

Article

Adaptaciones de la Fuerza y Respuestas Hormonales al Entrenamiento y Desentrenamiento de la Fuerza en Varones Preadolescentes

Strength Adaptations and Hormonal Responses to Resistance Training and Detraining In Preadolescent Males

Charilaos K Tsolakis¹, George K Vagenas¹ y Athanasios G Dessypris²¹Department of Physical Education and Sports Science.²School of Biology, Department of Biochemistry and Molecular Biology, University of Athens, Athens, Grecia.

RESUMEN

19 varones preadolescentes desentrenados (11-13 años) fueron colocados al azar en un grupo de entrenamiento experimental (STG, n=9) y en un grupo control (n=10). Fue obtenido un consentimiento informado de los niños y sus padres. El STG fue sometido a un programa de entrenamiento de la fuerza de 2 meses (6 ejercicios, 3 x 10 repeticiones máximas [RM], 3 veces por semana), seguido de un programa de desentrenamiento de 2 meses. La efectividad del programa de sobrecarga fue determinada midiendo las diferencias pre- y post-entrenamiento y en el desentrenamiento en la fuerza isométrica e isotónica (10RM) y las respuestas hormonales de la testosterona (T), globulina ligadora de las hormonas sexuales e índice de andrógenos libres (FAI). Su estadio de maduración fue evaluado de acuerdo a Tanner. Fueron observadas ganancias significativas post-entrenamiento en la fuerza isométrica (17.5%) e incrementos en la T y en el valor medio de FAI ($p < 0.05-0.001$) en el STG. El desentrenamiento resultó en una pérdida significativa (9.5%, $p < 0.001$) de la fuerza isométrica, mientras que los parámetros hormonales del STG permanecieron prácticamente inalterados. Las respuestas hormonales relativas post-desentrenamiento ($\Delta\%$) correlacionaron significativamente con los respectivos cambios en la fuerza isométrica. En conclusión, el entrenamiento de la fuerza indujo cambios en la fuerza independientemente de los cambios en la actividad anabólica y androgénica en varones preadolescentes. Son necesarias futuras investigaciones para clarificar completamente los mecanismos fisiológicos subyacentes al proceso de entrenamiento y desentrenamiento de la fuerza

Palabras Clave: entrenamiento de la fuerza, entrenamiento isoquinético, andrógenos, varones desentrenados

ABSTRACT

Nineteen untrained preadolescent males (11-13 years old) were randomly placed into an experimental trained group (STG, n = 9) and a control group (n = 10). Informed consent was obtained from the children and their parents. The STG was submitted to a 2-month resistance-training program (6 exercises, 3 X 10 repetitions maximum [RM], 3 times per week), followed by a 2-month detraining program. The effectiveness of the resistance program was determined by measuring pre- and posttraining and detraining differences in isometric and isotonic (10RM) strength and hormonal responses in testosterone (T), sex hormone binding globulin, and free androgen index (FAI). Their maturation stage was evaluated according to Tanner. Significant posttraining isometric strength gains (17.5%) and mean T and FAI value increases ($p < 0.05-0.001$) were observed in STG. Detraining resulted in a significant loss (9.5%, $p < 0.001$) of isometric strength whereas the hormonal parameters of STG remained practically unaltered. The relative (D%) postdetraining hormonal responses correlated significantly with the respective isometric strength changes. In conclusion, the resistance training induced strength changes independent of the changes in the anabolic and androgenic activity in preadolescent males. Further research is needed to fully clarify the physiological mechanisms underlying the strength training and detraining process.

Keywords: strength training, isokinetic training, androgens, male untrained

INTRODUCCION

Los cambios fisiológicos de crecimiento muscular en los varones durante las primeras etapas de la pubertad son atribuidos principalmente al incremento de los niveles de andrógenos de los jóvenes (10). Estos cambios son observados usualmente después de la edad de 11 años, correlacionando con los cambios en los estadios de desarrollo, y son considerados significativos en el crecimiento funcional del tejido muscular (20, 21, 40).

Muchos individuos en el período preadolescente participan incrementalmente en programas de entrenamiento de la fuerza sistemáticos que, si son seguidos todos los principios básicos del diseño y seguridad, conducen a un incremento en la fuerza muscular (6), una mejora de la salud, y a la prevención de posibles lesiones relacionadas al ejercicio (20) atribuidas a la debilidad muscular y al desequilibrio de la fuerza muscular durante el desarrollo (28). Aunque estos mecanismos que producen estos cambios en los adolescentes han sido completamente investigados (18, 25, 34, 37), existen pocas investigaciones respecto a los preadolescentes.

Entre los adultos, las ganancias de fuerza inducidas por el entrenamiento de la fuerza son atribuidas principalmente a adaptaciones neurológicas en las primeras etapas del entrenamiento y a la dominación de la hipertrofia muscular a través del tiempo (25). El rendimiento neuromuscular en los adultos disminuye lentamente durante el desentrenamiento por medio de adaptaciones neurológicas y hormonales reversibles (13, 26). Con respecto a los niños, los cambios en la fuerza son atribuidos a factores neurológicos (34), mientras que la hipertrofia muscular está mucho más limitada de lo que lo está en los adolescentes (11, 24). Consecuentemente, la probable disminución en las ganancias de fuerza durante el desentrenamiento es principalmente atribuida a la reducción de la activación neuromuscular y a la reducción de la coordinación motora (6).

Los datos de la influencia del entrenamiento y desentrenamiento de la fuerza prolongado sobre los niveles de andrógenos son contradictorios, debido a las diferencias metodológicas inherentes de los estudios relativos (1, 12, 15, 16); sin embargo, hay una falta relativa de información similar acerca de los varones preadolescentes (23, 25). De este modo, nosotros investigamos la influencia de un programa de entrenamiento de la fuerza corto, progresivo, y supervisado, de 2 meses con equipamiento isotónico y de un programa de desentrenamiento de 2 meses sobre las adaptaciones de la fuerza y las hormonas séricas testosterona (T), globulina ligadora de las hormonas sexuales (SHBG), e índice de testosterona libre (FAI) en preadolescentes griegos que no tenían ninguna experiencia previa en entrenamiento.

METODOS

19 varones desentrenados que asistían al secundario, de 11-13 años de edad, fueron colocados al azar en 2 grupos; un grupo experimental de entrenamiento (STG, n=9) y un grupo control (CG, n=10). Las características personales de los

sujetos son dadas en la Tabla 1. Ellos participaron voluntariamente después de estudiar el propósito del estudio y los potenciales riesgos asociados con el programa de entrenamiento de la fuerza y después de obtener el consentimiento escrito de sus padres. La Universidad de Atenas, Departamento de Educación Física, aprobó el estudio. El estadio de maduración de los sujetos fue evaluado de acuerdo a Tanner (36) en base a los genitales externos y al desarrollo del bello púbico. Todos los sujetos fueron clasificados como en la última etapa del estadio 1 o en la primera etapa del estadio 2 y esto fue confirmado por sus concentraciones séricas de T (38), las cuales reflejaron también su nivel de preadolescentes (36). Antes de su selección, todos los sujetos experimentaron una evaluación médica (examinación de preparticipación deportiva) para excluir aquellos niños con enfermedades crónicas, limitaciones ortopédicas y otros factores inhibidores.

Acercamiento Experimental al Problema

Nuestro estudio tuvo el propósito de determinar si un programa de entrenamiento y desentrenamiento de la fuerza corto de igual duración podría influenciar los niveles de fuerza y los factores hormonales relativos en varones preadolescentes sedentarios.

El STG fue sometido a un programa de entrenamiento de la fuerza de 2 meses. Las variables del programa de entrenamiento fueron diseñadas de acuerdo a los principios básicos descritos por Kraemer y Fleck (19). Cada sesión de entrenamiento incluyó 3 series de 10 repeticiones máximas (10RM) predeterminadas de 6 ejercicios diferentes del tren superior en una máquina de resistencia variable (press de banca en posición supina, dorsal polea, curl de bíceps, extensiones de tríceps, remo sentado, press militar). El programa de ejercicios fue diseñado para las extremidades superiores, debido a que los brazos de los niños son proporcionalmente más débiles que sus piernas (29, 31), y en este contexto, los sujetos podrían haber sido capaces de obtener mayores ganancias de fuerza después del final del protocolo de entrenamiento. A los sujetos se les permitió descansar durante 1 minuto entre cada serie y durante 3 minutos entre cada uno de los 6 diferentes ejercicios. La duración de las sesiones de entrenamiento fue de aproximadamente 60 minutos 3 veces por semana (48 horas entre las sesiones de entrenamiento). Cada sesión fue supervisada por un entrenador e incluyó una entrada en calor de aproximadamente 10 minutos con trote, estiramientos estáticos, y ejercicios suaves de los grupos musculares implicados y aproximadamente 5-8 minutos de una vuelta a la calma con estiramientos. Los sujetos fueron sometidos a un test (10RM) cada 15 días para reajustar el esfuerzo de entrenamiento. El período de entrenamiento fue seguido por un período de desentrenamiento de 2 meses durante el cual los sujetos no participaron en ningún programa de entrenamiento excepto sus clases de educación físicas escolares. Fueron obtenidas muestras sanguíneas antes del comienzo del entrenamiento de 2 meses, al final del segundo mes y al final del período de desentrenamiento a partir de la vena antecubital en condiciones de reposo (los sujetos permanecían sentados durante 10-15 minutos cuando arribaban al laboratorio) para la determinación hormonal. El CG no estuvo sujeto a entrenamiento de la fuerza, pero siguió evaluaciones antropométricas y protocolos de análisis sanguíneos similares. No resultaron lesiones a partir de las sesiones de entrenamiento. Algunos sujetos se quejaron de dolor muscular retardado y rango de movimiento limitado en las 3 sesiones iniciales, los cuales desaparecieron después de la primera semana de entrenamiento seguida por ejercicios de estiramiento extra.

Mediciones

Fuerza Isoquinética

Fue usado un dinamómetro para las extremidades superiores que producía resistencia mediante una celda de carga especialmente diseñado para medir la fuerza concéntrica pre- y post-ejercicio de los flexores del codo en el brazo derecho. Cada sujeto fue colocado en un asiento ajustable, sujetado con 3 correas especiales las cuales ayudaban a la inmovilización del pecho, los hombros y la espalda. Fue registrada la fuerza isométrica de la flexión del codo en un ángulo de 90°.

Después de una entrada en calor satisfactoria con ejercicios suaves y el estiramiento de los grupos musculares de las extremidades superiores y el tren superior, cada sujeto realizó 3 esfuerzos máximos que duraban aproximadamente 3 segundos con un intervalo de 60 segundos entre los mismos. Los sujetos fueron informados acerca de los procedimientos antes de los esfuerzos, y cada esfuerzo máximo fue fortalecido con aliento verbal. El mejor de los tres esfuerzos fue retenido para los posteriores análisis.

Fuerza Isotónica

Fueron determinadas 10RM para cada sujeto en la flexión del codo con mancuernas ajustables. La posición de partida durante las evaluaciones isoquinéticas fue de 40° de flexión del codo. Después de una entrada en calor satisfactoria con un peso liviano (1.5kg) fueron halladas 10RM dentro de 3-4 intentos y fueron medidas dentro de 0.5kg (el máximo peso que podía ser levantado 10 veces correctamente sin la ayuda de ningún otro grupo muscular). Un instructor adulto podía identificar cuando el brazo no estaba inmovilizado y cuando el intento no era realizado en el rango de movimiento completo. El intervalo de descanso entre intentos fue de 1 minuto.

Análisis Sanguíneos

Después de 2 días de descanso y 12 horas de ayuno, fueron tomados aproximadamente 5ml de sangre a partir de una vena del antebrazo (antecubital) con una aguja de 21-G x 1.5-in. vacutainer, entre las 08:30 y las 09:00 horas, para evitar la influencia de las variaciones diurnas en las hormonas séricas. Fue permitido que la sangre se coagulara a temperatura de la habitación (22°C) y el suero fue separado por medio de centrifugación a 3000g durante 15 minutos y fue almacenado a -30°C hasta ser analizado (dentro de 30 días). La testosterona fue determinada por medio de 125I Testosterona Directa kit RIA comercial (Farmos ORION Diagnostica, Finlandia). Las variaciones intra- e inter-análisis fueron de 4.6% y 4.9% y la sensibilidad del análisis fue de 0.30nmol/L. La especificidad fue muy buena con reacciones transversales menores. La hormona ligadora de las hormonas sexuales fue determinada por el método de IRMA (Farmos). Las variaciones intra- e inter-análisis fueron de 3.2% y 5.5% con una sensibilidad de 0.5nmol/L. Todas las muestras para T y SHBG fueron determinadas en duplicado (así como la curva estándar) y el suero de control de alta y baja calidad fue incluido en las evaluaciones. Los valores en duplicado fueron muy satisfactorios (T, $r=0.96$; SHBG, $r=0.98$).

Finalmente, el FAI fue calculado usando el tipo (Farmos):

$$\text{FAI} = [\text{concentración de T total (nmol/L)} / \text{concentración de SHBG (nmol/L)}] \times 100$$

Antropometría

A los 19 sujetos se les realizaron mediciones de talla, peso y pliegues cutáneos tricípital y subescapular. Las últimas mediciones fueron tomadas con un calibre Harpenden para pliegues cutáneos (17). Todas las mediciones antropométricas y de composición corporal fueron tomadas en 3 ocasiones por el mismo investigador, que fue previamente controlado para su confiabilidad test-retest ($r>0.92$).

Análisis Estadísticos

Los valores pre-, post-entrenamiento y de desentrenamiento para todas las variables medidas fueron comparados por medio de análisis de varianza de 2 vías (ANOVA) (2 x 3) con mediciones repetidas. Los análisis post hoc incluyeron ANOVA de mediciones repetidas de 1 vía y tests independientes Bonferroni. Los test-t para variables independientes fueron usados para comparaciones de las medias de los parámetros hormonales examinados entre el STG y el CG. Fueron usadas correlaciones momento producto de Pearson para examinar las relaciones divariadas entre los cambios porcentuales ($\Delta\%$) en las respuestas de fuerza y hormonales. Los datos en las tablas son presentados como media \pm DS. En esta investigación la significancia fue establecida a una $p\leq 0.05$.

RESULTADOS

Los valores medios para las variables hormonales son presentados en la Tabla 2. Los sujetos que participaron en el programa de entrenamiento con sobrecarga exhibieron un incremento de 124% ($p<0.001$) en la concentración media de T y un 75% de incremento ($p<0.05$) en los valores FAI. El STG demostró ganancias significativas de la fuerza isométrica (17.5%, $p<0.001$), mientras que el CG no mostró ganancias significativas en ninguno de los parámetros arriba mencionados.

Al final del período de desentrenamiento, las concentraciones medias hormonales del STG no fueron significativamente diferentes con respecto a las concentraciones post-entrenamiento, mientras que la fuerza disminuyó significativamente (9.5%, $p<0.001$). La concentración de T media en el desentrenamiento y los valores medios de FAI del CG se incrementaron en un 9% y en un 21% ($p<0.05$). No fueron observadas diferencias significativas en ninguna de las mediciones de fuerza entre los grupos. Fue observada una correlación significativa en los cambios relativos ($\Delta\%$) post-desentrenamiento entre los parámetros hormonales (T, FAI; $r=-0.68$, $p<0.05$) y la fuerza isométrica ($r=-0.91$, $p<0.01$) en el STG.

Grupos	n	Edad (años)	Talla (cm)	Peso (kg)	% de Grasa Corporal
STG	9	11.78±0.84	152.18±5.91	43.02±9.5	14.05±3.11
CG	10	12±0.82	156.82±8.68	43.18±10.74	12.74±2.64
STG vs. CG **		NS	NS	NS	NS

Tabla 1. Características antropométricas del STG y CG (media±DS). STG=grupo experimental;CG=grupo control; NS=no significativo. ** test t independiente.

Variables	Grupo	Pre-entrenamiento	Post-entrenamiento	Desentrenamiento
T (nmol/L)	STG	4.9±5.7	10.9±6.2 *	10.7±7.6 **
	CG	6.1±4.45	6.6±4.05	7.2±3.98 ***
SHBG (nmol/L)	STG	69±30.9	61.5±42.2	78.2±50.5
	CG	64.2±21.84	73.7±25.7	65.1±23.3
FAI	STG	15.6±26.1	28.49±33.5 ***	22.7±27.4 *
	CG	12.7±15.1	12.1±13.6	14.6±15.6
Fuerza Isométrica (kg)	STG	85.11±8.26	100.16±8.39 *	90.64±7.60 *
	CG	83.06±6.95	83.94±7.13	84.60±7.01
Fuerza Isotónica (kg)	STG	3.22±1.62	4±1.54	3.80±1.58
	CG	3.35±0.85	3.60±0.84	3.75±0.71

Tabla 2. Concentraciones hormonales y fuerza isoquinética del STG (n=9) y el CG (n=10) (media ±DS). * p<0.001; ** valores STG mayores que los valores CG, p<0.05; *** p<0.05 (significancia en el análisis de varianza de una vía con respecto a los valores pre-, post-entrenamiento y de desentrenamiento, análisis post hoc Bonferroni); STG=grupo experimental; CG=grupo control; T=testosterona; SHBG=globulina ligadora de hormonas sexuales; FAI=índice de andrógenos libres.

DISCUSION

El presente estudio demostró que 2 meses de un programa de entrenamiento de la fuerza, supervisado y progresivo en jóvenes preadolescentes resultó en incrementos significativos en el nivel de los valores de T y FAI y en el mantenimiento de los cambios post-entrenamiento después de un período de desentrenamiento de 2 meses. La fuerza isométrica se incrementó significativamente, pero disminuyó significativamente al final del período de desentrenamiento hacia los valores de los controles no entrenados, sugiriendo que las ganancias de fuerza en los niños son impermanentes y reversibles. No fueron observadas asociaciones significativas entre los cambios relativos en la fuerza isométrica o isotónica (10RM) y los cambios en los parámetros hormonales durante el período de post-entrenamiento. Después del final del período de desentrenamiento, fue observada una correlación significativa en los cambios relativos ($\Delta\%$) post-desentrenamiento entre los parámetros hormonales (T, FAI; $r=-0.68$, $p<0.05$) y fuerza isométrica ($r=-0.91$, $p<0.01$) en el STG.

La influencia del entrenamiento de la fuerza sobre la fuerza de varones preadolescentes ha sido extensivamente estudiada. Está generalmente aceptado que la fuerza muscular puede ser incrementada exitosamente y de manera segura (2, 3, 20). En el presente estudio, fue encontrada una mejora significativa (17.5%) de la fuerza isométrica. Aunque las comparaciones directas entre las investigaciones de los mismos grupos de edades y la misma duración son limitadas (9, 32), la magnitud de las ganancias de la fuerza observadas en el presente estudio fue menor y probablemente atribuida a las diferentes frecuencias (9), y intensidades de entrenamiento, y modalidades de evaluación (9, 32).

El desentrenamiento en adultos fue caracterizado por una reducción relativa de la fuerza muscular a través de adaptaciones neuromusculares y hormonales reversibles (13, 26). No hay suficiente información acerca de los cambios en las ganancias de fuerza inducidas por el entrenamiento de fuerza durante el desentrenamiento en preadolescentes. Pocos estudios (2, 8) investigaron los efectos del desentrenamiento con una inclusión de un CG para explicar los probables

incrementos relacionados al crecimiento en la fuerza. En nuestro estudio, después de 8 semanas de desentrenamiento, los sujetos entrenados en fuerza disminuyeron la misma en un 9.5%, convergiendo hacia los valores de control, mientras que los sujetos del CG no mostraron cambios significativos en la fuerza durante el mismo período de desentrenamiento. Aunque la magnitud de la ganancia inicial de fuerza y la duración del desentrenamiento podrían explicar parcialmente la respuesta reversible de la fuerza (2), otros factores parecen ser importantes también. No fueron observadas correlaciones significativas entre la fuerza inicial y la respectiva pérdida de fuerza, ya sea en la fuerza isotónica (10RM) o isométrica para este STG. El STG mantuvo aproximadamente el 64% de la fuerza ganada durante el entrenamiento, probablemente debido a la alta intensidad del programa de entrenamiento (20), el cual es un importante factor relacionado a la magnitud de la mejora de la fuerza muscular (4). El proceso impermanente y reversible de la fuerza y las ganancias de la fuerza preservadas durante el período de desentrenamiento podrían ayudar a los entrenadores a diseñar los programas de acondicionamiento dentro de la temporada, aunque necesitan ser examinados más detalles con respecto al punto en donde los parámetros estudiados van a regresar a sus valores pre-entrenamiento. No fueron halladas diferencias significativas en la fuerza entre los grupos al final del período de desentrenamiento. Fue hallado que las ganancias de fuerza no significativas que ocurrieron el CG, lo cual indicó el proceso de crecimiento de los sujetos, combinadas con las disminuciones significativas de 9.5% del STG, fueron consistentes con el modelo propuesto por Blimkie et al. (6) concerniente a los efectos del crecimiento, el entrenamiento de la fuerza y el desentrenamiento durante la niñez.

Para nuestro conocimiento, poco es sabido acerca de la influencia del entrenamiento de la fuerza sobre la secreción de andrógenos (T, SHBG, FAI) y la bioadaptabilidad en varones preadolescentes (24, 32). Nuestros trabajos previos con este grupo de edad ha demostrado que el entrenamiento de la fuerza incrementa significativamente los niveles de T y FAI para el STG (39), lo cual probablemente podría contribuir como un estímulo adicional del proceso anabólico durante la aceleración del crecimiento de la pubertad (35) y así conducir a la aceleración del ritmo de crecimiento y desarrollo (7), aunque tal entrenamiento de corta duración no podría permitir hacer ninguna conclusión definitiva, debido a que los mecanismos no influyen el crecimiento esquelético de los varones prepúberes (3). Obviamente, son necesarias más investigaciones para clarificar si la extensión del período de entrenamiento puede influenciar el nivel de maduración de los sujetos que se ejercitan.

Los resultados de nuestro estudio, y especialmente las correlaciones no significativas entre los cambios de fuerza pre- y post-relativa ($\Delta\%$) y las hormonas anabólicas, pueden demostrar una falta de un rol potencial de la T en la adquisición de la fuerza. Sale (33) destacó que los factores neurales y las posibles transiciones de fibras musculares de Tipo II a perfiles más glucolíticos predominan en la hipertrofia muscular en niños prepúberes. En contraste, Mero et al. (23) reportaron correlaciones significativas entre las hormonas y la producción de fuerza después de un período de entrenamiento mucho más largo (12 meses) de diferentes regímenes de entrenamiento combinados. La correlación significativa post-desentrenamiento entre los parámetros hormonales y la fuerza isoquinética probablemente podría explicar la magnitud de los procesos anabólicos y catabólicos en los adultos (14, 16). Aunque es poco frecuente la información acerca de las adaptaciones en el desentrenamiento en los niveles de andrógenos de preadolescentes, la asociación significativa del período de desentrenamiento combinada con los cambios significativos en T y FAI, la cual permaneció prácticamente inalterada, muestra probablemente el nivel de entrenabilidad del STG (30).

La concentración de T y SHBG en el STG permaneció dentro del rango de los valores de referencia (38) al final del período de entrenamiento, lo cual, a su vez, muestra que el entrenamiento de la fuerza en este estudio no tuvo efectos adversos sobre los mecanismos hormonales que operan en los varones prepúberes. La falta de lesiones musculoesqueléticas después del período de entrenamiento también mostró que este entrenamiento de la fuerza concéntrica, aplicado y supervisado no parece ser una actividad particularmente de riesgo en los niños sanos. De este modo, el entrenamiento de la fuerza podría constituir una parte efectiva de los programas de ejercicio físico para preadolescentes (27), teniendo en cuenta la interacción entre las adaptaciones al entrenamiento y los límites fisiológicos potenciales para cada estadio de desarrollo (20). Existen numerosas preguntas con respecto a la influencia de diferentes combinaciones de factores de entrenamiento (modo, intensidad, volumen y duración del entrenamiento) para obtener el régimen de entrenamiento óptimo para la mejora específica y el rol del entrenamiento de la fuerza para inducir respuestas de los andrógenos sobre los cambios en la hipertrofia muscular o la coordinación neuromuscular y motora en estos sujetos.

Nosotros concluimos que (a) el entrenamiento de la fuerza de 2 meses resultó en incrementos significativos en los niveles hormonales medios (T, FAI) y en la fuerza isométrica de los varones preadolescentes, y (b) las ganancias hormonales post-entrenamiento fueron preservadas durante 2 meses, mientras que la fuerza isométrica disminuyó significativamente después del final del período de desentrenamiento.

Aplicaciones Prácticas

Los presentes datos tienen importantes aplicaciones prácticas y pueden ser útiles para los entrenadores y clínicos que toman información adecuada sobre el nivel de entrenabilidad de los sujetos para diseñar programas de entrenamiento de la fuerza preventivos o de rehabilitación para reducir el riesgo de lesiones relacionadas al ejercicio o para alcanzar la

musculatura óptima, lo cual ayuda y estabiliza a las parte en crecimiento de los mecanismos cinéticos humanos (22). Los entrenadores y clínicos pueden también diseñar efectivamente variables de entrenamiento de la fuerza relacionadas a la periodización, especialmente la duración apropiada de los recesos entre 2 períodos de entrenamiento, o para la rehabilitación de una lesión relacionada al deporte para este grupo de edad, mientras se considera la naturaleza transitoria de la respuesta al entrenamiento, la cual en un programa de acondicionamiento dentro de la temporada, va a resultar en una pérdida de fuerza inevitable e indeseable.

Agradecimientos

Nos gustaría agradecer a todos los participantes y a sus padres por su contribución y paciencia entusiasta durante el proyecto. Estamos también agradecidos con el Dr. S. Chantzikonstantinou, profesor de medicina del deporte, Departamento de Educación Física y Ciencias del Deporte, Universidad de Atenas, por sus comentarios; al Dr. D.A. Adampoulos, M.D., Ph.D., jefe endocrinólogo, Hospital Helena Venizelos, por la revisión y corrección de nuestro manuscrito; al Dr. A. Vagenas, profesor asistente de estadística, Departamento de Educación Física y Ciencias del Deporte, Universidad de Atenas, por sus valiosos consejos; y a K. Tsolakis, director del Laboratorio de Bioquímica, Hospital Sotiria, por su ayuda técnica experimentada.

Dirección para Envío de Correspondencia

Charilaos Tsolakis, Ph.D., correo electrónico: tsolakis@phed.uoa.gr

REFERENCIAS

1. Blimkie, C.J.R (1992). Resistance training during pre- and early puberty: Efficacy, trainability, mechanisms, and persistence. *Can. J. Sports Sci.* 17:(4) 264-279
2. Blimkie, C.J.R (1993). Resistance training during preadolescence. *Sports Med.* 15:(6) 389-407
3. Blimkie, C.J.R., and O. Bar-Or (1996). Trainability of muscle strength, power, and endurance during childhood. In: *The Child and the Adolescent Athlete. O. Bar-Or, ed. Oxford: Blackwell Science.* pp. 113-129
4. Blimkie, C.J.R., J. Martin, J. Ramsay, D. Sale, and Mac Dougall (1989). The effects of detraining and maintenance weight training on strength development in prepubertal boys. *Can. J. Sports Med.* 14:102P
5. Blimkie, C.J.R, and D.G. Sale (1998). Strength development during childhood. In: *Pediatric Anaerobic Performance. E.V. Praag, ed. Champaign, IL: Human Kinetics.* pp. 193-224
6. Ekblom, B (1969). Effects of physical training in adolescent boys. *J. Appl. Physiol.* 27:350-355
7. Faigenbaum, A.D., W.L. Westcott, L.J. Michelli, A.R. Outerbridge, C.J. Long, R. Larosa-Loud, and L.D. Zaichkowsky (1996). The effects of strength training and detraining on children. *J. Strength Cond. Res.* 10:109-114
8. Faigenbaum, A.D., L.D. Zaichkowsky, W.L. Westcott, L.J. Micheli, and A.F. Fehlandt (1993). The effects of a twice-a-week strength training program on children. *Pediatr. Exerc. Sci.* 5:339-346
9. Fraiser, S.D., F. Gafford, and R. Horton (1969). Plasma androgens in childhood and adolescence. *J. Clin. Endocrinol.* 29:1404-1408
10. Fukunaga, T., K. Funato, and S. Iwega (1992). The effects of resistance training on muscle area and strength in prepubescent age. *Ann. Physiol. Anthropol.* 11:357-364
11. Guezenc, Y., L. Leger, F. Lhoste, M. Aymond, and P.C. Pesquies (1986). Hormone and metabolite response in weight lifting training sessions. *Int. J. Sports Med.* 7:100-105
12. Hortobagyi, T., J. Hoymard, J. Stevenson, D. Fraser, R. Johns, and G. Israel (1993). The effects of detraining on power athletes. *Med. Sci. Sports Exerc.* 25:(8) 929-935
13. Jackson, A.S., and M.L. Pollock (1985). Practical assessment of body composition. *Physician Sportsmed.* 13:76-90
14. Kraemer, W.J (1992). Endocrine responses and adaptations to strength training. In: *Strength and Power in Sport. P.V. Komi, ed. Oxford: Blackwell Scientific.* pp. 291-304
15. Kraemer, W.J., and S.J. Fleck (1993). Strength Training for Young Athletes. *Champaign, IL: Human Kinetics*
16. Kraemer, W.J., A.C. Fry, P.N. Frykman, B. Conroy, and J. Hoffman (1989). Resistance training and Youth. *Pediatr. Exerc. Sci.* 1:336-350
17. Lee, P.A., R.B. Jaffe, and A.R. Midgley (1974). Serum gonadotropin, testosterone and prolactin concentrations throughout puberty in boys: A longitudinal study. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 39:(4) 664-672
18. Mero, A (1998). Power and speed training during childhood. In: *Pediatric Anaerobic Performance. E.V. Praag, ed. Champaign, IL: Human Kinetics.* pp. 241-26
19. Mero, A., L. Jaakola, and P.V. Komi (1990). Serum hormones and physical performance capacity in young boys athletes during a 1-year training period. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.* 60:32-37
20. Mersch, F., and H. Stoboy (1989). Strength training and muscle hypertrophy in children. In: *Children and Exercise. S. Oseid and K-H. Carlsen, eds. Champaign, IL: Human Kinetics.* pp. 165-183
21. Moritani, T (1992). Time course of adaptations during strength and power training. In: *Strength and Power in Sport. P.V. Komi, ed. Oxford: Blackwell Scientific,* 266-278

22. Narici, M.V., G.S. Landoni, A.E. Mikelsky, A.E. Minetti, and P. Cerretteli (1989). Changes in force, cross-sectional area and neural activation during strength training and detraining of the human quadriceps. *Eur. J. Appl. Physiol.* 59:310-319
23. National Strength and Conditioning Association (1985). Position paper on prepubescent strength training. *J. Natl. Strength Cond. Assoc.* 7:(4) 27-31
24. Nikolas, J.A (1984). The value of sports profiling. *Clin. Sports Med.* 3:3-10
25. Pfeifer, R.D., and R.S. Francis (1986). Effects of strength training on muscle development in prepubescent, pubescent and post pubescent males. *Physician Sportsmed.* 14:134-143
26. Reems, K., K. Kuoppasalmi, and H. Adlecreutz (1979). Effect of long term physical training on plasma testosterone, androstendine, luteinizing hormone and sex-hormone-binding globulin capacity. *Scand. J. Clin. Lab. Invest.* 39:743-749
27. Rupnow, A (1985). Upper body strength helping kids win the battle. *OPERD.* 56:60-63
28. Sailors, M., and K. Berg (1987). Comparison of responses to weight training in pubescent boys and men. *J. Sports Med. Phys. Fitness.* 27:30-37
29. Sale, D.G (1989). Strength training in children. In: *Perspectives in Exercise Science and Sports Medicine.* C.V. Gisolfi and D.R. Lamp, eds. Carmel, IN: Benchmark Press. pp. 165-216
30. Sale, D.G (1992). Neural adaptation to strength training. In: *Strength and Power in Sport.* P.V. Komi, ed. Oxford: Blackwell Scientific, 1992. pp. 249-265
31. Styne, D.M (1994). Physiology of puberty. *Horm. Res.* 41: (Suppl). 3-6
32. Tanner, J.M (1962). Growth at Adolescence. Oxford: Blackwell Scientific
33. Tesch, P.A (1992). Short and long term histochemical adaptations in muscle. In: *Strength and Power in Sport.* P.V. Komi, ed. Oxford: Blackwell Scientific. pp. 239-248
34. Tietz, R.W (1990). No Disponible. *Clinical Guide to Laboratory Tests (2nd ed).* Philadelphia: W.B. Saunders, Co
35. Tsolakis, C.H., D. Messinis, A. Stergioulas, and A. Dessypris (2000). Hormonal responses after strength training and detraining in prepubertal and pubertal males. *J. Strength Cond. Res.* 14:(4) 399-404
36. Wieland, R.G., J.C. Chen, E.M. Zorn, and M.C. Halberg (1971). Correlation of growth pubertal staging, growth hormone, gonadotropins, and testosterone levels during pubertal growth spurt in males. *J. Pediatr.* 79:999-1002

Cita Original

Tsolakis Charilaos K., George K. Vagenas y Athanasios G. Dessypris. Strength Adaptations and Hormonal Responses to Resistance Training and Detraining in Preadolescent Males. *J. Strength Cond. Res.*; 18 (3), 625-629, 2004.