

Monograph

Entrenabilidad de los Niños Prepuberes

Oded Bar - Or

RESUMEN

Es difícil interpretar estudios de cambios fisiológicos inducidos por el entrenamiento en los niños prepúberes, ya que los resultados pueden confundirse y ser interferidos por los efectos del crecimiento y el desarrollo. Por lo tanto, en los estudios de este grupo deben cuantificarse cuidadosamente las cargas de entrenamiento, y deben incluir un grupo de control. Las investigaciones revisadas en este artículo indican que la potencia aeróbica, la fuerza muscular y la potencia anaeróbica muscular son entrenables. Sin embargo, el grado de entrenabilidad de la potencia aeróbica parece ser, de alguna manera, más bajo en los niños prepúberes que en los grupos de edades más maduros. Se recomienda el entrenamiento de fuerza en prepúberes sólo en casos de que necesiten de rehabilitación, o para el desarrollo de habilidades bien definidas: no se aconseja el levantamiento de pesos máximos. Con el auge de la participación de los niños en deportes competitivos, ha habido un incremento en el interés de saber sobre la capacidad de los mismos para responder al entrenamiento. El objetivo de este artículo es el de revisar brevemente, las evidencias que sugieren que los niños prepúberes son entrenables, y que hay diferencias entre los prepúberes y los grupos de edades más maduros. Después de discutir algunas limitaciones éticas y metodológicas con respecto a la evaluación de la entrenabilidad a través de los grupos por edades, el artículo se concentra en los cambios en la potencia aeróbica máxima, el costo metabólico del caminar y la carrera, la fuerza muscular, la potencia muscular y la resistencia muscular local. Finalmente, se confecciona una lista de las cuestiones que deberían ser investigadas en el futuro. En el contexto de esta revisión, se define a la entrenabilidad «como la magnitud de los cambios fisiológicos que suceden como resultado de un programa de entrenamiento». La prepubertad es definida «como el período durante el cual el niño está en el nivel 1 de maduración de Tanner» (1). Se debe distinguir de la adolescencia, que es el periodo antes de la culminación de los cambios puberales.

Palabras Clave: niñez, adolescencia, maduración, entrenamiento, fuerza, potencia aeróbica

LIMITACIONES ETICA Y METODOLOGICAS

La investigación sobre la entrenabilidad de los niños, y sobre comparaciones de entrenabilidad entre estos niños, con adolescentes y adultos, requieren consideraciones especiales, incluyendo: 1) las mediciones que uno debe tomar de una manera segura y protectora en los niños; 2) los regímenes de entrenamiento que puedan acarrear riesgos a la salud; 3) equiparación de las cargas o dosis de entrenamiento; y 4) el diseño del estudio. A continuación, hay algunos ejemplos de estas consideraciones:

- No es ético tomar biopsias, insertar catéteres intravasculares, o usar marcadores radioactivos en la investigación con niños, a no ser que sea clínicamente indicado.
- Uno debería ser reacio a administrar programas que acarreen riesgos o dolores potenciales, tales como contracciones musculares excéntricas, entrenamiento de potencia, o estimulación funcional eléctrica.
- Para comparar la entrenabilidad a través de las edades y estadios de maduración, uno debe equiparar la dosis de

entrenamiento. Es un desafío especial, el tema de equilibrar la «intensidad» del entrenamiento.

- Se puede asumir que los cambios fisiológicos en los adultos, que acompañan a un programa de entrenamiento correctamente diseñado, pueden ser causados por el programa en si. En contraste, el crecimiento y la maduración son factores muy importantes que deben ser reconocidos en cualquier estudio longitudinal en niños o adolescentes. Es especialmente importante darse cuenta que varios de los cambios fisiológicos que acompañan al crecimiento y la maduración son idénticos en su dirección, a aquellos que resultan del entrenamiento, como se detalla en la Tabla 1. El resultado es que, aun en presencia de un grupo control, no siempre se hace fácil distinguir los efectos del entrenamiento de aquéllos propios del desarrollo físico.
- En otras variables fisiológicas, el entrenamiento y el desarrollo físico pueden inducir cambios en la dirección opuesta a aquellos que acompañan al crecimiento y desarrollo. Entre ellas, se encuentran la tensión sanguínea arterial submáxima y de reposo, el consumo máximo de oxígeno (VO_2 máx., por kg de peso corporal en las mujeres, y el umbral anaeróbico, expresado como % del VO_2 máx.). Ciertamente, el desarrollo físico puede enmascarar el efecto del entrenamiento de estas funciones.

Para identificar los cambios inducidos por el entrenamiento durante el crecimiento, uno debe incluir un grupo control cuidadosamente seleccionado. No es adecuado equiparar los grupos nada más que por edad cronológica. También debe considerarse la edad biológica de los sujetos (2), y factores del desarrollo tales, como la altura y el peso corporal. Se le debe dar atención especial a la presencia o ausencia de cambios puberales en los sujetos. Mientras que muchos de los efectos de la pubertad sobre la respuesta al ejercicio no están todavía del todo comprendidos, es altamente probable que la pubertad cause cambios importantes en la potencia muscular, en los procesos de producción-remoción de la energía anaeróbica, en los patrones de sudoración, en la entrenabilidad. y en otras funciones relacionadas al ejercicio.

Característica	Cambio
Frecuencia cardiaca, en reposo y submáxima	Disminución
Tensión arterial sanguínea, máxima	Incremento
Ventilación minuto, submáxima	Disminución
Ventilación minuto, máxima	Incremento
Frecuencia respiratoria, submáxima y máxima	Disminución
Equivalente ventilatorio, submáximo y máximo	Disminución
Consumo de oxígeno, submáximo (por Kg de peso corporal)	Disminución
Consumo de oxígeno máximo ($L \cdot \text{min}^{-1}$)	Incremento
Lactato en sangre, máximo	Incremento
Lactato muscular, máximo	Incremento
pH sanguíneo más bajo	Disminución
Fuerza muscular	Incremento
Potencia anaeróbica (en watts, por kg de peso corporal)	Incremento
Resistencia muscular (*) (en watts, por kg de peso corporal)	Incremento

Tabla 1. Cambios Fisiológicos en los Niños como resultado del Entrenamiento, y del Crecimiento y la Maduración Física. (*) Representado por la potencia media en el test anaeróbico Wingate (35).

POTENCIA AERÓBICA MÁXIMA

Entre los adultos, cuanto más jóvenes sean los individuos, más entrenable será su *performance* aeróbica (3). Entre los niños y los adolescentes no existe dicha relación asociada a la edad. En los adultos jóvenes, un incremento de un 10 a un 20 % en el VO_2 máx. es un resultado común, luego de un programa de ejercicios aeróbicos de 2 a 4 meses de duración.

Varios estudios han sugerido que cuando se mide el VO_2 máx. por kg de peso corporal para reflejar la potencia aeróbica máxima, los niños prepúberes son menos entrenables que sus contrapartes más maduros. La Tabla 2 es un resumen de estudios (4, 12) en los cuales el VO_2 máx. no se incrementó o se incrementó menos de un 10 %. Las razones sugeridas para esta baja entrenabilidad son las siguientes: 1) los niños son activos, un cuando no estén tomando parte en un programa de entrenamiento regimentado, y por ese motivo un programa de entrenamiento agrega muy poco a su aptitud física; y 2) el VO_2 máx. no refleja la potencia aeróbica máxima de los chicos.

	Régimen del Entrenamiento					Incremento en el VO ₂ máx. (por kg peso corporal)
	Edad(años)	Sexo	Duración	Frecuencia	Ejercicio	
Eklblom(1969)(4)	11	V	6 meses	2/sem	Carreras con intervalos y de larga distancia	2.8%
Daniels y Oldridge (1971) (5)	10-15	V	22 meses	—	Carreras de larga distancia	Ninguno, mejores tiempos de carrera
Bar-Or y Zwiren(1973) (6)	9-10	M, V	9 meses	2-4/sem.	Carreras máximas intervaladas (145 m)	Ninguno, mejores tiempos de carrera
Mocellin y Wasmund(1973) (7)	7-10	M, V	7 meses	1-2/sem.	Carreras máximas (800-1000m)	Ninguno, mejores tiempos de carrera
Stewart y Gutin (1976) (8)	10-12	M	8 meses	4/sem.	Carreras con intervalos, 90% FC máx.	Ninguno
Lussier y Buskirk(1977) (9)	8-12	M, V	12 meses	4/sem.	Juegos, carreras de larga distancia	Mejores tiempos de carrera en 6.8%
Yoshida y cols. (1980)(10)	5	V, M	14 meses	1 sem. o 5 sem.	Carreras (750-1000 m)	Ninguno, mejores tiempos de carrera
Benedict y cols. (1985) (11)	9-11	V, M	8 meses	4-5/sem.	Salto en soga	Ninguno
Rotstein y cols. (1986) (12)	10-11	M	9 meses	3/sem.	Carreras con intervalos	Mejores tiempos de carrera, en 8.2%

Tabla 2. Estudios en los cuales niños prepúberes respondieron al entrenamiento aeróbico con poca (<10 %) o ninguna mejoría.

Sin embargo, otros estudios sugieren que las razones recién postuladas como causantes de la baja entrenabilidad, no son válidas. Observaciones hechas sobre niños prepúberes no deportistas, en los E.E.U.U., sugieren que sus actividades habituales no son lo suficientemente intensas como para inducir cambios en la aptitud aeróbica (13, 14). Un estudio reciente (12) realizado con niños de 10 a 11 años de edad, fue diseñado para descubrir si el umbral anaeróbico (la velocidad de carrera a la cual el lactato en sangre comenzó a acumularse, o alcanzó 4 mmol.L⁻¹) podría ser un índice más sensible de los cambios aeróbicos que el VO₂ máx., Un intenso programa de carrera de 9 semanas indujo una mejoría en los tiempos de carrera, con un incremento del 8.2 % en el VO₂ máx., pero no indujo un incremento en el umbral anaeróbico.

Las extensas revisiones hechas por Rowland (15), y Vaccaro y Mahon (16) proveen una larga lista de estudios en los cuales el VO₂ máx. de los niños se incrementó con el entrenamiento. Los autores concluyeron que cuando el régimen de entrenamiento aeróbico se ajusta conforme a las pautas establecidas para los adultos, los niños prepúberes son entrenables. En un estudio realizado en 1987 (17), también se hizo aparente un incremento en el VO₂ máx., entre niños con edades de 12.4 (± 0.7) años, los cuales tomaron parte de un programa de entrenamiento de resistencia de 4 semanas (frecuencia de 3 veces por semana).

El veredicto final con respecto a la relativa entrenabilidad aeróbica de diferentes grupos de maduración está aun pendiente. Ello requerirá un diseño al azar (randomizado), y con grupos control, con estratificación de grupos de niños prepúberes, púberes y postpúberes, así como dosis equiparadas de entrenamiento.

COSTOS METABOLICOS DE LOCOMOCION

La mayoría de los programas de carrera aeróbica para los niños dan como resultado mejores tiempos de carrera, aun cuando no se incrementa el VO₂ máx. (Tabla 2) (4-6, 8, 9, 11). Una explicación para esta aparente discrepancia podría ser que el entrenamiento induce un estilo de carrera más económico. Como se demuestra en la Figura 1, un programa aeróbico prolongado basado en la carrera, ciertamente reduce el costo de oxígeno de carrera en los niños y en los adolescentes, a una tasa más rápida que la que podría explicarse nada más que por el crecimiento (18). Es tentador especular que un programa basado exclusivamente en la mejoría del estilo de carrera podría, por sí mismo, mejorar la *performance* de la carrera en los niños. Sin embargo, semejante programa debe aun ser evaluado.

FUERZA MUSCULAR

Se han realizado pocos estudios sobre el entrenamiento de fuerza en comparación con estudios relacionados al entrenamiento aeróbico en los niños. Una razón podría ser la renuencia por parte de los investigadores de provocar lesiones en los sujetos. En años recientes, grupos tales como la Academia Americana de Pediatría (19), la Asociación Nacional de Fuerza y Acondicionamiento Físico (20), y la Sociedad Americana de Ortopedia para la Medicina del Deporte (21), han expresado la opinión de que el entrenamiento de fuerza (haciendo una distinción, con el levantamiento de pesas competitivo) es permisible en niños prepúberes, cuando el mismo es realizado sistemáticamente, y bajo una experta supervisión.

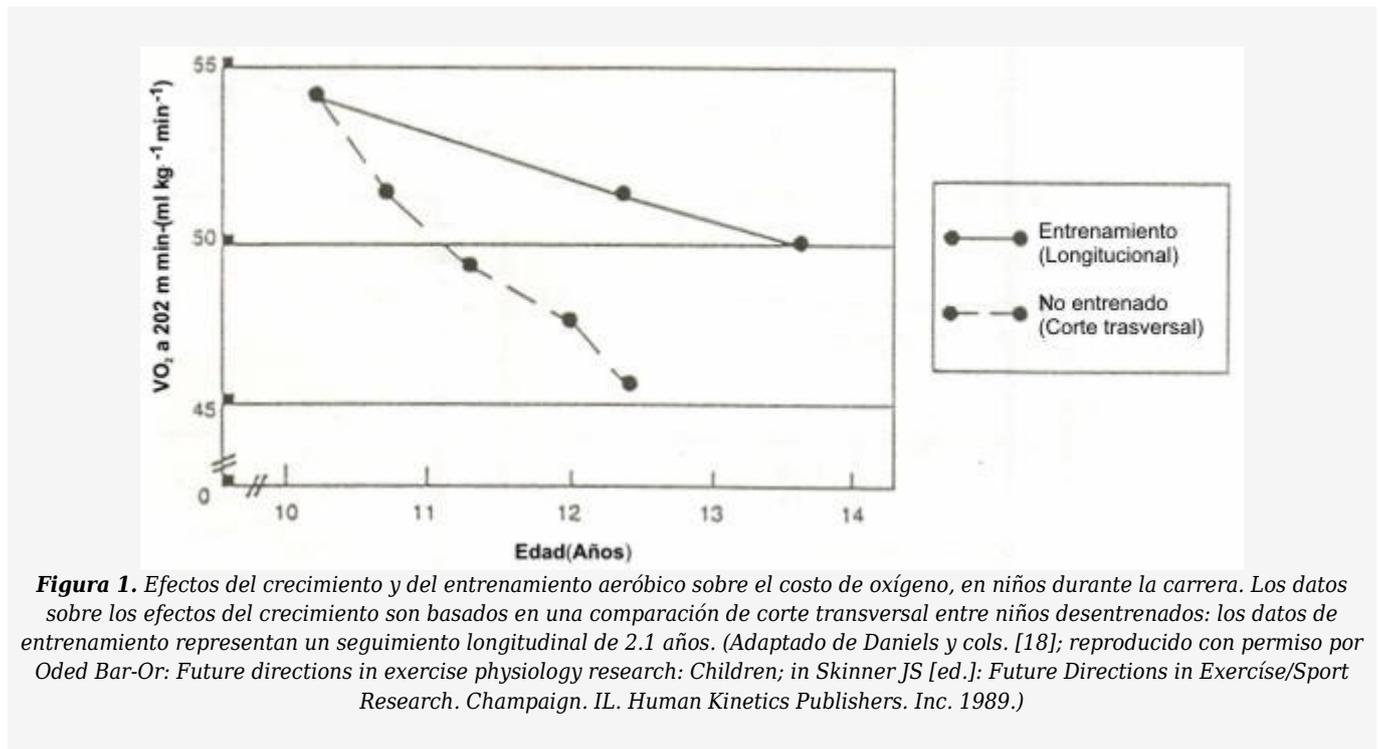


Figura 1. Efectos del crecimiento y del entrenamiento aeróbico sobre el costo de oxígeno, en niños durante la carrera. Los datos sobre los efectos del crecimiento son basados en una comparación de corte transversal entre niños desentrenados: los datos de entrenamiento representan un seguimiento longitudinal de 2.1 años. (Adaptado de Daniels y cols. [18]; reproducido con permiso por Oded Bar-Or: Future directions in exercise physiology research: Children; in Skinner JS [ed.]: Future Directions in Exercise/Sport Research. Champaign, IL. Human Kinetics Publishers, Inc. 1989.)

Coincidentemente, hay más estudios que han examinado la entrenabilidad de la fuerza en niños/as prepúberes, incluso Weltman (22), recientemente, completó una revisión abarcativa del tema. De acuerdo con estudios realizados con niños (23-31) y niñas (23, 25, 28, 29, 32), los niños prepúberes pueden incrementar su fuerza muscular con el entrenamiento. Mientras que algunos autores (24) han reportado un pequeño grado de entrenabilidad, la mayoría han demostrado incrementos en fuerza que se encuentran mucho más allá de los esperados por acción del crecimiento, por si solo.

La fuerza muscular y las propiedades contráctiles, durante la pubertad, parecen estar fuertemente relacionadas al área efectiva de corte transversal de los músculos (33). Bajo condiciones de crecimiento normal, el incremento más rápido en la fuerza muscular de los niños ocurre alrededor de 1 año después del pico de velocidad de crecimiento en altura (el crecimiento más rápido). En las niñas, la explosión en la fuerza ocurre durante el año del pico de velocidad de crecimiento (2, 34). Por lo tanto, parece que, al menos en los niños, el incremento en la fuerza relacionado con el crecimiento no puede predecirse a partir de los cambios en la altura del cuerpo. Esto implica que, para una comparación definitiva de la entrenabilidad en los niños prepúberes vs. los postpúberes, no es suficiente entrenar a los sujetos de varios grupos de maduración. Uno también debe incluir grupos control cuyo nivel de desarrollo sea idéntico al de aquellos de los grupos experimentales respectivos.

Para mi conocimiento, solamente un estudio publicado adoptó este diseño. En una distribución al azar Pfeiffer y Francis (27) asignaron 30 niños prepúberes, 30 púberes, y 20 postpúberes, en grupos experimentales y de control. Las sesiones de entrenamiento (3 veces por semana, con series de 9 rutinas con resistencia isotónica, enfatizando la extensión y flexión del codo y de rodilla) fueron seguidas por 9 semanas. Los 3 grupos de maduración acusaron aumentos consistentes en fuerza, obteniendo una mejor respuesta en las extremidades superiores que en las extremidades inferiores. La única diferencia entre los grupos fue que en 3 de los 16 tests de fuerza, los prepúberes lograron un mayor porcentaje de aumento,

comparados con los otros dos grupos. Esto confirma los hallazgos de estudios previos (no controlados) (29, 32) en los cuales los prepúberes fueron tanto o más entrenables que los sujetos de más edad, pero contrasta con otro estudio (24), en el cual se encontró menos entrenables a los niños prepúberes.

Ha sido una creencia común de que un incremento en la fuerza muscular requiere de un incremento en el nivel de testosterona circulante. Esto no parece ser cierto para los niños prepúberes, como ha quedado demostrado por el trabajo de Weltman y cols. (31). Ellos hallaron que la respuesta de chicos de 8.2 años (± 0.13) a un programa de entrenamiento de 14 semanas no estuvo relacionado con los niveles iniciales de testosterona sérica y de dehidroepiandrosterona. También no es claro si los cambios en los niños prepúberes, inducidos por el entrenamiento, son acompañados por un incremento en la masa muscular, como ocurre a mayores edades (29).

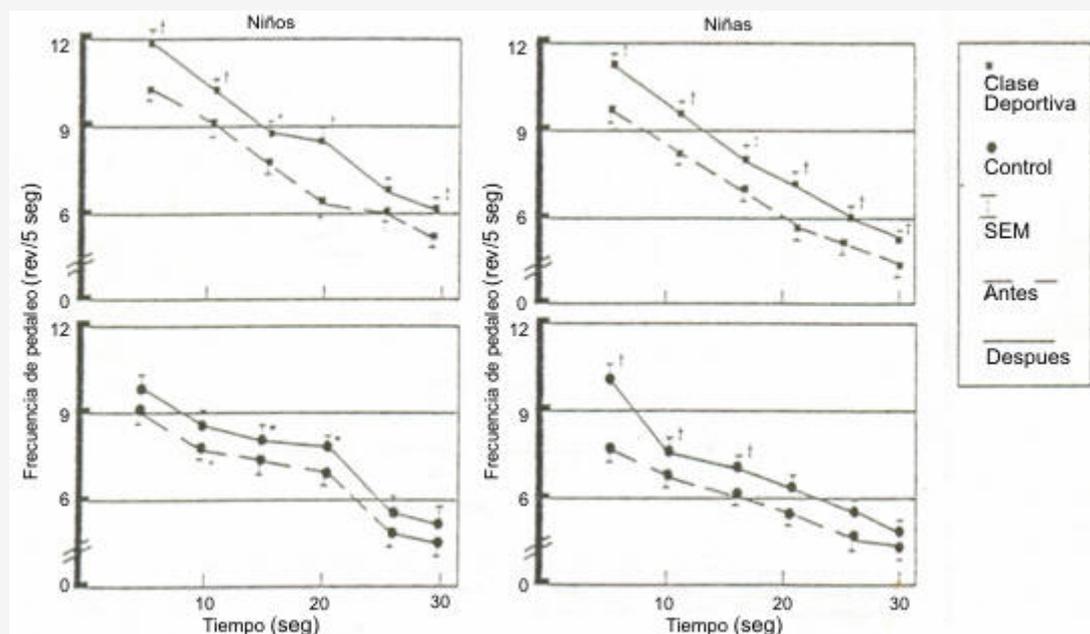


Figura 2. La entrenabilidad anaeróbica en niños y niñas. Dieciocho niñas y catorce niños, de 12 a 13 años de edad participaron, en clases deportivas. Los grupos control fueron 15 niñas y 18 niños provenientes de la misma escuela. Los datos se determinaron de acuerdo al Test Anaeróbico Wingate. Los asteriscos indican diferencias significativas ($p < 0.05$); las cruces, $p < 0.01$. (Reproducido con permiso de Grodjinovsky y Bar-Or.) (40).

POTENCIA MUSCULAR Y RESISTENCIA MUSCULAR LOCAL

Como es sabido por los Entrenadores y los Profesores de Educación Física, el entrenamiento puede mejorar la *performance* de los niños en actividades que requieren una potencia muscular extremadamente alta (por ej. en los piques, los saltos o los lanzamientos), y a la resistencia muscular local (por ej. carreras de velocidad prolongada, velocidad en natación y en la lucha). Se conoce menos en referencia a si el entrenamiento puede mejorar las mediciones de laboratorio del pico anaeróbico de potencia muscular y de la resistencia muscular, en niños. Un pico de potencia muscular anaeróbica es definido aquí como la potencia mecánica más alta que es generada durante una tarea de corta duración, como podría ser el test de carrera en escalones de Margaria(35) o el Test Anaeróbico Wingate (36). A diferencia de la potencia aeróbica y de la fuerza muscular, la potencia anaeróbica, aun cuando es corregida por el peso corporal se incrementa marcadamente durante el crecimiento (37, 38).

El grupo Wingate en Israel realizó tres estudios de entrenamiento con grupo control, en niños prepúberes. El criterio para entrenabilidad fueron los cambios en el pico de potencia y en la potencia media, tal como se determina con el Test Anaeróbico Wingate (36). La Figura 3 resume los resultados de un programa de 6 semanas de esfuerzos a máxima potencia, tanto en carrera como en ciclismo (39). Cincuenta niños, con edades entre los 11 a los 13 años, fueron divididos, al azar, en 2 grupos de entrenamiento y en un grupo de control. Como se puede ver en la Figura 3, el entrenamiento indujo un incremento en la *performance*, pero sólo del 4.5 % al 5.3 %. En otro estudio (12), niños con edades entre los 10.2 y 11.6

años, llevaron a cabo un programa de 9 semanas (3 veces por semana) de carreras intervaladas sobre distancias que se extendieron de los 150 a los 600 m. El grupo experimental tuvo incrementos del 14 % en el pico de potencia, y del 10 % en la potencia media (ambos datos calculados por kilogramo de peso corporal). Los cambios respectivos en el grupo control fueron: una disminución del 1% en el pico de potencia, y un incremento del 1.4 % en la potencia media. En este estudio, el mayor efecto del entrenamiento (comparado con aquel resumido en la Figura 3). puede ser debido a su duración más prolongada y a su mayor intensidad.

Para comparar la entrenabilidad entre las niñas y los niños, 32 niños/as con edades de 12 a 13 años, fueron testeados antes y después de la participación en 7 meses de clases deportivas. Ellos fueron comparados con 33 niños/as que tomaban clases regulares en el mismo establecimiento escolar. El entrenamiento incluyó clases de Educación Física 6 veces por semana (comparado con 2 veces por semana para el grupo control), y luego de la escuela se jugaba al Handbol Europeo tres veces por semana (40). Los resultados se encuentran reflejados en la Figura 2. Los grupos de ambos sexos que participaron en las clases deportivas mejoraron su *performance*, como lo hizo el grupo control, pero en un menor grado, comparado con los grupos experimentales. No hubo diferencias consistentes relacionadas al sexo, en las respuestas. En un estudio realizado por Docherty y cols. en 1987 (17), un programa de 4 semanas (3 veces por semana) de entrenamiento isoquinético intervalado, y con períodos de 20 segundos de ciclismo a la máxima potencia, no indujo ningún incremento en la potencia anaeróbica de niños jugadores de hockey sobre hielo, o enjugadores de fútbol, con edades de 12.4 años (± 10.7). Una razón posible para esta aparente falta de entrenabilidad es que los niños habían terminado su temporada deportiva, y los efectos del programa fueron enmascarados por el fenómeno de desentrenamiento de fuera de temporada.

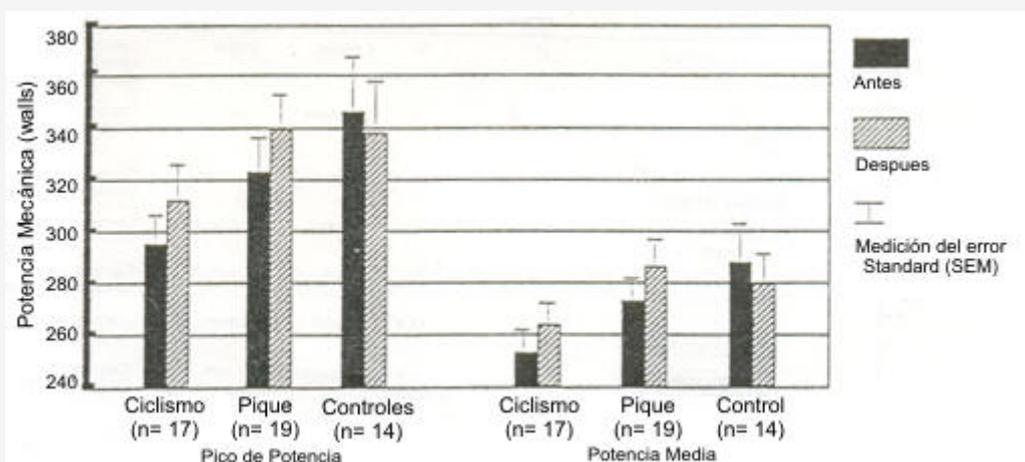


Figura 3. Efecto del entrenamiento sobre la potencia muscular anaeróbica. Cincuenta niños, de 11 a 13 años de edad, tomaron parte en un programa de entrenamiento de 6 semanas (tres veces por semana). Los asteriscos indican diferencias significativas ($p < 0.05$); las cruces $p < 0.001$. La ausencia de símbolos representa que no existieron diferencias estadísticamente significativas (Datos de Grodjinovsky y cols.) (39).

De este modo, parece que la potencia muscular anaeróbica y la resistencia muscular pueden ser mejoradas por el entrenamiento en los niños y en las niñas. Eriksson y cols. (41) hallaron que niños con edades de 11 a 13 años respondieron con un incremento en la concentración de sustratos anaeróbicos como el Fosfato de Creatina, de Adenosin Trifosfato, y de Glucógeno en sus músculos, a un programa de 4 meses (3 veces por semana) de carrera intercalada, básquetbol, fútbol, y a una semana de entrenamiento intenso de esquí de fondo. En otra fase de ese estudio, que involucró seis semanas (3 veces por semana) de pedaleo por 20 a 50 min, dio como resultado un incremento en la actividad de enzima glucolítica Fosfofructoquinasa (PFK).

Mientras que estos cambios bioquímicos pueden explicar el incremento en la *performance* anaeróbica inducida por el entrenamiento, en los niños, los experimentos de Eriksson y cols, no incluyeron un grupo control, por lo que de este modo, es imposible separar los cambios relacionados con crecimiento y la maduración, de aquellos inducidos por el entrenamiento. Según nuestro conocimiento actual, no podemos excluir la posibilidad que el incremento en la potencia muscular, y en la resistencia muscular, refleje los cambios en la activación de unidades motoras u otros mecanismos neurogénicos. En mi conocimiento, no hay estudios que hayan comparado el grado de entrenabilidad de las características anaeróbicas, a través de grupos de maduración.

CONCLUSION

Aunque se necesitan más estudios que utilicen principios metodológicos y estadísticos apropiados, hasta aquí los informes sugieren las siguientes conclusiones con respecto a la entrenabilidad de las niñas/os prepúberes:

- La potencia aeróbica máxima puede ser incrementada con el entrenamiento.
- Sin embargo, el grado de entrenabilidad en los niños prepúberes parece, de alguna manera, más bajo que aquel de grupos de edades más maduros.
- A menudo, mejora la *performance* de la carrera de media y larga distancia, aún cuando no se incremente la potencia aeróbica máxima; por lo tanto, la reducción del costo metabólico de la carrera puede ser un factor muy importante.
- Probablemente, la entrenabilidad de la fuerza muscular no dependa del nivel de madurez. Hasta que haya más información disponible acerca de los daños potenciales que puedan ocurrir con el entrenamiento de fuerza, se recomienda que este tipo de entrenamiento sea usado por prepúberes, sólo cuando es indicado para un objetivo deportivo bien definido, o por motivos de rehabilitación. En cualquier caso, el entrenamiento de fuerza en los niños debe ser hecho sólo bajo la supervisión de un instructor calificado. Se debe desalentar el levantamiento de pesos máximos (19).

La *performance* muscular anaeróbica es entrenable sin tener en cuenta el nivel de maduración. No hay información disponible acerca de la entrenabilidad relativa de los niños prepúberes.

Para poder entender mejor el concepto de entrenabilidad durante la prepubertad, se recomiendan la investigación sobre los siguientes interrogantes:

- Cuál es el mejor criterio para hacer equivalente un estímulo de entrenamiento fisiológico, a través de los grupos en maduración?
- Hay alguna fase de desarrollo crítica durante la cual la entrenabilidad sea máxima o mínima?
- Y si esa fase existe, cuál es el rol jugado por la pubertad en la entrenabilidad de los componentes específicos de la aptitud física?
- Hay efectos negativos, a corto o a largo plazo, causados por el entrenamiento de alto nivel en la prepubertad?
- Hay alguna continuidad benéfica que llegue hasta la vida adulta por haber entrenado durante la niñez?

Como fuera recientemente reportado por Bouchard y cols (42), algunas de las variaciones interindividuales en la entrenabilidad pueden ser explicadas por efectos hereditarios. Permanece en duda el saber si la interacción entre el genotipo y el entrenamiento es dependiente de la edad y/o maduración.

REFERENCIAS

1. Tanner JM (1962). Growth at Adolescence. Oxford, England, Blackwell Scientific Publications Ltd
2. Beunen G (1990). Biological age in pediatric exercise research. in Bar-Or O (ed): *Advances in Pediatric Sports Sciences*
3. Champaign, II (1990). Human Kinetics. Publishers Inc. to be published
4. Saltin B (1969). Physiological effects of physical conditioning. *Med Sci Sports*;1:50-56
5. Ekblom B (1969). Effect of physical training in adolescent boys. *Appl Physiol*; 27: 350-355
6. Daniels J, Oldridge N (1971). Changes in oxygen consumption of young boys during growth and running training. *Med Sci Sports*; 3:161-165
7. Bar-Or O, Zwirner LD (1973). Physiological effect of frequency and content variation of physical education classes and of endurance conditioning on 9- to 10-year-old girls and boys, in Bar-Or O (ed.). *Pediatric Work Physiology IV, Natanya, Israel, Wingate Institute, pp 190-208*
8. Mocellin R, Wasmund U (1973). Investigations on the influence of a running training programme on the cardiovascular and motor performance capacity in 53 boys and girls of a second and third primary school class. in Bar-Or O (ed): *Pediatric Work Physiology IV, Natanya, Israel, Wingate Institute. pp 279-288.*
9. Stewart KJ, Gutin B (1976). Effects of physical training on cardiorespiratory fitness in children. *Res Q Am Assoc Health Phys Educ*; 47:110-120
10. Lussier L, Buskirk ER (1977). Effects of an endurance training regimen on assessment of work capacity in prepuberal children. *Ann NY Acad Sci*; 301:734-747
11. Yoshida TI, Ishiko I, Muraoka I (1980). Effect of endurance training on cardiorespiratory functions of 5-year-old children. *Sports Med 1980; 1:91-94 Sports Med*; 1:91-94

12. Benedict G, Vaccaro P, Hatfield BD (1985). Physiological effects of an eight week precision jump program in children. *m Corr Ther*; 5:108-111
13. Rotstein A, Dotan R, Bar-Or O, et al (1986). Effect of training on anaerobic threshold, maximal aerobic power and anaerobic performance of preadolescent boys. *Int J Sports Med* 1986; 7:281-286.
14. Gilliam TB, Freedson PS, Geenen DL, et al (1981). Physical activity patterns determined by heart rate monitoring in 6-7 year-old children. *Med Sci Sports Exerc*; 13: 65-67
15. Ross JG, Dotson CO, Gilbert GG, et al (1987). The National Children and Youth Study. What are kids doing in school physical education. *hys Ed Recr Dance*; 56:73-76
16. Rowland TW (1985). Aerobic response to endurance training in prepubescent children. *a critical analysis. Med Sci Sports Exerc*; 17:493-497
17. Vaccaro P, Mahon A (1987). Cardiorespiratory responses to endurance training in children. *Sports Med*; 4:352-363
18. Docherty D, Wenger HA, Collis ML (1987). The effects of resistance training on aerobic and anaerobic power of young boys. *Med Sci Sports Exerc*; 19:389-392
19. Daniels J, Oldridge N, Nagle F, et al (1978). Differences and changes in VO₂, among young runners 10 to 18 years of age. *Med Sci Sports*; 10:200-203
20. American Academy of Pediatrics (1983). Weight training and weight lifting. *information for the pediatrician. Phys Sportsmed*; 11(3):157-161
21. National Strength and Conditioning Association (1985). Position statement on prepubescent strength training. *Nat Strength Cond*; 7:27-31
22. Duda M (1986). Prepubescent strength training gains support. *Phys Sportsmed*; 14(2): 157-161
23. Weltman A (1986). Weight training in prepuberal children. Physiologic benefit and potential damage, in Bar-Or O (ed.). *Advances in Pediatric Sports Science, vol. 3, Champaign, IL, Human Kinetics Publishers, Inc. to be published*
24. Rohmert W (1968). Rechts-Links-Vergleich bei isometrischem Armmuskeltraining mit verschiedenem Trainingsreiz bei achtjährigen Kindern. *Int Z Angew Physiol Einschl Arbeitphysiol*; 26:363-393
25. Vrijens J (1978). Muscle strength development in the pre- and postpubescent age. *Med Sports (Basel)*; 11:152-158
26. McGovern NB (1984). Effects of circuit weight training on the physical fitness of prepubescent children. *Dissertation Abst Intern*; 45:452-A
27. Servidio FJ, Bartels RL, Hamlin RL (1985). The effects of weight training, using Olympic style lifts, on various physiological variables in prepubescent boys, abstract. *Med Sci Sports Exerc*; 17:288.
28. Pfeiffer R, Francis RS (1986). Effects of strength training on muscle development in prepubescent, pubescent, and postpubescent males. *Phys Sportsmed*; 14(9):134-143.
29. Sewall L, Micheli LJ (1986). Strength training for children. *Pediatr*; 6:143-146
30. Funato K, Fukunaga T, Asami T, et al (1987). Strength training for prepubescent boys and girls. *Proceedings of the Department of Sports Science, Vol 21, University of Tokyo. pp. 9-19*
31. Sailors M, Berg K (1987). Comparison of responses to weight training in pubescent boys and men. *Sports Med Phys Fitness*; 27:30-37
32. Weltman A, Janney C, Rians CB, et al (1986). The effects of hydraulic resistance strength training in prepubertal males. *Med Sci Sports Exerc*; 18:629-638
33. Nielsen B, Nielsen K, Behrendt-Hansen M, et al (1980). Training of "functional muscular strength" in girls 7-19 years old, in Berg K, Eriksson BO (eds): *Children and Exercise IX. Baltimore, University Park Press, pp.68-69*
34. Davies CTM (1985). Strength and mechanical properties of muscle in children and young adults. *Scand J Sports Sci*; 7:11-15
35. Carron AV, Bailey DA (1974). Strength development in boys from 10 through 16 years. *Monogr Soc Res Child Dev*; 39:1-37
36. Margaria R, Aghemo P, Rovelli E (1966). Measurement of muscular power (anaerobic) in man. *Appl Physiol*; 21: 1662-1664
37. Bar-Or O (1987). The Wingate Anaerobic Test. An update on methodology, reliability and validity. *Sports Med*; 4:381-394
38. Kurowski TT (1977). Anaerobic power of children from ages 9 through 15 years. *thesis, Tallahassee, Florida State University*
39. Inbar O, Bar-Or O (1986). Anaerobic characteristics in male children and adolescents. *Med Sci Sports Exerc*; 18: 264-269
40. Grodjinovsky A, Bar-Or O, Dotan R, et al (1980). Training effect on the anaerobic performance of children as measured by the Wingate anaerobic test, in Berg K, Erikson BO (eds.). *Children and Exercise IX. Baltimore, University Park Press, pp 139-145*
41. Grodjinovsky A, Bar-Or O (1984). Influence of added physical education hours upon anaerobic capacity, adiposity, and grip strength in 12-13-year-old children enrolled in a sports class, in Ilmarinen J, Valimaki I (eds.). *Children and Sport, Berlin, Springer Verlag, pp 162-169*
42. Eriksson BO, Gollnick PD, Saltin B (1973). Muscle metabolism and enzyme activities after training in boys 11-13 years old. *Acta Physiol Scand*; 87:485-497
43. Bouchard C, Boulay MR, Simoneau JA, et al (1988). Heredity and trainability of aerobic and anaerobic performances. *An update. Sports Med*; 5:69-73

Cita Original

The Physician and Sportsmedicine, Vol. 17. Nro. 5, pp.65-82, 1989.