of Strength and Conditioning Research 66, 36-41*
2. American Alliance of Health, Physical Education, Recreation and Dance (1999). Physical best activity guide. Elementary Level. Human Kinetics. *Champaign, IL*
3. Arthur, M. and Bailey, B (1998). Conditioning for football. Human Kinetics. *Champaign, IL*
4. Bompa, T (2000). Total training for young champions. Human Kinetics. *Champaign, IL*
5. Brown, M.E., Mayhew, J.L. and Boleach, L.W (1986). Effect of plyometric training on vertical jump performance in high school basketball players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness 26, 1-4*
6. Chu, D.A (1998). Jumping into plyometrics, 2nd edition Human Kinetics. *Champaign, IL*
7. Chu, D., Faigenbaum, A. and Falkel, J (2006). Progressive plyometrics for kids. *Healthy Learning, Monterey, CA*
8. Cossor, J.M., Blanksby, B.A. and Elliot, B.C (1999). The influence of plyometric training on the freestyle tumble turn. *Journal of Science and Medicine in Sport 2, 106-116*
9. Delecluse, C.H., Van Coppenolle, E., Willems, M., Van Leemputte, M., Diels, R. and Goris, M (1995). Influence of high resistance and high velocity training on sprint performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise 27, 1203-1209*
10. Diallo, O., Dore, E., Duche, P. and Van Praagh, E (2001). Effects of plyometric training followed by a reduced training programme on physical performance in prepubescent soccer players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness 41, 342-348*
11. Faigenbaum, A., Bellucci, M., Bernieri, A., Bakker, B. and Hoorens, K (2005). Acute effects of different warm-up protocols on fitness performance in children. *Journal of Strength and Conditioning Research 119, 376-381*
12. Faigenbaum, A.D., Kraemer, W.J., Cahill, B., Chandler, J., Dziados, J., Elfrink, L.D., Forman, E., Gaudiose, M., Micheli, L., Nitka, M. and Roberts, S (1996). Youth resistance training: Position statement paper and literature review. *Strength and Conditioning Journal 118, 62-75*
13. Faigenbaum, A.D., Milliken, L.A., Moulton, L. and Westcott, W.L (2005). Early muscular fitness adaptations in children in response to two different resistance training regimens. *Pediatric Exercise Science 17, 237-248*
14. Falk, B. and Tenenbaum, G (1996). The effectiveness of resistance training in children. *A meta-analysis. Sports Medicine 22, 176-186*
15. Fatouros, I.G., Jamurtas, A.Z., Leontsini, D., Kyriakos, T., Aggelousis, N., Kostopoulos, N. and Buckenmeyer, P (2000). Evaluation of plyometric exercise training, weight training, and their combination on vertical jump performance and leg strength. *Journal of Strength and Conditioning Research 14, 470-476*
16. Flanagan, S., Laubach, L., DeMarco, G., Borchers, S., Dressman, E., Gorka, C., Lauer, M., McKelvy, A., Metzler, M., Poeppelman, J., Redmond, C., Tichar, S., Wallis, K. and Weseli, D (2002). Effects of two different strength training modes on motor performance in children. *Research Quarterly for Exercise and Sport 73, 340-344*

17. Fleck, S.J. and Kraemer, W.J (2004). Designing resistance training programs. 3rd edition. *Human Kinetics, Champaign, IL*
18. Harman, E. and Pandorf, C (2000). Principles of test selection and administration. In: Essentials of strength training and conditioning. Eds: Baechle, T. and Earle, R. 2nd edition. *Champaign, IL: Human Kinetics. 275-307*
19. Hewett, T.E., Riccobene, J.V., Lindenfeld, T.N. and Noyes, F.R (1999). The effects of neuromuscular training on the incidence of knee injury in female athletes: A prospective study. *American Journal of Sports Medicine 27, 699-706*
20. Hortobagyi, T., Faludi, J., Tihanyi, J. and Merkely, B (1985). Effects of intense stretching -flexibility training on the mechanical profile of the knee extensors and on the range of motion of the hip joint. *International Journal of Sports Medicine 6, 317-321*
21. Hunter, J.P. and Marshall, R.N (2002). Effects of power and flexibility training on vertical jump technique. *Medicine and Science and Sports and Exercise 34, 478-486*
22. Kotzamanidis, C (2006). Effect of plyometric training on running performance and vertical jumping in prepubertal boys. *Journal of Strength and Conditioning Research 20, 441-445*
23. Lillegard, W., Brown, E., Wilson, D., Henderson, R. and Lewis, E (1997). Efficacy of strength training in prepubescent to early postpubescent males and females: effects of gender and maturity. *Pediatric Rehabilitation 1, 147-157*
24. Linnamo, V., Newton, R., Hakkinen, K., Komi, P., Davie, A., McGuigan, M. and Triplett-McBride, T (2000). Neuromuscular responses to explosive and heavy resistance loading. *Journal of Electromyography and Kinesiology 10, 417-424*
25. Marginson, V., Rowlands, A., Gleeson, N. and Eston, R (2005). Comparison of the symptoms of exercise-induced muscle damage after and initial and repeated bout of plyometric exercise in men and boys. *Journal of Applied Physiology 99, 1174-1181*
26. Martel, G., Harmer, M., Logan, J. and Parker, C (2005). Aquatic plyometric training increases vertical jump in female volleyball players. *Medicine and Science in Sports and Exercise 37, 1814-1819*
27. Martens R (2004). Successful coaching. 3rd edition. *Champaign, IL: Human Kinetics*
28. Matavulj, D., Kukolj, M., Ugarkovic, J., Tihanyi, J. and Jaric, S (2001). Effects of plyometric training on jumping performance in junior basketball players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness 41,159-164*
29. Myer, G., Ford, K., Palumbo, J. and Hewitt, T (2005). Neuromuscular training improves performance and lower extremity biomechanics in female athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research 119, 51-60*
30. Polhemus, R., Burkhart, E., Osina, M. and Patterson, M (1981). The effects of plyometric training with ankle and vest weights on conventional weight training programs form men and women. *National Strength and Conditioning Association Journal 2, 13-15*
31. Safrit, M (1995). Complete guide to youth fitness testing. *Human Kinetics, Champaign, IL*
32. Sale, D. and MacDougall, D (1981). Specificity in strength training: A review for the coach and athlete. *Canadian Jounral of Applied Sports Science 6, 87-92*
33. Shehab, R., Mirabelli, M., Gorenflo, D. and Fetters, M (2006). Pre-exercise stretching and sports related injuries: Knowledge, attitudes and practices. *Clinical Journal of Sports Medicine 16, 228-231*
34. Shrier, I (2004). Does stretching improve performance? A systematic and critical review of the literature. *Clinical Journal of Sports Medicine 14, 267-273*
35. Vossen, J.F., Burke, D.G. and Vossen, D.P (2000). Comparison of dynamic push-up training and plyometric push-up training on upper-body power and strength. *Journal of Strength and Conditioning Research 14, 248-253*
36. Wilson, G.J., Elliot, B.C. and Wood, G,A (1992). Stretch shorten cycle performance enhancement through flexibility training. *Medicine and Science in Sports and Exercise 24, 116-123*
37. Zakas, A., Doganis, G., Galazoulas, C. and Vamvakoudis, E (2006). Effect of acute static stretching duration on isokinetic peak torque in prepubescent soccer players. *Pediatric Exercise Science 18, 252-261*

Cita Original

Avery D Faigenbaum, Nicholas A Ratamess, Jay R Hoffman, Jie Kang, James E McFarland, Fred B Keiper y William Tevlin (2012).