

Selected Papers from Impact

Midiendo la Fuerza Muscular en Jóvenes: Uso del Salto Horizontal como un Índice General de la Aptitud Muscular

Assessing Muscular Strength in Youth: Usefulness of Standing Long Jump as a General Index of Muscular Fitness

José Castro-Piñero^{1,2}, Francisco B. Ortega^{2,3}, Enrique G. Artero³, Maria J. Girela-Rejón⁴, Jesús Mora¹, Michael Sjöström² y Jonatan R. Ruiz²

¹Departamento de Educación Física, Escuela de Educación, Universidad de Cádiz, Puerto Real, España

²Unidad de Nutrición Preventiva, Departamento de Biociencias y Nutrición de NOVUM, Instituto Karolinska, Huddinge, Suiza

³Departamento de Fisiología, Universidad de Granada, España

⁴Departamento de Educación Física, Escuela de Actividad física y Ciencias del Deporte, Universidad de Granada, Granada, España

RESUMEN

El propósito del presente estudio fue examinar la asociación entre las mediciones de fuerza muscular de miembros superiores e inferiores. La población del estudio comprende a 94 jóvenes (45 mujeres) caucásicos sanos entre 6 y 17 años. Los chicos realizaron varios tests de fuerza explosiva del tren inferior (El test de salto horizontal SLJ, de salto vertical el Squat Jump o SJ y salto contramovimiento o CMJ) y tests de fuerza muscular del tren superior (lanzamiento de basquetbol, lagartijas y ejercicios de fuerza isométrica). Las asociaciones entre los tests del estudio fueron analizadas por regresión múltiple. El SLJ (salto horizontal) tuvo una fuerte asociación con otros tests de fuerza muscular de miembros inferiores ($R^2 = 0.829-0.864$), y con los tests de fuerza muscular de miembros superiores ($R^2 = 0.694-0.851$). El test de salto horizontal (SLJ) podría ser considerado, por lo tanto, un índice general de la aptitud muscular en jóvenes. El test de SLJ es práctico, eficiente en cuanto al tiempo, y de bajo costos y requerimientos de equipo.

Palabras Clave: escolares, jóvenes, fuerza muscular, salto horizontal, salto vertical

ABSTRACT

The purpose of the present study was to examine the association among different measures of lower body muscular strength in children, and the association between measures of lower- and upper-body muscular strength. The study

population comprises 94 (45 girls) healthy Caucasian children aged 6-17 years. Children performed several lower body explosive muscular strength tests (i.e., standing long jump [SLJ], vertical jump, squat jump, and countermovement jump) and upper body muscular strength tests (i.e., throw basketball, push-ups, and isometric strength exercises). The association among the study tests was analyzed by multiple regression. The SLJ was strongly associated with other lower body muscular strength tests ($R^2 = 0.829-0.864$), and with upper body muscular strength tests ($R^2 = 0.694-0.851$). The SLJ test might be therefore considered a general index of muscular fitness in youth. The SLJ test is practical, time efficient, and low in cost and equipment requirements.

Keywords: schoolchildren, youth, muscle strength, horizontal jump, vertical jump

INTRODUCCIÓN

El rol de la fuerza muscular como un marcador de salud en adultos (40) y en jóvenes es bien conocido (4,15,39). Estudios longitudinales revelaron que la disminución en la fuerza muscular desde la niñez a la adolescencia está negativamente asociada con cambios en la adiposidad general (23, 47) y que los niveles de la fuerza muscular durante la adolescencia parecen seguir a la adultez (24,29). Tomándolos juntos, estos hallazgos resaltan la importancia de medir la fuerza muscular desde edades tempranas (37).

Varias dimensiones de la fuerza muscular (máxima fuerza isométrica, resistencia muscular, y fuerza explosiva) están incluidas en las baterías de tests de aptitud física más importantes para los jóvenes (3,7,10- 12,41,46). Muchas pruebas fueron desarrolladas para medir estas dimensiones, pero la información provista por cada test es específica sobre una parte del cuerpo o un tipo de fuerza (p.ej la prueba de lagartijas -push ups- mide la resistencia muscular del tren superior, y el test de salto vertical mide la fuerza muscular explosiva del tren inferior). Aún queda para dilucidar si las pruebas de campo que miden la fuerza muscular del tren superior están asociadas con aquellas que miden la fuerza muscular del tren inferior en jóvenes. Recientemente hemos realizado una revisión sistemática sobre la validez de la relación a criterio de los tests de aptitud física de campo en niños y adolescentes (8) y encontramos solo 2 estudios que examinan la asociación entre la fuerza muscular del tren inferior y el tren superior en jóvenes (22,30).

Las pruebas de laboratorio, como la plataforma de fuerza o métodos de video, son herramientas válidas y de mayor precisión para medir la fuerza muscular explosiva del tren inferior. Estas pruebas, sin embargo, tienen varias limitaciones como la necesidad de instrumentos sofisticados y costosos, calificación técnica, movimientos artificiales de poca aplicabilidad, y su uso está limitado a estudios basados en poblaciones, especialmente en el ámbito escolar.

Las pruebas de campo de salto horizontal (SLJ) y test de Sargent (llamado de salto vertical, VJ) son comúnmente usados para medir la fuerza muscular explosiva del tren inferior en jóvenes (7,10,12,41). A pesar del uso generalizado y el asumir que estos tests miden la fuerza muscular explosiva del tren inferior (6,21,27,33), su validez no está clara (14,30). Ha sido argumentado que el test SLJ es muy técnico y depende de factores antropométricos, mecánicos y coordinativos (1,34). La asociación entre el SLJ y el VJ ha sido examinada en adultos jóvenes (1,16,28) y niños y adolescentes (30,36), con resultados contradictorios. Dos test de salto vertical, el test de squat jump (SJ), y el de salto con contramovimiento (CMJ), evaluados por un sistema basado en la medición del tiempo de vuelo, fueron propuestos para evaluaciones de campo de la fuerza muscular explosiva del tren inferior en lugar del test SLJ y el VJ. Ambas pruebas, el SJ y el CMJ tiene validez reportada (17,26,28). Sin embargo, estos tests no parecen ser tan factibles como el SLJ y el VJ, especialmente cuando son usados en ambientes escolares y en estudios poblacionales.

Por cuestiones prácticas, sería de interés conocer mejor cuál/es test(s) es mejor indicador de la fuerza muscular del tren superior, inferior (o ambos). Este test(s) debería ser bajo en costos y en requerimientos de equipos, y debería ser fácilmente administrado a un gran número de personas simultáneamente.

Basado en los hallazgos de 2 revisiones sistemáticas de validez predictiva y relacionada a criterio de pruebas de aptitud física de campo en niños y adolescentes (8, 37), nosotros hipotetizamos que el SLJ es un test válido para evaluar la fuerza muscular del tren inferior y del tren superior en jóvenes. Por lo tanto, el propósito del presente estudio fue examinar la asociación entre el test SLJ y otras pruebas que evalúan la fuerza muscular del tren inferior (es decir el VJ, SJ, y CMJ) y del tren superior (lanzamiento de basquetball, lagartijas -push ups-, y fuerza isométrica) en chicos de edades entre 6 y 17 años. También examinamos la asociación entre los otros tests de fuerza muscular.

MÉTODOS

Aproximación experimental al problema

No está claro si el SLJ es el test de aptitud física de campo más apropiado para evaluar la fuerza muscular del tren inferior en jóvenes. Igualmente, la asociación entre la fuerza muscular del tren inferior y del tren superior en jóvenes, es contradictoria y requiere investigación adicional. Por lo tanto, con el propósito de estudiar si el SLJ está asociado a la fuerza muscular de ambas regiones de cuerpo (miembros inferiores y superiores), condujimos un estudio de corte transversal en niños de 6 a 17 años para determinar (a) la asociación entre el SLJ y otros tests que evalúan la fuerza muscular en miembros inferiores (CMJ, SJ, VJ) y en miembros superiores (lanzamiento de basquetball, push-ups y fuerza isométrica) en chicos de edades entre 6 y 17 años, y (b) la asociación entre las mediciones de la fuerza muscular en miembros inferiores y superiores.

Sujetos

Participaron en este estudio un total de 94 chicos (45 mujeres y 49 varones) sanos voluntarios entre 6 y 17 años (edades del grupo [N]: 6-7 años [15]; 8-9 años [18]; 10-11 años [17]; 12-13 años [16]; 14-15 años [13]; 16-17 años [15]). Todos los chicos eran de descendencia caucásica por al menos 3 generaciones. Todos los participantes eran físicamente activos y estaban involucrados en entrenamientos regulares 3-5 veces semanales en natación, basquetbol o equipos de fútbol. Se dio a los chicos, sus padres y maestros, una descripción verbal completa de la naturaleza y propósito del estudio, y de los riesgos experimentales. Esta información fue también enviada por mail a los padres o supervisores de los niños, y se solicitaron y obtuvieron previo a la investigación, consentimientos escritos de los padres y chicos. Todos los participantes que hubieran sido sometidos a una cirugía de miembros inferiores en los últimos 6 meses o que tuviera actualmente una lesión en miembros inferiores, fueron excluidos de este estudio (n=1). Dos participantes que no realizaron todos los tests, fueron excluidos del análisis. El estudio fue aprobado por la Junta de Revisión para la Investigación de Temas Humanos de la Universidad de Cádiz, España.

Procedimientos

Los participantes fueron asignados aleatoriamente en 6 grupos de 16 personas, y cada grupo fue testeado separadamente en 4 sesiones durante 2 semanas con al menos 2 días de intervalo de descanso. La primera sesión fue con propósitos de familiarización. Los participantes aprendieron y practicaron las técnicas propias de cada prueba de salto, y los investigadores respondieron cada pregunta planteada. La segunda sesión incluyó los tests de SJ y CMJ, medidos con la alfombra de contacto infrarrojo (Ergojump Plus, Biomedic, Barcelona, España) y el test de lanzamiento de basquetball. La tercer sesión incluyó las pruebas de push-ups y fuerza isométrica. La cuarta sesión incluyó los tests de VJ y de SLJ. Se pidió a los participantes que se abstuvieran de realizar ejercicios extenuantes durante la duración del estudio. Antes de testarlos, se pidió a los participantes que realizaran una entrada en calor de 15 minutos que consistía en correr, ejercicios calisténicos y 6 saltos submáximos. Al final de cada sesión los participantes realizaron 10 minutos de ejercicios estáticos de elongación.

Todas las mediciones se condujeron acorde a los protocolos estandarizados (9, 13) e incluyeron las siguientes 7 pruebas: el SLJ, VJ, SJ, y CMJ para evaluar la fuerza muscular explosiva en miembros inferiores; la prueba de lanzamiento de basquetball para evaluar la fuerza muscular explosiva en miembros superiores, el push-ups test para evaluar la fuerza muscular y resistencia muscular en miembros superiores y el test de fuerza isométrica en miembros superiores para evaluar la máxima fuerza isométrica.

Los participantes tuvieron al menos 5 minutos de descanso entre los saltos.

Test de Salto Horizontal. El participante se paró detrás de la línea de partida, con los pies juntos, y dio un salto adelante lo más lejos posible. La distancia se midió desde la línea de despegue hasta el punto más próximo donde la parte posterior del talón aterrizó en una colchoneta o piso no resbaladizo. El test se repitió dos veces, y se registró la mejor distancia (en cm) (9).

- **Salto vertical.** El participante saltó verticalmente lo más alto posible usando brazos y piernas para asistirse en la proyección del cuerpo hacia arriba. La altura del salto se determinó restando la altura alcanzada en posición de parado a la altura alcanzada durante el salto. El test se repitió dos veces y se registró la mejor altura (en cm) (9).
Squat Jump (SJ). El participante se paró con un ángulo de flexión de rodillas de aproximadamente 90°, las manos en la cadera y el torso erecto, y saltó verticalmente lo más alto posible, sin contramovimiento, manteniendo extensión de rodillas en un ángulo de 180° al aterrizar (13). El test se repitió tres veces y se registró la mejor marca.
- **Salto con contramovimiento.** El participante se paró derecho con las rodillas en un ángulo de 180° y las manos

sobre la cadera, y realizó un contramovimiento (CMJ) hasta que las rodillas alcanzaron un ángulo de aproximadamente 90°, inmediatamente saltó verticalmente lo más alto posible, manteniendo extensión de rodillas en un ángulo de 180° al aterrizar (13). El test se repitió tres veces y se registró la mejor marca.

- **Lanzamiento de basquetball.** El participante se paró detrás de la línea de lanzamiento con los pies ligeramente separados, sosteniendo la pelota con sus manos y mirando hacia la dirección donde la pelota iba a ser lanzada. La pelota fue llevada detrás de la cabeza y luego lanzada vigorosamente lo más lejos posible. Se permitieron dos intentos y se registró la mejor marca. Se midió la distancia desde la posición inicial hasta donde aterrizó la pelota. La medición se registró en los 10 cm más cercanos.

Push-ups (lagartijas). El sujeto se levanta del piso con los brazos hasta que los codos se extienden mientras se mantienen extendidas piernas y espalda. La espalda debe mantenerse en una línea recta desde la cabeza hasta los pies durante el test. Luego el participante baja el cuerpo usando los brazos hasta que los codos se flexionan hasta un ángulo de 90° y los brazos están paralelos al suelo. Este movimiento se repite la cantidad de veces posible, finalizando cuando el sujeto se detiene, cuando el sujeto no ejecuta el *push up* completo, o cuando el sujeto no mantiene la posición correcta (9).

- **Fuerza isométrica.** El participante se paró derecho con la cabeza, la espalda y las caderas contra una pared. Se colocó una barra a la altura de los hombros del participante, a 15 cm de distancia. La barra fue inmovilizada, y el participante asumió la posición de ejecución con un agarre por sobre la barra con separación de ancho de hombros. El participante empujó la barra lo más fuertemente posible por 20 segundos. El pico de fuerza fue evaluado con una celda de carga (Globus Ergometer, Globus, Codogno, Italy). El test se repitió dos veces y se registró el mejor puntaje (en Kg).

Índice de masa corporal. Se midió la altura y peso con los sujetos descalzos y vistiendo remera y short. La altura fue evaluada con escala de 0,1 centímetro usando un estadiómetro (Holtain Ltd, Crymmych, Pembs, United Kingdom). El peso fue medido con una escala de 0,1 kg usando Seca scale (Hamburg, Germany). Los instrumentos fueron calibrados para asegurar medidas exactas. El índice de masa corporal (BMI) fue calculado como peso/talla al cuadrado (kg/m²).

Análisis estadístico

Se presentan características de la muestra del estudio con medias y DS por edad y sexo. Las comparaciones entre sexos fueron realizadas por análisis de varianza de 1 vía. Después de un análisis de correlación bivariada, realizamos una regresión múltiple para examinar la asociación entre los tests de fuerza muscular. Los análisis siempre observaron edad e índice de masa corporal como variables de confusión y también al sexo cuando el análisis fue realizado para chicas y chicos en conjunto. Todos los análisis estadísticos fueron realizados usando el Paquete para Ciencias Sociales (SPSS, v. 16.0 para Windows; SPSS Inc, Chicago, IL, USA), y el nivel de significancia fue establecido en $\alpha < 0,05$.

RESULTADOS

La Tabla 1 muestra datos descriptivos de las características antropométricas y fuerza muscular de la muestra del estudio. Los varones fueron más fuertes que las mujeres, excepto en el SLJ y el test de fuerza isométrica.

Tabla 1. Características de la muestra de estudio.*†

	All (n = 94)	Girls (n = 45)	Boys (n = 49)
Age (y)	11.2 (3.0)	11.3 (3.0)	11.2 (3.1)
Height (cm)	148 (18)	147 (17)	149 (20)
Weight (kg)	41.9 (14.1)	40.4 (12.0)	43.3 (15.7)
BMI (kg·m ⁻²)	18.5 (2.7)	18.2 (2.4)	18.8 (2.9)
SLJ (cm)	147 (38)	141 (32)	152 (43)
VJ (cm)	30 (11)	27 (8)†	32 (13)
SJ (cm)	25 (6)	24 (4)‡	26 (7)
CMJ (cm)	26 (7)	25 (5)‡	27 (8)
Throw basketball (m)	8.1 (3.8)	7.1 (2.8)‡	18.1 (7.5)
Push-ups (rep)	12 (11)	6 (5)‡	16 (13)
Isometric strength (kg)	16.8 (6.2)	15.6 (4.4)	18.1 (7.5)

*SJ = squat jump; CMJ = countermovement jump; VJ = vertical jump; SLJ = standing long jump; BMI = body mass index.
†Values are mean (SD).
‡p < 0.05 for sex differences.

La asociación entre los diferentes tests usados para evaluar la fuerza muscular explosiva en miembros inferiores está representada en la tabla 2. Observamos una fuerte asociación entre los tests estudiados después de controlar la edad, sexo y IMC.

Tabla 2. Coeficientes de correlación (r), coeficientes de regresión múltiple no estandarizados (β), error estándar (SE) y coeficientes de determinación (R²) que examinan la asociación entre SLJ, VJ, SJ y CMJ en niños de 6 a 17 años (n = 94).*

Dependent variable	Independent variable	r	β	SE	p	R ²	
All	SLJ†	0.807	SJ	0.260	0.039	<0.001	0.835
			CMJ	0.240	0.038	<0.001	0.829
			VJ	2.134	0.249	<0.001	0.864
VJ†	SJ	0.839	0.092	0.011	<0.001	0.835	
	CMJ	0.863	0.085	0.011	<0.001	0.824	
SJ†	CMJ	0.932	0.830	0.52	<0.001	0.865	
Girls	SLJ‡	0.613	SJ	0.246	0.079	0.003	0.687
			CMJ	0.251	0.070	0.001	0.706
			VJ	2.376	0.474	<0.001	0.761
VJ‡	SJ	0.636	0.069	0.020	0.001	0.880	
	CMJ	0.729	0.066	0.018	0.001	0.693	
SJ†	CMJ	0.849	0.731	0.087	<0.001	0.710	
Boys	SLJ‡	0.883	SJ	0.226	0.049	<0.001	0.901
			CMJ	0.181	0.053	0.001	0.884
			VJ	1.763	0.334	<0.001	0.910
VJ‡	SJ	0.890	0.087	0.017	0.001	0.880	
	CMJ	0.896	0.077	0.018	<0.001	0.864	
SJ†	CMJ	0.952	0.847	0.079	<0.001	0.901	

*SJ = squat jump; CMJ = countermovement jump; VJ = vertical jump; SLJ = standing long jump; BMI = body mass index.
†Analyses are controlled for sex, age, and BMI.
‡Analyses are controlled for age and BMI.

Los resultados no cambiaron sustancialmente cuando los análisis se hicieron por separado en chicas y varones (tabla 2), excepto que las asociaciones se volvieron más débiles en las chicas.

La tabla 3 muestra la asociación entre los tests de fuerza muscular explosiva de miembros inferiores y los tests de fuerza muscular explosiva en miembros superiores.

Tabla 3. Coeficientes de correlación (*r*), coeficientes de regresión múltiple no estandarizados (β), error estándar (*SE*) y coeficientes de determinación (R^2) que examinan la asociación del salto en largo de pie, VJ, SJ y CMJ con la fuerza muscular de la parte superior del cuerpo en niños de 6 años -17 años (*n* = 94).*

TABLE 3. Correlation coefficients (*r*), unstandardized multiple regression coefficients (β), standard error (*SE*), and coefficients of determination (R^2) examining the association of standing broad jump, VJ, SJ, and CMJ with upper body muscular strength in children aged 6–17 years (*n* = 94).*

Dependent variable	Independent variable	<i>r</i>	β	<i>SE</i>	<i>p</i>	R^2	
All	SLJ†	Throw basketball	0.885	5.762	0.826	<0.001	0.851
		Push-ups	0.662	0.240	0.043	<0.001	0.542
		Isometric strength	0.766	78.317	0.468	<0.001	0.694
	VJ†	Throw basketball	0.881	17.273	2.680	<0.001	0.843
		Push-ups	0.699	0.788	0.134	<0.001	0.555
		Isometric strength	0.749	219.381	67.057	0.002	0.680
	SJ†	Throw basketball	0.740	1.850	0.408	<0.001	0.813
		Push-ups	0.706	0.110	0.019	<0.001	0.549
		Isometric strength	0.663	30.944	8.818	0.001	0.685
CMJ†	Throw basketball	0.779	1.708	0.397	<0.001	0.809	
	Push-ups	0.699	0.104	0.018	<0.001	0.543	
	Isometric strength	0.672	24.438	8.603	0.006	0.670	
Girls	SLJ‡	Throw basketball	0.842	4.578	1.028	<0.001	0.792
		Push ups	0.407	0.147	0.043	0.001	0.201
		Isometric strength	0.690	48.559	23.606	0.046	0.597
	VJ‡	Throw basketball	0.803	14.846	4.196	0.001	0.763
		Push ups	0.378	0.490	0.169	0.006	0.145
		Isometric strength	0.574	30.747	92.479	0.741	0.555
	SJ‡	Throw basketball	0.466	0.984	0.680	0.155	0.740
		Push ups	0.481	0.078	0.024	0.002	0.182
		Isometric strength	0.276	-1.782	12.824	0.890	0.554
	CMJ‡	Throw basketball	0.563	0.709	0.628	0.266	0.698
		Push ups	0.548	0.090	0.020	<0.001	0.307
		Isometric strength	0.399	-1.227	11.724	0.917	0.553
Boys	SLJ‡	Throw basketball	0.906	5.761	1.468	<0.001	0.867
		Push ups	0.765	0.223	0.079	0.007	0.564
		Isometric strength	0.806	74.611	38.700	0.052	0.726
	VJ‡	Throw basketball	0.899	15.130	4.252	0.001	0.861
		Push ups	0.764	0.670	0.221	0.004	0.574
		Isometric strength	0.807	236.118	108.454	0.036	0.733
	SJ‡	Throw basketball	0.807	1.642	0.615	0.011	0.845
		Push ups	0.737	0.084	0.031	0.010	0.558
		Isometric strength	0.773	37.586	14.274	0.012	0.476
	CMJ‡	Throw basketball	0.846	0.1664	0.615	0.010	0.846
		Push ups	0.723	0.064	0.032	0.052	0.528
		Isometric strength	0.753	27.042	14.448	0.059	0.725

*SJ = squat jump; CMJ = countermovement jump; VJ = vertical jump; SLJ = standing long jump; BMI = body mass index.

†Analyses are controlled for sex, age, and BMI.

‡Analyses are controlled for age and BMI.

Observamos una asociación moderada a alta entre los test de fuerza en miembros inferiores controlando la edad, sexo y IMC. Las asociaciones se volvieron más fuertes en varones cuando el análisis se realizó separadamente por sexo, mientras que la asociación entre miembros superiores e inferiores fue un poco más débil, pero significativa, en mujeres.

Sobre todo, observamos que ambos, el SLJ y el VJ estuvieron fuertemente asociados a los tests de fuerza muscular en

miembro superiores, mientras que las asociaciones del SJ y el CMJ con la fuerza muscular en miembro superiores fueron un poco más débiles.

DISCUSIÓN

El principal objetivo del presente estudio fue determinar si el SLJ es un test válido para evaluar la fuerza muscular en miembros inferiores y superiores en jóvenes. Para este propósito, examinamos la asociación entre el SLJ y otros tests de fuerza muscular, y las asociaciones entre los tests de fuerza de miembros inferiores con los de miembros superiores. Los resultados indican que los tests estudiados de fuerza muscular explosiva de miembros inferiores se asociaron fuertemente entre ellos y que hubo una asociación significativa entre los tests de fuerza explosiva en miembros inferiores y los tests de fuerza de miembros superiores. Entre todos los tests estudiados, el SLJ mostró la asociación más fuerte con los otros tests de fuerza muscular de miembros inferiores ($R^2 = 0,829-0,864$), y con los tests de fuerza muscular de miembros superiores ($R^2 = 0,694-0,851$).

Los coeficientes de correlación entre todos los tests de fuerza muscular explosiva de miembros inferiores variaron entre 0.81 y 0.93. Del mismo modo, los resultados del análisis de regresión múltiple indicaron que todos los tests estuvieron significativamente asociados entre ellos, después del ajuste de edad, sexo, e IMC, con una R^2 en un rango de 0.829 a 0.864. Varios estudios encontraron una correlación significativa ($r = 0,76-0,88$) entre el SLJ y el test de VJ (16,28,35), mientras que otros no (1). Nuestros resultados coinciden con los reportados por Rosser y col. (36), mientras que Milliken y col. (30) reportaron una asociación débil entre los tests SLJ y VJ (0.70) en niños de edades entre 7 y 12 años. Ellos también mostraron que el SLJ predice la fuerza muscular de miembros inferiores (medida con 1 repetición máxima en prensa de piernas) mejor que el test de VJ.

El hallazgo que el test SJ está asociado ligeramente más fuerte al CMJ que a los otros tests de fuerza explosiva de miembros inferiores, podría ser porque el efecto del preestiramiento en el CMJ fue subestimado, y también, como una consecuencia de usar el mismo tipo de salto (sin usar los brazos) y el mismo equipamiento para evaluar los saltos. La diferencia media entre el SJ y el CMJ fue de solo 1 cm, lo que sugiere que el efecto del preestiramiento no tomó ventaja, o que existe algún preestiramiento no detectado en el SJ. De hecho, esto puede apoyar la idea de que estos tests están basados en movimientos antinaturales y que no son fáciles de realizar en personas jóvenes.

Observamos también que el test SLJ se asoció más fuertemente con el VJ que con los otros 2 tests de fuerza explosiva de miembros inferiores. Ambos tests usan un balanceo natural de brazos con contramovimiento para mejorar la ejecución del salto. Diferentes estudios mostraron que en el test VJ, el balanceo de brazos contribuye de un 8 a un 14% en la altura del salto (19,43), y en el SLJ, contribuye un 21.2% en la distancia del salto (2).

El presente estudio también informó una asociación significativa entre las medidas de fuerza muscular de miembros inferiores y las de miembros superiores. Los tests de fuerza explosiva de miembros inferiores, especialmente el SLJ, mostraron una fuerte asociación con el test de lanzamiento de basketball. Milliken y col. (30) informaron asociaciones significativas entre los tests de fuerza explosiva de miembros inferiores y el test de presión manual, el de 1 repetición máxima en prensa de piernas, y press de pecho en chicos de 7 a 12 años. Se mostraron asociaciones similares entre la prueba de CMJ y la fuerza muscular explosiva de miembros superiores en adultos (22,44). En contraste, Gorostiaga y col. (18) no encontró ninguna asociación entre el test CMJ y el test de lanzamiento de handball, aun así, ellos mostraron que la velocidad de la pelota, y en consecuencia el puntaje del test (distancia), de un equipo de handball de clase mundial en un lanzamiento con carrera de 3 pasos, depende de las capacidades de rendimiento de la potencia en extremidades superiores e inferiores. Asimismo, Stockbrugger y Haennel (44) sugirieron que el bajo rendimiento durante los movimientos multidimensionales podría deberse a una cualitativa deficiencia en cómo es generada y transferida la fuerza muscular y la potencia de miembros inferiores durante los movimientos multidimensionales más complejos.

Son escasos los estudios que examinan la asociación entre las mediciones de fuerza muscular de miembros superiores e inferiores en jóvenes. En adultos, la relación entre la fuerza isométrica y la fuerza explosiva es contradictoria. Algunos estudios informan asociaciones (22,45,50) mientras que otros no (31,48,49). Son necesarios estudios adicionales para entender mejor estas asociaciones.

El test de salto vertical es más usado que el SLJ para evaluar la fuerza muscular explosiva de miembros inferiores en entornos de laboratorio. En adición, el uso de las pruebas de SJ y CMJ en el campo se ha incrementado en los últimos años. Está argumentado que los altos nivel de técnica que requiere el SLJ, y la influencia de los factores antropométricos, como la altura y el peso, podría ser de mayor importancia para el resultado que la fuerza explosiva alcanzada por el participante (1,50). Sin embargo, el SLJ es un salto natural y está presente en muchos juegos y deportes, es fácil de ejecutar, es

factible, y puede ser usado en estudios epidemiológicos y en ámbitos escolares (33,38).

La prueba de salto vertical (VJ) también presenta varios problemas técnicos. El VJ es una combinación compleja de potencia explosiva de piernas, coordinación brazos-piernas y la habilidad del participante para contactar la pared en el pico del salto (26,28). Además, el entrenamiento de los músculos flexores del hombro y de cadera mejoran el rendimiento en el VJ en ausencia de cambios en la función explosiva de las piernas de despegue (50).

El uso del tiempo de vuelo para evaluar la altura del salto de las pruebas de SJ y CMJ tiene un importante requerimiento: la configuración del cuerpo en el despegue y aterrizaje debe ser idéntica, unido a que el desplazamiento del centro de gravedad debe ser vertical (5). Por esto, es necesario un proceso de aprendizaje. En efecto, Kibele (25) encontró que evaluar la altura del salto con este método implica un cierto error (2 ± 0.3 cm) que fue atribuido a los ángulos diferentes de la rodilla y tobillo durante las fases de despegue y aterrizaje (20).

Estudios de confiabilidad han mostrado coeficientes de confiabilidad altos para los test SLJ (0.83-0.99) y VJ (0.93) (42). En personas de edad universitaria, los test de SJ y CMJ mostraron una alta confiabilidad, con coeficientes de correlación interclase que van desde 0.94 a 0.99 (19,28). Ortega y col. (32) presentó una confiabilidad aceptable en los tests de SLJ, SJ y CMJ, al usar las gráficas de Bland-Altman.

El tamaño de la muestra relativamente bajo, y la falta de información sobre el estado puberal, es una limitación de nuestro estudio. En el presente estudio observamos que los chicos tienen algunas dificultades para realizar correctamente tanto la prueba de SJ como la de CMJ. Algunas dificultades son inherentes a estas pruebas como el problema de mantener las rodillas extendidas en el momento del aterrizaje, saltar sin hacer contramovimiento, o saltar sin balanceo de brazos.

En conclusión, hubo una fuerte asociación entre todas las pruebas de fuerza muscular explosiva de miembros inferiores y entre las pruebas de fuerza explosiva del tren inferior y las pruebas de fuerza muscular del tren superior. De las pruebas evaluadas en el presente estudio, el SLJ mostró la asociación más fuerte con las otras pruebas para evaluar la fuerza muscular en tren inferior y superior. Estos hallazgos junto a los de estudios previos (30), y debido a que el test SLJ es práctico, eficiente en el tiempo, de bajo costo y requerimientos de equipo, muestra que el test de SLJ podría ser considerado como un índice general de la aptitud muscular en jóvenes.

APLICACIONES PRÁCTICAS

Los resultados de este estudio indican que el test de SLJ está fuertemente asociado con otras pruebas que evalúan la fuerza muscular tanto en el tren superior como en el tren inferior. Basado en estos resultados, y en el hecho de que la prueba de SLJ es práctica, eficiente en el tiempo, y de bajo costos y requerimientos de equipamiento, creemos que este test podría ser considerado como un índice general de la aptitud muscular tanto del tren superior como inferior en jóvenes.

Agradecimientos

El estudio fue financiado por el Centro Andaluz de Medicina del Deporte; El Consejo Sueco para la Vida Laboral e Investigación Social; La Fundación Sueca Corazón-Pulmón; El Ministerio de Educación de España; Unión Europea en el marco del Programa de Salud Pública.

REFERENCIAS

1. Aguado, X, Izquierdo, M, and Montesinos, JL. (1997). Kinematic and kinetic factors related to the standing long jump performance. *J Hum Mov Studies* 32: 157-169
2. Ashby, BM and Heegaard, JH. (2002). Role of arm motion in the standing long jump. *J Biomech* 35: 1631-1637.
3. Australian Council for Health Physical Education and Recreation (ACHPER). (1996). Handbook for the Australian Fitness Education Award Manual. *South Australia, Australia: ACHPER Publications.*
4. Benson, AC, Torode, ME, and Singh, MA. (2006). Muscular strength and cardiorespiratory fitness is associated with higher insulin sensitivity in children and adolescents. *Int J Pediatr Obes* 1: 222-231.
5. Bosco, C, Luhtanen, P, and Komi, PV. (1983). A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 50: 273-282.
6. Bovet, P, Auguste, R, and Burdette, H. (2007). Strong inverse association between physical fitness and overweight in adolescents: A

- large school-based survey. *Int J Behav Nutr Phys Act* 4: 24.
7. Canadian Society for Exercise Physiology (CSEP). (2003). The Canadian Physical Activity, Fitness & Lifestyle Approach (CPAFLA): CSEPHHealth & Fitness Program's Health-Related Appraisal and Counselling Strategy. *Ottawa, Canada: CSEP*.
 8. Castro-Pinero J, Artero EG, Espana-Romero V, Ortega FB, Sjostrom M, Suni J, and Ruiz JR. (2009). Criterion-related validity of field-based fitness tests in youth: A systematic review. *Br J Sports Med* 2009 Apr 12. [Epub ahead of print].
 9. Castro-Pinero J, Gonzalez-Montesinos JL, Mora J, Keating XD, Girela-Rejon MJ, Sjostrom M, and Ruiz JR. (2009). Percentile Values for Muscular Strength Field Tests in Children Aged 6 to 17 Years: Influence of Weight Status. *J Strength Cond Res* 23: 2295-2310.
 10. China's National Sports and Physical Education Committee. (1990). The national fitness testing methods. *Beijing: Author*.
 11. Cooper Institute for Aerobics Research. (2004). The Prudential Fitnessgram: Test administration manual. *Champaign, IL: Human Kinetics*.
 12. Council of Europe Committee for the Development of Sport. (1993). EUROFIT: Handbook for the EUROFIT Tests of Physical Fitness. *Strasbourg, France: Council of Europe*.
 13. Enoksen, E, Tonnessen, E, and Shalfawi, S. (2009). Validity and reliability of the Newtest Powertimer 300-series(R) testing system. *J Sports Sci* 27: 77-84.
 14. Fjortoft, I. (2000). Motor fitness in pre-primary school children: The EUROFIT motor fitness test explored on 5-7-year-old children. *Pediatr Exerc Sci* 12: 424-436.
 15. Garcia-Artero, E, Ortega, FB, Ruiz, JR, Mesa, JL, Delgado, M, Gonzalez-Gross, M, Garcia-Fuentes, M, Vicente-Rodriguez, G, Gutierrez, A, and Castillo, MJ. (2007). Lipid and metabolic profiles in adolescents are affected more by physical fitness than physical activity (AVENA study). *Rev Esp Cardiol* 60: 581-588.
 16. García-López, J and Herrero-Alonso, JA. (2005). Variables cinéticas de la batida relacionadas con el rendimiento del salto horizontal a pies juntos. *Biomecánica* 12: 61-70.
 17. García-López, J, Peleteiro, J, Rodríguez-Marroyo, JA, Morante, JC, Herrero, JA, and Villa, JG. (2005). The validation of a new method that measures contact and flight times during vertical jump. *Int J Sports Med* 26: 294-302.
 18. Gorostiaga, EM, Granados, C, Ibanez, J, and Izquierdo, M. (2005). Differences in physical fitness and throwing velocity among elite and amateur male handball players. *Int J Sports Med* 26: 225-232.
 19. Harman, EA, Rosenstein, MT, Frykman, PN, and Rosenstein, RM. (1990). The effects of arms and countermovement on vertical jumping. *Med Sci Sports Exerc* 22: 825-833.
 20. Hatze, H. (1998). Validity and reliability of methods for testing vertical jumping performance. *J Appl Biomech* 14: 127-140.
 21. Huang, YC and Malina, RM. (2007). BMI and health-related physical fitness in Taiwanese youth 9-18 years. *Med Sci Sports Exerc* 39: 701-708.
 22. Ikeda, I, Kijima, K, Kawabata, K, Fuchimoto, T, and Ito, A. (2007). Relationship between side medicine-ball throw performance and physical ability for male and female athletes. *Eur J Appl Physiol* 99: 47-55.
 23. Janz, KF, Dawson, JD, and Mahoney, LT. (2002). Increases in physical fitness during childhood improve cardiovascular health during adolescence: The Muscatine Study. *Int J Sports Med* 23: S15-S21.
 24. Kemper, HC, De Vente, W, Van Mechelen, W, and Twisk, JW. (2001). Adolescent motor skill and performance: Is physical activity in adolescence related to adult physical fitness? *Am J Hum Biol* 13: 180-189.
 25. Kibele, A. (1998). Possibilities and limitations in the biomechanical analysis of countermovement jumps: A methodological study. *J Appl Biomech* 14: 105-117.
 26. Leard, JS, Cirillo, MA, Katsnelson, E, Kimiatek, DA, Miller, TW, Trebincevic, K, and Garbalosa, JC. (2007). Validity of two alternative systems for measuring vertical jump height. *J Strength Cond Res* 21: 1296-1299.
 27. Malina, RM, Beunen, GP, Classens, AL, Lefevre, J, Vanden Eynde, BV, Renson, R, Vanreusel, B, and Simons, J. (1995). Fatness and physical fitness of girls 7 to 17 years. *Obes Res* 3: 221-231.
 28. Markovic, G, Dizdar, D, Jukic, I, and Cardinale, M. (2004). Reliability and factorial validity of squat and countermovement jump tests. *J Strength Cond Res* 18: 551-555.
 29. Mikkelsen, LO, Nupponen, H, Kaprio, J, Kautiainen, H, Mikkelsen, M, and Kujala, UM. (2006). Adolescent flexibility, endurance strength, and physical activity as predictors of adult tension neck, low back pain, and knee injury: A 25 year follow up study. *Br J Sports Med* 40: 107-113.
 30. Milliken, LA, Faigenbaum, AD, Loud, RL, and Westcott, WL. (2008). Correlates of upper and lower body muscular strength in children. (2008). *J Strength Cond Res* 22: 1339-1346.
 31. Murphy, AJ and Wilson, GJ. (1996). Poor correlations between isometric tests and dynamic performance: Relationship to muscle activation. *Eur J Appl Physiol* 73: 353-357
 32. Ortega, FB, Artero, EG, Ruiz, JR, Vicente-Rodriguez, G, Bergman, P, Hagstromer, M, Ottevaere, C, Nagy, E, Konsta, O, Rey-Lopez, JP, Polito, A, Dietrich, S, Plada, M, Beghin, L, Manios, Y, Sjostrom, M, and Castillo, MJ. (2008). Reliability of health-related physical fitness tests in European adolescents. *The HELENA Study. Int J Obes (Lond)* 32: S49-S57
 33. Ortega, FB, Ruiz, JR, Castillo, MJ, Moreno, LA, Gonzalez-Gross, M, Warnberg, J, and Gutierrez, A. (2005). Low level of physical fitness in Spanish adolescents. *Relevance for future cardiovascular health (AVENA study). Rev Esp Cardiol* 58: 898-909
 34. Pandy, MG. Optimal muscular coordination strategies for jumping. (2006). *J Biomech* 24: 1-10, 1991.
 35. Peterson, MD, Alvar, BA, and Rhea, MR. (2006). The contribution of maximal force production to explosive movement among young collegiate athletes. *J Strength Cond Res* 20: 867-873
 36. Rosser, T, Müller, L, Lüthy, F, and Vogt, M. (2008). Basis tests SUISSE Sport Test Concept: Validation of a sport motoric basic test battery for school sports and young talent sports. *Schweiz Z Sportmed Sporttraumatol* 56: 101-111
 37. Ruiz JR, Castro-Pinero J, Artero EG, Ortega FB, Sjostrom M, Suni J, and Castillo MJ. (2009). Predictive validity of health-related fitness in youth: a systematic review. *Br J Sports Med* 43: 909-923.
 38. Ruiz, JR, Ortega, FB, Gutierrez, A, Sjostrom, M, and Castillo, MJ. (2006). Health-related physical fitness assessment in childhood and adolescence; A European approach based on the AVENA, EYHS and HELENA studies. *J Public Health* 14:

269-277.

39. Ruiz, JR, Ortega, FB, Wärnberg, J, Moreno, LA, Carrero, JJ, Gonzalez-Gross, M, Marcos, A, Gutierrez, A, and Sjostrom, M. (2008). Inflammatory proteins are associated with muscle strength in adolescents; the AVENA study. *Arch Pediatr Adolesc Med* 162: 1-7.
40. Ruiz, JR., Sui, X, Lobelo, F, Morrow, JR Jr, Jackson, AW, Sjostrom, M, and Blair, SN. (2008). Association between muscular strength and mortality in men: Prospective cohort study. *BMJ* 337: a439.
41. Russell, DG, Isaac, A, and Wilson, PG. (1989). New Zealand Fitness Test Handbook. *Wellington, New Zealand: Department of Education.*
42. Safrit, MJ. (1995). Introduction to Measurement in Physical Education and Exercise Science. *Hightown, NJ: McGraw Hill.*
43. Slinde, F, Suber, C, Suber, L, Edwen, CE, and Svantesson, U. (2008). Test- retest reliability of three different countermovement jumping tests. *J Strength Cond Res* 22: 640-644.
44. Stockbrugger, BA and Haennel, RG. (2003). Contributing factors to performance of a medicine ball explosive power test: A comparison between jump and nonjump athletes. *J Strength Cond Res* 17: 768-774.
45. Stone, MH, Sanborn, K, O'Bryant, HS, Hartman, M, Stone, ME, Proulx, C. (2003). Ward, B, and Hruby, JB, and Hruby, J. *Maximum strength-power-performance relationships in collegiate throwers. J Strength Cond Res* 17: 739-745.
46. The President 's Council on Physical Fitness and Sports. (2007). The President 's Challenge: The Health Fitness Test. Available at: [http:// www.presidentschallenge.org/educators/program_details/health_fitness_test.aspx](http://www.presidentschallenge.org/educators/program_details/health_fitness_test.aspx). Accessed 4 October.
47. Twisk, JW, Kemper, HC, and Van Mechelen, W. (2000). Tracking of activity and fitness and the relationship with cardiovascular disease risk factors. *Med Sci Sports Exerc* 32: 1455-1461.
48. Viitasalo, JT, Häkkinen, K, and Komi, PV. (1981). Isometric and dynamic force production and muscle fibre composition in man. *J Hum Mov Stud* 7: 199-209.
49. Wilson, GJ and Murphy, AJ. (1996). The use of isometric tests of muscular function in athletic assessment. *Sports Med* 22: 19-37.
50. Young, WB, McLean, B, and Ardagna, J. (1995). Relationship between strength qualities and sprinting performance. *J Sports Med Phys Fitness* 35: 13-19.

Cita Original

Castro-Piñero, J., Ortega, F. B., Artero, E. G., Girela-Rejón, M. J., Mora, J., Sjöström, M., Ruiz, J. R. (2010). Assessing muscular strength in youth: usefulness of standing long jump as a general index of muscular fitness. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(7), 1810-1817. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181ddb03d