

Selected Papers from Impact

Influencia de un Programa de Acondicionamiento de Doce Meses sobre el Crecimiento Físico, las Hormonas Séricas y el Rendimiento Neuromuscular en Esgrimistas Varones Púberes

Influence of a Twelve-Month Conditioning Program on Physical Growth, Serum Hormones, and Neuromuscular Performance of Peripubertal Male Fencers

Charilaos K Tsolakis¹, George K Vagenas¹, Athanasios G Dessypris² y Gregory C Bogdanis¹

¹Departments of Sports Medicine and Biology of Physical Activity, Theoretical Sciences, and Track and Field, Faculty of Physical Education and Sports Science, University of Athens, Atenas, Grecia.

²School of Biology, Department of Biochemistry and Molecular Biology, University of Athens, Athens, Grecia.

RESUMEN

En el presente estudio se estudiaron los efectos de un programa típico de entrenamiento de esgrima sobre determinadas hormonas, el rendimiento muscular y los parámetros antropométricos en niños púberes. Se realizaron dos series de mediciones, antes del entrenamiento y 12 meses después del entrenamiento en 2 grupos de niños de 11 a 13 años de edad. Uno de los grupos consistió de esgrimistas (n=8) que entrenaron regularmente en un período de 12 meses, y el otro grupo (n=8) consistió de niños inactivos de la misma edad. No se observaron diferencias entre los dos grupos respecto del estadio de maduración de Tanner antes (controles, 2.5 ± 0.3 , esgrimistas, 2.1 ± 0.3) o después de los 12 meses de entrenamiento (controles, 3.0 ± 0.3 ; esgrimistas, 3.0 ± 0.3). Los niveles de testosterona sérica, de hormona del crecimiento, de globulinas ligadoras de hormonas sexuales, de leptina y el índice de andrógenos libres cambiaron significativamente con el tiempo, alcanzando valores similares en los 2 grupos al final del estudio. Se observaron incrementos significativamente mayores en la masa corporal (16 ± 3 %) y en el área de sección transversal de la pierna (CSA) (32 ± 7 %) en el grupo de esgrimistas, pero estas diferencias desaparecieron cuando se utilizó a la talla como covariable cambiante. Aunque hubo un incremento significativamente mayor en la talla en el grupo de esgrimistas que en el grupo control (8.6 ± 1.2 vs. 3.6 ± 0.9 cm, $p < 0.01$), hacia el final del estudio la talla alcanzó valores casi idénticos en los 2 grupos (controles, 163.6 ± 5.1 ; esgrimistas, 165.4 ± 2.8). El CSA del brazo, la fuerza de prensión palmar y el rendimiento en el salto vertical cambió significativamente con el tiempo en ambos grupos, y no se observaron diferencias significativas entre los grupos. Se concluyó que un programa característico de entrenamiento de esgrima para niños púberes no tiene efectos sobre ninguna de las hormonas anabólicas y de crecimiento medidas y además no tiene influencia sobre el proceso de

crecimiento normal, lo cual se vio reflejado por los cambios en los parámetros antropométricos y de rendimiento neuromuscular seleccionados. Esto puede deberse a las características de programa de entrenamiento utilizado, el cual puede no ser adecuado para alterar las funciones hormonales de los niños de manera tal que se sobrepasen los veloces cambios que se producen durante la pubertad.

Palabras Clave: ejercicio, niños, crecimiento, pubertad

ABSTRACT

This study examined the effects of a typical fencing training program on selected hormones, neuromuscular performance, and anthropometric parameters in peripubertal boys. Two sets of measurements, before training and after 12 months of training, were performed on 2 groups of 11- to 13-year-old boys. One group consisted of fencers (n = 8), who trained regularly for the 12-month period, and the other group (n = 8) consisted of inactive children of the same age. There was no difference in Tanner's maturation stage of the 2 groups before (controls, 2.5 +/- 0.3; fencers, 2.1 +/- 0.3) and after the 12 months (controls, 3.0 +/- 0.3; fencers, 3.0 +/- 0.3). Serum testosterone, growth hormone, sex hormone binding globulin, free androgen index, and leptin changed significantly over time, reaching similar values in the 2 groups at the end of the study. Significantly greater increases in body mass (16 +/- 3%) and leg cross-sectional area (CSA) (32 +/- 7%) were observed only in the fencers' group, and these differences disappeared when height was set as a changing covariate. Although there was a greater increase in height for the fencers compared to the control group (8.6 +/- 1.2 vs. 3.6 +/- 0.9 cm, p < 0.01), the height reached at the end of the study was almost identical in the 2 groups (controls, 163.6 +/- 5.1; fencers, 165.4 +/- 2.8). Arm CSA, handgrip strength, and vertical jump performance changed significantly over time for both groups, with no differences between groups. It was concluded that a typical fencing training program for peripubertal boys did not have any effect on selected growth and anabolic hormones and did not influence the normal growth process, as this was reflected by changes in selected anthropometric and neuromuscular performance parameters. This may be because of the characteristics of the present fencing training program, which may not be adequate to alter children's hormonal functions in such a way as to override the rapid changes occurring during puberty.

Keywords: exercise, children, growth, hormones, puberty

INTRODUCCION

Los niños están alcanzando rendimientos de nivel mundial en diversos deportes en forma tan temprana como a mediados de la adolescencia. Si bien se ha incrementado la participación de los niños en programas de entrenamiento de alta intensidad a edades tempranas (26), hay un limitado número de estudios que hayan estudiado los efectos del entrenamiento regular a largo plazo sobre el crecimiento y la maduración (2, 5, 25). Muchos de los estudios que han examinado este tema son de diseño transversal, en los cuales se han comparado las características antropométricas de atletas jóvenes con las de jóvenes sedentarios (10, 14). Estos estudios indican que los niños que participan en deportes tales como la natación y el fútbol americano son más altos que los niños no atletas de la misma edad, sin embargo esto se debe más al proceso de selección más que al entrenamiento per se (2, 13). Además, en algunos estudios de corta duración se ha observado que los niños y adolescentes que participaban en diversos deportes tales como voleibol, saltos ornamentales, carreras de fondo y básquetbol tenían tasas de crecimiento similares a las observadas en los niños no atletas que sirvieron de control (23).

Por otra parte, hay evidencia, la mayoría proveniente de estudios transversales, de que el entrenamiento puede influenciar los niveles de hormonas anabólicas (testosterona [T] y hormona de crecimiento [GH]) en los atletas en edad de crecimiento, y esto puede resultar no solo en incrementos en la hipertrofia y la fuerza muscular (7) sino en un comienzo temprano del crecimiento puberal y de la madurez (10, 30). Aunque la interacción entre el entrenamiento, los niveles hormonales y el crecimiento es un área de estudio desafiante, solo unos pocos estudios han examinado los efectos del entrenamiento sistemático sobre estas variables (12, 29); y en la mayoría de los casos la duración del entrenamiento no fue superior a las 4-6 semanas (16, 17).

En el presente estudio, hemos examinado la posible influencia del entrenamiento de esgrima a largo plazo (12 meses) sobre las alteraciones hormonales, el crecimiento físico y la fuerza neuromuscular en niños púberes. La esgrima es un

deporte dinámico que requiere un alto nivel de destreza física en combinación con considerables niveles de fuerza, velocidad y potencia para soportar la realización de repetidas contracciones musculares rápidas y altamente controladas, especialmente de los músculos extensores de la rodilla (11, 40). La parte técnica de la esgrima se desarrolla a edades tempranas, pero siempre es acompañada por entrenamientos de la fuerza y la velocidad (36). Por lo tanto, los programas de entrenamiento para esgrimistas incluyen una considerable cantidad de elementos de fuerza y potencia en las etapas tempranas del entrenamiento (36), que permitan alcanzar un mejor rendimiento en una variedad de tareas neuromusculares (15).

En este estudio, se planteó la hipótesis que la participación a largo plazo de niños púberes en un programa de entrenamiento de esgrima influenciará no solo la fuerza y la potencia sino también los niveles basales de determinadas hormonas relacionadas con el crecimiento y la maduración. Por lo tanto, el propósito del presente estudio fue examinar los cambios en las concentraciones basales de T, GH y leptina conjuntamente con los cambios en el rendimiento neuromuscular luego de 12 meses de entrenamiento regular de esgrima en niños de 11-13 años. Además, en este estudio se examinaron los efectos del entrenamiento de esgrima a largo plazo sobre el crecimiento y la maduración en vista de los cambios en el entorno hormonal de los atletas en edad de crecimiento.

MÉTODOS

Enfoque Experimental del Problema

Para examinar los efectos del entrenamiento regular de esgrima a largo plazo sobre las hormonas seleccionadas, el crecimiento físico y el rendimiento muscular, se llevaron a cabo dos series de mediciones (antes y después de los 12 meses de entrenamiento) en 2 grupos de sujetos de entre 11 y 13 años de edad. Uno de los grupos consistió de esgrimistas, que entrenaron regularmente en un período de 12 meses, mientras que el otro grupo consistió de niños inactivos de la misma edad.

Las investigaciones previas han mostrado que la participación regular en entrenamientos deportivos puede influenciar el nivel de las hormonas anabólicas en atletas en edad de crecimiento (10, 30) y esto puede tener cierto impacto sobre la masa muscular. En el presente estudio, la parte técnica del entrenamiento de esgrima así como también el programa de acondicionamiento incluyeron elementos de fuerza y potencia (e.g., ejercicios de esprint, pliometría y entrenamiento en circuitos) que pueden influenciar el crecimiento, las hormonas anabólicas y el rendimiento neuromuscular. Por lo tanto, las variables dependientes han sido seleccionadas con el propósito de detectar las posibles influencias de un programa de entrenamiento especializado de larga duración sobre índices de crecimiento y procesos anabólicos seleccionados (talla, masa magra corporal, masa grasa, área de sección transversal del brazo y del muslo, T, GH y leptina) así como también del rendimiento neuromuscular (salto desde media sentadilla y salto con contramovimiento, fuerza de prensión palmar). El salto desde media sentadilla y el salto con contramovimiento han sido seleccionados debido a que son una medida de la fuerza explosiva de las piernas durante un movimiento similar al de la esgrima. La fuerza de prensión palmar es un test bien establecido que refleja la fuerza de los músculos del antebrazo y especialmente de los flexores de los dedos que son utilizados en la esgrima.

Sujetos

El grupo experimental consistió de ocho esgrimistas púberes de entre 11 y 13 años (edad media \pm EE= 12.37 \pm 0.47 años). Estos esgrimistas eran parte de un grupo perteneciente al sistema de desarrollo nacional, el cual consiste de niños seleccionados por expertos de academias deportivas regionales y tenían una experiencia de entrenamiento de 1 año. El grupo control consistió de 8 niños desentrenados de la misma edad (12.10 \pm 0.36 años). Todos los niños tomaron clases de educación física en sus respectivos colegios (2 sesiones por semana de 45 minutos de duración), pero los niños del grupo control no realizaron ninguna forma de actividad extra escolar organizada o actividad deportiva. Todos los sujetos y sus padres fueron informados acerca del propósito del estudio y de los posibles riesgos implicados, y los padres de los niños firmaron un formulario de informado consentimiento por escrito. El estudio fue aprobado por el Comité de Revisión Institucional de la Universidad de Atenas, Escuela de Biología, Departamento de Bioquímica y Biología Molecular.

Procedimientos

Todos los sujetos asistieron al laboratorio en 3 ocasiones separadas por 1-2 días antes de comenzar el entrenamiento y nuevamente luego del período de entrenamiento de 12 meses. En la primera ocasión, los niños realizaron un examen médico para excluir cualquier anomalía en el funcionamiento endocrino de los niños o enfermedades metabólicas. Se debe señalar que ninguno de los niños presentó algún tipo de anomalía metabólica. En el mismo día, se realizaron las

mediciones antropométricas correspondientes y se determinó el estadio de maduración de los sujetos utilizando para ello los estadios de Tanner (37), en base al desarrollo del bello púbico y de los genitales externos. En la segunda ocasión y en horas de la mañana (entre las 8:00 y las 9:00 AM), se procedió a la recolección de las muestras de sangre luego de que los sujetos ayunaran durante la noche. En la tercera ocasión, los sujetos realizaron los tests de ejercicio luego de haber realizado una entrada en calor estandarizada que incluyó 10 minutos de trote, estiramientos estáticos y 1-2 pruebas preliminares de cada test. Todos los sujetos estuvieron completamente familiarizados con los procedimientos de los test de ejercicio.

El grupo experimental entrenó 3 veces por semana durante 90 minutos por un total de 12 meses. Los programas de entrenamiento diario fueron estandarizados de acuerdo con los estándares internacionales para esgrimistas de 11 a 13 años (36) y eran comunes a todos los esgrimistas que formaban parte del sistema de desarrollo nacional de Grecia. Programas de estructura y contenido similar son utilizados por los entrenadores de esgrima de todo el mundo en niños de estas edades. El entrenamiento incluyó ejercicios para desarrollar las destrezas motoras básicas de la esgrima, los cuales se realizaron durante 60 minutos y a una intensidad moderada; los 30 minutos restantes fueron dedicados al acondicionamiento específico utilizando intensidades moderadas y altas. Los ejercicios para el desarrollo de las destrezas motoras básicas de la esgrima incluyeron pasos hacia delante y atrás, estocadas, paso y estocada, ataques simples y *parries*. Estos ejercicios fueron llevados a cabo en forma individual y también de a pares y estuvieron caracterizados por ser esfuerzos explosivos (5-6 repeticiones por serie) con pausas de recuperación que permitieron mantener una alta calidad de movimiento. Cuando cada elemento técnico se realizaba a un nivel técnico satisfactorio, el enfoque cambiaba principalmente hacia el desarrollo de la fuerza y la potencia, de manera tal que se mantuviera el equilibrio y se incrementara la velocidad de los movimientos corporales ofensivos y defensivos durante la competencia.

La parte del entrenamiento de acondicionamiento específico tuvo el propósito de mejorar la aptitud aeróbica y anaeróbica y la fuerza de los jóvenes esgrimistas, y se componía alternativamente de entrenamientos en circuito, carreras de esprint, ejercicios de saltos pliométricos y juegos con balones. El entrenamiento en circuito incluyó 2-3 ciclos (3 minutos de pausa entre los ciclos) de 5-7 ejercicios para el tren superior e inferior por ciclo (45 segundos de recuperación entre ejercicios) y 10-20 repeticiones por ejercicio. La sobrecarga utilizada fue principalmente el peso corporal (e.g., flexiones de brazo, dominadas, abdominales, extensiones lumbares, subidas al banco, etc.) o balones medicinales de 2 a 3 kg. Las carreras de esprint se llevaron a cabo en distancias de 5-20 m, corriendo con el máximo esfuerzo, y separadas por períodos de recuperación de 1-5 minutos (distancia total recorrida, 80-200 m). Los ejercicios de saltos pliométricos tuvieron el propósito de simular ejercicios de esgrima y consistieron de rebotes, saltos, saltos desde media sentadilla, estocadas y saltos con contramovimiento. Por último, se utilizaron juegos recreativos con balones de corta duración (10-15 minutos) así como también los juegos de badminton con el propósito de mejorar la agilidad y la aptitud física general. La intensidad de los ejercicios fue modificada mensualmente incrementando en forma progresiva el número de series y repeticiones (o ciclos) y la distancia corrida. En la Tabla 1 se muestra un ejemplo del programa semanal de entrenamiento.

Lunes	Miércoles	Viernes
Trabajo de pies para esgrima	Trabajo de pies para esgrima	Lecciones de esgrima
Lecciones de esgrima	Ejercicios en pares	Series de ejercicios convencionales
Ejercitaciones de esgrima y pliometría	Esprints	Entrenamiento en circuito
Badminton	Básquetbol	Fútbol americano

Tabla 1. Ejemplo de un programa semanal de entrenamiento de esgrima utilizando en el presente estudio.

Antropometría

La talla y la masa corporal de los sujetos se midieron con una precisión de 0.1 cm y 0.1 kg, respectivamente. Los pliegues cutáneos fueron medidos utilizando un calibre Harpenden (John Bull; British Indicators, St. Albans, Reino Unido) y el porcentaje de grasa corporal fue estimado utilizando la ecuación de Slaughter (35). La masa magra corporal fue calculada sustrayendo la masa grasa de la masa corporal. El índice de masa corporal (BMI) fue calculado a partir de la masa corporal y la talla (kg/m^2). Las áreas de sección cruzada del brazo y el muslo medio (CSAs) fueron calculadas a partir de la ecuación antropométrica que incorpora la circunferencia de la extremidad y el pliegue cutáneo, tal como se explica en otros artículos (18, 19). Todas las mediciones antropométricas antes y después de los 12 meses de entrenamiento fueron llevadas a cabo por un mismo investigador altamente experimentado.

Tests de Ejercicio

Los tests de ejercicio incluyeron el rendimiento en saltos verticales y la fuerza de prensión palmar. El rendimiento en los saltos fue determinado utilizando una plataforma de contacto Ergojump (Psion XP; MAGICA, Rome, Italia) utilizando los métodos descritos por Bosco et al (9). Los sujetos realizaron 2 tipos de saltos verticales: (a) salto desde media sentadilla (ángulo de la rodilla de 90°), y (b) salto con contramovimiento. Cada sujeto realizó 3 pruebas por cada tipo de salto con 30 segundos de recuperación entre los saltos. La mayor altura alcanzada en cada tipo de salto fue registrada para ser utilizada luego en los análisis (coeficiente de correlación intraclass [ICC], 0.93-0.94; $p < 0.01$). La fuerza de prensión palmar de la mano dominante fue medida utilizando un dinamómetro Lafayette. Cada sujeto realizó 3 prensiones máximas de 4-5 segundos de duración con 60 segundos de recuperación entre cada intento, y se registró el mayor valor obtenido para los análisis subsiguientes (ICC, 0.95; $p < 0.01$).

Muestras Sanguíneas

Luego de realizar ayuno nocturno, se extrajeron aproximadamente 10 mL de sangre de la vena antecubital del antebrazo utilizando un tubo vacutainer. Todas las muestras fueron obtenidas entre las 8:00 y las 9:00 am para evitar la influencia de las variaciones diurnas en los niveles séricos de las hormonas. Se permitió que la sangre coagule a temperatura ambiente (22 °C) y el suero fue separado por centrifugación a 3000 rpm durante 15 minutos luego de lo cual las muestras fueron conservadas a -30°C hasta que se llevaran a cabo los respectivos análisis (dentro de los 30 días). Todas las muestras fueron determinadas en duplicado.

Análisis Bioquímicos

La concentración de la hormona del crecimiento fue determinada utilizando el ensayo inmunoradiométrico de fase sólida en 2 sitios ELSA-HGH (Cis Bio International, ORIS Group, Saclay, Francia). Las muestras de suero fueron incubadas con un trazador anti-hGH en tubos ELSA recubiertos con un anticuerpo monoclonal anti-hGH durante 2 horas a temperatura ambiente (18-25°C) y con agitación (400 rpm). Luego de la aspiración y lavado de los tubos, procedimiento que se llevó a cabo 3 veces, se midió la radioactividad de los tubos ELSA. La sensibilidad fue de 0.04 ng/mL. Los coeficientes de variación (CVs) intra e inter ensayo fueron de 2.4, 2.8, 2.8 y 2.3% y de 4.2, 3.2, 4.4 y 4.0% para concentraciones de 3.5, 7.3, 17 y 47.4 ng/mL y 3.3, 7.1, 16.4 y 45.4 ng/mL, respectivamente. No se realizaron reacciones cruzadas con hormona luteinizante, hormona folículo estimulante, gonadotropina coriónica humana, hormona estimulante de la tiroides o prolactina.

La concentración de testosterona fue determinada utilizando el kit de radioinmunoensayo para testosterona Gammacoat (¹²⁵I) (Dia Sorin, Stillwater, MN). Las muestras de suero fueron incubadas con un trazador de T marcado con ¹²⁵I en tubos recubiertos con anti-T de conejo durante 90 minutos a 37 °C. La separación de la forma libre unida al antígeno fue realizada mediante la decantación de los tubos recubiertos con anticuerpo. La sensibilidad fue de 0.056 ng/mL. Los CVs intra e inter ensayo fueron de 6.2, 6.7 y 8.6% y 6.9, 7.7 y 13.6%, respectivamente. La reactividad cruzada con dehidrotestosterona, androstenediona, epitestosterona y cortisol fue de 3.8, 0.8, 0.4 y 0.02%, respectivamente.

La concentración de globulina ligadora de hormonas sexuales (SHBG) fue determinada utilizando el ensayo inmunoradiométrico SGBG de 2 sitios (IRMA; DSL Inc., Webster, TX). Las muestras de suero fueron incubadas con un reactivo anti-SGBH (¹²⁵I) en tubos recubiertos con anti-SGBH a temperatura ambiente (25°C) durante 2 horas y con agitación (180 rpm). El material no unido fue removido por decantación y lavado de los tubos, procedimiento que se repitió 3 veces. La sensibilidad fue de 3 nmol/L. Los CVs intra e inter ensayo fueron de 3.7, 1.1 y 3.4% y de 11.5, 10.3 y 8.7% para concentraciones de 27, 92 y 119 nmol/L y de 26, 87 y 115 nmol/L, respectivamente. No se sabe de ninguna proteína sérica que reaccione en forma cruzada con los anticuerpos empleados en el sistema DSL SHGB IRMA.

El índice de andrógenos libres (FAI) fue calculado utilizando la formula:

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

La concentración de leptina fue determinada utilizando el ensayo inmunoradiométrico de 2 sitios (DSL). Las muestras de suero fueron incubadas con un reactivo de ¹²⁵I antileptina en tubos recubiertos con antileptina durante 4 horas a temperatura ambiente (25°C) y con agitación (200 rpm). El material no unido fue removido por decantación y lavado de los tubos, procedimiento que se repitió 3 veces. La sensibilidad del ensayo fue de 0.10 ng/mL. Los CVs inter e intra ensayo fueron de 3.7 %, 4.9 % y 2.6 % y de 6.6 %, 5.6 % y 3.7 % para concentraciones de 2.7, 13.5 y 73.6 ng/mL y 2.8, 14.3 y 73.9 ng/mL, respectivamente. No se observó reactividad cruzada a concentraciones de 10 ng/mL.

La radioactividad en todas las muestras fue contabilizada en un Contador Gamma Packard Cobra Quantum (Packard, Groningen, Holanda) durante 1 minuto.

Análisis Estadísticos

Los cambios en las variables antropométricas, en los estadios de Tanner, en el rendimiento en los saltos verticales, en la fuerza de prensión palmar y en los niveles hormonales fueron examinados utilizando el análisis de varianza de 2 vías (ANOVA; grupo \times tiempo) para mediciones repetidas sobre un factor (tiempo). Cuando se hallaba un estadístico F significativo para los efectos principales o para una interacción ($p \leq 0.05$), las medias se comparaban utilizando el test post hoc de Tukey. Cuando fue apropiado, se llevaron a cabo análisis de covarianza para explorar los efectos de la covariable (talla) cambiante sobre los cambios en el parámetro de interés. Se compararon los cambios entre los valores pre y post-estudio para cada variable (efecto de ganancia) entre los 2 grupos utilizando para esto la prueba t para datos no apareados. Se examinaron las relaciones entre las variables calculando el coeficiente de correlación de Pearson. Se calculó la fortaleza estadística observada para el término de interacción (grupo \times tiempo) a partir cada ANOVA de 2 vías, utilizando el programa estadístico SPSS (version 11; SPSS, Inc., Chicago, IL). Los resultados son presentados como medias \pm EE. La significancia estadística fue establecida a un nivel de probabilidad $\alpha = 0.05$.

RESULTADOS

No se observaron diferencias en el estadio de maduración de Tanner entre los dos grupos tanto antes (controles 2.5 ± 0.3 , esgrimistas, 3.0 ± 0.3) como después de los 12 meses del período experimental (controles, 3.0 ± 0.3 ; esgrimistas, 3.0 ± 0.3). Hacia el final del estudio, ambos grupos mostraron ganancias significativas en la talla (Figura 1). Sin embargo, la ganancia en la talla fue mayor a dos veces en el grupo de esgrimistas en comparación con el grupo control (8.6 ± 1.2 vs. 3.6 ± 0.9 cm; $p < 0.01$). Esta diferencia puede ser parcialmente atribuida al hecho de que los esgrimistas eran significativamente más bajos que los controles al comienzo del estudio, mientras que los dos grupos alcanzaron la misma talla hacia el final del estudio (Figura 1).

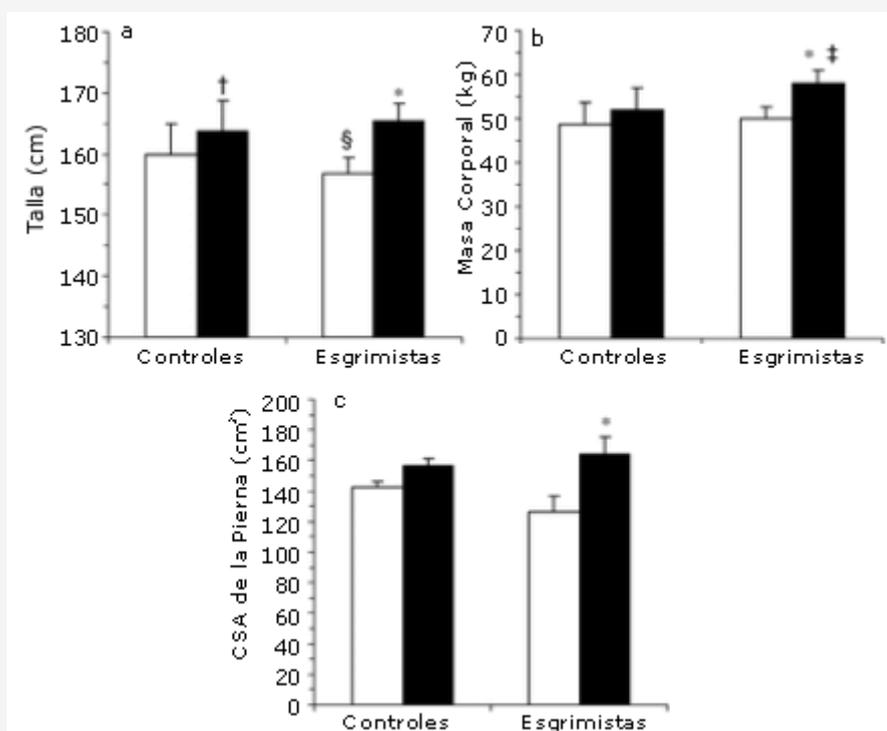


Figura 1. Talla (a), masa corporal (b) y área de sección transversal de la pierna (CSA) (c) para los grupos control ($n=8$) y esgrimistas de 11 a 13 años ($n=8$); antes y después de los 12 meses de entrenamiento de la esgrima. * $p < 0.01$ y † $p < 0.05$ respecto del correspondiente nivel pre-entrenamiento; ‡ $p < 0.01$ y § $p < 0.05$ respecto del correspondiente punto del tiempo en comparación con el grupo control.

También se halló una interacción significativa grupo \times tiempo respecto de la masa corporal y la CSA de la pierna (Figura 1). Los análisis post hoc indicaron que solo los esgrimistas mostraron una ganancia significativa en la masa corporal (16 ± 3 kg) y en la CSA de la pierna (32 ± 7 %); no se produjeron cambios significativos con el tiempo en el grupo control (Figura 1). Debido a que el porcentaje de grasa corporal y la masa grasa en kilogramos no cambiaron en el período de 12 meses en ninguno de los grupos (cambio en el porcentaje de grasa: control, -1.1 ± 0.7 %; esgrimistas, -0.7 ± 0.8 %; NS), el cambio significativo en el peso corporal observado en los esgrimistas puede atribuirse a un incremento dos veces mayor en la masa magra corporal en comparación con el grupo control (7.0 ± 1.5 vs. 3.5 ± 1.1 kg), lo cual, sin embargo, no alcanzó significancia estadística ($p=0.08$). Una observación interesante es que cuando se colocó la talla como covariable cambiante, la interacción significativa grupo \times tiempo para la CSA de la pierna y para la masa corporal desapareció. La fortaleza estadística observada para el término de interacción (grupo \times tiempo) en los análisis previos fue de 0.53 para el peso corporal, 0.86 para la talla y 0.70 para la CSA.

Antes del entrenamiento el índice de masa corporal fue similar en los 2 grupos (controles, 19.0 ± 0.6 kg/m²; esgrimistas, 19.3 ± 0.3 kg/m²) y no cambió significativamente en ninguno de los grupos al final del estudio (controles, 20.4 ± 1.0 kg/m²; esgrimistas, 21.2 ± 1.2 kg/m²). La CSA del brazo, la fuerza de prensión palmar y el rendimiento en el salto vertical se muestran en la Tabla 2. Todos estos parámetros cambiaron significativamente con el tiempo en ambos grupos y no se observaron diferencias entre los grupos (no se hallaron efectos principales para el grupo ni interacción grupo \times tiempo). Sin embargo, hubo una tendencia hacia una interacción significativa ($p=0.007$) para el salto con contramovimiento, indicando un mayor incremento en el salto vertical en los esgrimistas que en el grupo control (Tabla 2).

	Control		Esgrima		Efecto principal para el tiempo (pre vs. post)	Interacción (grupo \times tiempo)
	Pre	Post	Pre	Post		
CSA del brazo (cm ²)	35.9 \pm 2.8	38.4 \pm 2.7	28.5 \pm 2.0	33.4 \pm 3.5	†	NS
Fuerza de prensión palmar (kg)	24.9 \pm 2.2	29.4 \pm 3.0	27.5 \pm 2.6	34.6 \pm 3.5	†	NS
Salto desde media sentadillas (cm)	20.4 \pm 0.9	23.5 \pm 0.9	21.0 \pm 1.3	22.3 \pm 1.7	†	NS
Salto con CM (cm)	22.9 \pm 0.8	28.3 \pm 0.7	24.0 \pm 2.1	31.6 \pm 2.2	†	NS

Tabla 2. Área de sección cruzada del brazo (CSA), fuerza de prensión palmar y rendimiento en los saltos verticales para los grupos control ($n=8$) y esgrimistas de 11 a 13 años ($n=8$); antes (pre) y después (post) de los 12 meses de entrenamiento de la esgrima. Los resultados son presentados como valores medios \pm EE. NS=no significativo, CM=contramovimiento, † $p<0.01$, ‡ $p<0.05$.

Como puede observarse en la Tabla 3, todas las hormonas séricas así como también la SHBG y el FAI cambiaron significativamente en el tiempo, alcanzando valores similares en los 2 grupos (efecto principal para el grupo sin interacción grupo \times tiempo). Más específicamente, la T, GH y el FAI tuvieron incrementos mientras que la SHBG y la leptina se redujeron, al final del período de 12 meses en comparación con las mediciones iniciales.

Se hallaron correlaciones positivas y significativas entre la concentración sérica de T y la talla ($r=0.75$ y 0.80 , $p<0.01$), la masa magra corporal ($r=0.68$ y 0.71 , $p<0.01$), la CSA de la pierna ($r=0.52$, $p<0.05$, y $r=0.66$, $p<0.01$), la fuerza de prensión palmar ($r=0.74$ y 0.84 , $p<0.01$), el salto desde media sentadilla ($r=0.50$ y 0.54 , $p<0.05$) y el rendimiento en el salto con contramovimiento ($r=0.68$, $p<0.01$, y $r=0.54$, $p<0.05$) para ambos grupos combinados, al principio y al final del estudio, respectivamente. Los cambios en la T sérica (valor del período post-estudio menos valor período pre-estudio) estuvieron positivamente correlacionados con los cambios en la fuerza de prensión palmar ($r=0.55$, $p<0.05$) y con los cambios en la masa magra corporal ($r=0.56$, $p<0.05$). No se observó correlación entre los rendimientos en los tests de salto (desde media sentadilla y con contramovimiento) y los cambios en la masa magra corporal o la CSA de la pierna. Sin embargo, los cambios en la CSA de la pierna y los cambios en la masa magra corporal para todos los sujetos estuvieron positivamente correlacionados ($r=0.63$, $p<0.01$). Por último, los cambios en la talla estuvieron positivamente correlacionados con los cambios en la masa magra corporal solo en el grupo de esgrimistas ($r=0.79$, $p<0.05$); la misma correlación en el grupo control no alcanzó significancia estadística ($r=0.52$, $p>0.05$).

Los valores de leptina en ambos grupos al comienzo del estudio estuvieron positivamente correlacionados con el BMI ($r=0.92$; $p<0.01$) o con la grasa corporal expresada en kg ($r=0.82$; $p<0.01$) o como porcentaje de la masa corporal ($r=0.81$; $p<0.01$). Asimismo, la leptina en el mismo punto del tiempo estuvo negativamente correlacionada con la T sérica ($r=-0.55$, $p<0.05$). La fortaleza estadística observada para el término de interacción (grupo \times tiempo) de los análisis que dieron

resultados no significativos no excedió 0.42. Esta falta de fortaleza se debe principalmente a la muestra relativamente pequeña para cada celda en el diseño factorial.

	Control		Esgrima		Efecto principal para el tiempo (pre vs post)	Interacción (grupo × tiempo)
	Pre	Post	Pre	Post		
Testosterona (nmol/L)	7.1±2.0	14.3±4.1	7.7±2.3	16.3 ± 3.3	†	NS
SHBG (nmol/L)	116.4±21.6	93.6±9.5	149.3±26.4	97.3 ± 19.3	‡	NS
FAI	8.7±3.1	18.8±5.9	12.0±6.1	22.6 ± 5.5	‡	NS
GH (ng/mL)	1.0±0.3	7.4±1.1	3.6±2.3	5.8 ± 0.1	†	NS
Leptina (ng/mL)	6.1±2.2	1.5±0.6	9.5±2.3	2.9 ± 1.9	‡	NS

Tabla 3. Concentraciones de testosterona sérica (*Tersto*), hormona sexual unida a globulina (SHBG), hormona de crecimiento (GH) y leptina e índice de andrógenos libres (FAI) para los grupos control ($n = 8$) y esgrimistas de 11 a 13 años ($n = 8$); antes (*pre*) y después (*post*) de los 12 meses de entrenamiento de la esgrima. Los resultados son presentados como valores medios±EE. NS = no significativo, † $p < 0.01$, ‡ $p < 0.05$.

DISCUSIÓN

El principal hallazgo del presente estudio fue que 12 meses de entrenamiento especializado de esgrima en niños púberes no afectan las concentraciones séricas de reposo de T, SHBG, GH, leptina o el FAI. Tampoco se observó un efecto significativo del entrenamiento sobre la CSA del brazo, la fuerza de prensión palmar, o el rendimiento en saltos verticales. Además, las diferencias significativas en la masa corporal y en la CSA de la pierna pueden ser explicadas por la mayor ganancia en la talla corporal de los esgrimistas, tal como lo muestra el análisis de covarianza con la talla como covariable cambiante.

Los esgrimistas y los controles no difirieron significativamente en ninguno de los parámetros medidos al comienzo del estudio, con excepción de la talla, la cual, sin embargo, fue similar al final del estudio en los dos grupos. Las similitudes en el estadio de Tanner y en los perfiles hormonales de los 2 grupos y las correlaciones significativas entre la T sérica y las variables antropométricas y de rendimiento sugieren que los 2 grupos estuvieron casi en la misma fase de la maduración biológica (33) y refleja un apropiado estado de entrenabilidad de los sujetos (20).

Los incrementos en la concentración de T y GH relacionados con el ejercicio en adultos son estrechamente dependientes de las características del entrenamiento (intensidad y volumen de ejercicio, tiempo de pausa) y de la masa muscular activada (20); pero menos se sabe del efecto de estos factores sobre los niveles hormonales en niños prepúberes y púberes (21). La concentración de los parámetros hormonales en ambos grupos se mantuvo dentro de los rangos de referencia (38) luego de los 12 meses de entrenamiento, y los cambios en todas las hormonas séricas fueron similares en los dos grupos (Tabla 3), siguiendo los cambios normales observados durante la pubertad (22). Estos resultados son consistentes con los hallazgos de estudios previos (12, 29), y pueden implicar que las características del programa de entrenamiento empleado en el presente estudio no pudieron influenciar los mecanismos hormonales que operan en los niños púberes. Una posible explicación es que las características del presente programa de entrenamiento de esgrima, el cual tuvo el propósito principal de practicar las destrezas motoras básicas de la esgrima y desarrollar la fuerza y la velocidad específica del deporte, no fue adecuado como para provocar alteraciones en la función hormonal de los niños de manera tal que se sobrepasaran los rápidos cambios que ocurren durante la pubertad (12, 31).

Los potenciales efectos de la realización de ejercicios veloces y de destrezas técnicas altamente controladas (4, 12), que caracterizan al entrenamiento de la esgrima, no han recibido demasiada atención como el entrenamiento de sobrecarga (6) o el entrenamiento aeróbico (32) durante el crecimiento y la maduración. En niños prepúberes sedentarios (34) y en atletas preadolescentes y adolescentes (28) se han encontrado incrementos en la fuerza luego de la realización de entrenamientos de sobrecarga, y estos incrementos se debieron más a adaptaciones neurológicas que a incrementos en la masa muscular. Sin embargo, el programa de entrenamiento de esgrima utilizado en el presente estudio, que fue específico para la edad de los sujetos (36), no tiene las características de un programa de entrenamiento de la fuerza típico. La mayor parte del tiempo de entrenamiento en cada sesión fue dedicado puramente al entrenamiento de la esgrima, el cual comprende movimientos explosivos principalmente de las extremidades inferiores. Además, la parte de cada sesión de entrenamiento que no se dedicó a la esgrima incluyó actividades que involucraban principalmente la musculatura de las piernas. Esto

podría explicar el hallazgo de que solo la CSA de la pierna, y no la del brazo, se incrementó en los esgrimistas, y porque ninguna de estas variables se incrementó en el grupo control.

Además, se observó una tendencia hacia una interacción significativa grupo \times tiempo para el salto con contramovimiento ($p=0.07$), indicando que las mejoras en el salto vertical de los esgrimistas fueron mayores que las del grupo control. Sin embargo, como mostró el análisis de covarianza, estas diferencias no alcanzaron la significancia estadística cuando se introdujo la talla como covariable cambiante. La utilización de la talla como covariable cambiante se justifica debido a que la talla cambió más de dos veces en los esgrimistas en comparación con el grupo control. Se espera que un cambio en la talla resulte en un incremento proporcional en la masa corporal y en la masa magra corporal. Esto también estuvo indicado por la alta correlación positiva entre la talla y la masa magra corporal, lo cual se halló solo para los esgrimistas ($r=0.79$, $p<0.05$), y no en el grupo control ($r=0.52$, $p>0.05$). En un estudio transversal llevado a cabo por nuestro grupo en donde se compararon atletas de 12 años de edad con sujetos inactivos de la misma edad, se observaron resultados similares a los del presente estudio, es decir, no hubo diferencias en el perfil hormonal, las variables antropométricas o en la fuerza neuromuscular (39).

El mayor incremento en la talla observado en los esgrimistas y en comparación con los sujetos del grupo control (8.6 ± 1.2 vs. 3.6 ± 0.9 cm, $p<0.01$) puede interpretarse como un incremento en la tasa de crecimiento posiblemente relacionado con el entrenamiento. Sin embargo, hay varios hallazgos que van en contra de esta interpretación en el presente estudio. Primero, el nivel de maduración, valorado mediante los estadios de Tanner, fue el mismo en ambos grupos al final del estudio (controles, 3.0 ± 0.3 ; esgrimistas, 3.0 ± 0.3). Segundo, todos los niveles hormonales medidos fueron similares en los 2 grupos. Por último, la talla alcanzada al final del estudio fue casi idéntica en los 2 grupos (controles, 163.6 ± 5.1 cm; esgrimistas, 165.4 ± 2.8 cm). De esta manera, la diferencia en la tasa de cambio en la talla puede ser atribuida a la menor talla inicial de los esgrimistas (controles, 160.0 ± 4.9 cm; esgrimistas, 156.8 ± 2.7 cm; Figura 1). Esta interpretación está en línea con varios estudios que han mostrado que el crecimiento y la maduración no parecen ser afectados en niños que participan en entrenamientos sistemáticos para deportes competitivos (1, 10, 13, 25). Los atletas jóvenes parecen crecer y madurar de manera similar que los no atletas (3), y aunque algunos estudios han mostrado que el entrenamiento sistemático puede influenciar la tasa de crecimiento, los valores finales de los parámetros relacionados con el crecimiento (e.g., la talla) no parecen ser afectados por el entrenamiento (23, 24).

La influencia del entrenamiento sobre el proceso relacionado al comienzo de la pubertad también puede ser examinada mediante la observación de los cambios en la concentración sérica de leptina, la cual ha sido identificada como un marcador de la pubertad (29). En el presente estudio, los valores de leptina se redujeron significativamente y en una forma similar en ambos grupos. Además, se ha sugerido que la secreción de T está estrechamente relacionada con los niveles de leptina a medida que progresa la pubertad en humanos, debido a que la leptina es el vínculo molecular entre las adecuadas reservas de energía, el tejido adiposo y la señal permisiva para el comienzo de la pubertad (8, 27). En el presente estudio, la T sérica se incrementó significativamente luego del entrenamiento, alcanzando un valor que fue dos veces mayor al observado pre-entrenamiento, mientras que al mismo tiempo la concentración de leptina cayó más de tres veces (Tabla 3). Este incremento en la T luego del entrenamiento, que ocurrió en paralelo con la reducción en la concentración de leptina, provee evidencia adicional de que los sujetos de los dos grupos estaban en la misma etapa de maduración biológica, cerca del comienzo de la pubertad (27).

En resumen, este estudio ha mostrado que un programa característico de entrenamiento de esgrima de 12 meses de duración para niños púberes no tiene un efecto significativo sobre las hormonas de crecimiento y anabólicas seleccionadas. El proceso de crecimiento normal, reflejado por los cambios en los parámetros antropométricos y neuromusculares, no fue influenciado por este programa de entrenamiento, probablemente debido a las características del presente programa de entrenamiento de esgrima, el cual pudo no ser adecuado como para alterar la función hormonal normal de los niños de manera tal que sobrepasara los rápidos cambios que ocurren durante la pubertad.

Aplicaciones Prácticas

La falta de un efecto significativo del entrenamiento de esgrima sobre el perfil hormonal, el físico y los parámetros neuromusculares básicos en niños púberes podría sugerir que este tipo de entrenamiento es inadecuado para provocar incrementos en la fuerza muscular en sujetos de esta edad, aun cuando el programa fue de larga duración. Por otro lado, investigaciones previas han mostrado que el incremento en la fuerza muscular en niños puede alcanzarse siguiendo un programa regular de entrenamiento de sobrecarga durante unas pocas semanas (7, 34). Por ello, si un esgrimista joven no tiene los niveles iniciales necesarios de fuerza y potencia para el deporte, este podría realizar un programa complementario de entrenamiento de sobrecarga, debido a que un programa característico de entrenamiento de esgrima para estas edades (36) puede no mejorar el rendimiento neuromuscular, tal como se ha mostrado en el presente estudio. Un programa complementario de entrenamiento de sobrecarga no solo ayudará al joven esgrimista a mejorar su fuerza y potencia general, sino que también servirá de base para el desarrollo de las técnicas específicas del deporte (36). Aunque una mejora en el rendimiento neuromuscular específico del deporte es difícil de valorar dentro de la esgrima, no se puede

excluir la posibilidad de que el presente programa de entrenamiento haya influenciado el rendimiento neuromuscular específico del deporte. Se requieren estudios adicionales para examinar los posibles cambios en el rendimiento neuromuscular durante las ejercitaciones de la esgrima como resultado del entrenamiento de esgrima en sujetos de estas edades.

Agradecimientos

Este estudio fue respaldado por una beca posdoctoral otorgada por la Greek State Scholarships Foundations (IKY). Quisiéramos agradecer a los participantes y a sus padres por su entusiasta contribución y paciencia. También quisiéramos agradecer al equipo del laboratorio de endocrinología del Hospital Helena Venizelos por su asistencia técnica.

Dirección para el Envío de Correspondencia

Dr. Charilaos K. Tsolakis, correo electrónico: tsolakis@phed.uoa.gr

REFERENCIAS

1. Baxter-Jones, A.D.G., and P.J. Helms (1996). Effects of training at a young age: A review of the training of young athletes (TOYA) study. *Pediatr. Exerc. Sci.* 8:310-327
2. Baxter-Jones, A.D.G., P. Helms, N. Maffulli, P.J. Baines, and M. Preece (1995). Growth and development of male gymnasts, swimmers, soccer and tennis players: a longitudinal study. *Ann. Hum. Biol.* 22:381-394
3. Baxter-Jones, A.D.G., and R.M. Malina (2001). Growth and maturation issues in elite young athletes: normal variation and training. In: *Sports Medicine For Specific Ages and Abilities*. N. Maffulli, K.M. Chan, R. Macdonald, R.M. Malina, and A.W. Parker, eds. London: Churchill Livingstone. pp. 95-108
4. Benke, J., R. Damsgaard, A. Saekmose, P. Jorgensen, and K. Klausen (2002). Anaerobic power and muscle strength characteristics of 11 years old elite and non-elite boys and girls from gymnastics, team handball tennis and swimming. *Scand. J. Med. Sports.* 12:171-178
5. Beunen, G.P., R.M. Malina, R. Renson, J. Simons, M. Ostin, and J. Lefevre (1992). Physical activity and growth, maturation and performance: A longitudinal study. *Med. Sci. Sports Exerc.* 24:576-585
6. Blimkie, C.J.R (1993). Resistance training during preadolescence. *Sports Med.* 15:389-407
7. Blimkie, C.J.R., and D.G. Sale (1998). Strength development and trainability during childhood. In: *Pediatric Anaerobic Performance*. E. Van Praagh, ed. Champaign, IL: Human Kinetics. pp. 193-224
8. Blum, W.F., P. Englaro, S. Hanitsch, A. Juul, N.T. Hertel, J. Muller, N.E. Skakkebaek, M.L. Heiman, M. Birkett, A.M. Attanasio, W. Kiess, and W. Rascher (1997). Plasma leptin levels in healthy children and adolescents: Dependence on body mass index, body fat mass, gender, pubertal stage, and testosterone. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 82:2904-2910
9. Bosco, C., P. Luhtanen, and P.V. Komi (1983). A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *Eur. J. Appl. Physiol.* 50:273-282
10. Cacciari, E., L. Mazzanti, L. Tassinari, R. Bergamaschi, C. Magnani, F. Zappulla, G. Nanni, C. Cobianchi, T. Ghini, R. Pini, and G. Tani (1990). Effects of sport (football) on growth: Auxological, anthropometric and hormonal aspects. *Eur. J. Appl. Physiol.* 61:149-158
11. Cronin, J., P.J. McNair, and R.N. Marshall (2003). Lunge performance and its determinants. *J. Sports Sci.* 21:49-57
12. Dally, R.M., P.A. Rich, and R. Klein (1988). Hormonal responses to physical training in high-level peripubertal male gymnasts. *Eur. J. Appl. Physiol.* 79:74-81
13. Damsgaard, R., J. Bencke, G. Matthisen, J.H. Petersen, and J. Muller (2000). Is prepubertal growth adversely affected by sport?. *Med. Sci. Sports Exerc.* 32:1698-1703
14. Damsgaard, R., J. Bencke, G. Matthisen, J.H. Petersen, and J. Muller (2000). Body proportions, body composition and pubertal development of children in competitive sports. *Scand. J. Med. Sci. Sports.* 11:54-60
15. Eisenmann, J.C., and R.M. Malina (2003). Age-and sex-associated variation in neuromuscular capacities of adolescent distance runners. *J. Sports Sci.* 21:551-557
16. Fry, A.C., W.J. Kraemer, M.H. Stone, B.J. Warren, J.T. Kearney, C.M. Maresh, C.A. Weseman, and S.J. Fleck (1993). Endocrine and performance responses to high volume training and amino acid supplementation in elite junior weightlifters. *Int. J. Sports Nutr.* 3:306-322
17. Gorostiaga, E.M., M. Izquierdo, P. Iturralde, M. Ruesta, and J. Ibanez (1999). Effects of heavy resistance training on maximal and explosive force production, endurance and serum hormones in adolescent handball players. *Eur. J. Appl. Physiol.* 80:485-493
18. Gurney, J.M., and D.B. Jelliffe (1973). Arm anthropometry in nutritional assessment: Nomogram for rapid calculation of muscle circumference and cross sectional muscle and fat areas. *Am. J. Clin. Nutr.* 26:912-915
19. Heymsfield, S.B., C. McManus, J. Smith, V. Stevens, and D.W. Nixon (1982). Anthropometric measurement of muscle mass: Revised equations for calculating bone-free arm muscle area. *Am. J. Clin. Nutr.* 36:680-690
20. 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

21. 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
22. Lee, P.A (1995). Physiology of puberty. In: Principles and Practice of Endocrinology and Metabolism (2nd ed.). K.L. Becket, ed. Philadelphia: Lippincot. pp. 822-830
23. Malina, R.M (1994). Physical growth and biological maturation of young athletes. *Exerc. Sport Sci. Rev.* 22:389-433
24. Malina, R.M (1998). Growth and maturation of young athletes: Is training for sport a factor?. In: *Sports and Children*. K.-M. Chan and L.J. Micheli, eds. Hong Kong: Lippincott, Williams and Wilkins. p. 133
25. Malina, R.M., and T. Bielicki (1996). Retrospective longitudinal growth study of boys and girls active in sport. *Acta Paediatr.* 85:570-576
26. Malina, R.M., and C. Bouchard (1991). Physical activity as a factor in growth, maturation and performance. Growth, maturation, and physical activity. *Champaign, IL: Human Kinetics, 1991.* pp. 371-390
27. Mantzoros, C.S., J.S. Flier, and A.D. Rogol. (1997). A longitudinal assessment of hormonal and physical alterations during normal puberty in boys. V. Rising leptin levels may signal the onset of puberty. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 82:1066-1070
28. Mero, A (1998). Power and Speed training during childhood. In: Pediatric Anaerobic Performance. E. Van Praagh, ed. Champaign, IL: Human Kinetics. pp. 241-268
29. Mero, A., L. Jaakola, and P.V. Komi (1990). Serum hormones and physical performance capacity in young boy athletes during a 1-year training period. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.* 60:32-37
30. Mero, A., H. Kauhaneen, E. Peltola, T. Vuorimaa, and P.V. Komi (1990). Physiological performance capacity in different prepubescent athletic groups. *J. Sports Med. Phys. Fitness.* 30:57-66
31. Naughton, G., and J. Carlson (1991). Sports participation: A physiological profile of children in four sports over a 12-week season. *Pediatr. Exerc. Sci.* 3:49-63
32. Pate, R.R., and D.S. Ward (1996). Endurance trainability of children and youths. In: The child and adolescent athlete. O. Bar-Or, ed. Oxford: Blackwell Science. pp. 131-137
33. Rogol, A.D., P.A. Clark, and J.N. Roemmich (2000). Growth and pubertal development in children and adolescents: Effects of diet and physical activity. *Am. J. Clin. Nutr.* 72: (suppl). 521S-528S
34. Sale, D.G (2001). Strength training in children. In: *Perspectives in Exercise Science and Sports Medicine. Volume 2. Youth, Exercise and Sport.* Traverse City, MI: Cooper Publishing Group. pp. 165-222
35. Slaughter, M.H., T.G. Lohman, R.A. Boileau, C.A. Horsill, R.J. Stillman, M.D. Van Lood, and D.A. Bembien (1988). Skinfold equation for estimation of body fatness in children and youth. *Hum. Biol.* 60:709-723
36. Szabo, L (1982). Fencing and the Master. Budapest: Franklin Printing House
37. Tanner, J.M (1962). Growth at Adolescence. Oxford: Blackwell Scientific Publications
38. Tietz, R.W (1990). Clinical Guide to Laboratory Tests (2nd ed). Philadelphia: Saunders
39. Tsolakis, C., G. Vagenas, and A. Dessypris (2003). Leptin, Testosterone, GH, body composition and neuromuscular performance in prepubescent athletes and untrained boys. *J. Strength Cond. Res.* 17:40-46
40. Yiou, E., and C. Do (2000). In fencing, does intensive practice equally improve the speed performance of the touché when it is performed alone and in combination with the lunge?. *Int. J. Sports Med.* 21:122-126

Cita Original

Tsolakis CK, Bogdanis GC, Vagenas GK, Dessypris AG. (2006) Influence of a twelve-month conditioning program on physical growth, serum hormones, and neuromuscular performance of peripubertal male fencers. *J Strength Cond Res.* 2006 Nov;20(4):908-14. doi: 10.1519/R-17385.1.