

CAPACIDAD DE SALTO Y AMORTIGUACIÓN EN ESCOLARES DE PRIMARIA

JUMPING AND LANDING PERFORMANCE IN SCHOOL-AGED CHILDREN

RESUMEN

Objetivo: El propósito de este estudio ha sido analizar las diferencias en un grupo de escolares según el sexo, la edad y el peso, en la cinética de la amortiguación del test de salto con contramovimiento y ver si guardan relación con la altura del salto y potencia en la batida.

Metodología: Se analizaron los saltos de 57 niños (edad = 9.3 ± 0.9 años) y 45 niñas (edad = 9.2 ± 1.0 años) de 3º, 4º y 5º de primaria mediante plataforma de fuerzas.

Resultados: Se encontraron diferencias significativas entre cursos en la altura del salto (3º = 15.9 ± 2.5 cm; 4º = 17.0 ± 3.1 cm; 5º = 20.9 ± 4.1 cm) y en el pico de potencia (3º = 33.2 ± 3.9 W/kg; 4º = 34.7 ± 3.9 W/kg; 5º = 41.5 ± 5.0 W/kg), sin diferencias significativas entre sexos. Los sujetos sin sobrepeso obtuvieron mayores alturas de salto y picos de potencia en la batida ($p < 0.001$). No se encontraron diferencias significativas en el segundo pico de fuerza de reacción vertical durante la amortiguación de la caída (F2) entre los sujetos sin sobrepeso y el resto de sujetos, probablemente porque los primeros saltaban más que quienes tenían sobrepeso u obesidad (18.9 ± 3.9 cm y 15.5 ± 2.7 cm, respectivamente). No aparecieron correlaciones entre altura del salto y F2, lo que indica que independientemente de la altura desde la que se caiga, se podrían conseguir valores bajos en F2.

Conclusiones: La ausencia de relaciones significativas entre la potencia en la batida y el pico de fuerza en la fase de amortiguación sugieren que la habilidad para amortiguar correctamente en escolares es independiente de la fuerza explosiva. Las diferencias en fuerza explosiva entre niños con sobrepeso y sin él no se tradujeron en diferencias en la fase de amortiguación, probablemente por las distintas alturas desde las que caían.

Palabras clave: Biomecánica. Plataforma de fuerzas. Fuerzas de reacción verticales. Salto con contramovimiento. Sobrepeso. Obesidad.

SUMMARY

Purpose: The purpose of this study was to analyze the differences in the kinetics of the landing phase of a counter-movement jump in a group of school-aged children, according to their gender, age and level of overweight. A secondary purpose was to analyze the relationships between the landing phase and the jump height and peak power during the push-off phase.

Methodology: We analyzed the jumps of 57 boys (age = 9.3 ± 0.9 years) and 45 girls (age = 9.2 ± 1.0 years) from the 3rd, 4th and 5th courses of the primary school with force platform.

Results: There were significant differences among courses in the jump height (3rd = 15.9 ± 2.5 cm; 4th = 17.0 ± 3.1 cm; 5th = 20.9 ± 4.1 cm) and in the peak power (3rd = 33.2 ± 3.9 W/kg; 4th = 34.7 ± 3.9 W/kg; 5th = 41.5 ± 5.0 W/kg), but not between genders. The children without overweight showed greater jump height and peak power ($p < 0.001$). There were no significant differences in the second peak vertical force value during the landing movement (F2) between the subjects without overweight and the others, probably because the children without overweight performed higher jumps than those with overweight and obesity (18.9 ± 3.9 cm and 15.5 ± 2.7 cm, respectively). There were no significant correlations between jump height and F2, which would point out that the children can perform landings with low F2 values regardless of the landing height.

Conclusions: The lack of significant relationships between the power during the push off phase and the peak force value during the landing phase suggest that the ability to perform soft landings does not depend on the explosive force. The differences in explosive force in the children with and without overweight were not found in the landing phase, probably because of the lower jump heights reached by the children with overweight.

Key Words: Biomechanics. Force Platform. Vertical Ground Reaction Forces. Counter Movement Jump. Overweight. Obesity.

Jacobo
A. Rubio

Javier
Abián

Luis M.
Alegre

Amador
J. Lara

Almudena
Miranda

Xavier
Aguado

Facultad
de Ciencias del
Deporte
Universidad
de Castilla
La Mancha
Campus
Tecnológico
Antigua
Fábrica
de Armas
Toledo

CORRESPONDENCIA:

Xavier Aguado Jódar
Facultad de Ciencias del Deporte. Avda. Carlos III s/n. 45071. Toledo. E-mail: xavier.aguado@uclm.es

Aceptado: 23-03-2007 / Original nº 528

INTRODUCCIÓN

El salto, en sus numerosas variedades, es una habilidad básica que realizan habitualmente los niños en muchos juegos. Los profesores de educación física, entrenadores e investigadores también lo usan como test de evaluación de la fuerza. Finalmente, en muchos deportes como el voleibol, el baloncesto y el balonmano, el salto también está presente. Así, los niños pueden estar realizando saltos durante sus juegos, en el deporte y las actividades, incluyendo tests, de las clases de educación física.

Diferentes autores muestran resultados de tests de salto vertical en niños, usando variados sistemas de medida entre los que no abundan las plataformas de fuerza (Tabla 1). No obstante, con las plataformas de fuerza se puede estudiar de forma más precisa la altura del salto, además de obtener de forma directa diferentes variables de la batida, como la potencia mecánica e incluso el impacto contra el suelo durante la fase de amortiguación.

A pesar de que algunos autores afirman que el salto (con unas fuerzas de reacción de 8 BW [veces el peso corporal] durante la caída) es un método eficaz, seguro y simple para mejorar la masa ósea de la cadera y de la espina dorsal en niños⁶, diferentes autores han descrito durante la caída del salto un riesgo de lesión asociado a la técnica de amortiguación. Hay que tener en cuenta que el 58% de las lesiones que se dan en deportes como

el baloncesto en adultos, se producen durante el aterrizaje del salto⁷. El mayor grado de tensión sobre el ligamento cruzado anterior (ACL) durante la amortiguación de un salto sucede en torno a los 0.040 s, momento cercano al del segundo pico de fuerza de reacción vertical de la amortiguación (F2), asociándose valores más altos de F2 con un mayor riesgo de lesión del ACL⁸. Hewett, *et al.*⁹, reforzando lo anterior, encontraron valores de F2 superiores en un 20% en quienes posteriormente tuvieron lesiones del ACL, estudiando longitudinalmente a lo largo de 2 temporadas a 205 mujeres que practicaban fútbol y baloncesto. Aunque existen 3 picos de fuerza característicos en la amortiguación de una caída^{10,11} en nuestro estudio solo hemos considerado F2 debido a que su valor es de 2 a 3 veces superior a los otros 2. Al contrario de lo que sucede con F2, en la bibliografía no se relaciona ni el primero ni el tercer pico de fuerza y los instantes en los que se producen con riesgo de lesión.

La técnica del salto adquiere un papel importante, pues a través de ella se pueden mitigar las fuerzas de reacción verticales en la caída y de esta manera es probable que se pueda reducir el riesgo de lesión^{12,13}. Mediante una intervención en la técnica (dando instrucciones sobre la forma de caer) se han logrado disminuir las fuerzas de reacción vertical en la amortiguación del salto en niños^{14,15} y adolescentes¹⁶⁻¹⁸.

En la actualidad, existe una tendencia a engordar en los países desarrollados, asociada a un aumen-

Autor	Año	Nº sujetos	Edad Años (SD)	Altura de salto cm (SD)
Vicente-Rodríguez, <i>et al.</i> ¹	2003	53 niños activos	9.3 (0.2)	18.0 (1.0)
		51 niños sedentarios	9.3 (0.2)	17.0 (1.0)
Ara, <i>et al.</i> ²	2004	51 niños activos	9.5 (1.6)	18.2 (3.7)
		63 niños sedentarios	9.3 (1.5)	17.2 (3.6)
León y González ³	2004	75 niños	entre 8 y 10	21.8 (3.8)
			entre 10 y 12	24.7 (3.1)
		75 niñas	entre 8 y 10	20.3 (2.4)
			entre 10 y 12	22.7 (3.2)
McKay, <i>et al.</i> ⁴	2005	36 niños	10.2 (0.7)	25.8 (5.3)
		34 niñas	10.2 (0.8)	22.6 (5.3)
Ara, <i>et al.</i> ⁵	2006	27 niños activos	9.3 (1.6)	18.8 (4.0)
		16 niños sedentarios	9.5 (1.0)	18.6 (4.1)

TABLA 1.
Algunos trabajos recientes que han estudiado el salto vertical con contramovimiento en niños usando plataformas de fuerzas [media (desviación estándar)]

to del sedentarismo y a determinadas dietas, de la que no se escapa Europa¹⁹. Se ha estimado que un 19% de los niños de 5 años del Reino Unido tienen sobrepeso y un 7% obesidad²⁰. Entre 1998 y el 2000 se determinó en la población infantil española que el 26.3% tenían sobrepeso y el 13.9% eran obesos²¹. Los niños y adolescentes que tienen sobrepeso poseen un mayor riesgo de fractura, problemas musculoesqueléticos y peor movilidad²². Existen complicaciones ortopédicas asociadas al sobrepeso, pues el hueso no está “diseñado” para cargar el exceso de peso²³. Cabe esperar que el sobrepeso sea un problema mayor cuando la persona que lo padece realice movimientos que supongan importantes recorridos del centro de gravedad (CG) en el eje vertical, más aún si existe pérdida de contacto de los pies con el suelo, como por ejemplo en los saltos verticales. Biskanaki, *et al.*²⁴ realizaron una prueba de salto vertical en una población de niños, con y sin sobrepeso. Al realizar una comparación según grupos del mis-

mo sexo obtuvieron que los niños sin sobrepeso mostraban mayores alturas de salto y los autores atribuían a quienes tenían sobrepeso peores resultados en las habilidades motoras.

El propósito de este estudio ha sido analizar las diferencias según el sexo, la edad y el peso en la cinética de la amortiguación del test de salto con contramovimiento (CMJ) y ver si guardan relación con la altura del salto y potencia en la batida de escolares de 3º, 4º y 5º de primaria.

MATERIAL Y MÉTODOS

Sujetos

Tomaron parte en el estudio 102 sujetos, escolares de 3º, 4º y 5º de primaria (57 niños y 45 niñas) cuyas características descriptivas se pueden ver en la Tabla 2.

	Sexo	Curso	n	Edad (años)	Estatura (cm)	Peso (kg)	IMC (kg•m ⁻²)	Grasa (%)	FFM (kg)	Sobrepeso (%)	Obesidad (%)
Niñas		3º	18	8.3 (0.5)	133.2 (4.9)	31.4 (7.7)	17.5 (3.5)	31.2 (4.4)	21.3 (3.5)	11.1	11.1
		4º	13	9.1 (0.3)	139.7 (5.3)	37.7 (6.0)	19.3 (2.4)	34.1 (4.1)	24.6 (2.7)	38.5	7.7
		5º	14	10.5 (0.5)	147.5 (7.4)	40.8 (8.5)	18.6 (2.8)	32.7 (4.1)	27.1 (4.1)	7.1	7.1
		Grupo niñas	45	9.2 (1.0)	139.5 (8.3)	36.1 (8.4)	18.4 (3.0)	32.5 (4.3)	24.1 (4.2)	17.8	8.9
Niños		3º	18	8.3 (0.6)	133.1 (5.7)	30.8 (5.4)	17.3 (2.0)	29.4 (3.4)	21.6 (2.9)	16.7	5.6
		4º	20	9.2 (0.5)	139.3 (3.3)	36.8 (6.7)	18.9 (3.2)	31.9 (4.8)	24.7 (2.9)	20.0	25.0
		5º	19	10.3 (0.5)	143.8 (5.4)	38.0 (4.1)	18.4 (2.1)	30.9 (3.3)	26.1 (2.1)	15.8	5.3
		Grupo niños	57	9.3 (0.9)	138.9 (6.5)	35.3 (6.3)	18.2 (2.6)	30.8 (4.0)	24.2 (3.2)	17.5	12.3
Según curso		3º	36	8.3 (0.5)	133.2 (5.3)	31.1 (6.6)	17.4 (2.8)	30.3 (4.0)	21.4 (3.2)	13.9	8.3
		4º	33	9.2 (0.5)	139.4 (4.1)	37.1 (6.4)	18.9 (3.2)	32.8 (4.6)	24.7 (2.7)	27.3	18.2
		5º	33	10.3 (0.5)	145.4 (6.5)	39.2 (6.4)	18.4 (2.1)	31.7 (3.7)	26.1 (2.1)	12.1	6.1
		Todos	102	9.3 (1.0)	139.1 (6.5)	35.6 (7.3)	18.3 (2.8)	31.6 (4.2)	24.1 (3.7)	17.6	10.8

IMC = índice de masa corporal; FFM = fat free mass o peso libre de grasa. El sobrepeso y la obesidad vienen explicados como porcentaje del total en cada uno de los cursos.

TABLA 2. Características descriptivas de la población estudiada. [media (desviación estándar)]

Instrumentos

Se utilizó una plataforma de fuerza piezoeléctrica portable *Quattro Jump* (Kistler, Suiza), con una superficie cercana a 1 m² y con una sensibilidad de 0.1 N, conectada a un ordenador portátil con una frecuencia de muestreo de 500 Hz. Para describir las medidas antropométricas se utilizó una báscula de pie Seca (con una sensibilidad de 100 g), un antropómetro GPM (con sensibilidad de 1 mm), una cinta antropométrica Fat O Meter (con sensibilidad de 1 mm), un paquímetro GPM (con sensibilidad de 1 mm), un plicómetro Holtain (con sensibilidad de 0.2 mm) y un tallímetro Seca (con sensibilidad de 1 mm).

Protocolos

La toma de datos se llevó a cabo en 2 días diferentes. El primer día, para obtener datos descriptivos de la muestra estudiada, se tomó la cineantropometría siguiendo los protocolos recomendados por el Grupo Español de Cineantropometría²⁵.

En un segundo día se realizó una familiarización, que consistió en una demostración por parte del investigador y posteriormente un entrenamiento técnico del salto durante 10 min (guiado por una proyección gráfica en tiempo real de las fuerzas de reacción vertical de la plataforma). A continuación, se realizó un calentamiento estandarizado y dirigido por el investigador consistente en 5 min de carrera continua, 5 min de estiramientos y 6 saltos (3 submáximos y 3 máximos). Finalmente se realizó el test de CMJ, dejando libre el ángulo de flexión de rodilla. Cada niño realizó de 3 a 6 repeticiones válidas, dependiendo de la habilidad individual para ejecutar los saltos, con un descanso entre saltos de 60 s. Se seleccionó el salto de mayor altura de cada sujeto para el análisis posterior.

VARIABLES

Se obtuvieron las siguientes medidas antropométricas: talla, peso, índice de masa corporal, porcentaje de grasa corporal y el peso libre de

grasa. El porcentaje de grasa se calculó según la fórmula propuesta por Lohman, *et al*²⁶. El peso libre de grasa se calculó restando el peso de grasa (calculado a partir del porcentaje de grasa) al peso total del sujeto. El sobrepeso y la obesidad se calcularon a partir de las tablas (según edad y sexo) de índice de masa corporal de los estudios del *National Center of Health Statistics* de los EE.UU.²⁷ (situando el sobrepeso entre el percentil 85 y 95 y la obesidad por encima del percentil 95), que varían en función de la edad y el sexo del sujeto.

De la batida y vuelo del salto se recogieron las variables: pico de potencia (PP) y altura del salto (h). En la amortiguación de la caída del salto se analizaron: F2, el instante en el que se producía (T2), la diferencia de altura del CG entre el final de la batida y el inicio de contacto en la amortiguación (HI) y el recorrido del CG durante la amortiguación (Lr).

Estadística

Se usó el programa *Statistica for Windows v. 7*. Se obtuvieron las medias, desviaciones típicas y rangos. Las correlaciones se hallaron con el test de Spearman para variables no paramétricas. La distribución de las variables se analizó con el test de Lilliefors y Shapiro – Wilks. Se utilizaron 2 ANOVAs factoriales: uno de ellos 3 × 2 (curso × sexo) y el otro 2 × 2 (nivel de sobrepeso × sexo). En todas las pruebas se usó el criterio mínimo de significación de p<0.05.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 3 se pueden ver los resultados de las variables estudiadas. Las siguientes variables siguieron una distribución normal: PP, T2, HI y Lr en el grupo de niños y PP, h, T2, HI y Lr en el grupo de niñas. El motivo de que el resto no tuvieran distribuciones normales, fue debido a modelos de batida y caída diferentes, y otras veces debido a que la variabilidad entre los sujetos era mínima y se hubiera necesitado tener una muestra mayor para conseguir una distribución normal.

Sexo	Curso	n	PP (W/kg)	h (cm)	F2 (BW)	T2 (s)	HI (%)	Lr (%)
Niñas	3º	18	32.9 (3.9)	15.4 (2.7)	6.89 (2.58)	0.046 (0.021)	3.1 (1.7)	9.5 (2.5)
	4º	13	35.3 (3.2)	16.9 (3.0)	7.57 (2.44)	0.042 (0.023)	3.9 (2.1)	9.1 (2.4)
	5º	14	41.8 (4.2)	20.5 (4.0)	5.61 (1.51)	0.058 (0.015)	2.2 (1.5)	10.0 (1.4)
	Grupo niñas	45	36.4 (5.4)	17.4 (3.9)	6.69 (2.34)	0.048 (0.021)	3.0 (1.9)	9.6 (2.2)
Niños	3º	18	33.5 (4.0)	16.3 (2.2)	7.19 (2.90)	0.042 (0.028)	3.5 (2.5)	9.4 (3.2)
	4º	20	34.4 (4.3)	17.0 (3.2)	6.52 (2.95)	0.046 (0.022)	3.5 (2.6)	9.8 (2.5)
	5º	19	41.3 (5.6)	21.2 (4.3)	6.45 (2.22)	0.049 (0.016)	2.1 (1.9)	11.0 (2.7)
	Grupo niños	57	36.4 (5.8)	19.0 (4.0)	6.71 (2.68)	0.046 (0.022)	3.0 (2.4)	10.1 (2.9)
Según curso	3º	36	33.2 (3.9)	15.9 (2.5)	7.04 (2.71)	0.044 (0.025)	3.3 (2.1)	9.5 (2.8)
	4º	33	34.7 (3.9)	17.0 (3.1)	6.93 (2.77)	0.044 (0.022)	3.7 (2.4)	9.5 (2.5)
	5º	33	41.5 (5.0)	20.9 (4.1)	6.10 (1.97)	0.053 (0.016)	2.4 (1.7)	10.6 (2.3)
	Todos	102	36.4 (5.6)	17.9 (3.9)	6.70 (2.52)	0.047 (0.022)	3.0 (2.2)	9.9 (2.6)

TABLA 3. Resultados de las variables de la batida, del vuelo y de la amortiguación, agrupadas por sexo y curso. [media desviación estándar]

PP = pico de potencia; h = altura del salto; F2 = segundo pico de fuerza; T2 = tiempo en el que ocurre F2; HI = diferencia de altura del CG entre el final de la batida y el inicio de contacto en la amortiguación; Lr = recorrido del CG durante la amortiguación, normalizado por la estatura del sujeto.

Las alturas alcanzadas por los sujetos (Tabla 3) eran inferiores a las halladas por León y González³ y McKay, *et al.*⁴ y por otro lado similares a las de Ara, *et al.*^{2,5} y Vicente-Rodríguez, *et al.*¹, en todos los casos estudiando a sujetos de las mismas edades (Tabla 1). Existía una progresión ascendente en la altura del salto (Figura 1) y en el pico de potencia (Figura 2) con el curso, a la vez que decrecía el valor de F2 (Figura 3). No obstante, F2 no ha mostrado diferencias significativas según curso, en ningún caso. En la altura del salto no se encontraron diferencias significativas entre 3º y 4º (en ninguno de los 2 sexos), en cambio entre 4º y 5º, entre 3º y 5º sí aparecieron (Figuras 1 y 2, Tabla 3). La potencia de las extremidades inferiores depende directamente de la edad en niños y adolescentes. Aumenta hasta

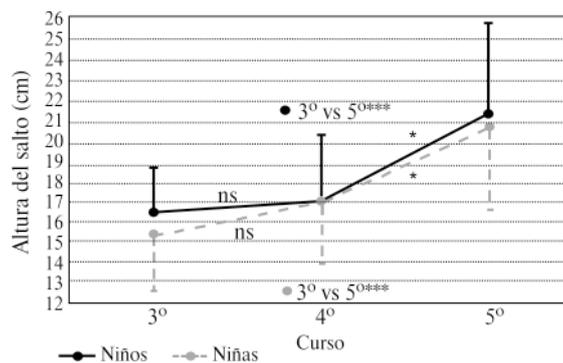


FIGURA 1. Resultados obtenidos en la altura del salto según sexo y curso (* = p<0.05; *** = p<0.001; ns = no significativo)

la pubertad²⁸, de forma no lineal e independiente de la composición corporal²⁹, paralelamente en ambos sexos y en los años posteriores a la pubertad se incrementa más en los niños³⁰⁻³². Así, no se

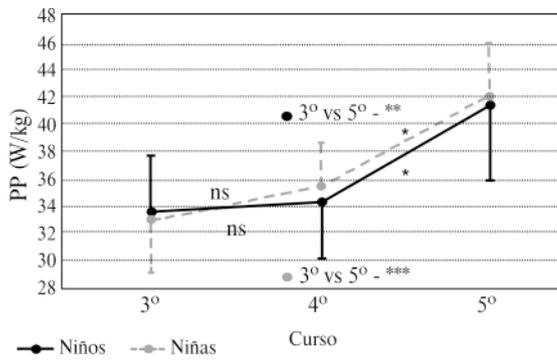


FIGURA 2. Resultados obtenidos en el pico de potencia de la batida según sexo y curso (PP = pico de potencia; * = $p < 0.05$; ** = $p < 0.01$; *** = $p < 0.001$; ns = no significativo)

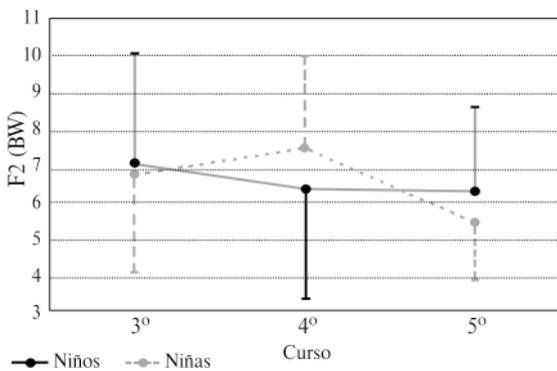


FIGURA 3. Resultados obtenidos en el segundo pico de fuerza en la amortiguación de la caída (F2 = segundo pico de fuerza)

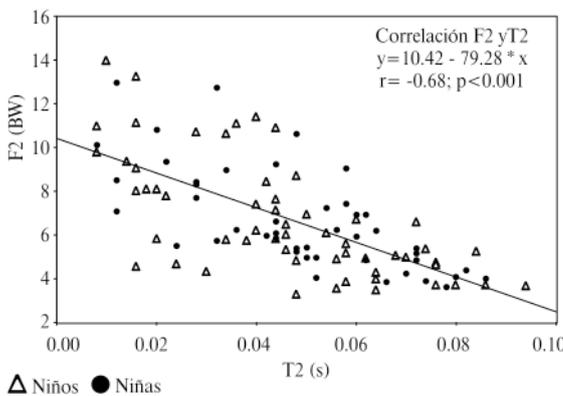


FIGURA 4. Correlación en el conjunto de la población estudiada entre F2 y T2 (F2 = segundo pico de fuerza; T2 = momento en el que ocurre F2). Δ Niños \bullet Niñas

encontraron diferencias significativas en el pico de potencia, ni en la altura del salto entre sexos (ni en el conjunto de la población, ni por cursos) en concordancia con las edades (prepubéres) estudiadas.

En la muestra estudiada no aparecieron correlaciones del pico de potencia en la batida,

ni de la altura del salto, con las variables de la amortiguación en ninguno de los cursos, tanto en las niñas como en los niños. La ausencia de correlación entre la altura del salto y los valores de los picos de las fuerzas de reacción vertical de la caída indican que, independientemente de la altura desde la que se caiga, se podrían conseguir valores bajos empleando una buena técnica. Al no haberse encontrado tampoco correlación con el pico de potencia en la batida podríamos decir que esa buena técnica de amortiguación no guardaría relación con tener más o menos potencia sino con una habilidad o destreza especial para amortiguar correctamente. En el mismo sentido tampoco se encontraron correlaciones entre la potencia de la batida y el valor de F2 al estudiar a jugadores de baloncesto de la ACB³³, ni al estudiar a un grupo de jóvenes aspirantes al ingreso a una Facultad de Ciencias del Deporte³⁴.

Los resultados en F2 ($F2_{\text{todos}} = 6.70 \pm 2.52 \text{ BW}$; $F2_{\text{niños}} = 6.71 \pm 2.68 \text{ BW}$; $F2_{\text{niñas}} = 5.61 \pm 1.51 \text{ BW}$) han sido similares al estudio de Abián, *et al.*³⁴, en aspirantes al ingreso a una Facultad de Ciencias del Deporte ($F2_{\text{todos}} = 6.96 \pm 2.23 \text{ BW}$; $F2_{\text{hombres}} = 7.41 \pm 2.20 \text{ BW}$; $F2_{\text{mujeres}} = 5.72 \pm 1.82 \text{ BW}$), que realizaban el mismo test de salto (CMJ), aunque caían desde alturas superiores (hombres = 17.6 cm más que los sujetos de nuestro estudio; mujeres = 8.7 cm más que los sujetos de nuestro estudio). No obstante en el estudio de Berdejo, *et al.*³³ con jugadores de la ACB, realizando un test de salto Abalakov, obtuvieron valores marcadamente inferiores a los de este trabajo ($F2 = 4.82 \pm 0.97 \text{ BW}$) a pesar de que caían desde alturas muy superiores (24.0 cm más que los sujetos de nuestro estudio; 24.4 cm más que las niñas y 23.6 cm más que los niños). En el mismo sentido, Swartz, *et al.*³⁵ encontraron diferencias significativas en las fuerzas de reacción vertical entre niños y adultos, obteniendo también valores inferiores en los adultos, tanto en mujeres como en hombres. Entre 3º y 5º disminuyó, tanto en el grupo de niños como en el de niñas, el valor de F2, aunque las diferencias entre cursos no fueron significativas.

Hay que apuntar que la longitud del pie puede estar implicada en el valor de F2 que se obten-

ga. Así, con pies más pequeños se reduciría el tiempo desde el inicio del contacto en el suelo hasta F2 y reducir este tiempo se ha visto que influye en el incremento de F2³⁴. Aunque no se midieron las longitudes de los pies, cabe esperar que los sujetos de este estudio tuvieran pies más pequeños que los del estudio con aspirantes al ingreso en una Facultad de Ciencias del Deporte³⁴ y estos a la vez más pequeños que los del estudio con jugadores de la ACB³³. También podría alargarse el tiempo desde el contacto inicial en el suelo hasta F2 mediante una mayor activación de la musculatura extensora del tobillo (que no ha sido medida en este estudio), y de esta manera se podría absorber una parte del impacto. En este sentido se han encontrado correlaciones entre F2 y T2 ($r_{\text{todos}} = -0.68$; $r_{\text{niños}} = -0.69$; $r_{\text{niñas}} = -0.72$; en los 3 casos $p < 0.001$) (Figura 4). Así, quienes retrasaban el instante en el que se producía F2 también tenían valores menores en este pico de fuerza.

Por otro lado, se han encontrado correlaciones entre T2 y HI ($r_{\text{todos}} = -0.81$; $r_{\text{niños}} = -0.77$; $r_{\text{niñas}} = -0.88$; en los 3 casos $p < 0.001$) (Figura 5). Así, cabe esperar que quienes cayeran en una posición más elevada (menor HI) tendrían en el inicio del contacto en el suelo los tobillos más extendidos y probablemente una mayor activación muscular. Las correlaciones indican que en estos casos se incrementaría el tiempo desde el inicio del contacto hasta F2 y este pico sería menor. También se han encontrado correlaciones entre F2 y Lr, sólo en el grupo de niñas ($r_{\text{niñas}} = -0.70$; $p < 0.001$). Así, en el grupo de las niñas quienes más rango descendían su CG durante la amortiguación menores valores de F2 presentaban. Una estrategia de amortiguación diferente a la de aumentar T2 consistiría en aprovechar un mayor rango de descenso del CG. De esta manera F2 disminuiría al disiparse en un mayor tiempo de amortiguación posterior a este pico.

Dentro del grupo de niñas, si se selecciona un subgrupo con las 20 con mayor descenso del CG durante la amortiguación (A), éstas presentaban valores de F2 significativamente menores que el subgrupo con el resto de niñas

(B) ($F2_A = 5.28 \pm 1.28$ BW; $F2_B = 7.82 \pm 2.40$ BW; $p < 0.001$). Además, el subgrupo A de niñas presentaban valores significativamente superiores en T2 ($T2_A = 0.061 \pm 0.015$ s; $T2_B = 0.039 \pm 0.020$ s; $p < 0.001$). Por ello, creemos que las 2 estrategias de amortiguación comentadas podrían ser usadas a la vez, precisamente por aquellos sujetos que mejores amortiguaciones lograban.

Se han encontrado, tanto en niños como en niñas, valores significativamente mayores en la altura del salto y en el pico de potencia de la batida (Figura 6) en quienes no tenían sobrepeso respecto a quienes lo padecían o tenían obesidad (Tabla 4). A pesar de que saltaban más alto y por tanto caían desde mayor altura, los valores de F2 eran muy parecidos a los subgrupos con sobrepeso u obesidad, llegando incluso en el caso de

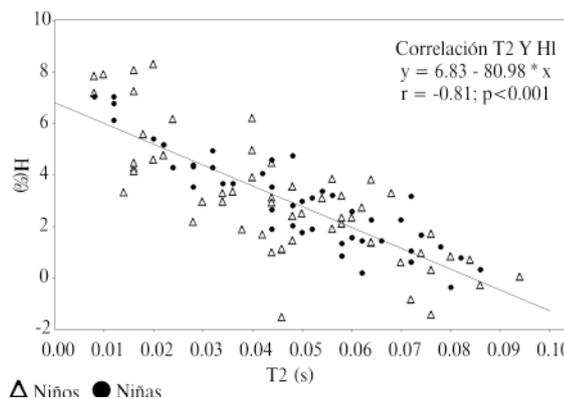


FIGURA 5. Correlación en el conjunto de la población estudiada entre T2 y HI (T2 = momento en el que ocurre el segundo pico de fuerza; HI = diferencia de altura del CG entre el final de la batida y el inicio de contacto en la amortiguación)

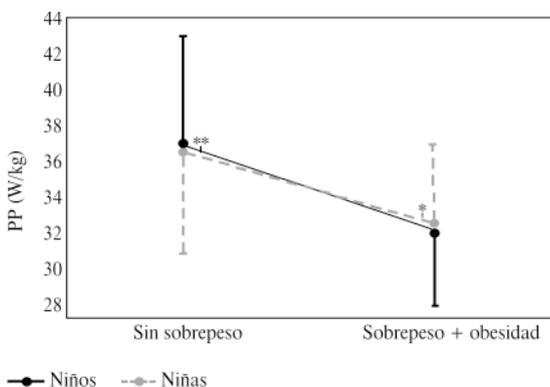


FIGURA 6. Resultados en el pico de potencia de la batida del salto según sexo y sobrepeso (* = $p < 0.05$; ** = $p < 0.01$)

Sexo	Subgrupos	n	PP (W/kg)	h (cm)	F2 (BW)	T2 (s)	HI (%)	Lr (%)
Niñas	Sin sobrepeso	33	37.4 (5.4)	18.4 (3.8)	6.47 (2.24)	0.053 (0.018)	2.6 (1.6)	10.1 (2.0)
	Con sobrepeso + obesidad	12	33.6 (4.1)	14.8 (2.7)	7.27 (2.60)	0.036 (0.023)	4.2 (2.2)	8.1 (1.9)
	Significación		*	**	ns	**	*	**
Niños	Sin sobrepeso	40	37.8 (5.9)	19.3 (3.9)	7.11 (2.89)	0.044 (0.023)	3.0 (2.3)	10.2 (2.8)
	Con sobrepeso + obesidad	17	33.2 (4.2)	15.7 (2.8)	5.76 (1.87)	0.049 (0.022)	3.2 (2.6)	10.0 (3.1)
	Significación		**	**	ns	ns	ns	ns
Todos	Sin sobrepeso	73	37.6 (5.7)	18.9 (3.9)	6.83 (2.62)	0.048 (0.024)	2.8 (2.0)	10.1 (2.5)
	Con sobrepeso + obesidad	29	33.4 (4.1)	15.5 (2.7)	6.38 (2.28)	0.043 (0.021)	3.6 (2.4)	9.2 (2.8)
	Significación		***	***	ns	ns	ns	ns

TABLA 4.
Resultados de las
variables [media
(desviación
estándar)] en función
del sobrepeso y
grado de
significación
de las diferencias

PP = pico de potencia; h = altura del salto; F2 = segundo pico de fuerza; T2 = momento en que ocurre F2, HI = diferencia de altura del CG entre el final de la batida y el inicio de contacto en la amortiguación; Lr = recorrido del CG durante la amortiguación, normalizado por la estatura del sujeto, * = $p < 0.05$, ** = $p < 0.01$, *** = $p < 0.001$, ns = no significativo.

las niñas a ser menores (sin significación) (Tabla 4).

Tanto en niños como en niñas HI era menor en los subgrupos sin sobrepeso, aunque sólo mostraba diferencias significativas ($p < 0.05$) en las niñas. Quienes no tenían sobrepeso contactaban con el suelo en la caída con un mayor grado de extensión en sus articulaciones, que se traducía en que su CG se encontraba en el instante de tocar el suelo a una altura más cercana a la del despegue. Finalmente, el recorrido del CG durante la amortiguación ha sido mayor en quienes no tenían sobrepeso, aunque de nuevo, tal como ocurría con HI, las diferencias en Lr sólo han sido significativas ($p < 0.01$) entre los subgrupos de niñas.

Taylor, *et al.*²² describen que los niños y adolescentes con obesidad tienen una peor percepción de su movilidad y podrían ser menos hábiles y coordinados. En el presente estudio hemos comprobado una menor capacidad de salto en los subgrupos (niños y niñas) con sobrepeso u obesidad, aunque sólo el subgrupo de niñas

mostraba diferencias significativas en HI y Lr, que podrían relacionarse con carencias en la habilidad de amortiguar caídas. No obstante, como caían de menor altura, no han llegado a mostrar diferencias significativas en F2, lo que no quita el riesgo potencial de una posible menor capacidad de amortiguar.

CONCLUSIONES

Aunque la altura del salto y la potencia mecánica de la batida se han incrementado con el curso (sin diferencias entre sexos), el segundo pico de fuerza de reacción vertical en la caída ha disminuido (sin significación) con el curso. Sin embargo, la ausencia de relaciones significativas entre la potencia en la batida y el pico de fuerza en la fase de amortiguación sugieren que la amortiguación depende de una habilidad individual, independiente de la fuerza explosiva.

Los niños y niñas sin sobrepeso han saltado más alto que quienes lo tenían o eran obesos. Sin embargo no ha habido diferencias en el segundo pico

de fuerza de la amortiguación, probablemente porque los segundos caían desde menor altura.

Futuros trabajos deberían realizar un seguimiento longitudinal a lo largo de varios años, para ver si se reproducen las tendencias descritas en este trabajo.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio ha sido realizado gracias al proyecto "CALZADO BIOMECÁNICO PARA NIÑOS" (PAI 07-0071-0231), de la Consejería de Educación y Ciencia de la Junta de Castilla-La Mancha.

B I B L I O G R A F Í A

- Vicente-Rodríguez G, Jiménez-Ramírez J, Ara I, Serrano-Sánchez JA, Dorado C, Calbet JAL.** Enhanced bone mass and physical fitness in pre-pubescent footballers. *Bone* 2003;33:853-859.
- Ara I, Vicente-Rodríguez G, Jimenez-Ramirez J, Dorado C, Serrano-Sanchez JA, Calbet JA.** Regular participation in sports is associated with enhanced physical fitness and lower fat mass in prepubertal boys. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2004;28(12):1585-93.
- León JA, González JJ.** Análisis del salto vertical y potencia aeróbica en niños y niñas de 8 a 18 años. *Rev Ent Dep* 2004;18(3):31-6.
- McKay H, Tsang G, Heinonen A, MacKelvie K, Sanderson D, Khan KM.** Ground reaction forces associated with an effective elementary school based jumping intervention. *Br J Sports Med* 2005;39:10-14.
- Ara I, Vicente-Rodríguez G, Perez-Gomez J, Jimenez-Ramirez J, Serrano-Sanchez JA, Dorado C, Calbet JA.** Influence of extracurricular sport activities on body composition and physical fitness in boys: a 3-year longitudinal study. *Int J Obes* 2006;30(7):1062-1071.
- Fuchs RK, Bauer JJ, Snow CM.** Jumping Improves hip and lumbar spine bone mass in prepubescent children: a randomized controlled trial. *J Bone Miner Res* 2001;16:148-56.
- Gray J, Taunton JE, Mckenzie DC, Clement DB, McConkey JP.** A survey of injuries to the anterior cruciate ligament of the knee in female basketball players international. *J Sports Med* 1985;6:314-316.
- Pflum MA, Shelburne KB, Torry MR, Decker MJ, Pandy MG.** Model prediction of anterior cruciate ligament force during drop-landings. *Med Sci Sports Exerc* 2004;36:1949-58.
- Hewett TE, Myer GD, Ford KR, Heidt RS, Colosimo AJ, Mclean SG, Van Den Bogert AJ, Paterno MV, Succop P.** Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes. *Am J Sports Med* 2005;33(4):492-501.
- McNitt-Gray JL.** Kinematics and impulse characteristics of drop landings from three heights. *Int J Sport Biomech* 1991;7:201-24.
- Bauer JJ, Fuchs RK, Smith GA, Snow CM.** Quantifying force magnitude and loading rate from drop landings that induce osteogenesis. *J Appl Biomech* 2001;17:142-52.
- Bressel E, Cronin J.** The Landing Phase of a Jump Strategies to Minimize Injuries. *J Phys Educ Recreat Dance* 2005;76(2):31-5.
- James CR, Bates BT, Dufek JS.** Classification and comparison of biomechanical response strategies for accommodating landing impact. *J Appl Biomech* 2003;19(2):106-18.
- Prapavessis H, McNair PJ.** Effects of instruction in jumping technique and experience jumping on ground reaction forces. *J Orthop Sports Phys Ther* 1999;29(6):352-6.
- Prapavessis H, McNair PJ, Kirsten A, Maea H.** Decreasing landing forces in children: the effect of instructions. *J Orthop Sports Phys Ther* 2003;33(4):204-7.

16. McNair PJ, Prapavessis H, Callender K. Decreasing landing forces: effect of instruction. *Br J Sports Med* 2000;34:293-6.
17. Onate JA, Guskiewicz KM, Sullivan RJ. Augmented feedback reduces jump landing forces. *J Orthop Sports Phys Ther* 2001;31(9):511-17.
18. Cowling EJ, Steele JR, McNair PJ. Effect of verbal instructions on muscle activity and risk of injury to the anterior cruciate ligament during landing. *Br J Sports Med* 2003;37:126-30.
19. Caroli M. 13th European Childhood Obesity Group Workshop. *Int J Obes* 2003;27(s2):1-30.
20. Reilly JJ, Dorosty AR, Emmett PM. Prevalence of overweight and obesity in British children: cohort study. *Br Med J* 1999;319:1039.
21. Serra L, Ribas L, Aranceta J, Perez C, Saavedra P, Peña L. Childhood and adolescent obesity in Spain. Results of the enKid study (1998-2000). *Med Clin (Barc)* 2003;121(19):725-32.
22. Taylor ED, Theim KR, Margaret CM, Ghorbani S, Tanofsky Kraff M, Adler-Wailles DC, Brady S, Reynolds JC, Calis KA, Yanovski A. Orthopedic complications of overweight in children and adolescents. *Pediatrics* 2006;117:2167-74.
23. Dietz WH. Health Consequences of obesity in youth: childhood predictors of adult disease. *Pediatrics* 1998;101:518-25.
24. Biskanaki F, Panagiotou AK, Papadopoulou SK, Spiridou NG, Gallos GK, Gill J, Zacharis EM, Tassoulas E, Fachantidou A. The effect of sex and obesity on specific motor skills of Greek children aged 8 years old. *Pak J Med Res* 2004;43(3):99-103.
25. Esparza F. Manual de cineantropometría. Pamplona: FEMEDE, 1993.
26. Lohman TG, Caballero B, Himes JH, Davis CE, Stewart D, Houtkooper L, Going SB, Hunsberger S, Weber JL, Reid R, Stephenson L. Estimation of body fat from anthropometry and bioelectrical impedance in Native American children. *Int J Obes* 2000;24:982-988.
27. National Center for Health Statistics. Clinical charts with 3rd and 97th percentiles: Boys BMI-for-age y Girls BMI-for-age; 16 de Octubre de 2000 (consultado 20 de Agosto de 2006). Disponible en <http://www.cdc.gov/growthcharts/>
28. Ferreti G, Narici MV, Binzoni T, Gariod L, Le Bas JF, Reutenauer H, Cerretelli P. Determinants of peak muscle power: effects of age and physical conditioning. *Eur J Appl Physiol* 1994;68:111-115.
29. Armstrong N, Welsman JR, Chia M. Short term power output in relation to growth and maturation. *Br J Sports Med* 2001;35:118-124.
30. Praagh EV, Doré E. Short - Term muscle power during growth and maturation. *Sports Med* 2002; 32(11):701-728.
31. Martin RJ, Dore E, Twisk J, Van Praagh E, Hautier CA, Bedu M. Longitudinal Changes of Maximal Short-Term Peak Power in Girls and Boys during Growth. *Med Sci Sports Exerc* 2004;36(3):498-503.
32. Rowland TW. *Developmental exercise physiology*. Canada: Human Kinetics. 1996;195.
33. Berdejo D, Abián J, Lara A, Jiménez F, Rubio J, Alegre L. Capacidad de salto y amortiguación en relación a la arquitectura muscular en jugadores de baloncesto. *Libro de Abstracts del V Congreso del Deporte* 2006. Gijón.
34. Abián J, Alegre LM, Lara AJ, Aguado X. Diferencias de sexo durante la amortiguación de caídas en tests de salto. *Arch Med Deporte* 2006;116: 441-448.
35. Swartz EE, Decostert LC, Russell PJ, Croce RV. Effects of developmental stage and sex on lower extremity kinematics and vertical ground reaction forces during landing. *J Athl Train* 2005;40(1):9-14.