

Monograph

Desarrollo de la Fuerza en el Deportista Joven

Prof. Mikel Izquierdo¹ y Javier Ibañez¹¹Centro de Estudios, Investigación y Medicina del Deporte. Gobierno de Navarra. (España).

La manifestación de la fuerza se entiende en términos generales como la capacidad que tiene el músculo de producir tensión al activarse (contraerse) a una velocidad/ tiempo determinado. Las manifestaciones y desarrollo de la fuerza están influenciadas por la interrelación de factores de tipo mecánico, neuro-muscular y hormonal. Los de tipo neuro-muscular se asocian con el número y distribución de fibras musculares, así como con la habilidad del sistema nervioso para activar de un modo rápido e intenso a los músculos agonistas (p.e. aumentando el número de unidades motoras activas, incrementando su frecuencia de estimulación y al aumento en su estímulo de excitación), inhibición de los músculos antagonistas o con la capacidad de utilizar energía potencial originada durante un ciclo estiramiento-acortamiento. Entre las variables de tipo mecánico tenemos el tipo de acción muscular (concéntrica, isométrica o excéntrica), el tiempo y velocidad de contracción o la relación longitud muscular/ángulo articular. Aspectos que añaden a la producción de fuerza diferentes matices, ya sea para su entrenamiento o para su valoración. Finalmente, además de los mecanismos neurales/musculares, se cree que el sistema neuro-endocrino forma una parte muy importante en el complejo de la manifestación y cambios a corto y largo plazo en la producción de fuerza y el sistema neuromuscular. Las hormonas son mensajeros químicos que se sintetizan, se almacenan y son liberados por glándulas endocrinas, además de por otras células especializadas. Las razones por la que se cree o las evidencias de la importancia del sistema hormonal son que 1) las hormonas anabolizantes (p.e. testosterona (T) y hormona del crecimiento (GH)) tienen efectos de remodelación de las fibras musculares a nivel metabólico y celular, similar a los observados en el músculo después del entrenamiento de fuerza, 2) durante las diferentes sesiones de entrenamiento de fuerza existe un aumento de las hormonas anabólicas como la T, GH, IGF-1, consecuencia de mayor utilización por el tejido muscular y 3) se observa que las mejoras y/o pérdidas de producción de fuerza durante la actividad física crónica (entrenamiento/envejecimiento) se acompañan de un aumento de las tasas basales de hormonas anabólicas (T, GH) y/o de un descenso de las tasas hormonas catabólicas, como el Cortisol.

La mejora de la fuerza que se observa en personas adultas durante las primeras semanas realizando un programa de entrenamiento se debe principalmente a una combinación de adaptaciones de tipo neural (p.e. incremento de la activación de las UMs de los músculos agonistas y/o inhibición de los músculos antagonistas) acompañándose de un aumento más gradual de la masa muscular (Sale 1989, Häkkinen y col. 1988) (Ver Figura 17).

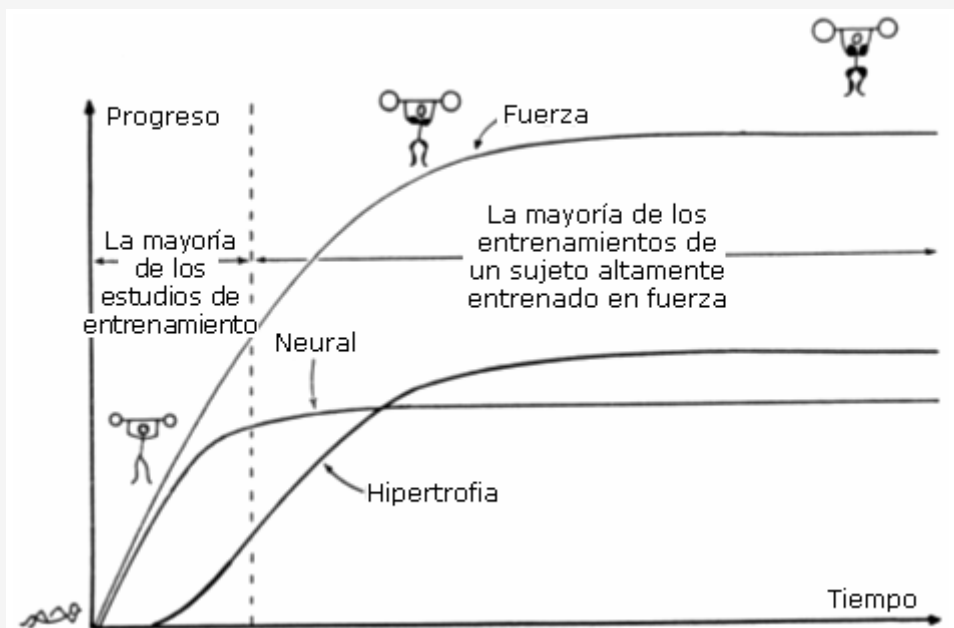


Figura 1. Influencia de los aspectos neurales y musculares durante el entrenamiento. Adaptado de Sale 1989.

ENTRENABILIDAD Y EFECTIVIDAD DEL ENTRENAMIENTO DE FUERZA EN EL NIÑO PREPUBER Y EN EL ADOLESCENTE

La mejora de la fuerza muscular mediante ejercicios con aumento de la resistencia en el movimiento (p.e. con la utilización de cargas) empezó a utilizarse en 1945 por Thomas L. Delorme en programas de rehabilitación de veteranos de la Segunda Guerra Mundial. En la actualidad, está plenamente reconocida la efectividad y beneficios de los programas de entrenamiento para el desarrollo de la fuerza sobre las necesidades especiales de fuerza del deporte o especialidad deportiva o sobre la prevención y tratamiento de los trastornos asociados con el envejecimiento y sedentarismo: como la progresiva reducción de la independencia y la autonomía funcional o la aparición de enfermedades crónicas como el infarto, la obesidad o la diabetes [p.e. Colegio Americano de Medicina del Deporte (ASCM, 1993), la Asociación Americana del Corazón (AHA, 1983) y la Asociación Americana para la Rehabilitación Cardiovascular y Pulmonar (AACVPR, 1995,1998)].

¿Es Efectivo el Entrenamiento para el Desarrollo de la Fuerza en Preadolescentes y Adolescentes?

Durante décadas ha prevalecido la idea de que el entrenamiento de fuerza en los niños prepúberes no era recomendable porque se creía que los bajos niveles de andrógenos circulantes impedirían el desarrollo de la fuerza (Mero y col. 1989); y porque se temía que este tipo de entrenamiento favorecía la aparición de lesiones musculoesqueléticas (Mero y col. 1989; Malina y Bouchard 1991; Kraemer y Fleck 1993). Uno de los trabajos más citado al respecto es el realizado por Vrijens (1978) donde no encontraron mejoras de la fuerza isométrica de brazos y piernas en un grupo de niños en edad prepuberal (10.4 años) después de 8 semanas de entrenamiento en circuito (Ver Figura 2).

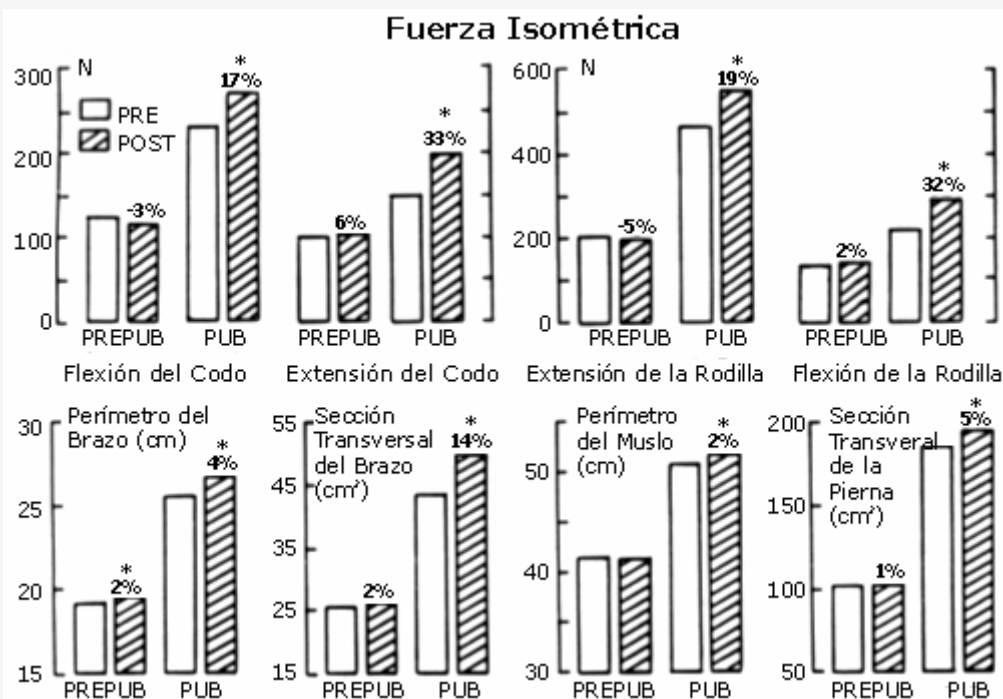


Figura 2. Efectos del entrenamiento de fuerza en niños prepúberes (edad media 10.4) y púberes (edad media 16.7) El entrenamiento consistió en un circuito de 8 ejercicios, 8-12 RM con una carga del 75% de 1-RM, realizado 3 días a la semana durante 8 semanas. Adaptado de Vrijens, 1978.

La ausencia en la ganancia de fuerza en la mayoría de los trabajos que consideran no efectivo el entrenamiento de esta cualidad en edades tempranas posiblemente es debida a: 1) la utilización de cargas muy ligeras en el entrenamiento, y/o 2) a la ausencia de una correcta progresión en las intensidades a medida que se mejora la fuerza, y/o 3) a que los programas no duraron el suficiente tiempo y/o 4) a que no se utilizaba un suficiente volumen de entrenamiento.

Sin embargo, en diversos estudios realizados durante los últimos años (Blinkie y col. 1992, 1993, Ramsay y col. 1990; Sale 1989, Gorostiaga y col. 1999; Kanehisa y col. 1995; O'hagan y col. 1995), y que han utilizado programas de entrenamiento de la fuerza con intensidades moderadas/altas, se han observado aumentos significativos de la fuerza con respecto a aquellos de la misma edad y características que no entrenaban, tanto en sujetos prepúberes con edades comprendidas entre los 6 y los 11 años, como en sujetos adolescentes (Ver Tabla 1).

Referencia	Edad	Sexo	Modo entrenamiento	Duración	Frecuencia (por semana)	Incremento fuerza
Nielson y col 1980	7-19	M	Isométrico Hidráulico	5	3	Si
Weltman y col. 1986	6-11	H	Maquinas pesas	14	3	Si
Ramsay y col. 1990	9-11	H	Pesas	20	3	Si
Faigenbaum y col. 1993	10.8	M-H	Pesas	8	2	Si
Westcott y col. 1992	10.5	M-H	Pesas	7	3	Si
Blinkie y col 1993	9-11	M-H	Pesas	20	3	Si
Gorostiaga y col. 1999	14-16	H	Pesas	6	3	Si

Tabla 1. Algunos estudios publicados en la literatura en los cuales se han utilizado programas de entrenamiento de la fuerza con intensidades moderadas/altas.

Uno de los trabajos mas representativo es el realizado por Ramsay y col. (1990) donde se examinó el efecto de 20 semanas de entrenamiento de fuerza (3 días por semana) sobre la masa muscular y activación neural en niños con edades comprendidas entre los 9 y 11 años. El programa de entrenamiento consistió en realizar 5 series de 10-12 RM durante las

primeras 10 semanas y 5 series de 5-7 RM durante las últimas 10 semanas para los principales grupos musculares (curl del brazos y extensión de rodillas); y en realizar 3 series de 10-12 RM durante las primeras 10 semanas y 3 series de 5-7 RM durante las últimas 10 semanas en los ejercicios de pectoral, extensión de piernas y dorsal. Al finalizar este período de entrenamiento se observaron aumentos significativos de la fuerza máxima de los brazos y de las piernas (22%-25%) de manera independiente a las ganancias en masa muscular. En esta experiencia se concluyó que la mejora de la fuerza después de realizar un programa de entrenamiento en sujetos preadolescentes es posible que se relacione en gran medida con la mejora en la coordinación intramuscular y el aumento en la activación de los músculos agonistas y/o inhibición de la musculatura antagonista (Ver figura 3).

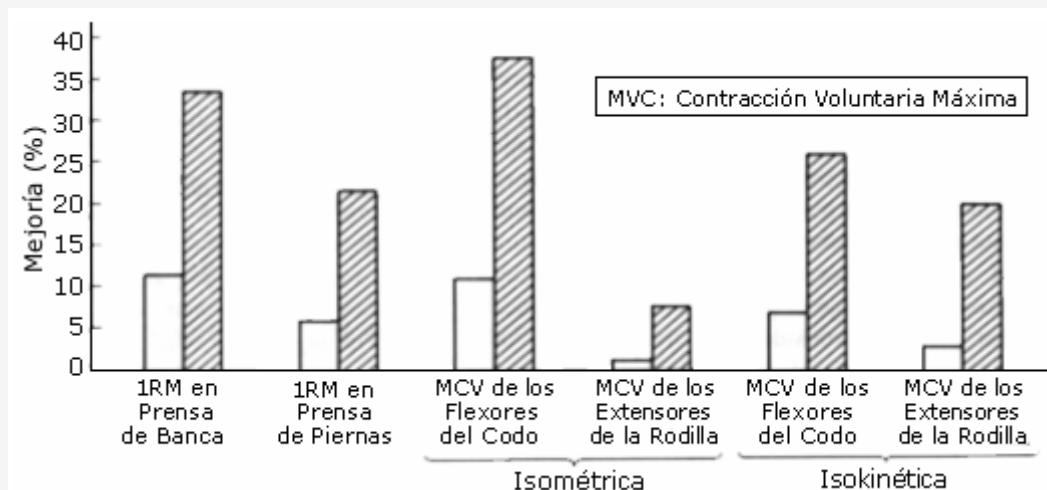


Figura 3. Efectos de 20 semanas de entrenamiento de fuerza (3 días/semana) en la fuerza máxima (1RM), isocinética e isométrica en 13 niños prepúberes con edades comprendidas entre los 9-11 años. Adaptado de Sale, 1989.

En lo que se refiere al entrenamiento de fuerza en adolescentes, en un trabajo publicado recientemente por Gorostiaga y colaboradores (1999) se examinaron los efectos producidos al añadir sesiones de entrenamiento de fuerza sobre el nivel de condición física y el balance hormonal en jugadores adolescentes de balonmano que realizaban habitualmente de 5 a 6 sesiones semanales entre entrenamientos, competiciones y clases de educación física. Después de 6 semanas de entrenamiento de fuerza, el grupo que entrenaba esta cualidad física (ST) incrementó su fuerza máxima dinámica de los músculos extensores del miembro inferior (12.2%) ($p < 0.01$) y del miembro superior (23%) ($p < 0.01$), mientras que no se observaron cambios en los grupos que sólo practicaban el balonmano (NST) y el grupo control (C) (Ver figura 4). Esta mejora se produjo especialmente en las 2 primeras semanas de entrenamiento (Ver figura 5). Se observaron diferencias similares en la fuerza máxima unilateral de los extensores de la rodilla ($p < 0.05$), mientras que no se observaron cambios en los grupos ST y C. Durante las 6 semanas de entrenamiento de fuerza también se observaron incrementos significativos en el grupo ST en la velocidad de lanzamiento (desde $71.7 \pm 7 \text{ Km.h}^{-1}$ a $74.0 \pm 7 \text{ Km.h}^{-1}$) ($p < 0.001$), mientras que estos cambios no fueron observados en NST y C. Por último se registraron incrementos significativos ($p < 0.01$) en el ratio testosterona/cortisol en el grupo C, mientras el incremento fue menor en el grupo NST ($p < 0.08$) y permaneció sin cambios en ST (Ver figura 6). Los presentes resultados sugirieron que añadir 6 semanas de entrenamiento de fuerza máxima al entrenamiento de balonmano se acompañó de mejoras en la fuerza máxima y la velocidad de lanzamiento, pero interfirió en la mejora de la fuerza explosiva de la extremidad inferior. La tendencia de compromiso en el ratio testosterona/cortisol observado en el grupo ST pudo estar asociado con un estado de sobreentrenamiento o sobrecarga.

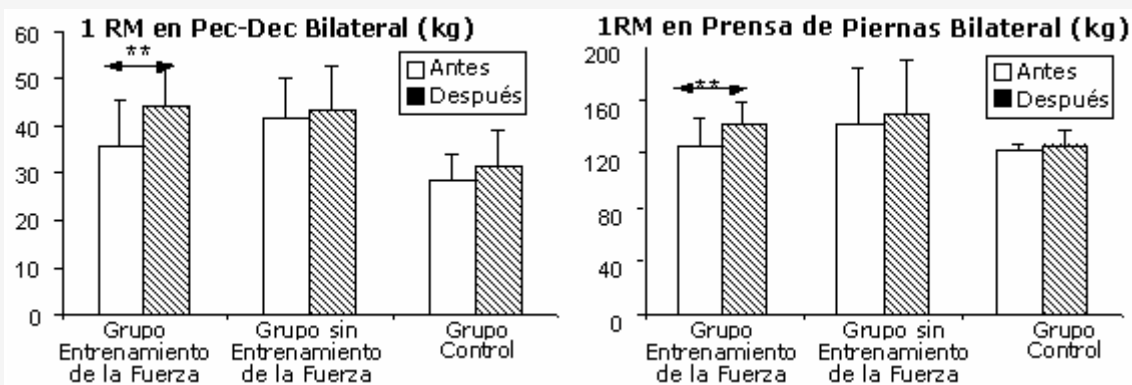


Figura 4. Fuerza máxima dinámica de las extremidades superior e inferior antes y después de 6 semanas de entrenamiento de fuerza (** $p < 0.01$). Adaptado de Gorostiaga y col, 1999.

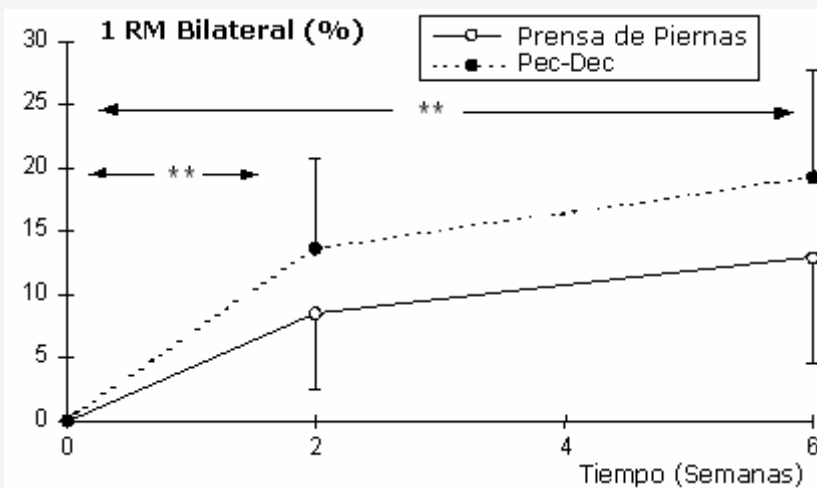


Figura 5. Cambios relativos en Leg-press y pec-dec en ST durante las 6 semanas de entrenamiento de fuerza (** $p < 0.01$). Adaptado de Gorostiaga y col, 1999.

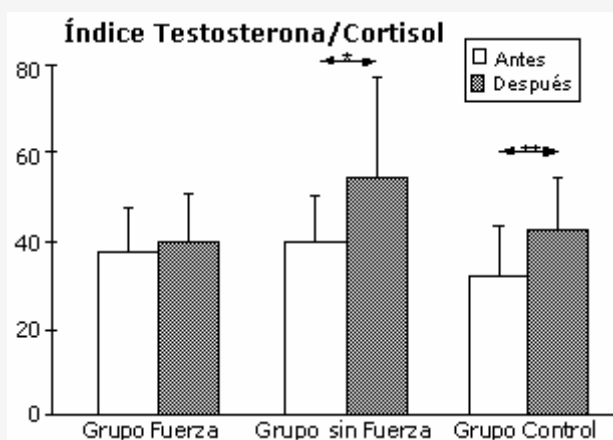


Figura 6. Ratio testosterona/cortisol en los diferentes grupos experimentales antes y después del entrenamiento de fuerza (* $p < 0.08$; ** $p < 0.01$). Adaptado de Gorostiaga y col, 1999.

Como conclusión, ante la pregunta de si el entrenamiento de fuerza es efectivo en sujetos preadolescentes y adolescentes,

se debe contestar de manera inequívoca que siempre que la intensidad y el volumen de la carga de entrenamiento sean lo suficientemente intensos, y la duración del entrenamiento lo suficientemente amplia en el tiempo, el efecto del entrenamiento será siempre positivo y se conseguirán mejoras en la producción de fuerza.

¿Es igual de Entrenable la Fuerza Muscular en los Niños que en los Adultos?

Como ya hemos comentado anteriormente, la entrenabilidad es el grado de capacidad de mejorar la aptitud física para un estímulo de entrenamiento determinado. Diversos autores consideran que la adolescencia podría constituir el momento de máxima entrenabilidad; es decir, que cualquier tipo de entrenamiento que se realice durante esta edad se debería acompañar de una mejora de la aptitud física superior a la que cualquier sujeto pudiera obtener si realizara ese entrenamiento en otro momento de su vida (Loko y col. 1996; Viru y col. 1996; Beumen y col. 1997). En la mayoría de los trabajos revisados (Ramsay y col. 1990; Blimkie y col. 1989,1992, 1993; Sale 1989) se señala que siempre que el estímulo de entrenamiento sea el adecuado (intensidad y volumen óptimo), un sujeto en la etapa prepupal posiblemente sea menos entrenable en términos de ganancias absolutas de fuerza; pero, sin embargo, el entrenamiento es, como mínimo, igual de eficaz en términos de ganancia relativa, si se compara con adolescentes y adultos jóvenes. En la figura 23 se presentan los resultados de un trabajo desarrollado en la Universidad de McMaster (Hamilton, Ontario), donde se estudió el efecto de 20 semanas de entrenamiento de fuerza (3 días/semana) en un grupo de preadolescentes (10 años), adultos jóvenes (21 años) y viejos (65 años). En este trabajo, los niños y adultos utilizaron una intensidad de 5-12 RM y 8-12 RM, respectivamente, mientras que los ancianos entrenaron con una carga de 10 RM. Los resultados muestran que los adultos jóvenes obtuvieron mayores ganancias en valores absolutos, mientras que los sujetos en la etapa prepupal fueron los que incrementaron la fuerza con una mayor tendencia en términos relativos (Sale, 1989) (Ver figura 7).

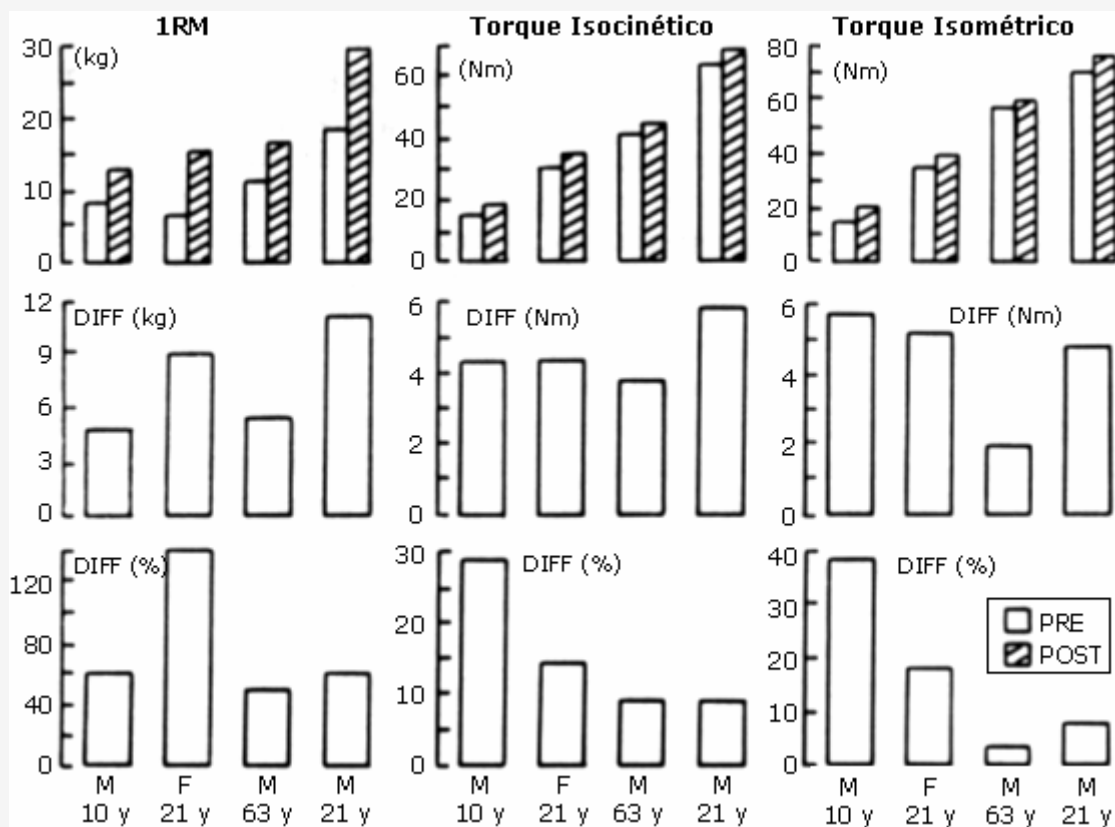


Figura 7. Efectos de 20 semanas de entrenamiento de fuerza sobre la fuerza máxima (1RM), isocinética e isométrica en niños prepúberes (9-11 años), adultos jóvenes (21 años), y mayores (65 años) en valores absolutos y relativos. Adaptado de Sale, 1989.

ADAPTACIONES NEUROMUSCULARES Y HORMONALES CON EL ENTRENAMIENTO Y EL DESENTRENAMIENTO DE FUERZA EN LA PREADOLESCENCIA Y LA ADOLESCENCIA

¿Las Adaptaciones y Mecanismos Asociados a Los Cambios en la Manifestación de la Fuerza con el Entrenamiento/ Desentrenamiento son similares en la Etapa Prepuberal/Adolescencia que en el Adulto?

Adaptaciones Musculares

Según los estudios citados anteriormente (Blimkie y col. 1989, 1992, 1993, Ramsay y col. 1990; Sale 1989), los sujetos en la etapa prepuberal pueden aumentar su fuerza de forma significativa con el entrenamiento en mayor medida de lo que lo harían con su desarrollo natural. Estos estudios parecen estar de acuerdo en que las ganancias de fuerza después de un periodo de entrenamiento son independientes de los cambios en la masa muscular y no se encuentra una relación entre el aumento de fuerza y la hipertrofia muscular, bien porque ésta es muy pequeña o no apreciable.

Entre las razones que pueden explicar la dificultad en los sujetos preadolescentes para incrementar su masa muscular puede mencionarse la insuficiente maduración del eje hipotálamo-hipófisis-gonadal, que determina que hasta la pubertad en el hombre el nivel de andrógenos sea demasiado bajo como para promover la hipertrofia muscular (Ver figura 8). Durante la pubertad, la entrenabilidad de la fuerza en el hombre aumenta rápidamente de forma paralela a la concentración de testosterona sérica, incluso sin realizar entrenamiento de fuerza. Para las mujeres, a diferencia de lo que ocurre con los varones, las bajas concentraciones de hormonas androgénicas, es un factor limitante para conseguir los mismos desarrollos en valores absolutos de la masa muscular y la fuerza.

Sin embargo, estos resultados dejan en evidencia que independientemente del incremento en masa muscular, la magnitud de este tipo de adaptación en sujetos en edad preadolescente y adolescente es pequeña en comparación con los incrementos de fuerza y por lo tanto sugiere que otros factores además de los cambios en masa muscular pueden también contribuir al desarrollo de la fuerza.

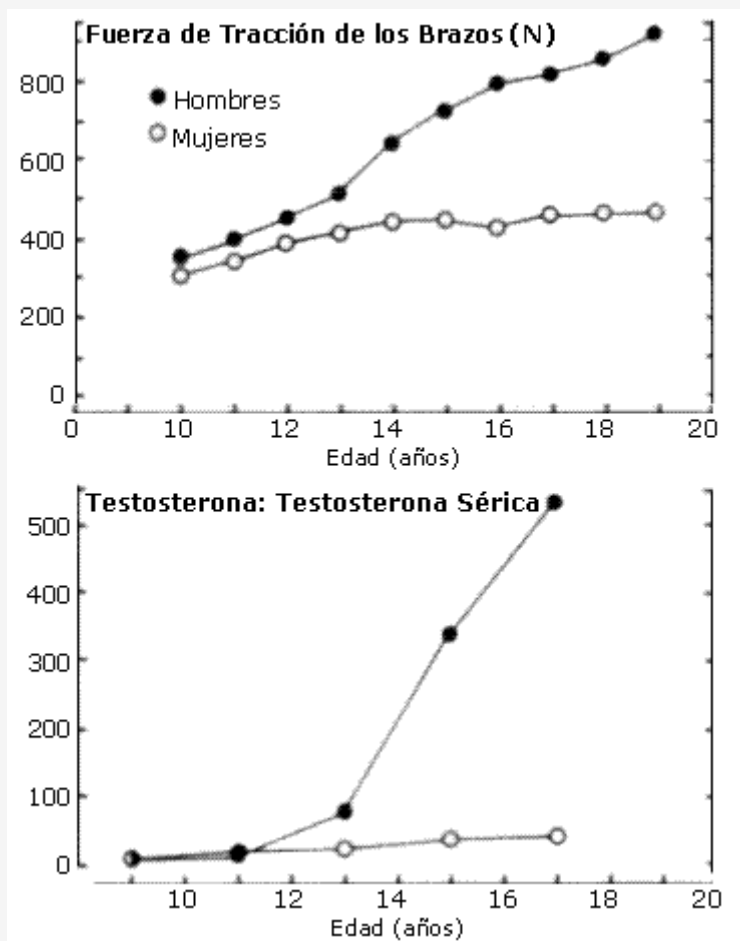


Figura 8. Cambios con la edad en la fuerza de tracción y la concentración basal de testosterona. Adaptado de Sale 1989 con valores de la concentración de testosterona a partir de Winter 1978 y valores de fuerza a partir de Montoye & Lamphiear, 1977.

Adaptaciones Neurales

Diversos estudios han identificado un aumento en la activación de los músculos directamente implicados en el movimiento (músculos agonistas) y/o a la mejora de la coordinación de los músculos sinergistas/antagonistas (adaptaciones neurales) en adultos (Häkkinen y col. 1998; Narici y col. 1989).

El desarrollo de la fuerza en sujetos preadolescentes y adolescentes con el entrenamiento de fuerza también ha sido atribuido en gran parte al incremento en la activación neuromuscular voluntaria de los músculos entrenados (Ramsay et al. 1990; Blimkie y col. 1993; Sale y col. 1989) (Ver Figura 9).

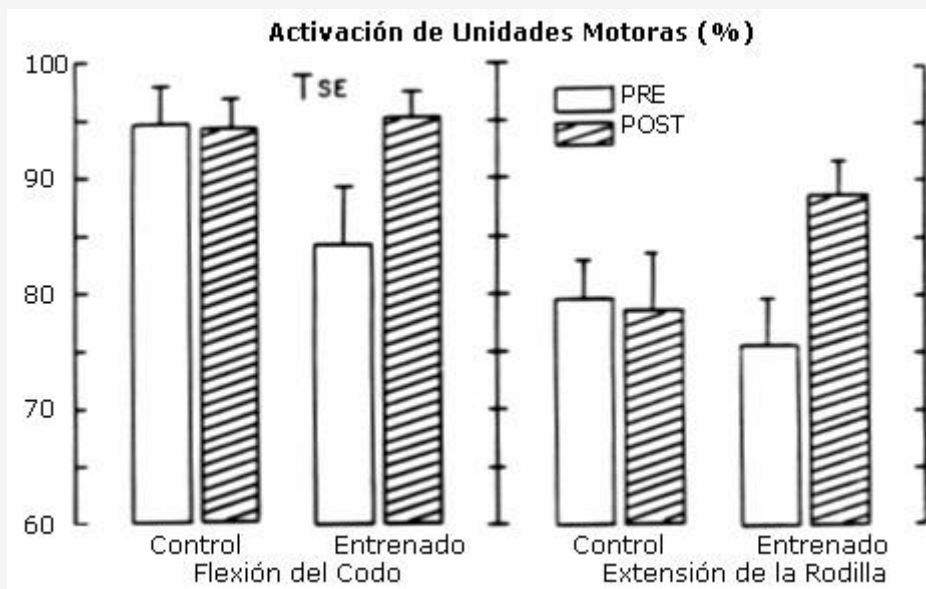


Figura 9. Efecto del entrenamiento de fuerza sobre la activación neural durante acciones isométricas máximas de flexión de codo y extensión de rodilla. Adaptado de Ramsay y col 1990; y Sale y col. 1989.

Sin embargo, los cambios en la activación neuromuscular y masa muscular parecen no explicar en su totalidad los incrementos observados en la magnitud de fuerza, lo que hace pensar que otros factores pueden también tener un papel importante en el incremento de esta cualidad física durante estas edades. En los estudios realizados por Ramsay y colaboradores (1990) y Blimkie y col. (1989) se observaron mayores aumentos en la ganancia de fuerza máxima (21%-48%) en aquellos ejercicios que habían sido utilizados durante el entrenamiento (p.e. extensión de piernas y curl de bíceps), que en aquellos otros que no eran específicos. Estos resultados sugieren que la mejora en la coordinación agonista/antagonista puede también explicar en parte la mejora en la fuerza muscular en sujetos preadolescentes después de realizar un programa de entrenamiento.

Características Contráctiles

Las adaptaciones musculares intrínsecas (p.e. cambios en la dinámica de excitación/contracción, densidad del paquete miofibrilar y distribución de fibras musculares) son factores importantes que pueden explicar parte del evidente desarrollo de la fuerza en sujetos preadolescentes/adolescentes que participan en un programa de entrenamiento. Ramsay y colaboradores (1990) observaron incrementos significativos en la fuerza muscular evocada por estimulación eléctrica, en ausencia de mejoras en la masa muscular en sujetos prepúberes después de 20 semanas de entrenamiento de fuerza (Ver figura 10). Estos resultados apoyan la idea de que la mejora de fuerza de contracción absoluta y específica (por área de la sección transversal muscular) con el entrenamiento puede explicar en parte el aumento de la fuerza muscular en sujetos preadolescentes.

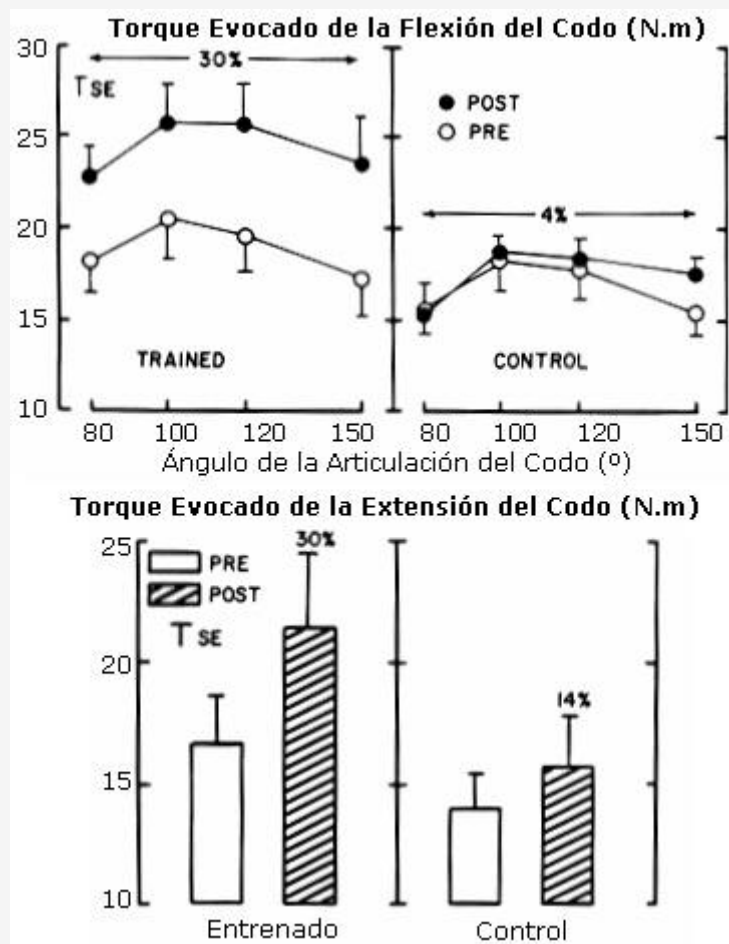


Figura 10. Efecto del entrenamiento de fuerza sobre el momento isométrico evocado en niños preadolescentes (9-11 años). Adaptado de Ramsay y col 1990; y Sale y col 1989.

¿Que ocurre con el Desentrenamiento?

En los adultos, el aumento de la masa muscular y de la activación neural se reducen con el desentrenamiento de la misma manera que se incrementan con el entrenamiento (Narici y col. 1989. Häkkinen y col. 1989). El desentrenamiento, en los adultos, se caracteriza por una rápida reducción en la activación neuromuscular acompañada por una pérdida gradual de la masa muscular.

En el caso del preadolescente parece que, como la ganancia de fuerza es atribuida en gran parte al aumento en la activación neural, la reducción asociada con el desentrenamiento se debe predominantemente a cambios en la activación neuromuscular y coordinación motora. En la figura 11 se presenta un resumen de las adaptaciones fisiológicas que posiblemente se produzcan durante el entrenamiento/ desentrenamiento de fuerza en el niño.

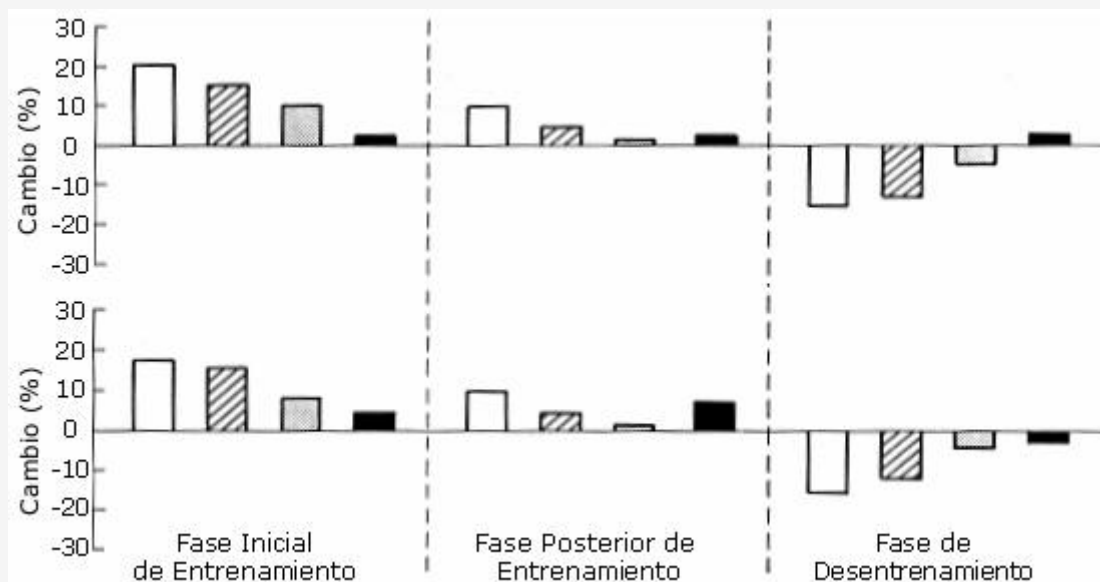


Figura 11. Modelo de las posibles adaptaciones fisiológicas con el entrenamiento de fuerza y el desentrenamiento durante la preadolescencia (a) y adolescencia (b). □ fuerza muscular, ▨ adaptaciones neuromusculares, ▤ coordinación motora y ■ hipertrofia muscular. Adaptado de Blimkie y Bar Or 1996.

Sin embargo, hay que tener en cuenta que en el preadolescente cualquier pérdida en la producción de fuerza consecuencia de una reducción del entrenamiento podría estar enmascarada por un incremento concomitante relacionado con el efecto del crecimiento infantil. En la figura 28, Blimkie y colaboradores (1989, 1993), presentan un modelo de las interacciones potenciales esperadas entre el crecimiento y el entrenamiento/ desentrenamiento durante la preadolescencia. Según este modelo, si las ganancias de fuerza son permanentes, se podría esperar incrementos en la fuerza muscular, en un grupo de personas que realicen entrenamiento de fuerza, aproximadamente de la misma magnitud que los observados en un grupo control (simple efecto de añadir los aumentos de fuerza relacionados con el crecimiento) durante el periodo de desentrenamiento y un mantenimiento de las diferencias en fuerza que se tenían al final del entrenamiento. Por otro lado, si las ganancias de fuerza no son permanentes y hay una pérdida de fuerza asociada a un periodo de desentrenamiento se podría pensar en la posibilidad que existiera una regresión gradual en la manifestación de la fuerza en el grupo que previamente había entrenado hacia los valores de fuerza del grupo control.

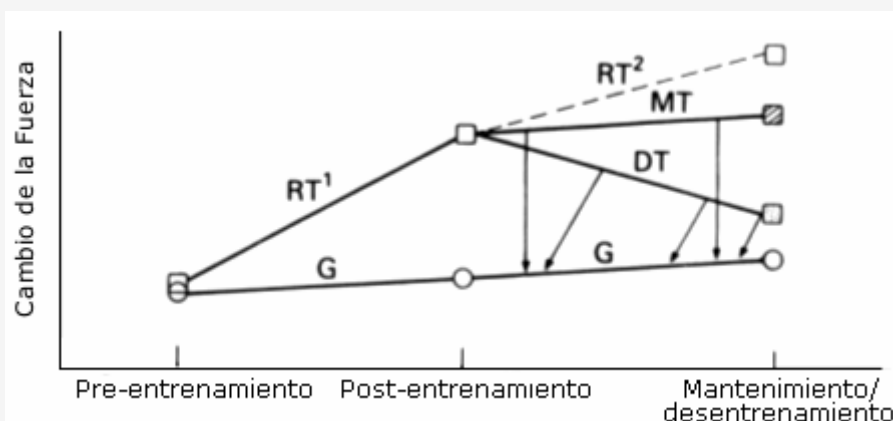


Figura 12. Modelo de los cambios esperados con el crecimiento (G), el entrenamiento de fuerza (RT), mantenimiento del entrenamiento (MT) y el desentrenamiento (DT) durante la preadolescencia. Sección G: aumento de la fuerza debido al crecimiento y maduración. Sección RT¹: aumento rápido de la fuerza durante las primeras semanas de entrenamiento. Sección RT²: durante esta fase, la fuerza se incrementa más lentamente por un menor efecto del entrenamiento. Sección MT: manteniendo la intensidad y volumen de entrenamiento, el incremento de la fuerza es menor y se debe al efecto maduración- crecimiento. Sección DT: en el caso de iniciar el desentrenamiento, la fuerza muscular se reduce por debajo del nivel alcanzado al finalizar la fase RT¹ y tiende a

¿Y si las mejoras conseguidas en la fuerza muscular se pierden cuando se deja de entrenar, que tipo de entrenamiento de mantenimiento se necesita para mantener esas ganancias?. Según el trabajo de Blimkie y colaboradores (1989) se sugiere que una sesión por semana de entrenamiento con intensidades altas no es suficiente para preservar las mejoras obtenidas después de participar en un programa de entrenamiento.

BENEFICIOS POTENCIALES Y RIESGOS ASOCIADOS CON EL ENTRENAMIENTO DE FUERZA EN LA PRE/ADOLESCENCIA

El entrenamiento de fuerza en el adulto, además del desarrollo de la fuerza, tiene efectos positivos tanto en la mejora de la marca deportiva (p.e. velocidad de lanzamiento, altura de salto) (Ainsworth 1970; Mero y col. 1985; Gorostiaga y col. 1999), como en la composición corporal (p.e. reduce el porcentaje graso corporal y aumenta el metabolismo y el gasto calórico de la masa muscular activa) y sobre la prevención y el tiempo de recuperación de lesiones (Blimkie 1993).

Sin embargo, no son muchos los trabajos de investigación que han examinado estos beneficios en preadolescentes y adolescentes, a pesar de que en la mayoría de los deportes en los que participan niños existen ciertos componentes de fuerza máxima y/o explosiva, que nos lleva a pensar que el desarrollo de la fuerza puede ser un medio para mejorar el resultado deportivo durante estas edades. Efectivamente, según diversos estudios, el entrenamiento de fuerza puede mejorar significativamente la altura en el salto, la velocidad en 100 metros (natación) y la velocidad de tiro en el preadolescente (Ainsworth 1970; Mero y col. 1985; Gorostiaga y col. 1999).

En estas edades, una de las ventajas más interesantes que ofrece el entrenamiento para el desarrollo de la fuerza es el efecto que se le atribuye sobre la prevención y/o recuperación de lesiones. Este efecto positivo se debe al fortalecimiento de las estructuras de soporte (ligamentos, tendones y huesos), a la capacidad del músculo entrenado de soportar más carga y al desarrollo del balance muscular alrededor de las articulaciones (Faigenbaum y col. 1996). Sin embargo, todavía se puede cuestionar si se consiguen similares beneficios desde el punto de vista preventivo y rehabilitador con el desarrollo de la fuerza en preadolescentes, debido a las posibles diferencias que existen en 1) intensidad y frecuencia en los entrenamientos y competiciones, 2) grado de agresividad/ competitividad durante la práctica deportiva, 3) y el tipo/ grado de especialidades deportivas con contacto entre los participantes practicadas durante la adolescencia.

Por el contrario, el miedo a producir lesiones musculares a corto o largo plazo, tal vez sea el problema más importante que se encuentran los profesionales de la actividad física y la salud para prescribir un programa de entrenamiento para el desarrollo de la fuerza durante las etapas pre y adolescente. En general, la participación en programas intensos de ejercicio físico lleva consigo el riesgo potencial de producir lesiones debido a microtraumatismos repetidos sobre las partes blandas (cartílago, tendón) y el tejido músculo-esquelético. En el adulto, las lesiones de espalda y rodilla son las más frecuentes. En los niños, el problema se puede plantear en relación con los cartílagos de crecimiento y las fracturas epifisales, especialmente durante la práctica de los movimientos olímpicos de halterofilia (p.e. arrancada, dos tiempos, envión). Sin embargo, en todos los trabajos publicados hasta el momento no se ha demostrado que el entrenamiento de fuerza racional y supervisado (p.e. control de la técnica adecuada de ejecución, progresión gradual de las cargas, evitando cargas excesivas) haya producido algún perjuicio a los preadolescentes, en términos de lesión o efecto perjudicial sobre el sistema cardiorespiratorio o la presión sanguínea (Blimkie, 1993; Sale 1989). A pesar de ello, se ha de tener presente que debido a la alta especialización que supone realizar un programa de entrenamiento de fuerza en la preadolescencia, éste debería ser recomendado como una variedad más de actividad física y práctica deportiva durante la infancia.

Por último, hay que hacer una importante distinción entre la participación en un programa de entrenamiento de fuerza y la práctica de deporte competitivo como la halterofilia, el powerlifting o el culturismo. El entrenamiento de fuerza, si se realiza bajo supervisión y apropiada instrucción técnica, puede ser una actividad física divertida y con relativo bajo riesgo para la mayoría de los niños. Sin embargo, la práctica de los deportes mencionados puede ser una actividad de máximo riesgo para los niños. Incluso algunas asociaciones profesionales advierten contra la práctica de este tipo de deportes por los adolescentes (Academia Americana de Pediatría 1990, Asociación Nacional para el Acondicionamiento Físico y el Entrenamiento de la Fuerza, 1996). No obstante, no se excluye que un grupo selecto de niños, bajo la supervisión de entrenadores especializados, pueda participar en estos deportes con un riesgo no mayor que los existentes en otras muchas especialidades deportivas dentro del alto rendimiento.

INICIACION EN EL ENTRENAMIENTO Y FASES SENSIBLES EN EL DESARROLLO DE LA FUERZA: RECOMENDACIONES PARA LA PRESCRIPCION DEL ENTRENAMIENTO

Fases Sensibles en Relación con el Desarrollo de Fuerza

Uno de los aspectos que condicionan el momento en el que se debe iniciar el entrenamiento de fuerza, al igual que para cualquier otra cualidad o habilidad es el momento en el que el organismo pasa por una fase del desarrollo en la que exista una especial predisposición para mejorar la fuerza, es decir en aquellos momentos en los que la fuerza aumenta de manera natural, sin entrenamiento especial de la misma y con mas rapidez que en cualquier otro momento de la vida de una persona (Virus 1996, Ramos y col. 1998 Loko y col. 1996).

El desarrollo, en este caso de la fuerza muscular, durante el periodo de su fase sensible, favorece que se obtengan incrementos significativos en esta capacidad. En un estudio realizado por Loko y colaboradores (1996) con chicos y chicas con edades comprendidas entre los 10 y los 18 años se observó que las edades de mayor aumento proporcional de la fuerza en hombres eran desde los 12-17 años y en las mujeres entre los 10-13 años. En la Tabla 2 se indican los periodos de tiempo, desde los 11 a los 20 años en el hombre y entre los 10 y los 18 años en la mujer, en los que se produce el mayor aumento (90-95% del total) de la fuerza máxima isométrica, la fuerza explosiva (salto horizontal a pies juntos, salto vertical, y lanzamiento de balón de 2 Kg desde la posición de sentado) y la velocidad de carrera en 30 m. Asimismo en la figura 29 se muestra la evolución en porcentaje desde los 11 a los 20 años en el hombre y la mujer de la fuerza máxima, la fuerza explosiva y la velocidad de desplazamiento (Loko, 1996)

CAPACIDAD	Fuerza Estática	Fuerza explosiva		Velocidad de desplazamiento
		Piernas	Brazos	
HOMBRES	13-16 años	13-17 años	13-17 años	12-17 años
MUJERES	11-13 años	10-12 años	10-13 años	10-13 años

Tabla 2. Periodos de las fases sensibles para el desarrollo de la fuerza máxima y explosiva en hombres y mujeres (Adaptado de Loko 1996).

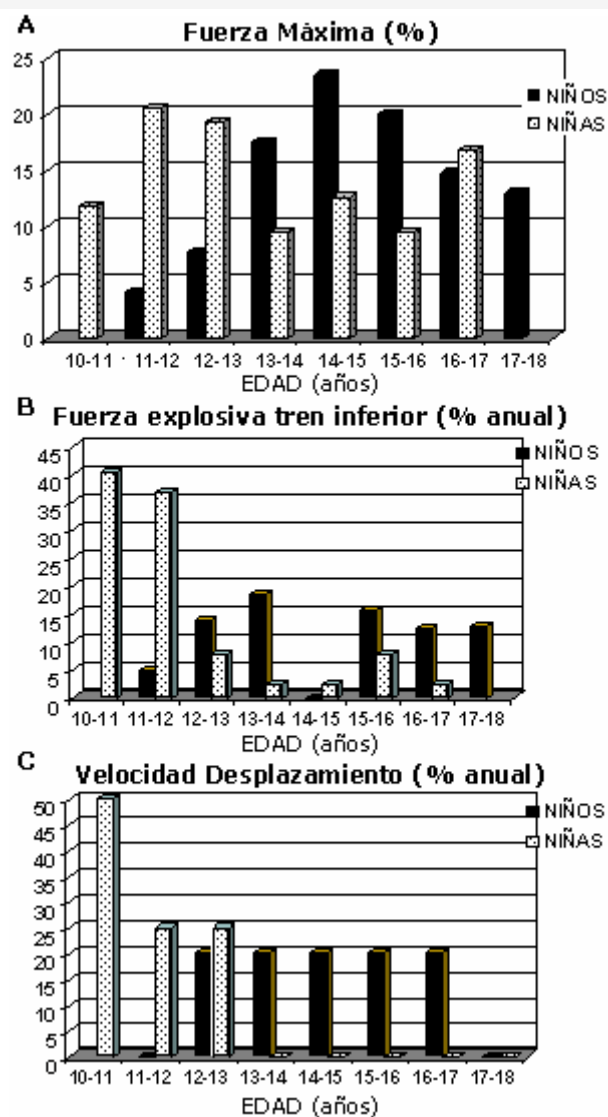


Figura 13. Evolución en porcentaje desde los 11 a los 20 años en el hombre y la mujer de la fuerza máxima, la fuerza explosiva y la velocidad de desplazamiento (Loko, 1996).

Según estos resultados, parece que no tiene mucho sentido afirmar que los jóvenes no han de comenzar el entrenamiento hasta los 17-18 años. Una de las cuestiones más importantes es saber, no cuando empezar, sino cómo ajustar las cargas de entrenamiento al desarrollo evolutivo de los jóvenes.

Iniciación al Entrenamiento de Fuerza

Una vez concluido que el entrenamiento y la mejora de la fuerza en los jóvenes es posible e incluso recomendable, diferentes asociaciones profesionales aconsejan una serie de normas generales (Ver Tabla 3) con un objetivo principal: que el entrenamiento se ajuste a las necesidades y a la capacidad de del deportista principiante para evitar que se anulen los beneficios que puedan derivarse de este tipo de trabajo (Asociación Americana de Pediatría, 1990; Asociación Nacional para el Acondicionamiento Físico y el Entrenamiento de la fuerza, 1996). Las recomendaciones generales que estas asociaciones dan se presentan en la Tabla 4.

- Entrenar todos los grandes grupos musculares, tanto los flexores como los extensores,
- Individualizar las cargas de entrenamiento cuando se utilizan pesos libres o máquinas de pesas,
- Comenzar con ejercicios que utilizan el peso del propio cuerpo, antes de comenzar con pesos libres o máquinas,
- Ejercitar los músculos en toda la amplitud del movimiento,
- No hacer entrenamiento de fuerza con cargas dos días seguidos,
- No hacer entrenamiento de fuerza con cargas mas de tres días por semana,
- Realizar una progresión gradual de las cargas desde pesos ligeros y elevado numero de repeticiones (>15) y pocas series (2-3) hacia cargas mas pesadas, pocas repeticiones (6-8) y modesto número de series (3-4),
- Evitar entrenamientos con ejercicios de carácter excéntrico hasta las últimas fases de la adolescencia,
- Dar variedad a las sesiones de entrenamiento, aunque sin olvidar la orientación hacia la especialidad y las necesidades profesionales,
- Evitar acciones musculares con 1RM, especialmente durante la preadolescencia,
- Proporcionar buenos modelos de ejecución y adecuadas instrucciones para el aprendizaje

Tabla 3. Normas básicas de la iniciación del entrenamiento de fuerza en niños (Adaptado de Asociación Nacional para el Acondicionamiento Físico y el Entrenamiento de la fuerza, 1996).

Recomendaciones básicas del entrenamiento de fuerza en niños	
Edad (años)	Consideraciones
5-7	Intruducción ejercicios básicos (si o con poco peso). Desarrollar el concepto de sesión. Aprendizaje técnicas básicas. Progresión desde el propio peso, ejercicios clisténicos, compañeros y resistencias suaves. Volumen bajo.
8-10	Incremento gradual del número de ejercicios. Ejecución técnica de todos los ejercicios de levantamiento. Progresión gradual de incremento de las cargas. Incremento ligeramente el volumen. Controlar cuidadosamente la tolerancia a los ejercicios.
11-13	Enseñanza de todas las técnicas básicas; continuar con el aumento de la carga en cada ejercicio; especial énfasis en la ejecución técnica, introducir ejercicios más avanzados so o con poca resistencia.
14-15	Progresión programas más avanzados de emtrenamiento. Añadir ejercicios específicos. Especial énfasis en la ejecución técnica; Incrementar volumen.
16-	Nivel de comienzo de programas de adultos una vez que se ha aganado experiencia en los anteriores niveles.

Tabla 4. Recomendaciones básicas de la iniciación del entrenamiento de fuerza en niños (Adaptado de Asociación Nacional para el Acondicionamiento Físico y el Entrenamiento de la fuerza, 1996).

En la siguiente tabla se presenta un esquema general sobre la progresión en las cargas en las primeras 4/5 etapas del entrenamiento de fuerza para deportistas que han de llegar a conseguir un desarrollo medio alto de fuerza. Para las especialidades deportivas en las que las necesidades de fuerza fueran inferiores, la frecuencia de entrenamiento debería ser menor (González, 1999).

Las etapas han de considerarse como periodos de entrenamiento, que pueden comprender hasta uno o dos años, pero que podrían reducirse hasta cuatro seis meses según la edad del deportista. Si se comienza a entrenar en edades tempranas (8-10 años), cada etapa podría durar de uno a dos años, pero ese tiempo se irá reduciendo progresivamente a media que el deportista empiece a entrenar mas tarde (González 1999).

Etapas	Ciclos/ Años	Duración de ciclos	Frecuencia de entrenamiento	Volumen	Intensidad	Tipo de ejercicios	Progresión
1ª; 1-2 años	2-3	15-20 sem	2/semana	8-12 rep/se 2-3 series	-50% de las rep. Rbles	Simples orientados	↑ volumen ↑ intensidad
2ª; 1-2 años	2-3	15-20 sem	2-3/semana	6-12 rep/se 2-4 series	-40% de las rep. Rbles	Simples orientados	↑ volumen ↑ intensidad
3ª; 1-2 años	3	12-15 sem	2-3/semana	4-10 rep/se 3-5 series	-30% de las rep. Rbles	Simples y complejos orientados	↑ volumen ↑ intensidad
4ª; 1-2 años	3-4	10-15 sem	3-4/semana	3-10 rep/se 3-5 series	-25% de las rep. Rbles	Simples , complejos y específicos	↑ volumen ↑ intensidad
5ª; 1-2 años	3-4	8-15 sem	3-4/semana	2-10 rep/se 3-5 series	-20% de las rep. Rbles	Simples , complejos y específicos	↑ volumen ↑ intensidad

Tabla 5. Progresión de las cargas en las primeras 4/5 etapas de entrenamiento para el desarrollo de la fuerza. Adaptado de González (1999)

Un programa diseñado para mejorar la fuerza muscular en deportistas preadolescentes y adolescentes deberá seguir los mismos principios básicos de entrenamiento que los diseñados para adultos: principio de la sobrecarga, el principio de la progresión, de la especificidad y la individualidad del entrenamiento y el principio del desentrenamiento o reversibilidad. Es decir, este tipo de programa de entrenamiento deberá producir un estímulo lo suficientemente intenso, por encima del que suponen las actividades regulares de la vida diaria, como para producir la respuesta de adaptación deseada (principio de sobrecarga) sin llegar a producir agotamiento o esfuerzo indebido. La adaptación sólo se producirá si el estímulo es lo suficientemente fuerte en relación a su nivel de carga. Una vez que el organismo se adapte a este estímulo será necesario que se modifique y/o incremente para que se continúe progresando (principio de la progresión). Si las cargas de entrenamiento no se incrementan progresivamente (entrenamiento de fuerza progresivo), los músculos se adaptarán al nivel de fuerza solicitado y se mantendrá el mismo niveles de fuerza hasta que no se someta al sistema neuromuscular a un estímulo mayor. Cuando una persona deja de entrenar, se producirá una adaptación muscular en la dirección opuesta y se asociará con reducción en la manifestación de la fuerza, atrofia muscular y reducción en la activación neural (desentrenamiento). El entrenamiento de fuerza no sólo deberá ser progresivo sino que además será específico para los grupos musculares más utilizados y con transferencia directa (principio de especificidad) al tipo de movimiento, acción muscular y velocidad de movimiento de la especialidad deportiva. A pesar de ello, se recomienda que en los sujetos preadolescentes:

1. Al comienzo del programa de entrenamiento, el estímulo de fuerza deberá orientarse al desarrollo global de todos los grupos musculares (Academia Americana de Pediatría, 1983),
2. Se deberá realizar con movimientos relativamente lentos y controlados para evitar lesiones, y
3. Aunque está aceptado, en general, entre los entrenadores que la utilización de movimientos olímpicos de halterofilia (p.e. arrancada y sentadilla), son los más apropiados para el desarrollo de la fuerza, diferentes asociaciones de profesionales de la salud y la actividad física recomiendan estrictamente que no se utilicen en programas de entrenamiento para los preadolescentes y en su caso se utilicen sólo, con precaución y control estricto, durante la mitad/final de la adolescencia (Asociación Americana de Pediatría, 1990; Asociación Nacional para el Acondicionamiento Físico y en el Entrenamiento de la fuerza, 1996).

Por último, las adaptaciones producidas por un programa de entrenamiento de fuerza serán diferentes entre las personas y vendrán determinadas por su nivel de entrenamiento previo y edad. Una persona que se encuentre en buen estado de forma necesitará un tipo de entrenamiento más exigente que aquel que sea inactivo y deba comenzar el programa de entrenamiento con un estímulo menor.

COMPONENTES DEL ENTRENAMIENTO PARA EL DESARROLLO DE LA FUERZA

La efectividad y resultado de un entrenamiento para el desarrollo de la fuerza depende de la aplicación de una carga adecuada, es decir, de factores como la intensidad, volumen de entrenamiento (series x repeticiones), frecuencia y

tipología de los ejercicios recomendados (p.e. isocinético/resistencia variable/isotónico).

El volumen de entrenamiento se expresa en función del número de repeticiones que se realiza o el tiempo de duración del estímulo. Sin embargo, para que nos permita determinar con mayor precisión las características del esfuerzo, el volumen de entrenamiento siempre deberá estar asociado a los demás componentes de la carga. En el preadolescente se recomienda realizar tres series de 8-12 repeticiones durante 2-3 días a la semana. La mayoría de los trabajos de investigación en personas que previamente no habían entrenado fuerza muestran que durante los primeros 3-4 meses de entrenamiento de fuerza, los programas que utilizan una serie por ejercicio, obtienen incrementos de parecida magnitud que aquellos que utilizan múltiples series (Feigenbaum 1999, ASCM, 1998). En consideración de estas similitudes se aconsejan utilizar programas en los primeros momentos del entrenamiento (6 meses) que utilicen una sola serie por ejercicio.

La intensidad de un estímulo es el grado de esfuerzo que exige un ejercicio y se representa en el entrenamiento de fuerza por el peso que se utiliza en términos absolutos o relativos y por el número máximo de repeticiones que se puede realizar con un determinado peso (p.e. el peso con el que se realiza un máximo de 3 repeticiones; 3RM). En la tabla la intensidad viene representada como carácter del esfuerzo (González, 1999). Lo que se indica es el tanto por ciento del total de repeticiones realizables que deberían dejarse por hacer. El aumento progresivo de la intensidad por etapas se basa en la reducción de este porcentaje y en el del número de repeticiones por serie. Otro de los componentes a tener en cuenta en el diseño de un programa de entrenamiento para el desarrollo de la fuerza es la frecuencia de entrenamiento. El periodo de recuperación debería ser el adecuado para favorecer una óptima recuperación y desarrollo muscular y prevenir el sobreentrenamiento. Sin embargo un excesivo descanso entre las sesiones de entrenamiento podría llegar a resultar un insuficiente estímulo y favorecer el desentrenamiento.

En términos generales se recomienda como frecuencia óptima para el desarrollo de la fuerza máxima 2-3 días de entrenamiento por semana, que corresponde a 48 horas de descanso entre cada sesión de fuerza programada.

El tipo o modo de ejercicio también es importante tenerlo en cuenta a la hora del diseño de un programa de entrenamiento para el desarrollo de la fuerza, ya que es un medio para desarrollar y manifestar la fuerza. Según el régimen de acción muscular puede ser de tipo dinámico (concéntrico, excéntrico o ciclo acortamiento-estiramiento) o estático (isométrico). Los ejercicios dinámicos también pueden ser clasificados en función de la resistencia/tensión desarrollada durante la acción muscular. Según esta clasificación los ejercicios pueden ser de tipo isotónico (p.e. los realizados con pesos libres); donde la resistencia externa no varía; los de tipo isocinético, cuando se realiza una tensión sobre un brazo de palanca que se desplaza a una velocidad constante durante todo el recorrido articular; y los que se realizan en dinamómetros que presentan una polea diseñada para que la resistencia externa sea variable a lo largo del movimiento (ejercicios de musculación con resistencia variable con selección individual de pesos). La recomendación para la iniciación en el entrenamiento de fuerza será el utilizar una gran variedad de equipamiento que permita obtener una amplia experiencia con diferentes tipos de material, al mismo tiempo que sirva para mantener despierto el interés y la motivación por el entrenamiento. Sin embargo, el rendimiento específico se conseguirá con el entrenamiento especial y utilizando aquellos grupos musculares y sistemas energéticos responsables del rendimiento en competición. Desde el punto de vista de la ejecución práctica se recomienda que durante la realización de los ejercicios se mantenga una correcta técnica de respiración: inspirando en el instante anterior a mover el peso/resistencia, expulsando el aire durante la ejecución e inspirando mientras se vuelve a la posición de partida. Asimismo, realizar un correcto calentamiento previo servirá para prevenir riesgo de lesiones.

CONCLUSIONES

- La práctica regular de una actividad física, o la participación en un programa de entrenamiento físico, no influye en el crecimiento estatural del niño, porque en un niño bien alimentado la estatura está regulada, principalmente, por su herencia genética.
- De media, los chicos y chicas que participan en diferentes deportes son más altos y también más pesados que los chicos y chicas que no practican una actividad física regular. Esto es reflejo generalmente de una pubertad avanzada.
- Las alteraciones en los hábitos de alimentación (anorexia nerviosa, bulimia) pueden impedir el desarrollo de todo el potencial de crecimiento estatural establecido genéticamente en el niño.
- El uso de esteroides anabolizantes en estas edades también puede impedir alcanzar la estatura establecida genéticamente, al producir un cierre prematuro de las epífisis.
- En relación con los no deportistas, los niños y adolescentes deportistas tienen un menor porcentaje graso corporal.
- La maduración ósea no parece afectarse por el entrenamiento deportivo.

- En relación con la maduración sexual, la edad de la menarquia en las chicas que practican deporte es, de media, más tardía. Por ejemplo, la edad de la menarquia en las chicas americanas sanas sucede a los 12.3- 12.8 años, mientras que la mayoría de estudios señalan que en las deportistas la menarquia comienza a los 13- 14 años o incluso más tarde. Pero también existen deportistas que tienen su primera regla en la media de edad o incluso antes que las chicas no deportistas.
- No hay que olvidar que el retraso de la menarquia en las deportistas puede tener una base genética (se ha visto que las madres de las chicas que hacen ballet tuvieron la menarquia más tarde); además, las dietas, la pérdida de peso, el estrés psicológico y el sobreentrenamiento pueden contribuir a ello. En muchos casos, este retraso puede tener un origen en varias de estas posibles causas.
- En relación con la maduración sexual de los chicos que hacen deporte, la información existente es escasa. Algunos estudios con deportistas jóvenes, varones, no indican evidencia alguna de alteraciones en el desarrollo de los caracteres sexuales secundarios.
- La maduración somática no parece verse afectada por la práctica de una actividad física regular o por el entrenamiento deportivo.
- Los adultos que tienen una historia de actividad física regular o han participado en un entrenamiento físico durante su niñez y juventud tienen más masa ósea, lo que en principio nos indicaría que la mineralización del hueso se ha visto favorecida por la práctica de ejercicio físico durante los primeros años de vida.
- No obstante, parece existir un umbral a partir del cual el entrenamiento deportivo puede tener una influencia negativa sobre la integridad ósea; como, por ejemplo, cuando se acompaña de alteraciones menstruales y una dieta insuficiente en calcio.
- Se ha visto que las deportistas moderadamente oligomenorréicas (pérdida menstrual escasa) tienen una densidad mineral ósea media equivalente a un 88% de la observada en un grupo de deportistas eumenorréicas (ciclos menstruales normales) con características físicas y entrenamiento semanal idénticos a las primeras.
- También se ha visto que las deportistas con una oligomenorrea severa tienen una densidad ósea media que supone sólo un 69% de la del grupo de deportistas eumenorréicas.
- El porcentaje de mujeres atletas con amenorrea secundaria (pérdida de la regla) se incrementa notablemente conforme aumentan el número de kilómetros de entrenamiento semanal.
- Además, parece que la masa ósea en estas mujeres permanece por debajo de lo normal incluso después de recuperar sus reglas normales.
- Las atletas con alteraciones menstruales podrían tener una mayor incidencia de fracturas de estrés y, quizá, un mayor riesgo de sufrir una osteoporosis prematura.
- La mejor solución para estas mujeres es, sin duda, la vuelta a los ciclos menstruales normales que habitualmente ocurre cuando la intensidad de entrenamiento disminuye o la deportista gana un poco de peso.
- Para aquellas deportistas que no quieren seguir esta pauta de tratamiento, existe una vía alternativa a base de una dieta rica en calcio y un tratamiento hormonal sustitutorio que debe ser controlado por su médico.
- En el caso del varón, varios estudios han demostrado que cargas muy elevadas de entrenamiento de carrera continua pueden tener también un efecto negativo sobre el hueso.
- Con el entrenamiento de fuerza, en los chicos adolescentes generalmente se observa una hipertrofia muscular mientras que en chicos preadolescentes esta adaptación muscular es mucho menos evidente, o puede no manifestarse.
- El entrenamiento de fuerza es efectivo para aumentar la fuerza muscular en sujetos preadolescentes y adolescentes, siempre que volumen y la intensidad del entrenamiento sea lo suficientemente intenso.
- En la etapa prepubescente, la entrenabilidad de la fuerza en los niños es menor en términos de ganancias absolutas de fuerza, pero es igual de eficaz sino más, en términos de ganancias relativas, si se compara con adolescentes y adultos jóvenes.
- El desarrollo de la fuerza después de un periodo de entrenamiento parece ser independiente de los cambios en la masa muscular, especialmente durante la preadolescencia y se asocian en gran parte con el incremento en la activación de las unidades motoras de los músculos entrenados, mejora de la coordinación intramuscular entre los agonistas/antagonistas y/o con adaptaciones musculares intrínsecas (p.e. cambios en la dinámica de excitación/contracción, densidad del paquete miofibrilar y distribución de fibras musculares).
- En los sujetos preadolescentes y adolescentes las ganancias en la producción de fuerza no permanecen durante periodos de desentrenamiento y realizar una sola sesión por semana de carácter intenso no es suficiente para mantener las mejoras obtenidas con el entrenamiento.
- El entrenamiento de fuerza parece no tener efectos negativos sobre el crecimiento (peso o altura) y en algunos casos presenta efectos positivos en la mejora de la marca deportiva y sobre la prevención y tiempo de recuperación de lesiones.
- El entrenamiento de fuerza racional y supervisado (p.e. control de la técnica adecuada de ejecución, progresión gradual de las cargas y evitar cargas excesivas) parece que no produce ningún tipo de perjuicio a los preadolescentes y adolescentes, en términos de lesión o efecto perjudicial sobre el sistema cardiorespiratorio o la presión sanguínea.

- Las fases sensibles de desarrollo de la fuerza muscular en hombres, desde los 12-17 años y en las mujeres, entre los 10-13 años, son las edades de mayor aumento proporcional de la fuerza y el mejor momento para iniciar un programa de entrenamiento para el desarrollo de la fuerza muscular.

REFERENCIAS

1. Ainsworth, J (1970). The effects of isometric-resistive exercises with the Exer-Genie on strength and speed in swimming. *Doctoral Dissertation. University of Arkansas*
2. American Academy of Pediatrics (1990). Strength training, weight and power lifting and body building by children and adolescents. *Pediatr. 86:801-803*
3. American College of Sports Medicine (1993). The prevention of sports injuries of children and adolescents. *Med. Sci. Sports. Exerc. 25(8):1-7*
4. ACSM (1998). Position Stand on the Recommended Quantity and Quality of Exercise for developing and Maintaining Cardiorespiratory and Muscular Fitness, and Flexibility in Healthy Adults. *Med. Sci. Sports. Exerc. 30 (6) 975-991*
5. American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation (1995). Guidelines for cardiac rehabilitation programs 2nd ed. *Champaign, IL, Human kinetics*
6. American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation (1998). Guidelines for pulmonary rehabilitation programs 2nd ed. *Champaign, IL, Human kinetics*
7. American Heart Association (1983). Exercise testing and training of Individuals with heart disease or at high risk for its development: a handbook for physicians. *Dallas*
8. American Medical Association/ American Dietetic Association (1991). Targets for adolescent health: nutrition and physical fitness. *Chicago; American Medical Association*
9. Astrand PO, Engstrom L, Eriksson BO, Karlberg P, Nylander I, Saltin B, Thoren C (1963). Girl swimmers. *Acta Paediat (Suppl) 147*
10. Bailey DA, Malina RM, Mirwald RL (1986). Physical activity and growth of the child. En: Falkner F, Tanner JM (eds) *Human Growth vol 2. Postnatal growth, neurobiology. Plenum Press: New York; pp: 147- 170*
11. Bailey DA, McCulloch RG (1990). Bone tissue and physical activity. *Can J Sport Sci 15: 229- 239*
12. Bale P (1992). The functional performance in children in relation to growth, maturation and exercise. *Sports Med 13: 151- 159*
13. Baronowski T, Bouchard C, Bar- Or O, y col (1992). No disponible. *Med Sci Sports Exerc; 6: 237- 247*
14. Bar- Or O (1983). Pediatric sports medicine for the practitioner. *Springer- Verlag, New York*
15. Bar- Or O (1984). Children exercise and training: possibilities and limits. En: *Saris WH (ed) Pediatric work physiology XI, Human Kinetics Publishers, Champaign, IL*
16. Baxter- Jones ADG (1995). Growth and development of young athletes. Should competition levels be age related?. *Sports Med 20: 59- 64*
17. Beunen G (1989). Biological age in pediatric exercise research. En: *Advances in Pediatric Sport Sciences Vol 3, Bar- Or (ed). Champaign, IL: Human Kinetics, pp: 1- 40*
18. Beunen G, Ostyn M, Reson R, Simons J, Van Gerven D (1976). Skeletal maturation and physical fitness of girls aged 12 through 16. *Hermes (Leuven) 10: 445- 457*
19. Beunen G, Simons J, Renson R, Van Gerven D, Ostyn M (1981). Chronological and biological age as related to physical fitness in boys 12 to 19 years. *Ann Hum Biol 8: 321- 331*
20. Beunen G, Malina RM, Renson R, Simons J, Ostyn M, Lefevre J (1992). Physical activity and growth, maturation and performance: A longitudinal study. *Med Sci Sports Exerc 24: 576- 585*
21. Beunen, G.P., Malina, R.M., Lefevre, J. y col (1997). Skeletal Maturation, Somatic Growth and Physical fitness in Girls 6-16 years of age. *Int. J. Sports. Med. 18: 413-419*
22. Bilanin JE, Blanchard MS, Russek-Cohen E (1989). Lower vertebral bone density in male long distance runners. *Med Sci Sports Exerc 21: 66-70*
23. Blimkie, C.J.R; Ramsay,J; Sale,D; MacDougall,D; Smith,K; Garner,S (1989). Effects of 10 weeks of resistance training on strength development in prepubertal boys. n: *Oseid & Carlsen (Eds) Children and Exercise XIII 183-197. Human Kinetics Champaign*
24. Blimkie, C.J; MacDougall,J.D; Sale,D (1990). Resistance training during pre - and early puberty: efficacy, trainability, mechanisms and persistence. *McMaster University. School of Physical Education and Athletics, McMaster University, Hamilton*
25. Blimkie, C.J.R (1993). Resistance training during preadolescence. *Issues and controversies Sports medicine 5(6): 389-407*
26. Blimkie C.J.R (1993). Benefits and risks of resistance training in children. *Intensive participation in children's sports. American Orthopaedic Society for Sport Medicine. Human Kinetics Publishers, Champaign, IL; pp: 133- 165*
27. Blimkie, C.J.R., Bar Or, O (1996). Trainability of muscle strength, power and endurance during childhood. International Olympic Committee. *Medical Commission*
28. Boileau RA, Lohman TG, Slaughter MH (1985). Exercise and body composition of children and youth. *Scand J Sports Sci 7: 17- 27.*
29. Borer KT (1995). The effects of exercise on growth. *Sports Med; 20: 375- 397*
30. Brooks- Gunn J, Warren MP (1988). Mother- daughter differences in menarcheal age in adolescent girls attending national dance company schools and non- dancers. *Ann Hum Biol 15: 35- 43*
31. Cann CE, Cavanaugh DJ, Schnurpfiel K y cols (1988). Menstrual history is the primary determinant of trabecular bone density in women. *Med Sci Sports Exerc 20 (suppl 2): S59*

32. Carron AV, Bailey DA (1974). Strength development in boys from 10 through 16 years. *Monographs of the Society for Research in Child Development* 39 (Nº 157)
33. Claessens AL, Malina RM, Lefevre J, y col (1992). Growth and menarcheal status of elite female gymnasts: participants at the 24th world championship artistic gymnastics, Rotterdam, The Netherlands, 1987. *Med Sci Sports Exerc* 24: 755- 763
34. Cooper DM (1994). No disponible. *Med Sci Sports Exerc*; 26: 733- 740
35. Cooper DM, Weiler- Ravell D, Whipp BJ, Wasserman K (1984). Aerobic parameters of exercise as a function of body size during growth in children. *J Appl Physiol* 56: 528- 634
36. Cumming GR, Garand T, Borysyk L (1972). Correlation of performance in track and field events with bone age. *J Pediatr* 80: 970- 973
37. Cunningham DA, Paterson DH, Blimkie CJR, Donner AP (1984). Development of cardiorespiratory function in circumpubertal boys: A longitudinal study. *J Appl Physiol* 56: 302- 307
38. Chilibeck P D, Sale DG, Webber CE (1995). Exercise and Bone Mineral Density. *Sports Med* 19: 103- 122
39. Drinkwater BL (1989). Amenorrheic Athletes: At Risk for Premature Osteoporosis?. *First IOC World Congress on Sport Sciences*; pp: 151-155
40. Drinkwater BL, Nilson K, Chestnut CH, y col (1984). Bone mineral of amenorrheic and eumenorrheic athletes. *N Engl J Med* 311: 277- 281
41. Drinkwater BL, Bruemmer B, Chesnut CH (1990). Menstrual history as a determinant of current bone density in young athletes. *JAMA* 263: 545
42. Eriksson BO, Gollnick PD, Saltin B (1974). The effect of physical training on muscle enzyme activities and fiber composition in 11-year- old boys. *Acta Paediatr Belg (Suppl)* 28: 245- 252
43. Faigenbaum, A.D., Kraemer, W.J., Cahill, B., Chandler, J., Dziados, J. Elfrink, L.D., Forman, E., Gaudiose, M., Micheli, L., Nitka, M., Roberts, S (1996). No disponible. *Strength and conditioning*; 18(6): 62-75
44. Faust MS (1977). Somatic development of adolescent girls. *Monographs of the Society for Research in Child Development* 42 (Nº 162)
45. Feigenbaum, M.S. and M.L. Pollock (1999). Prescription of resistance training for health and disease. *Med. Sci. Sports. Exerc.* 31 (1) 38-45
46. Fournier M, Ricci J, Taylor AW, y col (1982). Skeletal muscle adaptation in adolescent boys: Sprint and endurance training and detraining. *Med Sci Sports Exerc* 14: 453- 456
47. Frisch RE, Revelle R (1971). Height and weight at menarche and a hypothesis of menarche. *Arch Dis Childhood* 46: 695- 701
48. Frisch RE, Gotz- Welbergen AB, McArthur JW y col (1981). Delayed menarche and amenorrhea of college athletes in relation to age of onset of training. *JAMA* 246: 1559- 1563
49. Fry AC, Kraemer WJ, Stone MH y col (1981). No disponible. *Int J Sport Nutr*; 3: 306- 322
50. Gorostiaga, E., Izquierdo, M., Iturralde, P. Ruesta, M. Ibanez, J (1999). Effects of strength training on maximal and explosive force production, endurance and serum hormones in adolescent handball players. *Eur. J. Appl. Physiol. En imprenta*
51. Gonzalez, JJ (1999). Entrenamiento de la fuerza en deportes de fuerza-velocidad. Modulo Master de alto rendimiento deportivo. COE
52. Hamilton LH, Brooks- Gunn J, Warren MP, Hamilton WG (1988). The role of selectivity in the pathogenesis of eating problems in ballet dancers. *Med Sci Sports Exerc* 20: 560- 565
53. Kanehisa, H, Ikegawa, S, Tsumoda, N, Fukunaga, T (1995). Strength and cross-sectional areas of reciprocal muscle groups in the upper arm and thigh during adolescence. *International journal of sports medicine* 16(1): 54-6
54. Kemper HCG (ed) (1985). Growth, health and fitness in teenagers. *Basel: Karger*
55. Kobayashi K, Kitamura K, Miura M, Sodeyama H, Murase Y, Miyashita M, Matsui H (1978). Aerobic power as related to body growth and training in Japanese boys: a longitudinal study. *J Appl Physiol* 44: 666- 672
56. Kotulan J, Reznickova M, Placheta Z (1980). Exercise and growth . En: Placheta Z (ed) Youth and physical activity. *Brno, Czechoslovakia: JE Purkyne University Medical Faculty*; pp: 61- 117
57. Kraemer WJ, Fleck SJ (1993). Strength training for young athletes. *Human Kinetics Publishers*
58. Krotkiewski M, Kral JG, Karlsson J (1980). Effects of castration and testosterone substitution on body composition and muscle metabolism in rats. *Acta Physiol Scand* 109: 233- 237
59. Loko J, Sikkut T, Aule, R (1996). Sensitive periods in physical development. *Modern athlete and coach* 34(2): 26-29
60. Lloyd T, Triantafyllou ST, Baker ER y cols (1986). Women athletes with menstrual irregularity have increased musculoskeletal injuries. *Med Sci Sports Exerc* 18: 374
61. Lloyd T, Buchanan JR, Myers C (1988). Collegiate women athletes with irregular menses during adolescence have decreased bone densities. *Obst Gynecol* 72: 639- 642
62. Malina RM (1983). Menarche in athletes: Asynthesis and hypothesis. *Ann Hum Biol* 10: 1- 24
63. Malina RM (1988). Biological maturity status of young athletes. En: *Malina RM (ed) Young athletes: Biological, psychological and educational perspectives. Human Kinetics Publishers, Champaign IL*; pp: 121- 140
64. Malina RM (1989). Growth and maturation: Normal variation and effect of training. . *Perspectives in exercise science and sports medicine, vol 2. Youth, exercise and sport. Indianapolis: Benchmark Press*; pp: 223- 265
65. Malina RM (1994). Physical activity: relationship to growth, maturation, and physical fitness. *Physical activity, fitness and health. International proceedings and consensus statement. Human Kinetics Publishers, Champaign IL*
66. Malina RM, Beunen G, Wellens R, Claessens A (1986). Skeletal maturity and body size of teenage Belgian track and field athletes. *Ann Hum Biol* 13: 331- 339
67. Malina RM, Bouchard C (1991). Growth, maturation, and physical activity. *Human Kinetic Pub*
68. McDougall JD, Webber CE, Martin J y cols (1992). Relationship among running mileage, bone density, and serum testosterone in male runners. *J Appl Physiol* 73: 1165- 1170
69. McKeag DB (1991). The role of exercise in children and adolescents. *Clin Sports Med* 10: 117- 130

70. Mirwald RL, Bailey DA (1986). Maximal aerobic power: A longitudinal analysis. *London, Ontario: Sports Symamics*
71. Myburgh K, Hutchins J, Fataar AB y cols (1990). Low bone density as an etiological factor for stress fractures in athletes. *Ann Intern Med 113: 754*
72. Narici, M.V., Roi, G.S. Landoni, L. y col (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*
73. National strength and Conditioning Association (1996). Youth resistance training: Position Stament paper and literature Review. *Strength and Conditioning. 18(6) 62-75*
74. Novotny V (1981). Veranderungen des knochenalters im verlauf einer mehrjahrigen sportlichen belastung. *Med Sport 21: 44- 47*
75. O'Hagan, F.T., Sale, D.G., MacDougall, JD, Garner, SH (1995). Response to resistance training in young women and men. *International journal of sports medicine 16(5): 314-321*
76. Parizkova J (1974). Particularities of lean body mass and fat development in growing boys as related to their motor activity. *Acta Paeditr Belg (Suppl) 28: 233- 242*
77. Pate RR, Kiska A (1984). Physiological basis of the sex difference in cardiorespiratory endurance. *Sports Med 1: 87- 98*
78. Peltenburg AL; Erich WBM, Zonderland ML, Bernink MJE, van der Brande JL, Huisveld IA (1984). A retrospective growth study of female gymnasts and girls swimmers. *Int J Sports Med 5: 262- 267*
79. Ramsay, J.A., Blimkie, C.J., Smith, K., Garner, S., MacDougall, J.D., Sale, D (1990). Strength training effects in prepubescent boys. *Medicine and science in sports and exercise; 22(5): 605-614*
80. Ramos, E., Frontera, W.R. Llopart, A., Feliciano, D (1998). Muscle strength and hormonal levels in Adolescents: Gender Related Differences. *Int J. Sports. Med 19:526-5331*
81. Riddoch C, Savage JM, Murphy N y col (1991). No disponible. *Arch Dis Child; 66: 1426- 1433*
82. Rogol (1988). Pubertal development in endurance- trained female athletes. En: *Brown EW y Branta CF (eds) Competitive sports for children and youth. Human Kinetics, Champaign, IL; pp: 173- 194*
83. Rowland TW, Morris AH, Kelleher JF, Haag BL, Reiter EO (1987). Serum testosterone response to training in adolescent runners. *Am J Dis Child 141: 881- 883*
84. Rutenfranz J, Andersen K, Seliger V, Ilmarinen J, Klimmer F, Kylian H, Rutenfranz M, Ruppel M (1982). Maximal aerobic power affected by maturation and body growth during childhood and adolescence. *Eur J Pediat 139: 106- 112*
85. Sale, D.G (1989). Strength training in children. In: *Perspectives in Exercise Science and sports medicine. G.V. Gisolfi and D.R Lamb, eds. Indianapolis: Benchmark 165-216*
86. Sargeant AJ (1989). Short- term muscle power in children and adolescents. En: *Bar- Or (ed) Advances in Pediatric Sport Sciences, vol 3. Human Kinetics Publishers, Champaign, IL; pp: 41- 66*
87. Seefeldt V, Haubenstricker J, Branta C, McKeag D (1986). Anthropometric assessment of body size and shape of young runners and control subjects. En: *Weiss MR, Gould D (eds) Sport for children and youths. Human Kinetics Publishers, Champaign IL*
88. Shephard RJ, Allen C, Bar- Or O, Davies CT, Deare S y col (1969). The working capacity of Toronto School Children Part I. *Can Med Assoc J 100: 560- 566*
89. Stager JM, Halter LK (1988). Menarche in athletes: The influence of genetics and prepubertal training. *Med Sci Sports Exerc 20: 369- 373*
90. Suurnakki T, Ilmarinen J, Nygard GH, Komi PV, Karlsson J (1986). Anaerobic strain in children during a cross- country skiing competition. En: *Rutenfranz J y col (eds) Children and exercise XII. Human Kinetics Publishers, Champaign IL; pp: 67- 75*
91. Tanner JM (1940). Growth and adolescence, 2nd ed. *Blackwell, Oxford*
92. Tanner JM, Hughes PCR, Whitehouse RH (1981). Radiographically determined widths of bone muscle and fat in the upper arm abd calf from age 3- 18 years. *Ann Hum Biol 8: 495- 517*
93. Vanderbroucke NP, van Laar A, Valkenburg HA (1993). Synergy between thinness and intensive sport activity in delaying menarche. *Br Med J 284: 1907- 1908*
94. Viru, A., Loko, J., Volver, A., Laaneots, L., Sallo, M., Smirnova, T., Karelson, K (1996). Alterations in foundations for motor development in children and adolecents. *Coaching and sports Science Journal, 1(4): 11-19*
95. Warren MP (1980). The effects of exercise on pubertal progresion and reproductive function in girls. *J Clin Endocrinol Metab 51: 1150- 1157*
96. Warren MP, Brooks- Gunn J, Fox RP, y col (1991). Lack of bone accretion and amenorrhea: evidence for a relative osteopenia in weight bearing bones. *J Clin Endocrinol Metab 72: 847- 853*
97. Warren MP, Brooks- Gunn J, Hamilton LH, y col (1986). Scoliosis and fractures in young ballet dancers: relation to delayed menarche and secondary amenorrhea. *N Engl J Med 314: 1348- 1353*
98. Warren MP, Shangold MM (1997). Sports Gynecology. Problems and care of the athletic female. *Blackwell Science*
99. Washington RL, Von Gundy JC, Cohen C Sandheimer HM, Wolfe RR (1988). Normal aerobic and anaerobic exercise data for North American school- age children. *J Pediatr 112: 223- 233*
100. Watson RC (1975). Bone growth and physical activity in young males. En: *Mazzes RB (ed) International conference on bones minimal measurement. Washington DC: Department of Health, Education and Welfare; pp: 380- 386*
101. Wells CL (1985). he limits of female performance. En: *Clarke DH, Eckert HM (eds) American Academy of Physical Education Papers 18. Human Kinetics Publishers, Champaign, IL; pp: 81- 92*
102. Williams CA (1997). Children[s and adolescents] anaerobic performance during cycle ergometry. *Sports Med 24: 227- 240*
103. Zwiren LD (1989). Anaerobic and aerobic capacities of children. *Pediatr Exerc Sci 1: 31- 44*