



Artículo de revisión

Iniciación al entrenamiento de fuerza en edades tempranas: revisión

G. Peña^{a,*}, J.R. Heredia^a, C. Lloret^b, M. Martín^b y M.E. Da Silva-Grigoletto^{a,c,d}^a Instituto Internacional de Ciencias del Ejercicio Físico y Salud (IICEFS), España^b Instituto Profesional de Ejercicio Físico y Cáncer (IPEFC), España^c Scientific Sport, España^d Universidade Federal de Sergipe, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Aracaju, SE, Brasil

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Recibido el 20 de junio de 2014

Aceptado el 7 de enero de 2015

Palabras clave:

Entrenamiento contra resistencias

Pre-púberes

Adolescentes

Jóvenes

Niños

Keywords:

Resistance training

Pre-pubertal

Adolescents

Youth

Children

R E S U M E N

El entrenamiento de fuerza en edades prepúberes y púberes está ampliamente recomendado por las organizaciones científicas encargadas de velar por el entrenamiento saludable de estas poblaciones. En este contexto, el presente artículo tiene por objetivo elaborar una revisión sobre el entrenamiento de la fuerza en edades tempranas. Para ello se revisaron trabajos publicados en inglés desde 1995 hasta 2014 en revistas indexadas, considerando aquellos cronológicamente más recientes en primer lugar.

Dentro de las principales evidencias se puede destacar que los beneficios derivados superan considerablemente los riesgos que pudiera conllevar este tipo de entrenamiento, siempre y cuando esté cuidadosamente supervisado por técnicos cualificados y el diseño del conjunto del programa adaptado a las características, necesidades y objetivos individuales. Asimismo, el programa de entrenamiento deberá contemplar la dosis adecuada de ejercicio neuromuscular de cada uno de sus componentes y la forma de progresar sensiblemente con los mismos a lo largo del tiempo.

© 2015 Consejería de Educación, Cultura y Deporte de la Junta de Andalucía. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introduction to strength training at early age: A review

A B S T R A C T

Strength training in prepubertal and pubertal age is widely recommended by scientific organizations responsible for overseeing the healthy training of these populations. In this context, this paper aims to develop a critical review of the strength training at early age. To this end, papers published in English were reviewed from 1995 to 2014 in ISI-indexed journals, considering those chronologically most recent first.

Among the main evidence we can point out that the benefits far outweigh the risks that could lead to this type of training, provided it is carefully supervised by qualified technician and the design of the entire program adapted to features of the subjects, individual needs and goals. Also, the training program shall provide for the particular dose of neuromuscular exercise of each of its components and how to progress substantially the same over time.

© 2015 Consejería de Educación, Cultura y Deporte de la Junta de Andalucía. Published by Elsevier España, S.L.U. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introdução ao treinamento de força em uma idade precoce: revisão

R E S U M O

O treinamento de força em idade pré-adolescente e adolescente é amplamente recomendado por organizações científicas responsáveis por supervisionar a formação saudável dessas populações. Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo desenvolver uma avaliação do treinamento de força

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: guillepgo74@hotmail.com (G. Peña).

Adolescentes
Juventude
Crianças

em uma idade precoce. Para o efeito, artigos publicados em inglês foram revistos entre 1995-2014 em periódicos indexados no ISI, considerando aqueles cronologicamente mais recentes primeiro.

Entre as principais evidências pode ser enfatizado que os benefícios superam em muito os riscos que poderiam levar a este tipo de treinamento, desde que seja cuidadosamente supervisionado por pessoal qualificado e todo o design do programa adaptado às características, necessidades e objetivos individuais. O programa de treinamento deverá incluir doses adequadas de exercício neuromuscular de cada um dos seus componentes e como progredir substancialmente o mesmo ao longo do tempo.

© 2015 Consejería de Educación, Cultura y Deporte de la Junta de Andalucía. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este é um artigo Open Access sob a licença de CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introducción

Durante los años 70 y 80 existió una evidente reticencia y cautela en recomendar el entrenamiento de fuerza para los distintos grupos de edad de la niñez y adolescencia. Parte de ello pudo deberse a que en algunos estudios preliminares no se encontraron mejoras de la fuerza en niños prepúberes que participaron en programas de entrenamiento de la fuerza^{1,2}, lo que condujo a la opinión generalizada de que este tipo de entrenamiento era ineficaz para esta población, incluso por la Academia Americana de Pediatría en sus primeras recomendaciones publicadas al respecto^{3,4}.

En la actualidad, y a partir del primer posicionamiento publicado por la *National Strength and Conditioning Association* en 1985 respecto del entrenamiento de la fuerza en la prepubescencia⁵, y sus posteriores actualizaciones^{6,7}, se puede afirmar que existe un gran consenso internacional entre asociaciones vinculadas a la salud y el entrenamiento, en apoyar la participación supervisada de los jóvenes en entrenamientos de fuerza por estar reconocida su seguridad y eficacia para la mejora de la salud y rendimiento. En la misma línea, el último posicionamiento internacional publicado⁸ refuerza y afianza la recomendación y promoción de programas de acondicionamiento neuromuscular durante la niñez y adolescencia, siempre y cuando estén apropiadamente supervisados y diseñados por adultos cualificados para entrenar a este tipo de poblaciones.

Por ello, el objetivo de este trabajo de revisión es resumir y actualizar el conocimiento científico sobre distintos tópicos y directrices relacionadas con la prescripción del entrenamiento de fuerza en poblaciones jóvenes prepúberes y adolescentes.

Método

La búsqueda de artículos para esta revisión se realizó en las bases de datos PubMed, Scopus, SportDiscus, ScienceDirect y Google Académico, utilizando los términos *children, adolescents, youth, youth athletes, pediatric*, así como su combinación con los términos *strength training, resistance training, weight training, motor performance skill*. Se revisaron fundamentalmente trabajos publicados en inglés desde enero de 1995 hasta enero de 2014 en revistas indexadas en el *Journal Citation Reports del ISI Web of Knowledge (Thomson Reuters Corporation)*, seleccionando aquellos de mayor relevancia según el criterio de 2 investigadores independientes, sobre un total de 363 referencias. Los criterios de inclusión utilizados por los investigadores para la selección de los artículos más relevantes fueron, el inglés como idioma de publicación, el nivel de impacto de la revista indexada y el año de su publicación, considerando aquellos cronológicamente más recientes en primer lugar. Los criterios de exclusión fueron, no estar publicados en revistas indexadas en inglés, y/o ser artículos traducidos al castellano de un artículo original. A tenor de las palabras clave y sus combinaciones, así como de los criterios de inclusión y exclusión de los artículos, se obtuvieron un total de 67 artículos científicos (fig. 1).

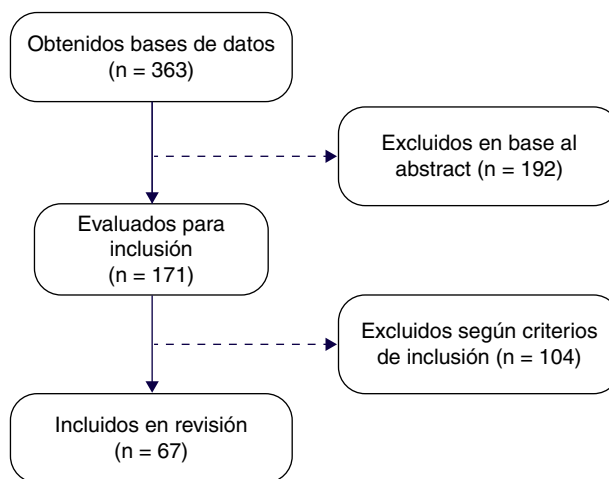


Figura 1. Estudios obtenidos en bases de datos evaluados para la inclusión.

Desmitificación del entrenamiento de la fuerza en edades tempranas

Práctica insegura por la gran incidencia o riesgo de lesiones músculo-esqueléticas agudas y por sobrecarga. No existen evidencias científicas basadas en estudios de intervención, descriptivos y observacionales que hayan podido estadísticamente mostrar mayores índices de lesión en poblaciones infantiles y púberes que practican entrenamientos de fuerza que aquellas que practican otras modalidades de ejercicio físico-deportivo. De hecho, los datos muestran que el entrenamiento de fuerza en edades tempranas es altamente seguro si está correctamente supervisado por adultos cualificados que instruyen correctamente. Se estima que el riesgo lesivo en estos casos es tan bajo como de 0.0012-0.0035 lesiones por cada 100 horas de entrenamiento^{8,9}, lo que constituye un riesgo similar o menor que el asumido para otras actividades deportivas y recreativas practicadas habitualmente a esas mismas edades¹⁰.

Todos los expertos coinciden en afirmar que la mayoría de las lesiones en jóvenes, que puedan suceder durante los entrenamientos de fuerza son debidas a accidentes generados por el uso inapropiado del equipamiento (77.2% en jóvenes de 8-13 años)¹¹, a una carga de entrenamiento excesiva, a una técnica de ejecución defectuosa y/o a la ausencia de supervisión cualificada. Esto puede hacer deducir que mediante la identificación y cuidado de todos los aspectos relacionados con la seguridad del entorno y equipamiento de entrenamiento, la progresión e individualización de la dosis de entrenamiento, la enseñanza técnica correcta de cada ejercicio y la estricta supervisión, se puede prevenir y minimizar el riesgo potencial lesivo durante la práctica a estas edades.

Efectos perjudiciales sobre el desarrollo óseo y pleno crecimiento corporal. No existen evidencias documentadas que muestren o

vinculen efectos adversos que puedan interferir sobre el crecimiento lineal y la estatura final alcanzada en prepúberes y púberes con el entrenamiento de la fuerza¹²⁻¹⁵. Tampoco existen evidencias científicas sobre posibles lesiones para los cartílagos de crecimiento (placas de crecimiento) o cierre prematuro de las epífisis en estudios prospectivos con jóvenes en programas bajo supervisión cualificada y prescripción apropiada del entrenamiento de fuerza^{7-9,16,17}. Por el contrario, es posible que exista potencialmente mayor riesgo lesivo para las placas de crecimiento de los jóvenes que realizan actividades deportivas competitivas que impliquen saltos y aterrizajes, donde las fuerzas de reacción contra el suelo pueden llegar a ser de 5-7 veces del peso corporal⁹. Al contrario, la exposición de las placas de crecimiento en desarrollo a suficiente estrés mecánico a través del entrenamiento de fuerza apropiado puede ser un estímulo beneficioso para la formación de hueso y para el crecimiento⁷.

Concepción inoperante del entrenamiento de la fuerza en edades tempranas. Esta concepción hizo pensar que el entrenamiento de la fuerza a edades tempranas, especialmente antes de la pubertad, era improductivo e ineficaz ya que no se obtenía ningún tipo de beneficio. Se pensaba que el desarrollo de la fuerza estaba estrechamente condicionado por la maduración sexual, y que por tanto a edades prepúberes el niño no presentaba suficiente potencial para mejorar las distintas prestaciones de fuerza y desarrollo muscular más allá que lo debido al propio desarrollo y maduración de su edad. El argumento esgrimido era que ello podía estar limitado en parte por la insuficiente disponibilidad de hormonas sexuales androgénicas circulantes en edades prepúberes^{1,3}. No obstante, es muy probable que algunos de los estudios preliminares que fallaron, en demostrar mejoras en este sentido, no fueran de la suficiente duración o intensidad de entrenamiento.

Sin embargo, recogiendo los resultados estudios, revisiones, y metaanálisis de los últimos 25 años es fácil constatar generalmente el efecto contrario^{7,8,13,17-20}. Por ejemplo, en un estudio de Faigenbaum et al.²¹ donde se entrenó de 1-2 veces a la semana, durante 8 semanas, a niños y niñas de entre 7-12 años (1 × 10-15 repeticiones en máquinas), mostró mejoras significativas de fuerza en el ejercicio de *press* de banca y prensa de piernas en comparación con el grupo control de la misma edad. Otros metaanálisis han podido igualmente comprobar, al compararlo con grupos control de la misma edad no sometidos a intervenciones de ejercicio de fuerza, mayores mejoras con el entrenamiento que el que le reportaría el propio desarrollo y maduración natural a cualquier edad^{9,19,22}. Las mejoras de fuerza en términos relativos esperadas pueden ser tan evidentes como del 30-40% o más, tras 8 semanas de entrenamiento en jóvenes desentrenados^{7,8}, lo que demuestra una eficacia similar para ambos sexos con el entrenamiento apropiado. También parece que dichas ganancias de fuerza y potencia, inducidas por el entrenamiento, son transitorias y tienden a regresar hacia los valores de los de grupos control desentrenados, cuando el entrenamiento es interrumpido^{15,16}.

Tradicionalmente se ha considerado que, durante el periodo temporal, durante el cual se presentara una mayor concentración y disponibilidad de hormonas sexuales, se podría esperar una mejor entrenabilidad o respuesta favorable al estímulo de entrenamiento. Sin embargo, en el metaanálisis de Behringer et al.¹⁹ sobre los efectos del entrenamiento de fuerza en diferentes grupos de edad y niveles madurativos, dicha entrenabilidad, representada por el tamaño del efecto, sobre la ganancia de fuerza, parece incrementar linealmente a lo largo de todos los años de la niñez y adolescencia, sin observarse un incremento particularmente mayor durante los años específicos de la pubertad, por lo que según la opinión de estos autores, el aumento de la entrenabilidad es improbable que sea explicado por una simple función de madurez biológica asociada a los cambios hormonales. Ante estas evidencias se puede afirmar que los niños preadolescentes y adolescentes

presentan una buena entrenabilidad, mostrando mejoras relativas similares o mayores que en adultos, cuando el entrenamiento está adecuadamente diseñado y adaptado a las capacidades de estos.

Beneficios potenciales del entrenamiento de la fuerza en edades tempranas

Prevención/reducción de la incidencia de lesiones inducidas por la práctica físico-deportiva. La implementación de entrenamientos de fuerza correctamente prescritos y supervisados en programas de acondicionamiento físico globales durante la pretemporada y la temporada deportiva ha mostrado poder reducir la incidencia de lesiones deportivas en niños y adolescentes^{8,23}. Al contrario, los jóvenes deportistas que no posean adecuados niveles de fuerza y acondicionamiento físico tendrán más riesgo de sufrir lesiones deportivas¹⁵. Lesiones tan comunes como roturas del ligamento cruzado anterior de la rodilla en jóvenes deportistas (v. g.: fútbol, rugby), pueden ser prevenidas en frecuencia y gravedad mediante la incorporación de un programa de acondicionamiento muscular apropiado durante la pretemporada²⁴⁻²⁶. En definitiva, el entrenamiento de fuerza puede ayudar a preparar físicamente a los jóvenes deportistas, para afrontar con mayores garantías las altas demandas músculo-esqueléticas del entrenamiento deportivo y la competición.

Sin embargo, la inactividad física es por sí misma un factor de riesgo que predispone a la lesión durante la práctica física, hasta el punto que los adolescentes con sobrepeso u obesidad tienen más del doble de posibilidades de lesión que sus homólogos con normopeso²⁷. Aquellos programas de entrenamiento de la fuerza, que se centran sobre los factores de riesgo de lesión asociados a las lesiones deportivas (v. g.: desequilibrios musculares, bajo nivel de aptitud física neuromuscular inicial), tienen el potencial de reducir la incidencia de lesiones por sobrecarga hasta el 50% en niños y adolescentes²⁸. De este modo, la inclusión de programas específicos de acondicionamiento neuromuscular, en jóvenes deportistas de 13-19 años, ha mostrado, además de reducir la tasa de lesiones, requerir menos tiempo para la recuperación tras la lesión que en los compañeros de equipo que no lo hicieron²³.

Mejoras de la fuerza muscular y de rendimiento en habilidades motrices. La literatura científica respecto a este aspecto es también firme, el entrenamiento de fuerza correctamente prescrito y supervisado tiene la capacidad de poder generar mejoras de rendimiento en habilidades motoras (saltar, correr, lanzar) en edades infantiles y juveniles, lo que puede tener transferencia para mejorar otras capacidades de tipo deportivo²⁰. Disponemos de un cuerpo de conocimiento científico creciente que atestigua que el entrenamiento de la fuerza a estas edades puede conducir a incrementos del rendimiento motor a través de aumentos de fuerza, velocidad, potencia y otras características relacionadas²⁹. Los programas de entrenamiento más eficaces parecen ser aquellos con una duración mínima de 8 semanas y series múltiples^{7,8}, que a ser posible deberán continuarse a largo plazo para afianzar y mantener las adaptaciones conseguidas. Sobre este punto destaca especialmente el metaanálisis de Behringer et al.²⁰ el cual analiza el efecto del entrenamiento de la fuerza en niños y adolescentes sobre el rendimiento motor de determinadas habilidades motrices (entrenamientos de fuerza tradicionales y/o pliométricos). Dicho metaanálisis muestra que el entrenamiento de fuerza correctamente estructurado es efectivo para mejorar el rendimiento de la carrera, el salto y los lanzamientos. Y puesto que el rendimiento motor de tales habilidades constituye un componente esencial en diferentes deportes, es razonable suponer que haya una transferencia positiva específica hacia el rendimiento de muchas modalidades deportivas terrestres. Las mayores mejoras en este sentido parecen

darse en los sujetos más jóvenes y desentrenados, probablemente por la mayor plasticidad neural y aprendizaje motor de los niños, a la vez que existe una correlación positiva entre las ganancias de rendimiento motor y la intensidad media utilizada según el porcentaje de la mejor repetición máxima (%1RM) con programas tradicionales de entrenamiento de la fuerza²⁰.

Durante la niñez y prepubescencia los mecanismos fisiológicos responsables y atribuibles a estas mejoras de fuerza son principalmente de tipo neuronal^{30,31}, mientras que a medida que avanza la pubertad los mecanismos explicativos asociados a tales incrementos apuntan poder ser tanto de tipo neural como estructural (incrementos del tejido magro y sección transversal muscular)^{15,29}, especialmente en varones estos últimos. Esto parece ser así porque los jóvenes varones experimentan un mayor incremento de hormonas androgénicas circulantes (v. g.: testosterona, hormona del crecimiento) lo que puede conllevar mayores incrementos del componente muscular. Esto también explica, en parte, que a partir de la pubertad empiecen a ser más evidentes las diferencias de fuerza en valores absolutos entre sexos, a favor de los varones^{32,33}.

Sin embargo, existe cierto debate que cuestiona la «imposibilidad» de que en fases tempranas prepuberales se puedan conseguir incrementos de masa muscular con el entrenamiento apropiado, pese a que no haya un entorno hormonal teóricamente favorable para ello, ya que algunos estudios citados en revisiones y metaanálisis han confirmado incrementos significativos de masa muscular tras entrenamientos de fuerza incluso en niños prepúberes^{16,19}. Tal vez, una de las razones que pueda explicarlo, sea que aquellos estudios que han utilizado técnicas más sensibles para valorar los incrementos de tejido muscular (ultrasonidos y resonancia magnética nuclear) han sugerido que la hipertrofia muscular puede suceder en niños tras entrenamientos de fuerza¹⁶. En cualquier caso, la contribución de las adaptaciones morfológicas que pueden explicar las evidentes ganancias de fuerza que suceden en niños y preadolescentes tras entrenamientos de fuerza es relativamente baja y a menudo difíciles de medir. Por ello, se puede inferir que en niños las ganancias de fuerza inducidas por el entrenamiento son fundamentalmente explicadas por las adaptaciones neurológicas que suceden (mayor y más eficiente activación muscular agonista, sinergista y estabilizadora). Entre las distintas adaptaciones neuromusculares, el aprendizaje motor puede tener una contribución relativa mayor en aquellos ejercicios más complejos desde el punto de vista motriz (ejercicios multiarticulares)¹⁶.

Mejora de la salud ósea. Las etapas evolutivas claves que suponen una oportunidad para aumentar la densidad y contenido mineral óseo, y conseguir así un buen capital de reserva para el futuro, son precisamente la niñez, la preadolescencia y la adolescencia³⁴. Durante estos periodos sensibles de formación ósea se puede llegar a adquirir el 50% del pico de masa ósea¹⁶. La práctica regular en actividades físico-deportivas con soporte del peso corporal en general, y con alto contenido de acciones de fuerza en particular, son potentes estímulos osteogénicos que pueden ayudar, junto a otras medidas nutricionales, a conseguir ese objetivo en estas fases etarias³⁵. Sobre esto, algunos estudios han comprobado que la densidad y contenido mineral óseo de adolescentes halterófilos es mayor que la de controles de la misma edad que no realizaban entrenamientos de fuerza^{36,37}. Aunque es cierto que el pico de masa ósea alcanzado a esas edades dependa de numerosos factores (genética, sexo, nutrición, etc.), la participación regular en deportes y programas de fitness que incluyan ejercicios multiarticulares contra resistencias de moderada a alta intensidad, y ejercicios pliométricos con saltos, puede ayudar a maximizar el capital mineral óseo durante la infancia y adolescencia^{7,8}. Por el contrario, la no realización de ejercicios con suficiente estrés mecánico para las estructuras músculo-esqueléticas, en esos periodos

tan críticos para el completo desarrollo óseo, puede predisponer a los sujetos a sufrir consecuencias negativas para su salud ósea a largo plazo⁸.

Mejoras de la composición corporal y de la sensibilidad a la insulina. Los niños y adolescentes actuales no son tan activos como deberían, y la tasa de reducción de su actividad física habitual comienza en la preadolescencia temprana¹⁵. Ante una sociedad infantil y juvenil cada vez más sedentaria y con unos índices de obesidad crecientes cualquier intervención de ejercicio que muestre mejorar o prevenir el desarrollo de la obesidad y patologías asociadas debiera ser incorporada. Es por ello que actualmente exista un cuerpo de conocimiento creciente que muestra mejoras significativas en niños y adolescentes obesos, o en riesgo de serlo, sobre la mejora de su composición corporal³⁸⁻⁴³ (disminución de grasa corporal; aumento de masa muscular) y/o la sensibilidad a la insulina⁴⁴⁻⁴⁷ tras la participación progresiva en programas de entrenamiento de fuerza.

Si bien, a los jóvenes con obesidad o sobrepeso siempre se les ha animado a que participasen en actividades de tipo aeróbico, el exceso de peso corporal dificulta el rendimiento en actividades físicas de soporte del peso, como correr, y aumenta el riesgo de lesiones músculo-esqueléticas por sobreuso⁴⁸. Por tanto, algunas opiniones de expertos consideran que aquellos esfuerzos y campañas por promocionar la actividad física entre los niños y jóvenes más obesos y menos motrizmente competentes no deberían comenzar por entrenamientos prolongados de tipo aeróbico o participaciones en competiciones deportivas, sino por entrenamiento centrado en ejercicios de fuerza, caracterizados por una dinámica intermitente, por su mejora sobre el rendimiento motor y los beneficios sobre la reducción de lesiones¹⁵. Además, este tipo de programas resultan agradables para esta cohorte de población al no ser tan exigentes aeróbicamente y proporcionar una oportunidad para mejorar su rendimiento físico y ganar autoconfianza por ello⁴⁸.

En otro orden de cuestiones, y aún a falta de seguir siendo constatados por más estudios bien diseñados, existen algunas evidencias incipientes que sostienen beneficios distintos de los anteriores y que sin duda pueden servir para abrir nuevas líneas de investigación en el futuro, como son la mejora de la función cardiaca en niños obesos⁴⁹, la mejora del perfil lipídico de prepúberes y adolescentes^{50,51}, y los efectos positivos derivados sobre el bienestar psicológico, estado de humor y autoconcepto⁵²⁻⁵⁴.

Conjuntamente, todos estos argumentos respaldan la necesidad de promover la práctica del entrenamiento de fuerza entre los niños y adolescentes por la eficacia mostrada para la mejora de su salud y rendimiento motor.

Momento para el comienzo del entrenamiento de fuerza

En el pasado el entrenamiento de la fuerza era habitualmente introducido al final de la maduración somática del sujeto (edad a la que sucede el pico de velocidad máxima de crecimiento en altura), es decir, cuando alcanzaba los 18 años de edad⁵⁵. Sin embargo, actualmente no es posible establecer o recomendar una edad cronológica como óptima o mínima, ya que podemos encontrar diferencias de estatus o madurez biológica entre niños y jóvenes del mismo sexo y edad cronológica de hasta 4-5 años⁵⁶. Esta gran variedad interindividual en la edad biológica entre niños y adolescentes de la misma edad cronológica, con importantes implicaciones, justifica la necesidad de agrupar a los niños y adolescentes en función de su maduración biológica y competencia motriz para ser entrenados. De hecho, debe ser un principio de la mayoría de programas de entrenamiento a largo plazo el asegurar que los jóvenes sean entrenados en función de su estatus biológico, en contraposición de clasificarlos por grupos de edad⁸.

Al respecto de la maduración biológica del adolescente, la literatura especializada considera básicamente 4 indicadores para su valoración (dental, sexual, somática y esquelética u ósea)⁵⁶. Tradicionalmente la valoración con base en la maduración sexual, mediante la observación visual de las características sexuales secundarias de los adolescentes, también conocida como escala de Tanner⁵⁷, ha sido clásicamente referida en la literatura⁴. Dicha técnica de valoración permite clasificar al adolescente en una escala que varía del estadio 1-5. En el pasado, la Academia Americana de Pediatría⁴ y la *American Orthopaedic Society for Sports Medicine*¹⁴ recomendaron evitar la práctica deportiva de halterofilia, *power-lifting* y *body-building* hasta que los jóvenes hubiesen alcanzado el estadio madurativo de Tanner 5 (plena madurez), argumentando que estas actividades conllevaban un incremento del riesgo de lesión músculo-esquelética y eran potencialmente peligrosas para los más jóvenes. Esto último también ha sido desmentido en algunas publicaciones, siempre que estos deportes se realicen bajo supervisión e instrucción cualificada y la progresión se base en la calidad técnica de cada levantamiento, mostrando de hecho unos índices de lesiones menores que otros deportes en general²⁹. En el año 2001⁵⁸ y 2008⁵⁹ la misma Academia Americana de Pediatría puntualizaba en sus declaraciones que los preadolescentes y adolescentes debían solo evitar el *power-lifting*, el *body-building* y los levantamientos con pesos máximos hasta alcanzar la madurez física y esquelética suficiente, lo que mostró un posicionamiento menos rígido al respecto.

Además de considerar la edad cronológica y biológica, aquellos responsables de diseñar y ejecutar programas de entrenamiento de fuerza para jóvenes deberán tener en consideración la edad o experiencia de entrenamiento⁸, ya que ante un mismo estatus biológico, aquellos deportistas con más experiencia de entrenamiento acumulada podrán asimilar los mismos estímulos de entrenamiento y progresar más rápidamente. Por todo ello, en la actualidad no se considera una edad cronológica mínima requerida para poder comenzar con la participación de los niños y adolescentes en programas de entrenamiento de fuerza correctamente supervisados^{7,16,23}. No obstante, sea a la edad que sea, los niños y jóvenes deberían mostrar la madurez emocional y psicológica suficiente para atender las instrucciones de los adultos encargados de su supervisión y poder someterse al estrés de un programa de entrenamiento, además de poseer niveles competentes de equilibrio y control postural^{7,8,19,23}. En general, en el momento que un niño esté capacitado para iniciarse en actividades deportivas (generalmente a los 7 u 8 años) también lo estará para poder comenzar con entrenamientos de fuerza^{3,23}. Aunque un examen médico previo para poder realizar un programa de entrenamiento de la fuerza sea recomendable en niños aparentemente sanos, debería ser obligatorio para aquellos con síntomas o signos incidentes de enfermedad y para aquellos con enfermedades reconocidas⁷. No obstante, la importancia del reconocimiento médico preparticipación deportiva no deberá ser infravalorada por su relevancia para poder aportar seguridad al entrenamiento precoz de la fuerza en cualquier grupo de edad y condición.

De la misma forma, para poder comenzar un entrenamiento de fuerza a edades tempranas será fundamental, como ya ha sido comentado, que los adultos encargados de la supervisión de los niños y adolescentes tengan la cualificación y competencia suficiente para dar las instrucciones más precisas sobre la técnica correcta de los ejercicios, el comportamiento apropiado en los entrenamientos, y la prescripción de todo el conjunto del entrenamiento, ya que a menudo, los jóvenes sin experiencia suelen sobreestimar sus capacidades físicas aumentando así el riesgo de lesión²³. Además, se recomienda que la ratio entre entrenador/profesor y deportistas/alumnos sea relativamente baja (1:10), para de este modo garantizar el suficiente feedback en calidad y frecuencia⁵⁹.

Diretrizes para la prescripción del entrenamiento de la fuerza

La literatura especializada señala que, pese a que no se conozca una combinación o dosis óptima de los componentes o variables de la carga, que puedan maximizar o favorecer las adaptaciones en respuesta al entrenamiento de la fuerza en edades tempranas²³, se pueden dar unas directrices generales al respecto de las mismas que ayuden a manipular progresivamente estas a lo largo del proceso de preparación físico-deportiva. Del mismo modo, debe entenderse que los jóvenes con más experiencia de entrenamiento de fuerza necesitarán seguir programas de entrenamiento periodizados con una variación sistemática de la intensidad, volumen y velocidad de ejecución, para facilitar una continua adaptación y reducir el aburrimiento y el riesgo de lesiones por sobrecarga^{15,29}. A medida que la fuerza muscular y el dominio de habilidades motoras vayan mejorando, la carga y la complejidad del programa entrenamiento prescrito deberán reflejar la experiencia de entrenamiento, la edad y las capacidades técnicas de los niños¹⁵. Para todo ello, las variables de la dosis de ejercicio que se emplean para programar los entrenamientos de fuerza deben controlarse cuidadosamente con el propósito de salvaguardar la seguridad, la adherencia y garantizar la consecución de los objetivos propuestos en cada fase⁶⁰.

Frecuencia de entrenamiento

La mayoría de los estudios bien diseñados, que han mostrado mejoras de la fuerza, han utilizado una frecuencia media de 2.7 ± 0.8 sesiones a la semana en días alternos¹⁹. Por tanto, la recomendación general para los niños y adolescentes que se inician en el entrenamiento de fuerza es de 2-3 sesiones a la semana en días no consecutivos, lo que permitirá una recuperación adecuada entre sesiones a la vez que será una frecuencia eficaz para mejorar la fuerza^{5-9,48}.

No obstante, la frecuencia de entrenamiento puede incrementarse a medida que los niños atraviesan la adolescencia y se acercan a la edad adulta, especialmente en aquellos que compitan en deportes con altas demandas de fuerza²⁹. En cualquier caso, dicha frecuencia deberá permitir siempre la adecuada recuperación entre sesiones para evitar el sobreentrenamiento y permitir el óptimo desarrollo físico natural, sin olvidar además el resto de sesiones de entrenamiento semanal de otro tipo que el joven pueda estar compaginando.

Volumen de entrenamiento

La recomendación general, para sujetos jóvenes sin experiencia previa de entrenamiento de fuerza, es realizar inicialmente de 1-2 series por ejercicio^{7,8,16}. A medida que se adquiere experiencia de entrenamiento podemos progresar hasta completar de 3-4 series por ejercicio^{7,8,16}. La condición que siempre deberá cumplirse será poder mantener una correcta competencia técnica, durante todas y cada una de las series y repeticiones realizadas, antes de incrementar este componente de la dosis del entrenamiento. Por esta razón, es clave que el técnico responsable de la supervisión proporcione *feed-back* frecuentes durante la ejecución de los ejercicios más complejos.

Respecto del número de ejercicios por sesión de entrenamiento, y considerando que deberá haber un reparto equilibrado para todo el cuerpo, se recomienda hacer de 3-8 ejercicios por sesión según las características de los ejercicios, objetivo de entrenamiento y nivel de experiencia de entrenamiento acumulada⁷. En cualquier caso, es necesario que los incrementos del volumen de entrenamiento se realicen con cuidado, con respecto a la tolerancia individual al estrés de cada niño, para evitar síntomas de sobrecarga y/o lesiones agudas²⁰.

Por otro lado, la mayoría de los jóvenes realizan entrenamientos de cuerpo entero varias veces por semana, involucrando múltiples ejercicios que estresan todos los grupos musculares principales en cada sesión⁷. Por tanto, sobre la relación entre el número de ejercicios en función de las regiones corporales sobre los que van a distribuirse los mismos, recomendamos que se realicen sesiones generalmente globales (es decir, que permitan entrenar todos los grandes grupos musculares en la misma sesión mediante acciones motrices de empuje y tracción que impliquen al hemisferio superior y/o inferior).

Intensidad de entrenamiento

Cuando la literatura científica se refiere al componente de intensidad de entrenamiento de la fuerza lo puede hacer en relación con distintos indicadores. Tradicionalmente, cuando se hace en función al % 1RM, la recomendación para niños y adolescentes es que aquellos jóvenes más desentrenados utilicen resistencias inferiores o próximas al 60% de la 1RM, mientras que a medida que acumulen experiencia y competencia técnica, podrán incrementar lentamente la intensidad llegando a utilizar resistencias del 70-85% 1RM^{7,8}.

Behringer et al.²⁰ comentan, a raíz de su metaanálisis sobre el efecto del entrenamiento de la fuerza en el rendimiento motor de las habilidades motrices, que el «umbral mínimo» para conseguir tales efectos en niños y adolescentes está alrededor del 50% de la 1RM, aunque estos autores y otros puntualizan que tal umbral o dosis mínima será diferente entre sujetos entrenados y desentrenados¹⁵. Solo una vez se domine el ejercicio en cuestión, con suficiente competencia técnica, con cargas bajas a moderadas, se podrá incrementar gradualmente la resistencia según los objetivos de entrenamiento y necesidades individuales¹⁵.

Sin embargo, utilizar el parámetro % 1RM (real o estimado) para determinar la intensidad de entrenamiento puede ser innecesario^{7,8}, ya que se puede programar en función de franjas de repeticiones apropiadas y establecer el peso máximo a manejar para dicha franja de forma correcta y segura. Una vez se realice el número de repeticiones establecido con suficiente seguridad y calidad técnica se puede incrementar el peso aproximadamente entre el 5 y el 10%^{7,14}, de forma que el incremento del peso sea siempre una consecuencia de las mejoras técnicas y de la aplicación de fuerza en el ejercicio en cuestión. También es importante señalar que no todos los ejercicios necesitan ser realizados con el mismo número de repeticiones y series^{7,8,16}, de tal forma que, para ejercicios tradicionales multiarticulares y monoarticulares, se recomendaría hacer entre 6-15 repeticiones (v. g.: *squat*, *press* banca, *curl* de bíceps), mientras que para ejercicios con alta producción de potencia y velocidad (levantamientos olímpicos y variantes, pliométricos) no se realizarían más de 6 repeticiones⁷. En todos los casos, objetivos y niveles de sujetos jóvenes nunca se recomendaría realizar el máximo número posible de repeticiones por serie, por lo que el carácter del esfuerzo será siempre bajo⁶¹. Exponer a los niños y adolescentes a intensidades excesivas a expensas de la técnica correcta puede conducir a lesiones agudas, mientras que prescribir un volumen excesivo de entrenamiento a lo largo de un bloque de entrenamiento puede inducir a un estado de sobreentrenamiento⁸. Será siempre mejor subestimar las capacidades físicas del niño que sobreestimarlas y arriesgarse a sufrir consecuencias negativas como la lesión¹⁶.

Otro tipo de marcadores para controlar la intensidad del entrenamiento de la fuerza, de gran utilidad y buenos índices de validez y fiabilidad, son las escalas de esfuerzo percibido o percepción del esfuerzo (RPE). Sobre esto existen 2 estudios que han desarrollado y validado escalas específicas con poblaciones de niños y adolescentes. El primero de estos estudios es el desarrollado por Faigenbaum

et al.⁶², el cual utilizando una muestra de 26 niños y niñas en total de 7-12 años utilizó una resistencia externa en los ejercicios de *press* banca y *press* de piernas en máquinas correspondiente al 35, 55, y 75% de la 1RM con la que se realizó una serie de 10 repeticiones para cada resistencia. Se encontró una correlación positiva y lineal entre cada % 1RM y el esfuerzo percibido en una escala de 11 puntos ($r = 0.70-0.77$), por lo que se consideró que dicha escala proporcionaba una evidencia parcial de validación para el entrenamiento de fuerza en niños. Al año siguiente de esta publicación, Robertson et al.⁶³ validaron otra escala de esfuerzo percibido para el entrenamiento de la fuerza con una muestra de 25 niños y 25 niñas de 10-14 años. En este estudio los autores utilizaron una resistencia externa correspondiente al 50% 1RM, con la que se realizaron 3 series de 6, 10 y 14 repeticiones respectivamente para los ejercicios de *curl* de bíceps y extensión de rodillas en máquina. Hallaron unos coeficientes de validez mediante regresión lineal altos ($r = 0.72-0.88$), lo que les hizo concluir que dicha escala de esfuerzo percibido era una herramienta válida para realizar ejercicios de fuerza para el hemisferio superior e inferior con niños y jóvenes de ambos sexos (fig. 2).

Aunque en estos y otros estudios no se recomiende ninguna franja determinada de intensidad para los entrenamientos de fuerza en poblaciones infantiles y juveniles utilizando dichas escalas, los autores de esta revisión sugerimos que un rango comprendido entre 3-7, al finalizar cada serie, sería una recomendación segura y eficaz. Por ejemplo, aquellos sujetos sin experiencia previa, cuyo objetivo fundamental fuese fijar patrones técnicos en ejercicios nuevos, una franja entre 3-4 (fácil y algo fácil) sería lo recomendable, mientras que sujetos jóvenes, con experiencia y buen control del ejercicio, podrían entrenar con una percepción de esfuerzo al final de cada serie comprendida entre los valores 5-7. Aplicando este concepto, el peso del ejercicio, y como tal, el número total de repeticiones por serie serían seleccionadas por el niño en función de una zona de entrenamiento RPE objetivo predeterminada⁶³.

Velocidad de ejecución

La utilización de un mismo % de 1RM o un determinado número de repeticiones por serie puede dar lugar a intensidades distintas en función de que la velocidad de ejecución y potencia producida en cada repetición sean o no la máxima posible⁶¹. Por tanto, la velocidad de ejecución y la potencia mecánica producida es otro indicador determinante para el control y valoración de la intensidad del entrenamiento de la fuerza. La velocidad está en relación con la aceleración que el sistema neuromuscular aplica a la resistencia dada, así que a mayor velocidad alcanzada, ante una misma resistencia, mayor potencia producida y por tanto resultará en un esfuerzo de mayor intensidad o fuerza aplicada⁶¹. Sobre esto, la recomendación típica general es que, durante las fases de aprendizaje técnico de nuevos ejercicios, especialmente en sujetos jóvenes sin experiencia, se facilite el control y se asegure la ejecución técnica correcta mediante velocidades moderadas y cargas bajas^{6-8,29}. Sin embargo, una vez el sujeto muestre buen control y ejecución del ejercicio por la experiencia acumulada, se deberá promover que la intencionalidad sea realizar cada repetición tan rápido como sea posible, para aumentar las adaptaciones neuromusculares (incremento del reclutamiento, sincronización y frecuencias de descarga de unidades motrices)^{8,29}. El desarrollo de movimientos a altas velocidades puede ser especialmente importante durante los años de crecimiento, cuando la plasticidad neural y coordinación motora son más sensibles de modificarse⁸. Asimismo, no todos los ejercicios requieren ser realizados a la misma velocidad, ya que aquellos con mayor producción de potencia, como los ejercicios secuenciales y pliométricos, deberán ser realizados a velocidades altas/explosivas, mientras que otro tipo de ejercicios pueden ser realizados a menor velocidad^{7,8,29}.

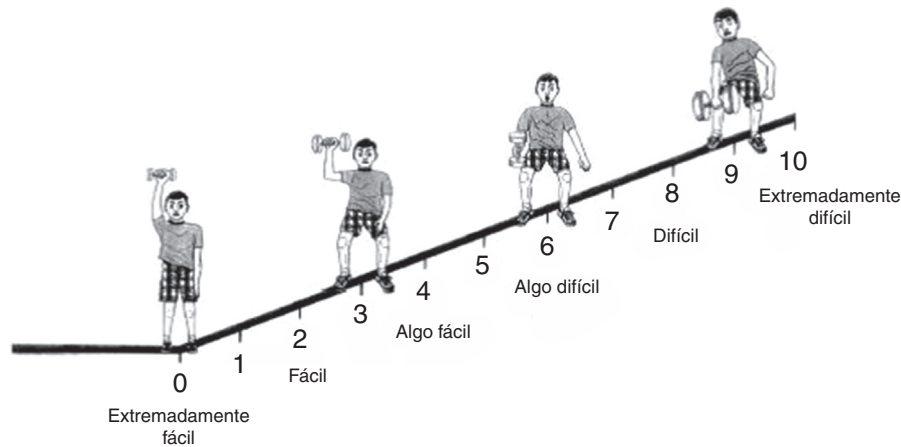


Figura 2. Escala de esfuerzo percibido OMNI-RES de fuerza para niños.

Fuente: Robertson et al.⁶³

Densidad de entrenamiento e intervalo de recuperación inter-series

La densidad de entrenamiento expresa la relación entre la duración del esfuerzo y la longitud de la pausa de recuperación o descanso⁶⁰. La longitud del intervalo de recuperación es una variable importante para mantener los niveles de fuerza aplicada, velocidad y potencia en cada movimiento⁶⁰. Existen evidencias de que los niños y adolescentes se recuperan más rápidamente entre esfuerzos intermitentes de alta intensidad que los adultos⁶⁴⁻⁶⁶, por lo que se sugiere que, con ejercicios de moderada intensidad en sujetos inexpertos, un minuto aproximadamente de recuperación entre series podría ser suficiente, para la mayoría de los niños y adolescentes^{7,8,29,48}. No obstante, probablemente se deba incrementar dicho periodo de recuperación más allá de los 2-3 minutos, a medida que la intensidad del entrenamiento se incremente en jóvenes expertos, como por ejemplo sucede al realizar ejercicios con alta producción de fuerza, potencia, y demanda técnica (ejercicios olímpicos o secuenciales, y pliométricos)^{7,8,29}.

Medios de entrenamiento, tipo y orden de ejercicios

Distintos medios o equipamientos utilizados para los ejercicios han mostrado ser efectivos para mejorar las prestaciones de fuerza en poblaciones de niños y adolescentes (peso corporal, bandas elásticas, máquinas de resistencia variable adaptadas, pesos libres, resistencia manual y balones medicinales)^{7,8,29,48}. Parece razonable ir progresando gradualmente de los ejercicios más simples, en situaciones de mayor estabilidad externa -como los ejercicios realizados con máquinas de placas-, hacia ejercicios relativamente inestables y más complejos -como los realizados con pesos libres o balones medicinales- para mejorar el rendimiento y reducir el aburrimiento, a medida que mejore la competencia técnica y confianza^{16,67}. No se debe olvidar que la variedad de ejercicios, en la sesión y a lo largo del tiempo, es un elemento importante para motivar y prevenir el aburrimiento a estas edades.

Al final, la propia selección del tipo de ejercicio dependerá de la competencia técnica, objetivo de entrenamiento, medidas antropométricas del niño o adolescente y de los recursos disponibles. En todos los casos la prioridad será fijar patrones técnicos correctos, en variedad de ejercicios con resistencias bajas, tanto mono como multiarticulares y levantamientos olímpicos⁶⁸. Recordar de nuevo que la niñez es considerada un periodo crucial para desarrollar la suficiente competencia motriz, ya que durante estos años la coordinación neuromuscular es más susceptible de cambiar^{8,29}. Igualmente, los ejercicios seleccionados para la sesión deberán

permitir una implicación repartida de los grupos musculares principales de todo el cuerpo, de forma equilibrada (balance muscular agonista-antagonista)^{7,8}. Especial atención merecerán aquellos ejercicios específicos para la musculatura estabilizadora del tronco o core^{7,8,29,67}.

Respecto del orden de ejecución de los ejercicios en la sesión de entrenamiento, al igual que para poblaciones adultas, se recomienda empezar primero por aquellos ejercicios de mayor demanda o complejidad técnica y producción de potencia (v. g.: levantamientos olímpicos o ejercicios secuenciales y pliométricos). Del mismo modo, se deben realizar primero aquellos ejercicios para grupos musculares grandes y centrales, antes que los ejercicios para grupos musculares pequeños y periféricos, o lo que supone lo mismo, realizar los ejercicios que demanden un mayor número de grupos musculares, por ser poliarticulares, antes que los monoarticulares⁷. No obstante, el orden de los ejercicios debe organizarse en función de los objetivos perseguidos, a la vez que aquellos ejercicios que se estén aprendiendo deberán realizarse siempre sin fatiga y, por tanto, irán al inicio de la sesión⁶⁰.

Metodología de entrenamiento

La concreción del método de entrenamiento determinado, para cada unidad o sesión de entrenamiento, debe ser considerado como un componente independiente de la dosis de ejercicio. La literatura científica no hace ninguna referencia específica o recomendación sobre este punto, para el entrenamiento de la fuerza a edades tempranas. Sin embargo, algunos estudios de intervención han utilizado progresiones verticales, con organizaciones circulares, para comprobar el efecto del ejercicio de fuerza (55-70% 1RM) con resultados positivos sobre la grasa corporal, la fuerza muscular y la función vascular en adolescentes obesos⁴². Esto hace suponer que progresiones metodológicas de tipo vertical, como los clásicos «circuitos generales», puedan ser apropiadas para poblaciones infantiles y juveniles con poca experiencia, no existiendo la necesidad de utilizar progresiones de tipo horizontal en las primeras fases de formación (tabla 1).

Recomendaciones finales para la práctica

- Comenzar cada sesión con un calentamiento dinámico apropiado de 5-10 minutos, que incluya una parte general de actividades aeróbicas de baja intensidad, seguida de una parte específica con movimientos dinámicos.
- Priorizar los ejercicios globales o multiarticulares con el propósito de mejorar aspectos coordinativos y de equilibrio. Además, este

Tabla 1
Propuesta de dosis de entrenamiento de la fuerza para niños y adolescentes según nivel de experiencia

	Principiante (sin experiencia)	Intermedio (> 6 meses)	Avanzado (> 12 meses)
Frecuencia semanal (sesiones semanales)	2-3	2-3	2-3 (hasta 4)
Volumen (n.º ejercicios por sesión)	6-8 (hasta 10)	6-8	3-8
Volumen (n.º series por ejercicio)	1-2	2-3	3-4
Volumen (organización metodológica)	Global	Global	Global; por hemisferios
Intensidad (N.º rep. por serie (carácter del esfuerzo [*]))	Ejer. Mono/Multiart.: 10-15 (20-25) Ejer. secuenciales: 3-6 (8-15)	Ejer. Mono/Multiart.: 6-10 (12-20) Ejer. secuenciales: 3-6 (6-12)	Ejer. Mono/Multiart.: 6-10 (10-16) Ejer. secuenciales: 1-6 (3-12)
Intensidad (Escala OMNI-RES)	3-5	4-6	5-7
Intensidad (velocidad de ejecución)	Ejer. Mono/Multiart.: baja Secuenciales: moderada	Ejer. Mono/Multiart.: moderada Secuenciales: alta	Ejer. Mono/Multiart.: alta Secuenciales: máxima
Densidad (intervalo de recuperación)	Alta ≈ 1 min	Media: 1-2 min	Media-alta: < 2-3 min (según objetivo)
Tipo de ejercicio	Ejer. Mono/Multiart.: Secuenciales Core	Ejer. Mono/Multiart.: Secuenciales Pliométricos Core	Ejer. Mono/Multiart.: Secuenciales Pliométricos Core
Metodología	Progresión vertical: circuitos generales	Progresión vertical: circuitos generales	Progresión vertical: circuitos generales y concentrados Progresión horizontal: series uniformes

* Relación entre el número de repeticiones realizadas por serie (fuera del paréntesis) con respecto a las máximas realizables/capaz de realizarse (entre paréntesis) en ese mismo ejercicio, con el mismo peso y en ese mismo momento. Ejer.: ejercicios. Mono/Multiart.: Mono/Multiarticulares.

tipo de ejercicios presenta similitudes mecánicas con muchos gestos deportivos que podrían favorecer el rendimiento requerido.

- Considerar, el entrenamiento de fuerza a estas edades, como un medio profiláctico de lesiones por sobrecarga, al poder ayudar a compensar desequilibrios musculares del conjunto articular del hombro y del tronco (core).
- Evitar o minimizar los ejercicios que impliquen una excesiva carga o estrés compresivo y cizalla para la columna vertebral.
- Enseñar la técnica apropiada de cada ejercicio con buenos modelos de ejecución y adecuadas instrucciones para el aprendizaje (baja ratio entrenador-alumnos).
- Cuidar que el entorno y el equipamiento utilizados para los ejercicios sean seguros y estén adaptados a las medidas antropométricas del niño o adolescente, a su nivel de aptitud física y a su nivel de competencia técnica.
- Progresar con el volumen e intensidad de entrenamiento de forma gradual, pero suficiente para permitir un estímulo efectivo. Utilizar siempre la mínima dosis de ejercicio rentable (efectiva).
- Algunos núcleos articulares presentan una disminución del umbral de tolerancia al estrés a nivel estructural, en determinadas acciones articulares o ángulos críticos⁶⁹. Esto podría suponer un serio riesgo respecto a la integridad de dichas articulaciones, caso del hombro y la columna lumbar, si los ejercicios se realizasen en todo el rango articular posible⁶⁹.
- Variar periódicamente las características del entrenamiento semanal (ejercicios, medios, etc.), para favorecer la motivación y evitar el aburrimiento.

Conclusiones

No existen pruebas científicas que demuestren que el entrenamiento de fuerza, correctamente supervisado y prescrito, pueda estar contraindicado en edades precoces. Muy al contrario, puede ser una forma de entrenamiento segura, saludable y efectiva,

siempre que se respeten ciertas directrices y criterios de seguridad. El reconocimiento médico-deportivo previo, con especial atención sobre la valoración de la madurez osteo-articular, es otra medida cautelara, relacionada con el estado de salud, que debe ser considerada. No obstante, el riesgo de lesión, debido a la práctica del entrenamiento de fuerza, no es mayor –incluso puede ser menor– que en otras actividades deportivas habitualmente practicadas.

El entrenamiento de fuerza, a estas edades, deberá contemplar y cubrir los siguientes objetivos: 1) favorecer un óptimo y equilibrado desarrollo músculo-esquelético y postural de todo el cuerpo, 2) consolidar patrones técnicos correctos en variedad de ejercicios con resistencias submáximas, y 3) promover e inculcar hábitos de vida saludables (activos) y perdurables en la edad adulta. Asimismo, el entrenamiento de fuerza a edades tempranas, debería ser incorporado progresivamente y formar parte de un programa de acondicionamiento físico global más amplio. Para ello, el entrenamiento de la fuerza a edades infantiles y prepubescentes debiera presentarse bajo formatos afines con esas edades, con el propósito de evitar el aburrimiento y favorecer su cumplimiento.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

1. Vrijens J. Muscle strength development in the pre- and post-pubescent age. *Med Sci Sports*. 1978;11:152-8.
2. Docherty D, Wenger HA, Collis ML, Quinney H. The effects of variable speed resistance training on strength development in prepubertal boys. *J Hum Mov Stud*. 1987;13:377-82.
3. American Academy of Pediatrics. Weight training and weight lifting: information for the pediatrician. *Phys Sports Med*. 1983;11(3):157-61.
4. American Academy of Pediatrics Committee on Sports Medicine. Strength training, weight and power lifting and body building by children and adolescents. *Pediatrics*. 1990;86(5):801-3.
5. National Strength and Conditioning Association. Position paper on prepubescent strength training. *Nat Strength Cond Assoc*. 1985. J7:27-31.

6. Faigenbaum A, Kraemer W, Cahill B, Chandler J, Dziados J, Elfrink L, et al. Youth resistance training: Position statement paper and literature review. *Strength Cond J*. 1996;18:62–75.
7. Faigenbaum AD, Kraemer WJ, Blimkie CJ, Jeffreys I, Micheli LJ, Nitka M, et al. Youth resistance training: Updated position statement paper from the National Strength and Conditioning Association. *J Strength Cond Res*. 2009;23(5):S1–20.
8. Lloyd RS, Faigenbaum AD, Stone MH, Oliver JL, Jeffreys I, Moody JA, et al. Position statement on youth resistance training: The 2014 International Consensus. *Br J Sports Med*. 2014;48(7):498–505.
9. Faigenbaum AD, Myer GD. Resistance training among young athletes: Safety, efficacy and injury prevention effects. *Br J Sports Med*. 2010;44(1):56–63.
10. Hamill BP. Relative safety of weight lifting and weight training. *J Strength Cond Res*. 1994;8(1):53–7.
11. Myer GD, Quatman CE, Khoury J, Wall EJ, Hewett TE. Youth versus adult weightlifting injuries presenting to United States emergency rooms: Accidental versus nonaccidental injury mechanisms. *J Strength Cond Res*. 2009;23(7):2054–60.
12. Bass S, Daly R, Caine D. Intense training in elite female athletes: Evidence of reduced growth and delayed maturation? *Br J Sports Med*. 2002;36(4):310.
13. Falk B, Eliakim A. Resistance training, skeletal muscle and growth. *Pediatr Endocrinol Rev*. 2003;1(2):120–7.
14. Cahill BR. American Orthopaedic Society for Sports Medicine: Proceedings of the conference on strength training and the prepubescent. Chicago, IL: American Orthopaedic Society for Sports Medicine; 1988. p. 1–14.
15. Faigenbaum AD, Lloyd RS, Myer GD. Youth resistance training: Past practices, new perspectives, and future directions. *Pediatr Exerc Sci*. 2013;25(4):591–604.
16. Behm DG, Faigenbaum AD, Falk B, Klentrou P. Canadian Society for Exercise Physiology position paper: Resistance training in children and adolescents. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2008;33(3):547–61.
17. Malina RM. Weight training in youth-growth, maturation and safety: An evidence based review. *Clin J Sport Med*. 2006;16(6):478–87.
18. Falk B, Tenenbaum G. The effectiveness of resistance training in children. A meta-analysis. *Sports Med*. 1996;22(3):176–86.
19. Behringer M, vom Heede A, Yue Z, Mester J. Effects of resistance training in children and adolescents: A meta-analysis. *Pediatrics*. 2010;126(5):e1199–210.
20. Behringer M, vom Heede A, Matthews M, Mester J. Effects of strength training on motor performance skills in children and adolescents: A meta-analysis. *Pediatric Exerc Sci*. 2011;23(2):186–206.
21. Faigenbaum AD, Milliken LA, Loud RL, Burak BT, Doherty CL, Westcott WL. Comparison of 1 and 2 days per week of strength training in children. *Res Q Exerc Sport*. 2002;73(4):416–24.
22. Payne VG, Morrow JR Jr, Johnson L, Dalton SN. Resistance training in children and youth: A meta-analysis. *Res Q Exerc Sport*. 1997;68(1):80–8.
23. Faigenbaum AD, Myer GD. Resistance training and pediatric health. *Kronos*. 2015 [revista en Internet]. 2011 [accedido 18 Jun 2015];10(1):31-38. Disponible en: <http://www.revistakronos.com/kronos/index.php?articulo=189>.
24. Alentorn-Geli E, Myer GD, Silvers HJ, Samitier G, Romero D, Lázaro-Haro C, et al. Prevention of non-contact anterior cruciate ligament injuries in soccer players. Part 2: A review of prevention programs aimed to modify risk factors and to reduce injury rates. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2009;17(8):859–79.
25. Hewett TE, Lindenfeld TN, Riccobene JV, Noyes FR. The effect of neuromuscular training on the incidence of knee injury in female athletes. A prospective study. *Am J Sports Med*. 1999;27(6):699–706.
26. Mandelbaum BR, Silvers HJ, Watanabe DS, Knarr JF, Thomas SD, Griffin LY, et al. Effectiveness of a neuromuscular and proprioceptive training program in preventing anterior cruciate ligament injuries in female athletes: 2-year follow-up. *Am J Sports Med*. 2005;33(7):1003–10.
27. McHugh MP. Oversized young athletes: A weight concern. *Br J Sports Med*. 2010;44(1):45–9.
28. Valovich-McLeod TC, Decoster LC, Loud KJ, Micheli LJ, Parker JT, Sandrey MA, et al. National Athletic Trainers' Association position statement: Prevention of pediatric overuse injuries. *J Athl Train*. 2011;46(2):206–20.
29. Lloyd RS, Faigenbaum AD, Myer GD, Stone MH, Oliver JL, Jeffreys I et al. UKSCA Position Statement: Youth Resistance Training. UK Strength and Conditioning Association [revista en Internet]. 2012 [accedido 18 Jun 2015]; 26:26-35. Disponible en: <http://www.proformance.pro/wp-content/uploads/2014/03/UKSCA-Position-Statement-Final.pdf>.
30. Ozmunc J, Mikesky AE, Surburg PR. Neuromuscular adaptations following prepubescent strength training. *Med Sci Sports Exerc*. 1994;26(4):510–4.
31. Ramsay JA, Blimkie CJ, Smith K, Garber S, MacDougall JD, Sale DG. Strength training effects in prepubescent boys. *Med Sci Sports Exerc*. 1990;22(5):605–14.
32. Beunen GP, Malina RM. Growth and biologic maturation: Relevance to Athletic performance. En: Hebestreit H, Bar-Or O, editores. *The child and adolescent athlete*. Oxford: Blackwell Publishing; 2008. p. 3–17.
33. Neu CM, Rauch F, Rittweger J, Manz F, Schoenau E. Influence of puberty on muscle development at the forearm. *Am J Physiol Endocrinol Metab*. 2002;283(1):E103–7.
34. McKelvie KJ, Khan KM, McKay HA. Is there a critical period for bone response to weight-bearing exercise in children and adolescents? A systematic review. *Br J Sports Med*. 2002;36(4):250–7.
35. Gunter KB, Almstedt HC, Janz KF. Physical activity in childhood may be the key to optimizing lifespan skeletal health. *Exerc Sports Sci Rev*. 2012;40(1):13–21.
36. Virvidakis K, Georgiu E, Korkotidis A, Ntalles K, Proukakis C. Bone mineral content of junior competitive weightlifters. *Int J Sports Med*. 1990;11(3):244–6.
37. Conroy B, Kraemer W, Maresh C, Fleck S, Stone M, Fry A, et al. Bone mineral density in elite junior Olympic weightlifters. *Med Sci Sports Exerc*. 1993;25(10):1103–9.
38. Yu CC, Sung RY, So RC, Lui KC, Lau W, Lam PK, et al. Effects of strength training on body composition and bone mineral content in children who are obese. *J Strength Cond Res*. 2005;19(3):667–72.
39. Treuth MS, Hunter GR, Figueroa-Colon R, Goran MI. Effects of strength training on intra-abdominal adipose tissue in obese prepubertal girls. *Med Sci Sports Exerc*. 1998;30(12):1738–43.
40. Sothern MS, Loftin JM, Udall JN, Suskind RM, Ewing TL, Tang SC, et al. Safety, feasibility and efficacy of a resistance training program in preadolescent obese youth. *Am J Med Sci*. 2000;319(6):370–5.
41. McGuigan MR, Tataschiere M, Newton RU, Pettigrew S. Eight weeks of resistance training can significantly alter body composition in children who are overweight or obese. *J Strength Cond Res*. 2009;23(1):80–5.
42. Watts K, Beye P, Siafarikas A, Davis EA, Jones TW, O'Driscoll G, et al. Exercise training normalizes vascular dysfunction and improves central adiposity in obese adolescents. *J Am Coll Cardiol*. 2004;43(10):1823–7.
43. Schranz N, Tomkinson G, Olds T. What is the effect of resistance training on the strength, body composition and psychosocial status of overweight and obese children and adolescents? A systematic review and meta-analysis. *Sports Med*. 2013;43(9):893–907.
44. Shaibi GQ, Cruz ML, Ball GD, Weigensberg MJ, Salem GJ, Crespo NC, et al. Effects of resistance training on insulin sensitivity in overweight Latino adolescent males. *Med Sci Sports Exerc*. 2006;38(7):1208–15.
45. Suh S, Jeong IK, Kim MY, Kim YS, Shin S, Kim SS, et al. Effects of resistance training and aerobic exercise on insulin sensitivity in overweight Korean adolescents: A controlled randomized trial. *Diabetes Metab J*. 2011;35(4):418–26.
46. Van der Heijden GJ, Wang ZJ, Chu Z, Toffolo G, Manesso E, Sauer PJ, et al. Strength exercise improves muscle mass and hepatic insulin sensitivity in obese youth. *Med Sci Sports Exerc*. 2010;42(11):1973–80.
47. Benson AC, Torade ME, Singh MA. Muscular strength and cardiorespiratory fitness is associated with higher insulin sensitivity in children and adolescents. *Int J Pediatr Obes*. 2006;1(4):222–31.
48. Faigenbaum AD, Myer GD. Pediatric resistance training: benefits, concerns, and program design considerations. *Curr Sports Med Rep*. 2010;9(3):161–8.
49. Naylor LH, Watts K, Sharpe JA, Jones TW, Davis EA, Thompson A, et al. Resistance training and diastolic myocardial tissue velocities in obese children. *Med Sci Sports Exerc*. 2008;40(12):2027–32.
50. Weltman A, Janney C, Rians CB, Strand K, Katch FI. The effects of hydraulic resistance strength training on serum lipid levels in prepubertal boys. *Am J Dis Child*. 1987;141(7):777–80.
51. Gutin B, Owens S. The influence of physical activity on cardiometabolic biomarkers in youths: A review. *Pediatr Exerc Sci*. 2011;23(2):169–85.
52. Padilla-Moledo C, Ruiz JR, Ortega FB, Mora J, Castro-Piñero J. Associations of muscular fitness with psychological positive health, health complaints, and health risk behaviors in Spanish children and adolescents. *J Strength Cond Res*. 2012;26(1):167–73.
53. Velez A, Golem DL, Arent SM. The impact of a 12-week resistance training program on strength, body composition, and self-concept of hispanic adolescents. *J Strength Cond Res*. 2010;24(4):1065–73.
54. Yu CC, Sung RY, Hau KT, Lam PK, Nelson EA, So RC. The effect of diet and strength training on obese children's physical self concept. *J Sports Med Phys Fitness*. 2008;48(1):76–82.
55. Barbieri D, Zaccagni L. Strength training for children and adolescents: Benefits and risks. *Coll Antropol*. 2013;37(52):219–25.
56. Gómez-Campos R, de Arruda M, Hobold E, Abella CP, Camargo C, Martínez Salazar C, et al. Valoración de la maduración biológica: usos y aplicaciones en el ámbito escolar. *Rev Andal Med Deporte*. 2013;6(4):151–60.
57. Tanner JM. *Growth at adolescence*. 2nd ed. Oxford: Blackwell Scientific; 1962.
58. American Academy of Pediatrics. *Strength training by children and adolescents*. *Pediatrics*. 2001;107(6):1470–2.
59. American Academy of Pediatrics. *Strength training by children and adolescents*. *Pediatrics*. 2008;121(4):835–40.
60. Naclerio F. *Entrenamiento deportivo. Fundamentos y aplicaciones en diferentes deportes*. 1^ª ed. Madrid: Médica Panamericana editores; 2011.
61. González-Badillo JJ, Ribas-Serna J. *Bases de la programación del entrenamiento de la fuerza*. 1^ª ed. Zaragoza: Inde; 2002.
62. Faigenbaum AD, Milliken LA, Cloutier G, Westcott WL. Perceived exertion during resistance exercise in children. *Percept Mot Skills*. 2004;98(2):627–37.
63. Robertson RJ, Goss FL, Andreacci JL, Dubé JJ, Rutkowski JJ, Frazee KM, et al. Validation of the Children's OMNI-Resistance Exercise Scale of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc*. 2005;37(5):819–26.
64. Faigenbaum AD, Ratamess NA, McFarland J, Kaczmarek J, Coraggio MJ, Kang J, et al. Effect of rest interval length on bench press performance in boys, teens, and men. *Pediatr Exerc Sci*. 2008;20(4):457–69.
65. Falk B, Dotan R. Child-adult differences in the recovery from high intensity exercise. *Exerc Sport Sci Rev*. 2006;34(3):107–12.
66. Zafeiridis A, Dalamitros A, Dipla K, Manou V, Galanis N, Kellis S. Recovery during high-intensity intermittent anaerobic exercise in boys, teens and men. *Med Sci Sports Exerc*. 2005;37(3):505–12.
67. Faigenbaum AD. Resistance training for adolescent athletes. *Athlet Ther Today*. 2002;7(6):30–5.
68. Faigenbaum AD. Pediatric and adolescent sports injuries. *Clin Sports Med*. 2000;19(4):593–617.
69. Colado JC, García-Massó X. Technique and safety aspects of resistance exercises: A systematic review of the literature. *Phys Sportsmed*. 2009;2(37):104–11.