

MEDICIÓN DIRECTA DE LA POTENCIA CON TESTS DE SALTO EN VOLEIBOL FEMENINO

DIRECT MEASUREMENT OF POWER WITH JUMP TESTS IN FEMALE VOLLEYBALL

RESUMEN

La potencia mecánica en los tests de salto se puede medir tanto de forma directa, mediante plataforma de fuerzas, como calculada (forma indirecta) a partir de la altura del salto y de la masa corporal de los sujetos, mediante diferentes fórmulas (Lewis, Harman y Sayers). El objetivo de este trabajo ha sido evaluar la potencia de extensión de los miembros inferiores en tests de salto en un equipo de voleibol femenino de nivel medio ($n = 13$) de forma directa e indirecta. Por otro lado, discutir acerca de la idoneidad de unos métodos frente a otros. Para ello, los sujetos realizaron tres tipos de saltos sobre una plataforma de fuerzas: abalakov (ABK), salto con contramovimiento (CMJ) y salto sin contramovimiento (SJ). Los picos de potencia obtenidos han sido, para ABK: plataforma 3536 ± 631 W; Lewis 839 ± 120 W y Harman 2834 ± 542 W; para CMJ: plataforma 2856 ± 554 W; Lewis 760 ± 110 W; Harman 2408 ± 465 W y Sayers 2703 ± 450 W y para SJ: plataforma 2878 ± 538 W; Lewis 677 ± 106 W; Harman 1996 ± 428 W y Sayers 2310 ± 459 W. La plataforma de fuerzas es el método más preciso para medir la potencia mecánica en tests de salto. La fórmula de Lewis ha infraestimado el pico de potencia ($p < 0,01$). La fórmula de Harman también lo ha infraestimado, aunque en menor medida ($p < 0,01$). Con la fórmula de Sayers se han obtenido unos valores más aproximados a los de la plataforma de fuerzas, aunque también han sido significativamente diferentes ($p < 0,01$). La conclusión que se desprende es que lo ideal sería evaluar la potencia de forma directa pero si no se dispusiera de instrumentos, con la fórmula de Sayers se podrían obtener unos valores muy cercanos.

Palabras clave: Biomecánica. Potencia mecánica. Voleibol. Plataforma de fuerzas. Test de salto.

SUMMARY

Mechanical power in jump tests can be directly measured by a force platform, or estimated (indirect way) from a subject's jump height and body mass, by means of different equations (Lewis, Harman and Sayers). The aim of this study was to evaluate, directly and indirectly, peak power from lower extremities using jump tests in a club level female volleyball team ($n = 13$). A secondary purpose was to compare if one method is more suitable than the others. Subjects performed three different jump tests, on a force platform: Abalakov (ABK), countermovement jump (CMJ) and squat jump (SJ). Peak power in ABK was 3536 ± 631 W (force platform); 839 ± 120 W (Lewis) and 2834 ± 542 W (Harman). Peak power in CMJ was 2856 ± 554 W (force platform); 760 ± 110 W (Lewis); 2408 ± 465 W (Harman) and 2703 ± 450 W (Sayers), and for the SJ, peak power was 2878 ± 538 W (force platform); 677 ± 106 W (Lewis); 1996 ± 428 W (Harman) and 2310 ± 459 W (Sayers). The force platform is the more accurate instrument to measure mechanical power in jump tests. The Lewis equation underestimated peak power ($p < 0,01$). The Harman equation also underestimated peak power, but less than Lewis equation ($p < 0,01$). The Sayers equation gave measures closer to those taken from the force platform, although they have been significantly different, as well ($p < 0,01$). In conclusion, the better way to evaluate power would be directly, using a force platform. The Sayers equation seems to give power measures closer to those obtained by direct methods.

Key words: Biomechanics. Mechanical power. Volleyball. Force platform. Jump tests.

Amador J. Lara Sánchez¹

Javier Abián Vicén¹

Luis M. Alegre Durán¹

Luis Jiménez Linares²

Xavier Aguado Jódar¹

¹Facultad de Ciencias del Deporte Universidad de Castilla La Mancha
²Escuela Superior de Ingeniería Universidad de Castilla La Mancha

CORRESPONDENCIA:

Amador J. Lara Sánchez
Universidad de Castilla-La Mancha. Campus Tecnológico, Antigua Fábrica de Armas. Avda. Carlos III. 45071 Toledo.

Aceptado: 14-01-2005 / Original nº 495

INTRODUCCIÓN

La máxima potencia mecánica desarrollada por la musculatura es un elemento esencial en el rendimiento de muchos deportes. La potencia puede ser medida externamente mediante diferentes dispositivos a partir del trabajo desarrollado o de la fuerza y velocidad [$P(W) = F(N) \cdot v(m/s)$]. Así, en cualquier ejercicio dinámico (concéntrico o excéntrico) podremos medir valores de potencia media o instantánea, pero no en los ejercicios isométricos (en los que no existe desplazamiento y por ello tampoco trabajo, ni velocidad de movimiento), en los que la potencia será nula.

La velocidad de ejecución está estrechamente vinculada con la fuerza¹. La relación entre ambas cambia al variar la carga que se maneja y en función de diferentes tipos de entrenamiento^{2,3}.

Los tests de salto vertical son frecuentemente utilizados para evaluar la potencia de la musculatura extensora de las extremidades inferiores. Más aún en deportes que impliquen saltos o cambios rápidos de posición⁴. Estos tests son relativamente fáciles de realizar, se encuentran bien estandarizados en la bibliografía y se dispone en muchos deportes de información suficiente con la que poder contrastar los resultados. No obstante, la falta de medios lleva en la mayoría de ocasiones a medir simplemente la altura del salto y conociendo ésta se proponen varias fórmulas para calcular indirectamente la potencia⁵⁻⁷ (Tabla 1).

La fórmula de Lewis⁵ ha sido usada por muchos entrenadores, profesores de educación física e investigadores, pero no se especifica qué potencia se está midiendo⁶. Los estudios de

Harman *et al.*⁶ llegan a la conclusión de que la potencia que se obtenía era la media ejercida por la gravedad sobre el sujeto en la fase de caída y no la realizada durante la batida del salto. Así, este autor propuso su propia fórmula para determinar la potencia producida durante la fase de impulso. Por último, Sayers *et al.*⁷, haciendo ensayos con diferentes tipos de saltos, también proponen sus fórmulas para hallar el pico de potencia en salto con contramovimiento (CMJ) y sin contramovimiento (SJ), aunque no dan fórmula para el salto Abalakov (ABK). Pero suponer que varias personas, que han obtenido una misma altura de salto, obtengan iguales picos de potencia en la batida no es necesariamente cierto, ya que pueden haber empleado diferentes combinaciones de fuerza y velocidad (Figura 1). Por otro lado las principales fórmulas propuestas infraestiman la potencia en ciertas poblaciones de deportistas, como jugadores de voleibol³. En cambio, en otras poblaciones, como mujeres universitarias, hay autores (Canavan y Vescovi⁸) que describen que estas fórmulas la sobreestiman respecto a mediciones directas.

Se ha encontrado una correlación significativa entre la altura del salto vertical, la potencia máxima de miembros inferiores durante el ejercicio pedaleando y el pico de potencia con una plataforma de fuerzas⁴. Según Hertogh y Hue³, la utilización de una plataforma de fuerzas para calcular la potencia en un salto vertical es un método muy preciso, aunque algo caro e inaccesible para muchos equipos de nivel medio^{9,10}. Además, en deportistas expertos, el uso de una plataforma de fuerzas puede llegar a condicionar los tests que se puedan realizar, no permitiendo muchas veces tests específicos de un determinado deporte y así, en ocasiones, optan por soluciones prácticas como el test de

TABLA 1.-
Fórmulas
propuestas para
calcular
la potencia de
manera indirecta

Propuesta por:	Fórmula
Lewis ⁵	Potencia (W) = $\sqrt{4,9 \cdot 9,8 \text{ masa corporal (kg)} \cdot \sqrt{\text{altura del salto (m)}}$
Harman et al ⁶	Potencia (W) = $(61,9 \cdot \text{altura del salto (cm)}) + (36 \cdot \text{masa corporal (kg)}) - 1822$
Sayers et al ⁷	Potencia SJ (W) = $(60,7 \cdot \text{altura SJ (cm)}) + (45,3 \cdot \text{masa corporal (kg)}) - 2055$ Potencia CMJ (W) = $(51,9 \cdot \text{altura CMJ (cm)}) + (48,9 \cdot \text{masa corporal (kg)}) - 2007$

SJ: Salto sin contramovimiento; CMJ: Salto con contramovimiento

"saltar y tocar". Estas soluciones pueden ser útiles al entrenador, pero no al científico ya que no le permitirán comparar diferentes poblaciones por no tener de ellas un mismo test perfectamente estandarizado.

En la bibliografía se dan algunos valores de potencia en tests de salto medidos directamente con plataforma de fuerzas^{3,7,8,11-16} (Tabla 2). En hombres hemos encontrado valores entre 3216 ± 607 y 5355 ± 522 W y en mujeres valores entre 2425 ± 372 y 3536 ± 631 W.

Por otro lado, escasos estudios comparan la medición directa e indirecta de la potencia^{3,6-8} (Tabla 3). Estos estudios usan el pico de potencia y solamente Harman *et al*⁶. se interesa por la potencia media, proponiendo una fórmula para estimarla.

En voleibol hay varios estudios publicados con plataforma de fuerzas en hombres^{3,11,13} pero son muy escasos los realizados en mujeres¹⁶.

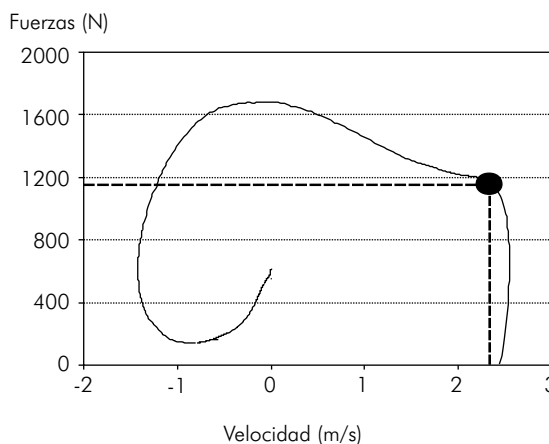


FIGURA 1.- Gráfica de fuerza-velocidad durante la batida de un salto con contramovimiento en la que se ha marcado el instante en el que se consigue el pico de potencia (2734 W). Distintas combinaciones de fuerza y velocidad pueden dar iguales valores en el pico de potencia

Autor	Nº sujetos	Edad (\pm SD) (años)	Sexo (H-M)	Deporte (nivel)	Tipo de salto	Potencia (\pm SD) (W)
Harman, <i>et al.</i> ¹⁵	18	28,5 \pm 6,9	H	Físicamente activos	SJ	3262 \pm 626
	18	28,5 \pm 6,9	H	Físicamente activos	SJ (oscilación de brazos)	3804 \pm 684
	18	28,5 \pm 6,9	H	Físicamente activos	CMJ	3216 \pm 607
	18	28,5 \pm 6,9	H	Físicamente activos	ABK	3896 \pm 681
Ferretti, <i>et al.</i> ¹³	6	26 \pm 3	H	Voleibol élite	SJ	4544 \pm 427
Sayers, <i>et al.</i> ⁷	49	22,4 \pm 2,2	M	Atletas y estudiantes de EF	CMJ	3069 \pm 818
	49	22,4 \pm 2,2	M		SJ	2994 \pm 543
Driss, <i>et al.</i> ¹²	10	23 \pm 3,7	M	Sedentarias	SJ (75 °)	33,3 \pm 8,2*
Hertogh y Hue ³	9	21,2 \pm 3	H	Voleibol élite	CMJ	5355 \pm 522
Ara, <i>et al.</i> ¹¹	11	23,4 \pm 0,4	H	Voleibol élite	CMJ	4608 \pm 197
	11	23,4 \pm 0,4	H	Voleibol élite	SJ	4657 \pm 216
Lara, <i>et al.</i> ¹⁶	13	20,92 \pm 3,3	M	Voleibol medio	ABK	3536 \pm 631
	13	20,92 \pm 3,3	M	Voleibol medio	CMJ	2856 \pm 554
	13	20,92 \pm 3,3	M	Voleibol medio	SJ	2879 \pm 539
French, <i>et al.</i> ¹⁴	20	19,7 \pm 1,3	M	Gimnasia élite	CMJ	3210 \pm 350
	20	19,7 \pm 1,3	M	Gimnasia élite	SJ	3000 \pm 150
Canavan y Vescovi ⁸	20	20,1 \pm 1,6	M	Universitarias	CMJ	2425 \pm 372

TABLA 2.- Algunos datos publicados de potencia medida en salto vertical sobre plataforma de fuerzas en diferentes poblaciones

H: hombres; M: mujeres; EF: educación física; SJ: salto sin contramovimiento; CMJ: salto con contramovimiento; ABK: salto Abalakov.

*El autor expresa el valor en W/kg

Autor	Nº sujetos	Sexo (H-M)	Edad (\pm SD) (años)	Deporte (nivel)	Tipo de salto	Potencia (\pm SD) (W)						
						Medidas Indirectas				Plataforma de fuerzas		
						Lewis	% Dif	Harman	% Dif	Sayers	% Dif	
Harman <i>et al</i> ⁶	17	H	28,5 \pm 6,9	Físicamente activos	JR	1107 \pm 144	-70,61					3767 \pm 686
Sayers <i>et al</i> ⁷	108	H-M		Atletas y estudiantas de EF	CMJ SJ	1076 \pm 287	-72,86	3477 \pm 900	-12,31			3965 \pm 1183
						1034 \pm 264	-73,22	3689 \pm 977	-4,45			3861 \pm 1076
										4624 \pm 877	-1,78	4708 \pm 889
	59	H	21,3 \pm 3,4	Atletas y estudiantas de EF	CMJ SJ					4536 \pm 731	-1,82	4620 \pm 822
	49	M	20,4 \pm 2,2	Atletas y estudiantes de EF	CMJ SJ					3169 \pm 567	3,26	3069 \pm 818
										3052 \pm 587	1,94	2994 \pm 543
Hertogh y Hue ³	9	H	21,2 \pm 3	Voleibol élite	CMJ	1246 \pm 78	-76,73	4314 \pm 216	-19,44	4607 \pm 251	-13,97	5355 \pm 522
						943 \pm 162	-72,03	3004 \pm 563	-10,91	3400 \pm 604	0,83	3372 \pm 532
Canavan y Vescovi ⁸	20	M	20,1 \pm 1,6	Universitarias	CMJ			2585 \pm 410	6,60	2925 \pm 473	20,62	2425 \pm 372

TABLA 3.-
Estudios comparativos de potencia medida de forma directa e indirecta

H: hombres; M: mujeres; EF: educación física; JR: saltar y tocar; CMJ: salto con contramovimiento; SJ: salto sin contramovimiento; Dif: diferencia

En el mercado están apareciendo plataformas de fuerzas portables, con precios asequibles, que van a permitir cada vez más su incorporación a los métodos usados por entrenadores e investigadores en la medida de la potencia^{8,17}.

El objetivo de este trabajo ha sido, por un lado, evaluar la potencia de extensión de miembros inferiores con tests de salto, mediante una plataforma de fuerzas en un equipo de voleibol femenino de nivel medio, y por otro, comparar los resultados con los obtenidos con métodos indirectos para discutir sobre la idoneidad de éstos.

MATERIAL Y MÉTODO

Sujetos

Tomaron parte en el estudio 13 jugadoras de voleibol (20,9 \pm 3,3 años), pertenecientes todas a un mismo equipo de Primera División Nacional.

Para obtener su cineantropometría se usó una báscula de pie Seca (con 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). Se obtuvo el peso (61,44 \pm 6,17 kg), la talla (1,641 \pm 0,055 m), la longitud de muslo (0,411 \pm 0,027 m) y de la pierna (0,379 \pm 0,015 m) y se calculó el porcentaje de grasa (17,06 \pm 2,89) y el peso libre de grasa (FFM) (50,86 \pm 4,30 kg) de la población estudiada. El porcentaje de grasa se calculó a partir de la suma de seis pliegues grasos (subescapular, tríceps, suprailíaco, abdominal, anterior muslo y pierna), tomando la media de tres medidas en cada uno y aplicando la ecuación que propone Carter¹⁸ para mujeres. El FFM se calculó restando al peso corporal el peso graso. Se usaron los protocolos recomendados por el Grupo Español de Cineantropometría (GREC) publicados en el manual de Esparza¹⁹.

Tests de salto

Se usó una plataforma de fuerzas piezoeléctrica portable *Quattro Jump de Kistler* (con sensibili-

dad de 0,1 N), que tiene una superficie cercana a 1 m² y está especialmente diseñada para realizar tests de salto. La plataforma se encontraba conectada a un ordenador portátil en el que se recogían los registros de fuerzas.

Todas las jugadoras realizaron, en un día aparte, una sesión previa de familiarización mediante simulaciones de saltos en las que en tiempo real veían proyectadas sus gráficas de fuerza-tiempo mediante las cuáles se corregían los errores de ejecución. Tras un calentamiento estandarizado y dirigido por el investigador, consistente en 10 min de pedaleo en cicloergómetro, dos series de saltos (submáximos y máximos) y estiramientos, se realizaron, según este mismo orden, los siguientes tests: ABK, CMJ y SJ. Cada jugadora hizo de 3 a 5 repeticiones válidas en cada test, cayendo equilibrada en la misma zona de donde partió. Se tomaron las de mayor altura de vuelo. En el ABK y CMJ se dejó libre el ángulo de flexión de rodillas, mientras que en el SJ se fijó a 90°, medidos mediante escuadra. Para considerar válidos los SJ se comprobaba que el centro de gravedad no descendiera más de 6 cm en la batida. El reco-

rrido del centro de gravedad se obtenía a partir del registro de fuerzas mediante el software *Quattro Jump* v. 1.07 de 2003 (Kistler, Suiza). El tiempo de descanso entre repeticiones fue de 60 s y entre tipos de salto 90 s. Se usó una frecuencia de muestreo de 500 Hz. Los tests se realizaron en el mismo espacio y horarios en los que entrenan las jugadoras.

Variables

En cada test se obtuvo la altura, el pico de máxima fuerza durante la batida (PF), la potencia media durante la fase concéntrica (PA), el pico de máxima potencia (PP) y los valores de fuerza y velocidad a los que se obtenía la máxima potencia. Por otro lado se calculó indirectamente la potencia a partir de la altura de los saltos y la masa de los sujetos (Tabla 1).

Métodos estadísticos

Se usó el software estadístico *Statistica for windows 5.1*. Se realizó estadística descriptiva obteniendo medias, desviaciones típicas y correlaciones de las variables estudiadas. En las

Variable	Tipo de salto			Grado de significación
	ABK	CMJ	SJ	
Altura salto (m)	0,391±0,082	0,322±0,070	0,255±0,058	ABK-CMJ: ** ABK-SJ: ** CMJ-SJ: **
PF (N)	1514,8±204,2	1477,6±162,6	1557,6±207,0	ABK-CMJ: ns ABK-SJ: ns CMJ-SJ: ns
PP (W)	3536±631	2856±554	2878±538	ABK-CMJ: ** ABK-SJ: **
PP (W/kg)	56,87±7,88	46,01±7,55	46,33±6,99	CMJ-SJ: ns
PA (W)	1802±333	1607±306	1315±262	ABK-CMJ: ** ABK-SJ: ** CMJ-SJ: **
Fuerza en PP (N)	1381,8±170,8	1212,0±158,9	1383,3±188,1	ABK-CMJ: ** ABK-SJ: ns CMJ-SJ: **
Velocidad en PP (m/s)	2,56±0,26	2,35±0,22	2,08±0,20	ABK-CMJ: ** ABK-SJ: ** CMJ-SJ: **

PF: pico de fuerza; PP: pico de potencia; PA: potencia media; ABK: salto Abalakov; CMJ: salto con contramovimiento; SJ: salto sin contramovimiento.
**: p<0,01; ns: no significativa

TABLA 4.-
Resultados obtenidos en las variables recogidas con la plataforma de fuerzas en los 3 tests de salto y diferencias encontradas entre ellas

ABK						
Sujeto	Masa (kg)	Altura salto (m)	Potencia plataforma (W)	Potencia Lewis (W)	Potencia Harman (W)	
1	73,2	0,271	3630,045	840,754	2532,779	
2	59,8	0,537	4224,023	940,969	3632,446	
3	62,8	0,316	3614,532	751,513	2351,552	
4	70,9	0,524	5123,349	1133,257	4018,733	
5	61,7	0,385	3237,936	846,888	2822,417	
6	69,3	0,390	3919,868	965,370	3154,984	
7	56	0,424	3223,761	793,084	2821,606	
8	61,4	0,390	3287,007	843,715	2832,064	
9	56,9	0,396	3208,882	783,045	2690,753	
10	58,8	0,459	3772,911	866,073	3139,572	
11	57,3	0,307	3007,108	709,019	2198,542	
12	57,8	0,307	2752,425	722,846	2239,942	
13	52,8	0,371	2969,245	708,105	2401,562	

CMJ						
Sujeto	Masa (kg)	Altura salto (m)	Potencia plataforma (W)	Potencia Lewis (W)	Potencia Harman (W)	Potencia Sayers (W)
1	73,2	0,204	2720,624	729,257	2117,423	2687,153
2	59,8	0,439	3690,561	850,000	3020,349	3159,356
3	62,8	0,255	2329,499	674,696	1971,416	2325,171
4	70,9	0,421	4186,727	1017,258	3383,383	3708,545
5	61,7	0,344	2735,315	804,451	2582,488	2867,282
6	69,3	0,337	3251,288	896,400	2823,206	3219,213
7	56	0,360	2713,768	731,562	2428,492	2607,341
8	61,4	0,316	2819,749	758,476	2372,072	2671,582
9	56,9	0,329	2662,809	713,243	2276,070	2500,692
10	58,8	0,355	2866,372	761,610	2494,341	2713,833
11	57,3	0,233	2307,445	618,893	1746,001	2089,383
12	57,8	0,251	2332,219	647,148	1872,207	2204,745
13	52,8	0,342	2512,507	678,511	2217,946	2380,464

SJ						
Sujeto	Masa (kg)	Altura salto (m)	Potencia plataforma (W)	Potencia Lewis (W)	Potencia Harman (W)	Potencia Sayers (W)
1	73,2	0,162	2850,641	650,612	1859,589	2298,361
2	59,8	0,339	3646,266	747,658	2406,066	2682,076
3	62,8	0,200	2511,328	597,757	1631,969	1947,181
4	70,9	0,329	4138,822	899,215	2813,550	3212,433
5	61,7	0,285	2815,733	731,595	2213,772	2533,602
6	69,3	0,287	3316,396	827,972	2517,157	2911,288
7	56	0,321	2742,800	691,069	2188,481	2438,915
8	61,4	0,276	2714,217	707,712	2118,640	2430,016
9	56,9	0,181	2350,224	528,736	1358,623	1636,443
10	58,8	0,266	2997,108	659,685	1945,640	2228,176
11	57,3	0,200	2254,115	573,470	1541,969	1833,931
12	57,8	0,235	2652,966	627,104	1777,629	2070,122
13	52,8	0,237	2434,279	565,426	1571,358	1806,862

TABLA 5.-
Relación de las jugadoras con sus alturas de salto y picos de potencia

ABK: salto Abalakov; CMJ: salto con contramovimiento; SJ: salto sin contramovimiento

correlaciones se usó el método no paramétrico de Spearman, con un criterio de significación mínimo de $p < 0,05$. Para la comparación de

medias se usó el test de Wilcoxon para datos apareados, usando también el criterio de significación mínimo de $p < 0,05$.

RESULTADOS

En la Tabla 4 se pueden ver los resultados de las variables recogidas con la plataforma de fuerzas en los 3 tests de salto y en la Tabla 5 las alturas de salto y potencias medidas y calculadas con las fórmulas, en cada uno de los sujetos. En la Tabla 6 se comparan las diferencias entre las medidas directas e indirectas de la potencia.

DISCUSIÓN

En comparación con otros tests (como por ejemplo tests con cicloergómetro²⁰⁻²³) en los saltos se obtienen valores de potencia más altos. En los saltos las 2 extremidades inferiores actúan a la vez, puede existir la aportación de las extremidades superiores (como ocurre en el ABK) y la carga que manejamos impulsándola en un tiempo relativamente corto (en torno a 0.3 s) es la de nuestro propio peso.

Las jugadoras estudiadas mostraban su mayor PP en el ABK (3536 ± 631 W) seguido de SJ (2879 ± 539 W) y del CMJ (2856 ± 554 W) (Figura 2). En cambio en las alturas de vuelo el orden era ABK ($0,391 \pm 0,082$ m), CMJ ($0,322 \pm 0,070$ m) y SJ ($0,255 \pm 0,058$ m) (Figura 3). El mayor pico de potencia del SJ respecto al CMJ, aunque saltaran más en el segundo, se

explica porque en el SJ se fijó el ángulo de descenso en 90° mientras que se dejó libre en el CMJ. Así, mostraban un mayor tiempo de ascenso y, aunque el pico de potencia era inferior, la potencia media fue superior. Por otro lado, como puede verse en la Tabla 5, dentro de cada tipo de salto no coinciden el sujeto que más salta (sujeto 2) con el que dio mayor pico de potencia con la plataforma (sujeto 4). Esto refuerza la idea de que obtener una altura de vuelo mayor en el salto no significa necesariamente haber marcado un mayor pico de potencia (supuesto del que parten las fórmulas de cálculo). No obstante, las correlaciones obtenidas entre los picos de potencia medidos directamente y las potencias estimadas a partir de las tres fórmulas son buenas (ABK: $r = 0,89-0,93$ y $p < 0,001$; CMJ: $r = 0,95-0,96$ y $p < 0,001$; SJ: $r = 0,90-0,91$ y $p < 0,001$). En la Figura 4 se muestra la correlación entre el PP obtenido con plataforma de fuerzas y con la fórmula de Sayers en el CMJ ($r = 0,96$ y $p < 0,001$).

Los valores de fuerza y de velocidad en los que obtenían el pico de potencia fueron para ABK $1381,8 \pm 170,8$ N y $2,56 \pm 0,26$ m/s; para CMJ $1212,0 \pm 158,9$ N y $2,35 \pm 0,22$ m/s y para SJ $1383,3 \pm 188,1$ N y $2,08 \pm 0,20$ m/s respectivamente. Hay que destacar que en el SJ es donde mayor fuerza se conseguía en el pico de potencia, seguido del ABK y finalmente del CMJ,

Variable	Tipo de salto:		
	ABK	CMJ	SJ
Potencia (\pm SD) (W)			
Lewis	839 \pm 120	760 \pm 110	677 \pm 106
% Dif con PP	-76,27	-73,39	-76,48
% Dif con PA	-53,46	-52,73	-48,54
Harman	2834 \pm 542	2408 \pm 465	1996 \pm 428
% Dif con PP	-19,86	-15,69	-30,67
% Dif con PA	57,2	49,77	51,72
Sayers		2703 \pm 450	2310 \pm 459
% Dif con PP		-5,36	-19,76
% Dif con PA		68,12	75,59
PP Plataforma	3536 \pm 631	2856 \pm 554	2878 \pm 538
PA Plataforma	1802 \pm 333	1607 \pm 306	1315 \pm 262

Dif: diferencia; PP: pico de potencia; PA: potencia media; ABK: salto Abalakov; CMJ: salto con contramovimiento; SJ: salto sin contramovimiento. Las diferencias entre la potencia medida directamente con la plataforma y la calculada con cada una de las fórmulas para los tres saltos eran en todos los casos significativas ($p < 0,01$)

TABLA 6.-
Diferencia entre las mediciones directas (tanto del pico de potencia como de la potencia media) y las mediciones indirectas

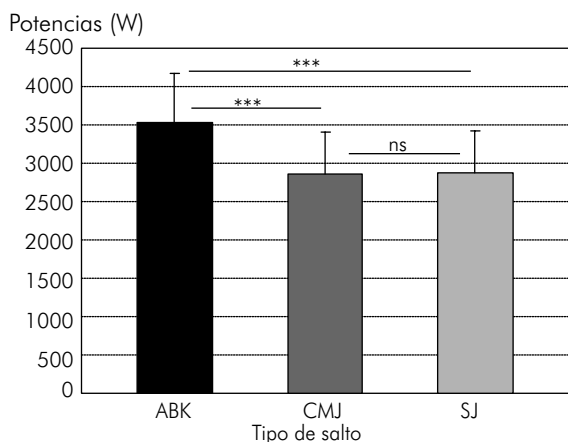


FIGURA 2.-
Picos de potencia en la población estudiada.
ABK: salto Abalakov;
CMJ: salto con contramovimiento;
SJ: salto sin contramovimiento.
ns: no significativa;
***: $p < 0,001$

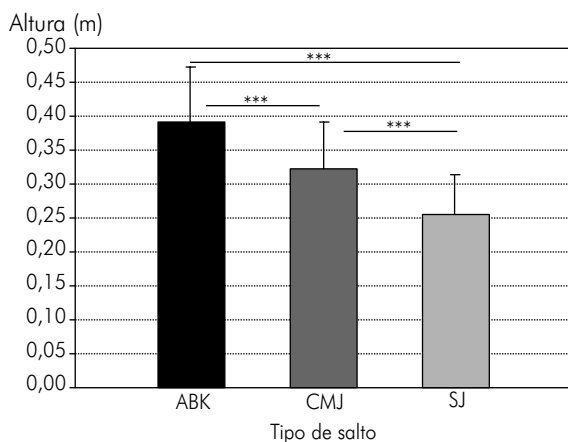


FIGURA 3.-
Alturas de vuelo del centro de gravedad en la población estudiada.
ABK: salto Abalakov;
CMJ: salto con contramovimiento;
SJ: salto sin contramovimiento.
***: $p < 0,001$

$$\text{Potencia Sayers} = 481.47 + .77771 * \text{Potencia Plataforma}$$

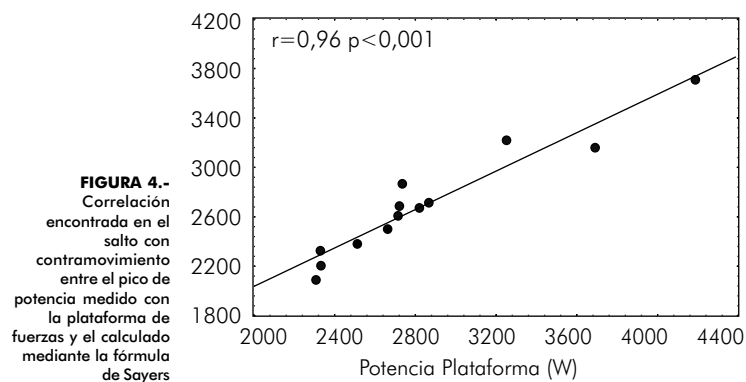


FIGURA 4.-
Correlación encontrada en el salto con contramovimiento entre el pico de potencia medido con la plataforma de fuerzas y el calculado mediante la fórmula de Sayers

tan correlaciones bastante buenas con los PP ($r = 0,68-0,87$; $p < 0,05$). El uso de la plataforma de fuerzas permite estudiar la velocidad a la que se consigue la máxima potencia. Esto es beneficioso, ya que en determinados deportes puede interesar, aún manteniendo la misma potencia, incrementar la velocidad a la que se consigue.

Todas las fórmulas de potencia correlacionan bien entre sí ($r = 0,83-0,99$; $p < 0,001$). La fórmula de Lewis ha infraestimado significativamente ($p < 0,01$) el PP entre el 73,39 y el 76,48% (diferencias similares a las encontradas en la bibliografía^{3,6,7}) y la PA entre el 48,54 y el 53,46% (con lo que se demuestra que tampoco es precisa para medir la potencia media). La fórmula de Harman ha infraestimado significativamente ($p < 0,01$) el PP, aunque en menor medida (entre el 15,69 y el 30,67%), pero por otro lado ha sobreestimado la PA (entre el 49,77 y el 57,20%). La fórmula de Sayers ha dado valores de pico de potencia más parecidos a los obtenidos de forma directa con la plataforma de fuerzas (ha infraestimado el PP entre el 5,36 y el 19,76% y ha sobreestimado la PA entre el 68,12 y el 75,59%), aunque también con diferencias significativas ($p < 0,01$), pero sin discriminar quiénes han obtenido mayores picos dentro de una población con alturas de salto similares (Tabla 5).

En este estudio con jugadoras de voleibol, todas las fórmulas han infraestimado el pico de potencia. No obstante, se ha descrito en poblaciones de no deportistas que la fórmula de Sayers puede sobreestimarlo^{3,8}. Esto refuerza la idea de que, en función de la capacidad de salto en la población estudiada, la fórmula de Sayers podrá infraestimar o sobreestimar la potencia. Si no dispusiéramos de instrumentos de medición directa la fórmula de Sayers sería la de elección por presentar los valores más cercanos a la potencia medida directamente, aunque en el futuro se deben desarrollar ecuaciones adaptadas a diferentes poblaciones, si se quiere mejorar la validez de los resultados.

mientras que la mayor velocidad se obtenía en el ABK, seguido del CMJ y del SJ. Las velocidades y fuerzas en el pico de potencia presen-

CONCLUSIONES

1. El ABK permite obtener mayor altura de salto, seguido de CMJ y SJ. Por otra parte, una mayor altura de salto no significa necesariamente obtener un mayor pico de potencia, como hemos observado en este estudio.
2. Las plataformas de fuerzas portables permiten medidas directas de la potencia además de otras variables como la velocidad a la que se consigue el pico de potencia. Esto, unido a que empiezan a ser más asequibles económicamente, facilitará su uso futuro por investigadores y entrenadores.
3. La fórmula de Lewis ha infraestimado significativamente tanto el pico de potencia como la potencia media. La de Harman también ha infraestimado significativamente el pico de potencia (aunque en menor medida), pero ha sobreestimado significativamente la potencia media. La fórmula de Sayers es la que ha dado unos valores de potencia más

parecidos a los obtenidos de forma directa, a pesar de que las diferencias seguían siendo significativas respecto a la plataforma de fuerzas. Por otro lado, las tres fórmulas no son capaces de diferenciar quiénes han mostrado los mayores picos cuando las alturas de salto son similares.

4. Viendo las grandes oscilaciones en potencias calculadas con fórmulas que aparecen en la bibliografía, creemos interesante estudiar como posible línea de futuro si dichas fórmulas varían la validez de su predicción en función de la población estudiada (grado de entrenamiento, sexo, raza...).

AGRADECIMIENTOS

Este estudio ha sido realizado gracias a los proyectos DIMOCLUS del Ministerio de Ciencia y Tecnología y PREDACOM de la Consejería de Educación y Ciencia de la Junta Castilla-La Mancha.

B I B L I O G R A F I A

1. Ferragut C, Cortadellas J, Navarro J, Arteaga R, López JA. ¿Por qué saltan más los jugadores de voleibol? *Arch Med Dep* 2002;XIX(92):449-58.
2. González JJ, Gorostiaga E. *Fundamentos del entrenamiento de la fuerza. Aplicación al alto rendimiento deportivo*. Barcelona. Inde, 1997.
3. Hertogh C, Hue O. Jump evaluation of elite volleyball players using two methods: jump power equations and force platform. *J Sports Med Phys Fitness* 2002;42(3):300-3.
4. Vandewalle H, Péres G, Sourabié B, Stouvenel O, Monod H. Force-velocity relationship and maximal anaerobic power during cranking exercise in young swimmers. *Int J Sports Med* 1989;10:439-45.
5. Fox EL, Mathews DK. *The interval training: conditioning for sports and general fitness*. Philadelphia, PA: W.B. Saunders, 1974;257-8.
6. Harman EA, Rosenstein MT, Frykman PN, Rosenstein RM, Kramer WJ. Estimates of human power output from vertical jump. *J Appl Sport Sci Res* 1991;5:116-20.
7. Sayers SP, Harackiewicz DV, Harman EA, Frykman PN, Rosenstein MT. Cross-validation of three jump power equations. *Med Sci Sports and Exerc* 1999;31:572-7.
8. Canavan PK, Vescovi JD. Evaluation of power prediction equations: peak vertical jumping power in women. *Med Sci Sports Exerc* 2004;36(9):1589-93.
9. Mijares H, Hernández J, Torres SH, Hernández N, Garmendia J. La prueba del ergosalto y su relación con los tipos de fibras musculares en atletas de diferentes especialidades. *Arch Med Dep* 1993;10(37):19-22.
10. Rodríguez D, García JM. Efecto de dos modelos de entrenamiento de la fuerza especial en voleibol: aplicación práctica de dos temporadas en el C.V. Gran Canaria. *Arch Med Dep* 1998;15(57):25-30.

11. Ara I, Vicente-Rodríguez G, Cortadellas J, Arteaga R, López JA. Efectos de la práctica continuada del voleibol sobre la composición corporal: relación con la capacidad de salto. *Actas del II Congreso Mundial de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Deporte y Calidad de Vida*. Granada, 2003.
12. Driss T, Vandewalle H, Quievre J, Millar C, Monod H. Effects of external loading on power output in a squat jump on a force platform: a comparison between strength and power athletes and sedentary individuals. *J Sports Sci* 2001;19(2):99-105.
13. Ferretti 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 Occup Physiol* 1994;68(2):111-5.
14. French DN, Gómez AL, Volek JS, Rubin MR, Ratamess NA, Sharman MJ, et al. Longitudinal tracking of muscular power changes of NCAA Division I collegiate women gymnasts. *J Strength Cond Res* 2004;18(1):101-7.
15. Harman EA, Rosenstein MT, Frykman PN, Rosenstein RM. The effects of arms and countermovement on vertical jumping. *Med Sci Sports Exerc* 1990;22(6):825-33.
16. Lara AJ, Abián J, Alegre LM, Aguado X. Tests de salto con plataforma de fuerzas en voleibol femenino. *Revista de entrenamiento deportivo* 2004;18(2):11-6.
17. Linthorne NP. Analisis of standing vertical jumps using a force platform. *Am J Phys* 2001;69(11):1198-204.
18. Carter JEL. Antropometric instruments and measurements used in the Montreal Olympic Games Anthropological Project. En: Carter JEL. Physical structure of Olympic athletes. Part I: MOGAP. *Medicine Sport* Vol 16. Karger. Basel. 1982.
19. Esparza F. *Manual de cineantropometría*. Colección de monografías de medicina del deporte FEMEDE, 3, 1993.
20. Melhim AF. Investigation of circadian rhythms in peak power and mean power of female physical education students. *Int J Sports Med* 1993;14:303-6.
21. Mijares H, Torres SH, Alonso J, Hernández N, Garmendia J. La composición fibrilar y las pruebas de wingate y el ergosalto en atletas. *Arch Med Dep* 1995;XII(45):17-21.
22. Tanaka H, Bassett DRJr, Swensen TC, Sampedro RM. Aerobic and anaerobic power characteristics of competitive cyclists in the United States Cycling Federation. *Int J Sports Med* 1993;14(6):334-8.
23. Winter EM, Brown D, Roberts NK, Brookes FB, Swaine IL. Optimized and corrected peak power output during friction-braked cycle ergometry. *J Sports Sci* 1996;14(6):513-21.