

Efectos de 32 semanas de un programa de entrenamiento físico de fuerza muscular sobre la condición física de niños rusos de entre 14 a 16 años: Ensayo Controlado Aleatorizado

Effects of 32 weeks of a muscular strength physical training program on the physical condition of Russian children aged 14 to 16 years: Randomized Controlled Trial

*Georgiy Polevoy, **, ***Héctor Fuentes-Barría, ****Raúl Aguilera-Eguía.

*Moscow Polytechnic University (Russia), **Universidad Arturo Prat (Chile), ***Universidad Andres Bello (Chile), ****Universidad Católica de la Santísima Concepción (Chile)

Resumen. Introducción: El entrenamiento de la fuerza muscular ofrece la oportunidad de resolver eficazmente problemas pedagógicos causados por una variedad de actividades motoras. Objetivo: Analizar los efectos de un programa de 32 semanas de fuerza muscular sobre estudiantes de entre 14 a 16 años. Métodos: Ensayo controlado, paralelo y aleatorizado con cegado simple. La muestra estuvo compuesta por 40 escolares de 14 a 16 años pertenecientes a la escuela secundaria N.º 1 (Sokolovka, Rusia). Los escolares fueron divididos en un grupo control (n = 20) y un grupo experimental (n = 20); Ambos grupos realizaron las lecciones de educación física de acuerdo con el plan de estudios escolar, sin embargo, el grupo experimental también realizó ejercicios de fuerza muscular. El nivel de fuerza se determinó con pruebas de dinamometría de mano derecha e izquierda, flexoextensiones de brazos (barra y suelo) y elevación de piernas colgantes. Resultados: El grupo experimental mejoro la dinamometría de mano derecha (21,9%; $p < 0,05$; $d = 6,61$) e izquierda (14,7%; $p < 0,05$; $d = 4,93$), elevación de piernas colgado de una barra (81,4%; $p < 0,05$; $d = 9,09$) flexo extensión de brazos en suelo (5,8%; $p < 0,05$; $d = 5,99$) y en barra (38,3%; $p < 0,05$), mientras que el grupo control solo mejoro significativamente la dinamometría de la mano derecha (21,3%; $p < 0,05$) y la elevación de piernas colgado de una barra (15,1%; $p < 0,05$; $d = 5,76$). Conclusión: Una serie de ejercicios de fuerza muscular aplicado durante 32 semanas en las lecciones de educación física escolar pueden mejorar significativamente los niveles de fuerza muscular en niños de 14 a 16 años.

Palabras clave: Aptitud física; Habilidades motoras; Entrenamiento de resistencia; Adolescente.

Abstract. Background: Muscle strength training offers the opportunity to effectively solve pedagogical problems caused by a variety of motor activities. Objective: Analyze the effects of a 32-week muscle strength program on students between 14 and 16 years old. Methods: Controlled, parallel and randomized trial with single blinding. The sample consisted of 40 schoolchildren aged 14 to 16 years belonging to secondary school No. 1 (Sokolovka, Russia). The schoolchildren were divided into a control group (n = 20) and an experimental group (n = 20); Both groups performed physical education lessons according to the school curriculum, however, the experimental group also performed muscle strength exercises. Strength level is determined with right- and left-hand dynamometry tests, arm flexion-extensions (bar and floor), and hanging leg raises. Results: The experimental group improved dynamometry of the right hand (21.9%; $p < 0.05$; $d = 6.61$) and left hand (14.7%; $p < 0.05$; $d = 4.93$). lifting of legs suspended from a bar (81.4%; $p < 0.05$; $d = 9.09$) flexion and extension of arms on the floor (5.8%; $p < 0.05$; $d = 5.99$) and on the bar (38.3%; $p < 0.05$), while the control group only significantly improved the dynamometry of the right hand (21.3%; $p < 0.05$) and the lifting of legs hanging from a bar (15.1%; $p < 0.05$; $d = 5.76$). Conclusion: A series of muscle strength exercises applied for 32 weeks in school physical education lessons can significantly improve muscle strength levels in children aged 14 to 16 years.

Keywords: Physical Fitness; Motor Skills; Resistance Training; Adolescent.

Fecha recepción: 02-03-24. Fecha de aceptación: 04-05-24

Héctor Fuentes-Barría

hectorfuentesbarria@gmail.com

Introducción

El entrenamiento de fuerza muscular ofrece una oportunidad eficaz para resolver los problemas motores relacionados con la inactividad física y el sedentarismo durante la infancia (Fuentes-Barría et al., 2021; Merino-Andrés et al., 2022), donde comúnmente se ha evidenciado la ausencia de prescripción de ejercicio físico basado en evidencia (Comité Nacional de Medicina del Deporte Infantojuvenil, 2018). En este sentido, la inclusión de elementos individuales de manera estructurada durante la ejecución de tareas motoras complejas en el transcurso de las clases de educación física ha demostrado ser ineficaz, siendo este enfoque a menudo conducente a un proceso deficiente para el cumplimiento de los requisitos reglamentarios establecidos en los programas de educación física escolar (Pichardo et al., 2019; Sharma & Nahar, 2018; Stricker et al., 2020).

En relación con esto, se sabe que la fuerza muscular, entendida como la capacidad de una persona para superar o

contrarrestar resistencias mediante esfuerzos musculares, es una de las principales cualidades físicas que permiten el desarrollo de la actividad motora humana en función de la edad, donde ningún movimiento corporal puede realizarse sin una manifestación de fuerza (De Oliveira et al., 2021; Wilder et al., 2006). En este contexto, se ha demostrado que la eficacia de las clases de educación física puede aumentar significativamente cuando el estímulo físico se dirige a los períodos sensibles o críticos de las capacidades motoras, cuyas características permiten un desarrollo natural de la función motora a través de períodos de crecimiento acelerado en el período escolar. Se ha demostrado que, en determinadas edades, las tasas de desarrollo de las capacidades motoras poseen un comportamiento heterogéneo dependiente de la maduración de los órganos y estructuras corporales (De Oliveira et al., 2021; Wilder et al., 2006).

Este comportamiento conlleva una etapa específica para el desarrollo de destrezas relacionadas con la velocidad (7 a 9 años) y manifestaciones complejas (9 a 12 años en niños y

9 a 12-13 años en niñas), además del desarrollo de indicadores de aptitud o condición física (11 a 15 años en niñas y de 12 a 16 años en niños) con su respectiva consolidación (14 a 18 años en niñas y de 15 a 18 años en niños) (Fuentes-Barría et al., 2021; Polevoy et al., 2024).

La literatura científica ha señalado que, entre los 8 y los 11-12 años, la tasa de ganancia de fuerza muscular es relativamente baja, observándose un aumento significativo entre los 12 y 13 años, alcanzando su máximo entre los 14 y 16 años. Este comportamiento se atribuye principalmente a la propiedad contráctil y regulación nerviosa muscular, que implica la capacidad de soportar altas cargas de trabajo. En este período, los jóvenes de entre 14 y 16 años continúan formando mecanismos nerviosos para la regulación de diversas funciones corporales involucradas en la actividad muscular y el desarrollo continuo de mecanismos periféricos energéticos fundamentales para el desarrollo de la fuerza muscular (Comité Nacional de Medicina del Deporte Infantojuvenil, 2018; Owen et al., 2020; Stricker et al., 2020).

En este contexto, el desarrollo efectivo de la fuerza muscular, mediante la combinación de ejercicios de resistencia externa y autocarga, logra una expansión intensiva de las capacidades funcionales relacionadas con las vías energéticas (anaeróbica y aeróbica). Esta interacción permite un aporte de energía basado en el requerimiento motor, y la inclusión de ejercicios de fuerza en el proceso educativo juvenil puede estimular el desarrollo funcional del sistema cardiorrespiratorio, conllevando mejoras adaptativas implicadas en un impacto directo sobre la hemodinámica central como medio principal para el desarrollo de la fuerza en niños en edad escolar (Burns & Brusseau, 2016; Marta et al., 2013).

La utilización de ejercicios complejos con sobrecarga, como carreras, saltos, escaladas, lanzamientos y ejercicios gimnásticos, entre otros, es un eslabón primordial para el desarrollo óptimo de la fuerza manifestada por medio de la resistencia y potencia muscular, cuyas adaptaciones a corto y mediano plazo se logran fijar entre los 3 a 6 meses de entrenamiento regular (Comité Nacional de Medicina del Deporte Infantojuvenil, 2018; Markovic & Mikulic, 2010; Myer et al., 2015). Por estas razones, este estudio se propuso analizar los efectos de un programa de 32 semanas de fuerza muscular en estudiantes de 14 a 16 años. Aunque el objetivo está claramente delineado, una breve justificación adicional sobre la elección de la duración del programa y por qué se considera adecuada sería beneficiosa. Como hipótesis alterna se planteó que la introducción de una serie de ejercicios de fuerza muscular aplicados durante 32 semanas puede mejorar la condición física general en estudiantes rusos de entre 14 a 16 años.

Material y métodos

Diseño del ensayo

Se llevó a cabo un ensayo de diseño controlado, paralelo y aleatorizado con cegado simple, siguiendo la lista de

chequeo "Consolidated Standards of Reporting Trials" (Junqueira et al., 2023). El experimento se desarrolló durante un periodo de 32 semanas, desde septiembre de 2022 hasta abril de 2023, con sesiones de 40 minutos tres veces a la semana. Estas sesiones incluyeron un programa de actividad física escolar ruso estándar para el grupo control (Kainov & Kuryerova, 2019) y un programa de ejercicios para el desarrollo de la fuerza muscular para el grupo experimental. La participación de los niños se autorizó mediante un consentimiento informado, de acuerdo con los estándares éticos establecidos en la Declaración de Helsinki (World Medical Association, 2013).

Participantes

El estudio se realizó en la escuela N 1 del pueblo de Sokolovka, Zuyevsky (Kirov, Rusia). En el experimento participaron niños de entre 14 y 16 años, quienes formaron un grupo control ($n = 20$) y un grupo experimental ($n = 20$). Los criterios de elegibilidad fueron los siguientes.

Criterios de inclusión:

- Niños de 14-16 años que asisten a la Escuela Deportiva del Pueblo de Sokolovka (Rusia).
- Niños que no presenten enfermedades agudas o crónicas que les impidan participar en el experimento.
- Niños que practican esquí de fondo regularmente al menos 3 veces por semana.

Criterio de exclusión:

- Niños que no aceptaron participar en el experimento si su padre o tutor legal no firmó el consentimiento informado.

Intervención

El experimento pedagógico se llevó a cabo del 10 de septiembre de 2022 al 20 de abril de 2023. El estudio se realizó en condiciones naturales en la escuela No. 1 del pueblo de Sokolovka, distrito de Zuyevsky, (Kirov, Rusia). El experimento pedagógico se realizó en cada clase de educación física, abarcando:

A) Calentamiento: Al iniciar cada sección, se incluyó un calentamiento estandarizado de 5 minutos con ejercicios de movilidad articular, que incluyeron flexiones, extensiones, abducciones y aducciones de hombros, caderas, rodillas y tobillos. La intensidad fue del 50% o una puntuación de 5 en la Escala Borg modificada (Chen et al., 2002; Fuentes-Barría et al., 2022).

B) Parte principal: Se seleccionaron ocho ejercicios distribuidos en forma de circuito, cuya duración total consideró 32 minutos distribuidos en tres series de 7 minutos $\frac{1}{2}$ (30 segundos para cada ejercicio y 30 segundos de descanso entre ejercicios) con dos macro pausas de 5 minutos entre series. Los ejercicios se eligieron en función de la manifestación de fuerza que buscaban potenciar, donde el desarrollo de la fuerza isométrica se ejecutó a través de suspensiones corporales sobre una barra transversal, mientras que la estimulación de la fuerza resistencia se desarrolló por medio de la realización de flexo extensiones de brazos sobre barra transversal, crunch abdominal, elevaciones de piernas

en posición supina, elevaciones de torso (dorsales) y sentadillas unilaterales para finalmente buscar potencia muscular a través de saltos sobre obstáculos y balanceos de piernas hacia delante y hacia atrás.

C) Vuelta a la calma: Esta fase consistió en 3 minutos de ejercicios de movilidad articular, que incluyeron flexiones, extensiones, abducciones y aducciones de hombros, caderas, rodillas y tobillos. La intensidad fue del 50% o una puntuación de 5 en la Escala Borg modificada (Chen et al., 2002; Fuentes-Barría et al., 2022).

Grupo control

El grupo control participó en ejercicios globales y actividades recreativas del programa estándar de educación física ruso dos veces por semana durante 40 minutos, sin el uso de pesas y con actividades lúdicas según la preferencia de los participantes (Kainov & Kuryerova, 2019).

Resultados de interés

Antes y después de la intervención, se realizó una prueba para determinar el nivel de condición física, permitiendo esto monitorear la efectividad del proceso durante la aplicación del programa de educación física, siendo las pruebas utilizadas:

- Dinamometría de la mano derecha e izquierda (Barbosa et al., 2020; Dooley et al., 2020): Esta prueba busca valorar la fuerza muscular isométrica máxima, donde su ejecución consiste en que el sujeto toma el dinamómetro con su mano derecha, apartando el tronco hasta formar un ángulo recto. Posteriormente, el evaluado procede a apretar el instrumento con la máxima fuerza posible, utilizando solo los dedos de la mano derecha durante 5 ocasiones, siendo realizados las mismas definiciones con la mano izquierda, donde se evaluó el mejor resultado de cada mano.

- Flexo extensión de brazos (Tokizawa et al., 2006): Esta prueba busca valorar la fuerza resistencia, conllevando su realización a que el sujeto toma una posición tirada en el suelo, donde al escuchar la orden "¡Ya!", comienza a realizar flexiones, procurando cumplir los siguientes requisitos; a) Lograr una Posición inicial con énfasis en los brazos, tronco y piernas rectas, con palmas separadas a la altura de los hombros; b) flexión y extensión de los brazos a la altura del codo, siendo el casi contacto del pecho con el suelo el indicador para volver sobre la posición inicial. Esta prueba considera el mayor número de repeticiones logradas en 1 minuto.

- Flexo extensión de brazos en barra (Beckham et al., 2018): Esta prueba busca valorar la fuerza resistencia, siendo este ejercicio realizado desde una posición colgante sobre una barra transversal, donde se debe procurar tener los brazos rectos antes de comenzar, conllevando cada repetición alcanzar una posición de flexión de brazos con contacto de la barbilla por sobre la barra transversal, siendo cada repetición contabilizada como correcta cuando se logra encadenar este gesto sin generar tirones, balanceos o movimientos de la extremidad inferior. Esta prueba considera el

mayor número de repeticiones logradas en 1 minuto.

- Elevación de piernas en posición colgado (Kemper et al., 2000): Esta prueba busca medir la fuerza resistencia, siendo su ejecución a partir de la posición de colgado sobre una pared de gimnasia, donde al escuchar la orden "¡Ya!", se comienza la prueba levantando ambas piernas hasta tocar la barra, siendo la ejecución de cada repetición correcta al lograr levantar en forma recta las piernas sin doblar los brazos, donde no se debe tener un descanso mayor a 3 segundos en la posición inicial para repetir el ejercicio. Esta prueba considera el mayor número de repeticiones logradas en 1 minuto.

Tamaño muestral

Se contó con la participación de 44 alumnos voluntarios, determinando un tamaño de muestra ideal de 40 participantes con un Intervalo de Confianza (IC) del 95% y un margen de error del 5%.

Aleatorización

La secuencia de aleatorización se creó usando un generador de secuencia aleatoria online (<https://www.alazar.info/generador-de-secuencia-de-numeros-desordenada>). Este proceso fue realizado en forma estratificada por centro a través de una asignación 1:1 utilizando tamaños de bloques equivalentes. Los participantes fueron asignados al azar siguiendo un método simple de aleatorización codificada.

Enmascaramiento

Se llevó a cabo un cegado simple del evaluador, quien prescribió los programas de ejercicio y realizó las evaluaciones del grupo control y experimental sin tener información sobre la correspondencia de cada grupo y participante.

Análisis de datos

Los datos fueron analizados con el software estadístico IBM SPSS Statistics versión 27.0 para sistema operativo Windows. La normalidad en la distribución de datos fue determinada con la prueba de Shapiro-Wilk y la homogeneidad de las varianzas mediante la prueba de Levene, siendo los datos plasmados a través de los descriptivos de tendencia central y dispersión; media, desviación estándar y frecuencia porcentual. Las diferencias entre grupos se evaluaron mediante la prueba T de Student, considerando un análisis inferencial con significancia bilateral ($\alpha = 0,05$) y un tamaño del efecto determinado por la "d" de Cohen (pequeño = 0,2, moderado = 0,5, grande = 0,8).

Resultados

La figura 1 plasma el diseño de la intervención, donde de un total de 44 escolares, 40 cumplieron los criterios de elegibilidad, siendo asignados en forma cegada y aleatoria a un grupo control sometido a un programa de educación física escolar ruso estándar, mientras que los alumnos restantes fueron asignados a un grupo experimental al que se le

aplico un programa de ejercicios para el desarrollo de la fuerza, no existiendo ningún abandono durante el transcurso de la intervención.

En la tabla I se aprecia el análisis de los datos basales, donde se observa una homogeneidad del grupo control y experimental en los indicadores de fuerza ($p > 0,05$) con un tamaño efecto entre pequeño a grande.

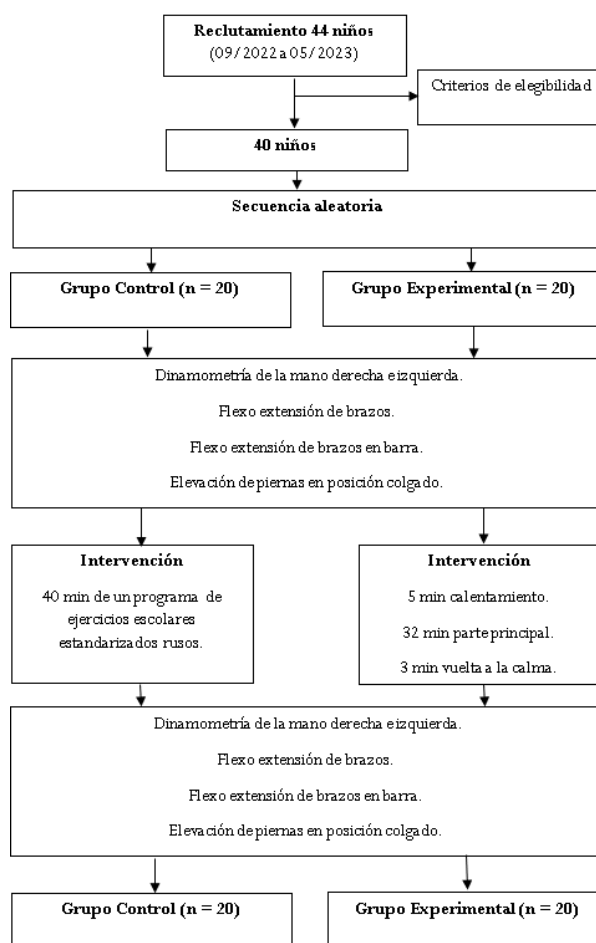


Figura 1. Diagrama de flujo del diseño del estudio.

Tabla 1.

Características iniciales de los indicadores de fuerza de los grupos experimental (n=20) y control (n = 20).

Indicadores	Grupo Experimental	Grupo Control	%	p	d
	$\bar{X} \pm DS$	$\bar{X} \pm DS$			
Dinamometría derecha (kg)	41,0 \pm 1,40	40,3 \pm 1,51	0,53	>0,05	0,48
Dinamometría izquierda (kg)	40,9 \pm 1,35	39,4 \pm 1,39	1,12	>0,05	1,09
Flexo-extensión de brazos en barra (N repeticiones)	9,4 \pm 0,63	8,9 \pm 0,69	0,54	>0,05	0,61
Elevación de piernas colgado (N repeticiones)	11,3 \pm 0,66	12,2 \pm 1,04	0,73	>0,05	1,03
Flexo-extensión de brazos (N repeticiones)	14,6 \pm 0,21	14,7 \pm 0,18	0,44	>0,05	0,51

\bar{X} : Media, DS: Desviación estándar, %: diferencia porcentual, p: valor p, d: tamaño efecto.

La Tabla II reporta los cambios sobre los indicadores de fuerza muscular del grupo experimental, donde se plasma un aumento significativo de la fuerza muscular con un tamaño de efecto grande para todos los indicadores de fuerza muscular ($p < 0,0$; $d > 0,08$).

La Tabla III muestra los cambios sobre los indicadores de fuerza muscular del grupo control, donde solo se aprecia un aumento significativo con tamaño de efecto grande sobre los niveles de fuerza en la dinamometría de la mano derecha

(21,3%; $p < 0,05$; $d = 2,90$) y el número de levantamientos de piernas desde la vis en la pared de gimnasia (15,1%; $p < 0,05$; $d = 4,01$).

En la tabla IV se plasma una comparación entre los grupos experimental y control, donde se aprecia que los resultados del grupo experimental supera significativamente con un tamaño de efecto grande al grupo control en todos los indicadores de fuerza muscular ($p < 0,05$; $d > 0,8$).

Tabla 2.

Cambios en los indicadores de desarrollo de la fuerza en niños de 14 a 16 años del grupo experimental durante el período del experimento (n = 20).

Indicadores	Pre	Post	%	p	d
	$\bar{X} \pm DS$	$\bar{X} \pm DS$			
Dinamometría derecha (kg)	41,0 \pm 1,40	50,0 \pm 1,32	21,9	<0,05	6,61
Dinamometría izquierda (kg)	40,9 \pm 1,35	46,9 \pm 1,07	14,7	<0,05	4,93
Flexo-extensión de brazos en barra (N repeticiones)	9,4 \pm 0,63	13,0 \pm 0,62	38,3	<0,05	5,76

Elevación de piernas colgado (N repeticiones)	11,3 ± 0,66	20,5 ± 1,27	81,4	<0,05	9,09
Flexo-extensión de brazos (N repeticiones)	14,6 ± 0,21	15,8 ± 0,19	5,8	<0,05	5,99

\bar{X} : Media, DS: Desviación estándar, %: diferencia porcentual, p: valor p, d: tamaño efecto.

Tabla 3.

Cambios en los indicadores de desarrollo de la fuerza en niños de 14 a 16 años del grupo de control durante el período del experimento (n = 20).

Indicadores	Pre	Post	%	p	d
	$\bar{X} \pm DS$	$\bar{X} \pm DS$			
Dinamometría derecha (kg)	8,9 ± 0,69	10,8 ± 0,62	21,3	<0,05	2,90
Dinamometría izquierda (kg)	12,2 ± 1,04	12,6 ± 1,12	3,3	>0,05	0,37
Flexo-extensión de brazos en barra (N repeticiones)	14,7 ± 0,18	14,4 ± 0,16	2,1	>0,05	1,76
Elevación de piernas colgado (N repeticiones)	40,3 ± 1,51	46,4 ± 1,53	15,1	<0,05	4,01
Flexo-extensión de brazos (N repeticiones)	39,4 ± 1,39	43,0 ± 1,18	9,1	>0,05	2,79

\bar{X} : Media, DS: Desviación estándar, %: diferencia porcentual, p: valor p, d: tamaño efecto.

Tabla 4.

Análisis comparativo de indicadores de fuerza muscular en niños de 14 a 16 años del grupo experimental (n = 20) y control (n = 20) al final de la intervención.

Indicadores	Grupo experimental	Grupo Control	%	p	d
	$\bar{X} \pm DS$	$\bar{X} \pm DS$			
Dinamometría derecha (kg)	50,0 ± 1,32	46,4 ± 0,53	7,8	<0,05	3,58
Dinamometría izquierda (kg)	46,9 ± 1,07	43,0 ± 1,18	9	<0,05	3,46
Flexo-extensión de brazos en barra (N repeticiones)	13,0 ± 0,62	10,8 ± 0,62	20,4	<0,05	4,71
Elevación de piernas colgado (N repeticiones)	20,5 ± 1,27	12,6 ± 1,12	62,7	<0,05	6,60
Flexo-extensión de brazos (N repeticiones)	13,8 ± 0,19	14,4 ± 0,16	4,3	<0,05	3,42

\bar{X} : Media, DS: Desviación estándar, %: diferencia porcentual, p: valor p, d: tamaño efecto.

Discusión

Este trabajo se planteó como objetivo la finalidad analizar los efectos de un programa de 32 semanas de fuerza muscular sobre estudiantes de entre 14 a 16 años, donde se aprecia una diferencia significativa de todos los parámetros de fuerza del grupo experimental, mientras que grupo control solo mejoro la dinamometría de mano derecha y la elevación de piernas desde la vis.

Estos resultados se pueden atribuir en parte a que la metodología de enseñanza escolar rusa estándar no logro proporciona un desarrollo práctico de las manifestaciones de fuerza muscular, donde los medios y métodos para desarrollar la fuerza en niños mayores son insuficiente producto de la carga académica aumentada, cuyos efectos repercuten directamente sobre la calidad de las clases tradicionales de educación física (Kainov & Kuryerova, 2019; Ten Hoor et al., 2018; Wu et al., 2017). En este contexto, para los escolares es fundamental obtener una generación de estímulos orientados al desarrollo de la fuerza muscular durante el periodo sensible de esta cualidad, donde los ejercicios direccionados al desarrollo de grandes grupos musculares son los que proporcionan mayores efectos sobre la composición corporal y aptitud física en edad escolar (Fuentes-Barría et al., 2021; Tomkinson et al., 2018), siendo este planteamiento sustentado al observar los resultados del grupo experimental, cuyos hallazgos conllevan cambios significativos sobre los cinco indicadores de fuerza muscular valorada sobre diversos grupos musculares.

Del mismo modo, cabe mencionar que a pesar de estos hallazgos los momentos específicos para la generación de intervenciones de fuerza aún son controvertidas, puesto que no se ha logrado aclarar en su totalidad las particularidades de las influencias pedagógicas dirigidas fuera de este rango etario, siendo la existencia de un posible impacto positivo

atribuido al programa estándar para el desarrollo de la fuerza muscular en escolares dependiente de la especificidad y eficacia de los componentes de la carga de entrenamiento como eslabón fundamental, donde la prescripción del trabajo físico en forma circular constituye un elemento importante para el desarrollo de la fuerza, puesto modula la motivación produciendo efectos que permiten aumentar significativamente la densidad e intensidad del entrenamiento ahorrando tiempo sobre el proceso de prescripción de ejercicios (Mayorga-Vega et al., 2013; Seo et al., 2021). Del mismo modo, estos resultados podrían influir a nivel escolar sobre los procesos de adquisición y desarrollo de la riqueza motriz, donde un desarrollo adecuado nivel de fuerza conlleva mayor disponibilidad de recursos energéticos, cuyos efectos se ven expresados en gestos deportivos de mayor eficiencia (Lebon et al., 2010; Cormie et al., 2011)

En cuanto a las limitaciones internas, la falta de un adecuado proceso de calibración del evaluador al momento de realizar las pruebas puede haber afectado la confiabilidad y validez producto de un sesgo de medición. Sin embargo, la utilización de un proceso de aleatorización y cegamiento, además de pruebas físicas ampliamente validadas para la valoración de las diversas manifestaciones de fuerza junto con el tamaño de efecto mostrado en sus resultados, puede haber subsanado en parte esta limitación. Finalmente, si bien estos resultados confirman lo ya ampliamente documentado por la literatura respecto a la gran relevancia práctica de generar estímulos orientados al desarrollo de las diversas manifestaciones de fuerza muscular en edades tempranas, tanto como medio de prevención para diversas patologías como también un método para un adecuado desarrollo motor que asegure un óptimo desempeño en edades adultas (Barnett et al., 2016; Cheng et al., 2019; Drozdowska et al., 2022; Han et al., 2018; Kim et al., 2021; Yu et al., 2018), cabe mencionar que se debe considerar que el presente estudio

se llevó a cabo en una única escuela de la Rusia. Por tanto, la generalización de estos hallazgos a otras poblaciones o contextos podría ser limitada y debe ser tomada con precaución, siendo necesario para futuras investigaciones abordar las limitaciones del presente estudio con objeto de obtener una mejor valoración en intervenciones de similares características.

Conclusión

Un programa de ejercicios destinados al desarrollo de la fuerza muscular durante las lecciones de educación física impartidas a escolares rusos de 14 a 16 años puede mejorar significativamente las diversas manifestaciones de fuerza muscular. No obstante, futuras investigaciones deben considerar ajustar los estímulos físicos para mejorar el proceso de desarrollo de la fuerza durante la educación física escolar.

Conflictos de interés

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Referencias

- Barbosa, C. C. L., Romanzini, C. L. P., Batista, M. B., Fernandes, R. A., Romanzini, M., Kemper, H., Coelho-Silva, M. J., & Ronque, E. R. V. (2020). Neuromuscular fitness in early life and its impact on bone health in adulthood: a systematic review. *Revista paulista de pediatria : orgao oficial da Sociedade de Pediatria de Sao Paulo*, 38, e2019119. <https://doi.org/10.1590/1984-0462/2020/38/2019119>
- Barnett, L. M., Lai, S. K., Veldman, S. L. C., Hardy, L. L., Cliff, D. P., Morgan, P. J., Zask, A., Lubans, D. R., Shultz, S. P., Ridgers, N. D., Rush, E., Brown, H. L., & Okely, A. D. (2016). Correlates of Gross Motor Competence in Children and Adolescents: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports medicine*, 46(11), 1663–1688. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0495-z>
- Beckham, G. K., Olmeda, J. J., Flores, A. J., Echeverry, J. A., Campos, A. F., & Kim, S. B. (2018). Relationship Between Maximum Pull-up Repetitions and First Repetition Mean Concentric Velocity. *Journal of strength and conditioning research*, 32(7), 1831–1837. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002431>
- Chen, M. J., Fan, X., & Moe, S. T. (2002). Criterion-related validity of the Borg ratings of perceived exertion scale in healthy individuals: a meta-analysis. *Journal of Sports Science*, 20(11):873-99. <https://doi.org/10.1080/026404102320761787>
- Cheng, Y. T. Y., Wong, T. K. S., Tsang, W. W. N., Schooling, C. M., Fong, S. S. M., Fong, D. Y. T., Gao, Y., & Chung, J. W. Y. (2019). Neuromuscular training for children with developmental coordination disorder: A randomized controlled trial. *Medicine*, 98(45), e17946. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000017946>
- Comité Nacional de Medicina del Deporte Infantojuvenil (2018). Strength training in children and adolescents: benefits, risks and recommendations]. *Archivos argentinos de pediatria*, 116(6), S82–S91. <https://doi.org/10.5546/aap.2018.s82>
- Cormie, P., McGuigan, M. R., & Newton, R. U. (2011). Developing maximal neuromuscular power: part 2 - training considerations for improving maximal power production. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 41(2), 125–146. <https://doi.org/10.2165/11538500-000000000-00000>
- De Oliveira, V., Arrebola, L., De Oliveira, P., & Yi, L. (2021). Investigation of Muscle Strength, Motor Coordination and Balance in Children with Idiopathic Toe Walking: A Case-control Study. *Developmental neurorehabilitation*, 24(8), 540–546. <https://doi.org/10.1080/17518423.2021.1899326>
- Dooley, F. L., Kaster, T., Fitzgerald, J. S., Walch, T. J., Annandale, M., Ferrar, K., Lang, J. J., Smith, J. J., & Tomkinson, G. R. (2020). A Systematic Analysis of Temporal Trends in the Handgrip Strength of 2,216,320 Children and Adolescents Between 1967 and 2017. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 50(6), 1129–1144. <https://doi.org/10.1007/s40279-020-01265-0>
- Drozdowska, A., Jendrusch, G., Platen, P., Lücke, T., Kersting, M., & Sinning, K. (2022). Dose-Related Effects of Endurance, Strength and Coordination Training on Executive Functions in School-Aged Children: A Systematic Review. *Children*, 9(11), 1651. <https://doi.org/10.3390/children9111651>
- Fuentes-Barría H, Aguilera-Eguía R, & González-Wong C. (2021). Motor skills, physical qualities and sensitive periods in the development schoolchildren. *Andes pediátrica*, 92(6):983-984. <https://doi.org/10.32641/andespediatr.v92i6.4101>
- Fuentes-Barría, H., Urbano-Cerda, S., Aguilera-Eguía, R., Vera-Aguirre, V., & González-Wong, C. (2022). Efectos de 4 semanas de entrenamiento interválico de alta intensidad sobre el balance autonómico en adultos confinados por COVID-19. *Journal of Sport and Health Research*. 14(3):503-510.
- Han, A., Fu, A., Cobley, S., & Sanders, R. H. (2018). Effectiveness of exercise intervention on improving fundamental movement skills and motor coordination in overweight/obese children and adolescents: A systematic review. *Journal of science and medicine in sport*, 21(1), 89–102. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2017.07.001>
- Junqueira, D. R., Zorzela, L., Golder, S., Loke, Y., Gagnier, J. J., Julious, S. A., Li, T., Mayo-Wilson, E., Pham, B., Phillips, R., Santaguida, P., Scherer, R. W., Götzsche, P. C., Moher, D., Ioannidis, J. P. A., Vohra, S., & CONSORT Harms Group (2023). CONSORT Harms 2022 statement, explanation, and elaboration: updated guideline for the reporting of harms in randomised trials. *BMJ (Clinical research ed.)*, 381, e073725. <https://doi.org/10.1136/bmj-2022-073725>
- Lebon, F., Collet, C., & Guillot, A. (2010). Benefits of motor imagery training on muscle strength. *Journal of strength and conditioning research*, 24(6), 1680–1687. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181d8e936>
- Markovic, G., & Mkulic, P. (2010). Neuro-musculoskeletal and performance adaptations to lower-extremity plyometric training. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 40(10), 859–895. <https://doi.org/10.2165/11318370-000000000-00000>
- Marta, C., Marinho, D. A., Barbosa, T. M., Izquierdo, M., & Marques, M. C. (2013). Effects of concurrent training on explosive strength and VO(2max) in prepubescent children. *International journal of sports medicine*, 34(10), 888–896. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1333695>
- Merino-Andrés, J., García de Mateos-López, A., Damiano, D. L., & Sánchez-Sierra, A. (2022). Effect of muscle strength training in children and adolescents with spastic cerebral

- palsy: A systematic review and meta-analysis. *Clinical rehabilitation*, 36(1), 4–14. <https://doi.org/10.1177/02692155211040199>
- Myer, G. D., Jayanthi, N., Difiori, J. P., Faigenbaum, A. D., Kiefer, A. W., Logerstedt, D., & Micheli, L. J. (2015). Sport Specialization, Part I: Does Early Sports Specialization Increase Negative Outcomes and Reduce the Opportunity for Success in Young Athletes?. *Sports health*, 7(5), 437–442. <https://doi.org/10.1177/1941738115598747>
- Kainov, A.N., & Kuryerova, G.I. (2019). Working programs. Physical Culture. Grades 1-11. Comprehensive program of physical education of schoolchildren. *Russia*.
- Kemper, H. C., Twisk, J. W., van Mechelen, W., Post, G. B., Roos, J. C., & Lips, P. (2000). A fifteen-year longitudinal study in young adults on the relation of physical activity and fitness with the development of the bone mass: The Amsterdam Growth And Health Longitudinal Study. *Bone*, 27(6), 847–853. [https://doi.org/10.1016/s8756-3282\(00\)00397-5](https://doi.org/10.1016/s8756-3282(00)00397-5)
- Kim, H. H., An, J. I., & Park, Y. R. (2021). A Prediction Model for Detecting Developmental Disabilities in Preschool-Age Children Through Digital Biomarker-Driven Deep Learning in Serious Games: Development Study. *JMIR serious games*, 9(2), e23130. <https://doi.org/10.2196/23130>
- Owen, C., Till, K., Weakley, J., & Jones, B. (2020). Testing methods and physical qualities of male age grade rugby union players: A systematic review. *PLoS one*, 15(6), e0233796. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0233796>
- Pichardo, A. W., Oliver, J. L., Harrison, C. B., Maulder, P. S., Lloyd, R. S., & Kandoi, R. (2019). Effects of Combined Resistance Training and Weightlifting on Motor Skill Performance of Adolescent Male Athletes. *Journal of strength and conditioning research*, 33(12), 3226–3235. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003108>
- Polevoy, G., Fuentes-Barría, H., Aguilera Eguía, R., Maureira Sánchez, J., Garrido-Osorio, V., & Urbano-Cerda, S. (2024). Efectos de 32 semanas de un programa físico con balón sobre las cualidades físicas en niños rusos de entre 9 a 10 años. Estudio cuasiexperimental no aleatorizado. *Retos*, 52, 240–245. <https://doi.org/10.47197/retos.v52.101547>
- Seo, Y. G., Lim, H., Kim, Y., Ju, Y. S., Choi, Y. J., Lee, H. J., Jang, H. B., Park, S. I., & Park, K. H. (2021). Effects of circuit training or a nutritional intervention on body mass index and other cardiometabolic outcomes in children and adolescents with overweight or obesity. *PLoS one*, 16(1), e0245875. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0245875>
- Sharma, M., & Nahar, V. K. (2018). Promoting physical activity in upper elementary children using multi-theory model (MTM) of health behavior change. *Journal of preventive medicine and hygiene*, 59(4), E267–E276. <https://doi.org/10.15167/2421-4248/jpmh2018.59.4.847>
- Stricker, P. R., Faigenbaum, A. D., McCambridge, T. M., & COUNCIL ON SPORTS MEDICINE AND FITNESS (2020). Resistance Training for Children and Adolescents. *Pediatrics*, 145(6), e20201011. <https://doi.org/10.1542/peds.2020-1011>
- Ten Hoor, G. A., Rutten, G. M., Van Breukelen, G. J. P., Kok, G., Ruiter, R. A. C., Meijer, K., Kremers, S. P. J., Feron, F. J. M., Crutzen, R., Schols, A. M. J. W., & Plasqui, G. (2018). Strength exercises during physical education classes in secondary schools improve body composition: a cluster randomized controlled trial. *The international journal of behavioral nutrition and physical activity*, 15(1), 92. <https://doi.org/10.1186/s12966-018-0727-8>
- Tokizawa, K., Mizuno, M., Hayashi, N., & Muraoka, I. (2006). Cardiovascular responses to static extension and flexion of arms and legs. *European journal of applied physiology*, 97(2), 249–252. <https://doi.org/10.1007/s00421-006-0186-9>
- Wilder, R. P., Greene, J. A., Winters, K. L., Long, W. B., 3rd, Gubler, K., & Edlich, R. F. (2006). Physical fitness assessment: an update. *Journal of long-term effects of medical implants*, 16(2), 193–204. <https://doi.org/10.1615/jlongtermeff-medimplants.v16.i2.90>
- World Medical Association (2013). World Medical Association Declaration of Helsinki: ethical principles for medical research involving human subjects. *JAMA*, 310(20), 2191–2194. <https://doi.org/10.1001/jama.2013.281053>
- Yu, J. J., Burnett, A. F., & Sit, C. H. (2018). Motor Skill Interventions in Children With Developmental Coordination Disorder: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 99(10), 2076–2099.

Datos de los/as autores/as:

Georgiy Polevoy
Héctor Fuentes-Barría
Raul Aguilera Eguía

g.g.polevoy@gmail.com
hectorfuentesbarria@gmail.com
kine.rae@gmail.com

Autor/a
Autor/a
Autor/a