

Precisión del sistema Orthobio® en un salto vertical

C. CABÚS RUANA, I. MARCOS RAMOS* y S MONTERDE PÉREZ

*Aula de Biomecánica. Facultad de Medicina y Ciencias de la Salud. Universitat Rovira i Virgili. Reus. Tarragona.

Resumen.—*Objetivo:* el presente estudio pretende determinar la exactitud y la precisión test-retest de un salto vertical, ya que el análisis del movimiento humano es necesario en muchas áreas de la medicina.

Material y métodos: Se analiza el salto vertical realizado con contra movimiento (triple flexión de extremidades inferiores) de nueve individuos siendo la media de edad de 25 años y la DE±4,82 por medio del sistema Orthobio®. Se procede al registro de dos marcadores reflectantes superficiales de 2 cm de diámetro colocados sobre las apófisis espinosas de C7 y L3, en reposo y durante cada salto, filmando tres repeticiones en el plano frontal posterior, con dos cámaras digitales a una velocidad de muestreo de 25 fotogramas por segundo. El tamaño de la muestra se determinó para un índice de correlación de 0,95, β igual a 0,90 y α igual a 0,05.

Resultados: El índice de precisión obtenido mediante el sistema Orthobio®, en este estudio es 0,97 en C7. También hay que destacar la alta exactitud del sistema Orthobio® que se dedujo de la comparación de las medidas realizadas por el sistema y manualmente. En dichos resultados, se observa que la exactitud del sistema es mayor en la segunda serie de saltos ($r=0,99$ en L3 y $r=0,99$ en C7) en comparación a la primera serie de saltos ($r=0,97$ en L3 y $r=0,98$ en C7).

Conclusiones: El entrenamiento de los observadores aumenta la exactitud. Se propone L3 como punto para medir el salto vertical. La precisión de las medidas del salto vertical realizadas en C7 es mayor que las realizadas en L3.

Palabras clave: Biomecánica. Cinesiología aplicada. Movimiento.

ACCURACY OF THE ORTHOBIO® SYSTEM IN A VERTICAL JUMP

Summary.—*Objective:* The present study aims to determine the test-retest exactness and accuracy of a vertical jump, since analysis of the human movement is necessary in many areas of medicine.

Material and methods: Vertical jump performance with contra-movement (triple flexion of the lower limbs) of 9 in-

dividuals is analyzed. Their mean age is 25 years and the SD 4.82 by means of the Orthobio® system. Recordings of 2 reflective superficial markers of 2 cm in diameter placed on the spinal apophysis of C67 and L3, was done at rest and during each jump, filming three repetitions in the frontal posterior plane, with two digital cameras at a sampling rate of 25 photograms per second. Sample size was determined by a correlation index of 0.95, β equal to 0.90 and α equal to 0.05.

Results: The accuracy index obtained by the Orthobio® system in this study is 0.97 in C7. It is also necessary to emphasize the high exactness of the Orthobio® system that is deduced from the comparison of the measurements performed by the system and manually. In these results, it is observed that the exactness of the system is greater in the second series of jumps ($r=0.99$ in L3 and $r=0.99$ in C7) in comparison with the first series of jumps ($r=0.97$ in L3 and $r=0.98$ in C7).

Conclusions: Training of the observers increases exactness. L3 is proposed as the point to measure the vertical jump. Accuracy of the measurements of the vertical jump performed in the C7 is greater than that done in L3.

Key words: Biomechanics. Applied Kinesiology. Movement.

INTRODUCCIÓN

El análisis del movimiento humano es necesario en el campo de la terapia física, en el deporte y en muchas áreas de la medicina. La exploración del movimiento es habitualmente realizada por medio de la observación visual, pero cada vez más se hacen necesarias medidas de laboratorio que permitan más precisión y añadan una mayor información de lo que ocurre en un determinado acto cinemático.

Hasta ahora, en la evaluación objetiva se utilizan medios isocinéticos^{1,2}, la evolución ha llevado a nuevos sistemas de análisis del movimiento que nos permiten valorar la eficacia de tratamientos en la reparación del sistema locomotor, en especial de extremidades inferiores³ y en extremidades superiores^{4,5}. Para valorar la eficacia de tratamientos, el se-

Trabajo recibido el 23-I-02. Aceptado el 29-VII-02.

guimiento de programas de entrenamiento específicos⁶, la elaboración de una historia deportiva o de terapia física, se necesitan instrumentos que registren y faciliten la exploración y evaluación del individuo en sus diversas facetas motoras⁷.

El sistema Orthobio® es un sistema de análisis del movimiento⁸ en tres dimensiones, aplicable en la exploración de un individuo para la construcción de la historia clínica. Consta de dos cámaras de video domésticas, un calibrador modular, que se puede adaptar al espacio en que se realice el movimiento que se va analizar, y un sistema informático. La principal ventaja de este sistema es que las imágenes se almacenan directamente en el disco duro del ordenador, sin necesidad de trabajar con un magnetoscopio, de forma que se puede acceder directamente a cualquier parte de la información con comodidad y rapidez.

Para una correcta utilización posterior del sistema Orthobio® es necesario determinar previamente la precisión que se consigue para una prueba determinada; el presente estudio pretende determinar la exactitud y la precisión test-retest de un salto vertical.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se procede a realizar un estudio de concordancia con *nueve voluntarios* estudiantes de fisioterapia. De los cuales cinco eran varones y cuatro mujeres, sin enfermedades ni patologías. El rango de edades estuvo entre 21 y 34 años, la edad media de 25 años y $D\bar{E}\pm 4,82$.

Las mediciones se realizaron en el Aula de Biome-

cánica de la Facultad de Medicina de la Universidad Rovira i Virgili en Reus. Se realizan dos series de tres saltos verticales separadas por 24 horas. Cada serie de saltos se precede de una explicación de la prueba a realizar, un calentamiento consistente en estiramientos mantenidos de 15 a 30 segundos de la cintura escapular, la cintura pélvica, y las extremidades inferiores. Colocación de los marcadores⁹ en C7 y en L3. Durante test y retest cada individuo utilizó el mismo calzado y ropa que utilizó en el test.

Cada salto vertical es realizado con contra movimiento previo¹⁰ es decir, triple flexión (fig. 1) de extremidades inferiores (flexión de cadera, rodilla y tobillo y sin despegar completamente los pies del suelo) y permitiendo al individuo el movimiento libre de las extremidades superiores. El individuo salta sobre una superficie plana de 1 m² delimitada por una línea. Se invalidan los saltos que sobrepasan esta superficie, para evitar los desplazamientos excesivos de la vertical.

Al inicio de cada serie de saltos, en reposo, se mide la distancia en centímetros desde los puntos C7 y L3 al suelo de forma manual por un mismo observador en todos los registros. La colocación de marcadores, filmación y digitalización de imágenes se realizó a cargo de un segundo observador en todos los registros.

Por medio del sistema Orthobio® se procede al registro de dos marcadores reflectantes superficiales de 2 cm de diámetro colocados sobre las apófisis espinosas de C7 y L3, como hemos dicho anteriormente, en reposo y durante cada salto, filmando tres repeticiones en el plano frontal posterior, con dos cámaras digitales a una velocidad de muestreo de 25 fotografías por segundo (JVC GR-DVX8), y una velocidad de

Fig. 1.—a=posición inicial; b=contra movimiento; c=salto.

obturación de 1/250. Las cámaras fueron¹¹ colocadas a 60° entre ellas y a una distancia de 170 cm del suelo, y respecto al centro de filmación a 320 cm. Dos focos de 300 vatios hacían posible que los marcadores pasivos reflejasen la luz. Se filma el sistema de referencia fijo, un sistema ortogonal de 2 m³ ocupando el espacio en el que posteriormente se va a realizar el movimiento. El sistema informático Orthobio® permite el acceso a la información guardada para el análisis del movimiento. Las coordenadas de la digitalización de los marcadores fueron filtradas (Butterworth) a 8 Hz. Observamos la posición de la proyección de C7 y L3 en el eje Z (en mm).

La altura del salto se calcula por la diferencia existente entre la altura máxima que pueda alcanzar el marcador en el salto y su posición inicial en reposo, medidos, como hemos dicho anteriormente, en los puntos C7 y L3 (fig. 2).

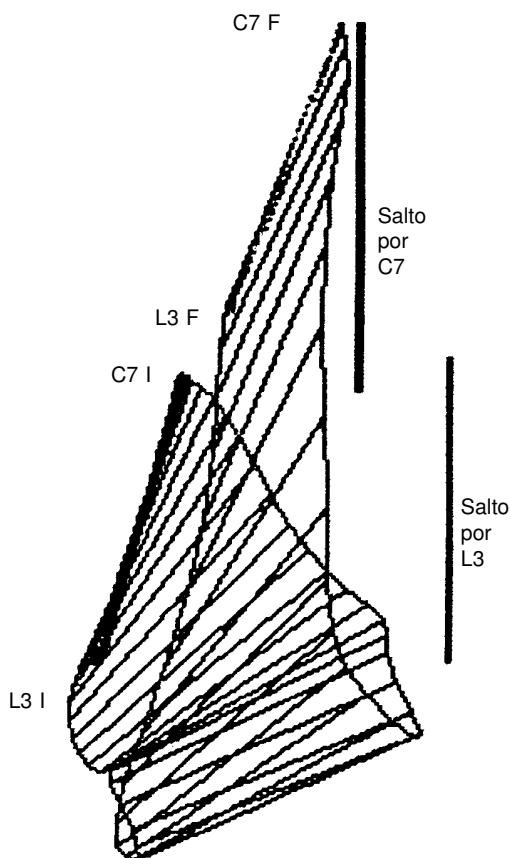


Fig. 2.—L3I: posición inicial del marcador sobre L3. C7I: posición inicial marcador sobre C7. L3F: Altura máxima alcanzada por el marcador sobre L3. C7F: Altura máxima alcanzada por el marcador sobre C7. Salto por L3: Línea indicando el desplazamiento vertical total del marcador situado en L3 en la vertical. Salto por C7: Línea indicando el desplazamiento total del marcador situado en C7 (orientación de los ejes X=0; Y=83; Z=83).

TABLA 1. Exactitud en la situación de los marcadores

	Primera serie	Segunda serie
<i>Posición de L3</i>		
Manual (cm)	107,7	108
Por Orthobio (cm)	107,7	108,4
r=0,976		r=0,99
<i>Posición de C7</i>		
Manual (cm)	147	147,4
Por Orthobio (cm)	147,4	147,9
r=0,986		r=0,995

cm=centímetros.

Se elegirá, en cada uno de los casos, el mejor salto de los realizados en cada una de las series indistintamente.

El tamaño de la muestra se determinó para un índice de correlación de 0,95, β igual a 0,90 y α igual a 0,05. El estudio estadístico se realizó por SPSS-PC 10,0, empleando el índice de correlación de Pearson.

RESULTADOS

La exactitud del sistema Orthobio determinada por la comparación entre la distancia al suelo de cada marcador, en reposo, al inicio de cada serie, medida de forma manual y por el sistema se puede ver en la tabla 1.

La tabla 2 refleja la alta correlación entre los valores de los saltos en ambas series, observándose mayor precisión cuando el salto se mide en C7 ($r=0,97$).

Cuando comparamos la magnitud del salto medido en C7 y L3, tanto en la primera serie como en la segunda, observamos que el medido por L3 es significativamente mayor que el determinado por C7 ya sea en los saltos seleccionados o en la totalidad de los saltos realizados (tablas 2 y 3).

DISCUSIÓN

El índice de precisión obtenido mediante el sistema Orthobio®, en este estudio ($r=0,97$ en C7) es superior al obtenido por Gusi et al¹⁰ el cual en la prueba de tiempo de vuelo medido en una plataforma de contactos para estimar la elevación del centro de gravedad obtiene una precisión de $r=0,93$. Además Gusi et al¹⁰ obtuvo un resultado en la prueba de salto vertical midiendo el alcance de la mano en el salto ($r=0,97$) que coincide con la precisión obtenida por Orthobio®.

TABLA 2. Comparación de los mejores saltos entre las dos series

Altura del salto (cm)	Primera serie	Segunda serie	r
Por L3 (DE)	49,8 (13,9)	47,3 (10,7)	0,91
Por C7 (DE)	45,8 (10,2)	44,8 (10,5)	0,97
Diferencia L3-C7	3,9 p=0,09	2,4 p<0,0001	

cm=centímetros; DE=desviación estándar.

Hay que destacar la alta exactitud del sistema Orthobio® que se dedujo de la comparación de las medidas realizadas por el sistema Orthobio® y manualmente. En dichos resultados, se observa que la exactitud del sistema es mayor en la segunda serie de saltos ($r=0,99$ en L3 y $r=0,99$ en C7) en comparación a la primera serie de saltos ($r=0,97$ en L3 y $r=0,98$ en C7). Esta pequeña diferencia, se puede atribuir a la práctica y experiencia que adquieren los observadores en la aplicación del método descrito.

La elección de L3 y C7, fácilmente palpables, se hizo después de valorar los diferentes puntos que en un principio se consideraron para el estudio y que posteriormente, en el salto, quedaban ocultos por algún miembro del cuerpo del saltador impidiendo su digitalización en la totalidad del salto. Se realizaron saltos de prueba para observar su comportamiento en diferentes planos de grabación. El segmento delimitado por los puntos C7 y L3 permite la observación de la columna vertebral en su evolución en el espacio durante el movimiento (fig. 3).

Por otro lado, el salto con contra movimiento y permitiendo al individuo el movimiento libre de las extremidades superiores, es de fácil ejecución requiriendo poco aprendizaje por parte del examinado. El salto vertical implica menor grado de coordinación (técnica de salto), que el salto horizontal¹⁰.

Para la cuantificación del salto, observamos que el salto medido por L3 comparado con el medido por C7 es mayor, una diferencia de 4 cm en el primer salto y de 2,5 cm en el segundo salto (tabla 2). Por ello consideramos mejor utilizar el marcador en L3 para medir el salto vertical.

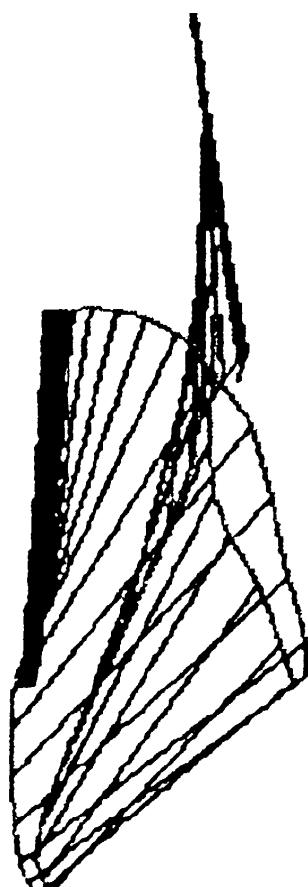


Fig. 3.—Representación tridimensional de las trayectorias de L3, C7 y segmento entre ambos puntos (orientación de los ejes X=0; Y=83; Z=83).

Finalmente, anotar que con la experiencia en la utilización del sistema Orthobio® se va consiguiendo mayor precisión, el método es más preciso, se consigue más precisión en la segunda serie de saltos.

Se podría considerar como límite del estudio la variabilidad del calzado utilizado, ya que cada voluntario participante en el estudio eligió y utilizó los zapatos que consideraba más adecuados. Pese a la variabilidad del calzado el sistema muestra una alta precisión en la medición de los saltos.

TABLA 3. Comparación en la totalidad de saltos realizados medidos en C7 y L3.

Serie de saltos	Número de saltos	Marcador	Altura del salto (cm)	Diferencia
1 ^a	25	L3 (DE)	47,7 (11,8)	2,5
		C7 (DE)	45,2 (10,3)	p=0,004
2 ^a	22	L3 (DE)	46,6 (10)	2,2
		C7 (DE)	44,3 (9,7)	p=0,0001

cm=centímetros; DE=desviación estándar.

CONCLUSIONES

Como resumen podemos decir que la exactitud, en la determinación de la altura de C7 y L3, en reposo, por el sistema Orthobio® es muy alta.

La precisión de las medidas del salto vertical realizadas en C7 es mayor que las realizadas en L3.

El marcador en L3 debe ser empleado para determinar el valor del salto vertical, ya que los saltos son significativamente mayores, 2,4 cm más que los medidos por C7 por lo que el marcador en C7 debe ser empleado para estudios de seguimiento.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Dr. José Francisco Santos su colaboración, y al Aula de Biomecánica de la Facultad de Medicina y Ciencias de la Salud de la Universidad Rovira i Virgili por la cesión de sus instalaciones.

BIBLIOGRAFÍA

1. Wilson G, Murphy A. The efficacy of isokinetic, isometric and vertical jump tests in exercise science. *Aust J Sci Med Sport* 1995;27:20-4.
2. Stocker A, Carrascosa J, Gómez L. Diferencias de fuerza muscular para la extensión y la flexión de la rodilla mediante estudio isocinético. *Rehabilitación (Madr)* 2000;2:147-51.
3. Rattanaprasert U, Smith R, Sullivant M, Gilleard W. Three-dimensional kinematics of the forefoot, rearfoot, and leg without the function of tibialis posterior in comparison with normals during stance phase of walking. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 1999;14:14-23.
4. Rao S, Bontrager E, Gronley J, Newsam C, Perry J. Three-dimensional kinematics of wheelchair propulsion. *IEEE Trans Rehabil Eng* 1996;4:152-60.
5. Marco M, Cepero E, Villarroya A, Nerín S, Moros M. Análisis cinemático del codo en las actividades de la vida diaria. *Rehabilitación (Madr)* 1999;5:293-5.
6. Rojas F, Sánchez A, Cepero M, Soto V, Gutiérrez M. Diferencias biomecánicas entre jugadores principiantes y de alto rendimiento en el lanzamiento en salto en baloncesto. *Biomecánica* 2000;8:3-14.
7. Rajaraman V, Jack D, Adamovich S, Hening W, Sage J, Poizner H. A novel quantitative method for 3D measurement of Parkinsonian tremor. *Clin Neurophysiol* 2000;111:338-43.
8. Villarroya A, Aguilar JJ, Torres F, Asirón P. Orthobio: un nuevo sistema de análisis del movimiento en tres dimensiones. *Rehabilitación (Madr)* 1997;31:265-72.
9. Voigt M, Simonsen EB, Dyhre-poulsen P, Klausen K. Mechanical and muscular factors influencing the performance in maximal vertical jumping after different prestretch loads. *J Biomech* 1995;28:293-307.
10. Gusi N, Marina M, Nogués J, Valenzuela A, Nácher S, Rodríguez FA. Validez comparativa y fiabilidad de dos métodos para la valoración de la fuerza de salto vertical. *Apunts* 1997;32:271-8.
11. Moras G, López D. Relación entre diferentes tests de salto en voleibol utilizando la plataforma de Bosco. *Apunts* 1995;22:119-29.

Correspondencia:

Cayetano Cabús Ruana
Aula de Biomecánica
Universitat Rovira i Virgili
C/ Sant Llorenç, 21
43201 Reus. Tarragona
E-mail: cayetano.ruana@terra.es