

Aragón Vela, J.; Fernández Santos, J.; Gómez Espinosa de los Monteros, R.; Carrasco Peña, A.; Mora Vicente, J. y González Montesinos, J.L. (2010). Análisis cinemático del lanzamiento con el brazo derecho e izquierdo en waterpolo. Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte vol. 10 (39) pp. 369-379. [Http://cdeporte.rediris.es/revista/revista39/artanalisis162.htm](http://cdeporte.rediris.es/revista/revista39/artanalisis162.htm)

## ORIGINAL

# ANÁLISIS CINEMÁTICO DEL LANZAMIENTO CON EL BRAZO DERECHO E IZQUIERDO EN WATERPOLO

## KINEMATIC ANALYSIS OF THROWING BETWEEN RIGHT AND LEFT TOP MEMBER IN WATER-POLO

Aragón Vela, J.<sup>1</sup>; Fernández Santos, J.<sup>2</sup>; Gómez Espinosa de los Monteros, R.<sup>3</sup>; Carrasco Peña, A.<sup>4</sup>; Mora Vicente, J.<sup>5</sup> y González Montesinos, J.L.<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Diplomado Educación Física. E-mail: [jeronimo.aragonvela@alum.uca.es](mailto:jeronimo.aragonvela@alum.uca.es) Facultad Ciencias de la Educación. Universidad de Cádiz. España.

<sup>2</sup> Doctorando en Salud y Deporte. E-mail: [jorge.fernasantos@alum.uca.es](mailto:jorge.fernasantos@alum.uca.es) Facultad Ciencias de la Educación. Universidad de Cádiz. España.

<sup>3</sup> Doctorando en Salud y Deporte. E-mail: [roqueptoreal@hotmail.com](mailto:roqueptoreal@hotmail.com) Facultad Ciencias de la Educación. Universidad de Cádiz. España.

<sup>4</sup> Diplomada Educación Física. E-mail: [denny-1975@hotmail.com](mailto:denny-1975@hotmail.com) Facultad Ciencias de la Educación. Universidad de Cádiz. España.

<sup>5</sup> Catedrático Escuela Universitaria. E-mail: [jesus.mora@uca.es](mailto:jesus.mora@uca.es) Facultad Ciencias de la Educación. Universidad de Cádiz. España.

<sup>6</sup> Titular de Universidad. E-mail: [jgmontesinos@uca.es](mailto:jgmontesinos@uca.es) Facultad Ciencias de la Educación. Universidad de Cádiz. España.

**Clasificación UNESCO:** 2406.04 Biomecánica.

**Clasificación del Consejo de Europa:** 3. Biomecánica del deporte

**Recibido:** 11 de mayo de 2009

**Aceptado:** 10 de septiembre de 2009

### RESUMEN

En el presente artículo se han analizado las diferencias en la velocidad de lanzamiento en waterpolo entre el miembro superior derecho e izquierdo. Participaron 16 jugadores (24.25±4.8 años, 1.97±1.9 m, 75.33±7.1 Kg) los cuales realizaron primero un calentamiento, tanto general como específico, para posteriormente realizar 3 lanzamientos alternando el brazo ejecutor. El cálculo de la velocidad de lanzamiento se realizó mediante fotogrametría 2D. Los resultados obtenidos indican que existen diferencias significativas

( $p < 0.001$ ) en la velocidad de lanzamiento entre el miembro superior derecho e izquierdo ( $\bar{X} = 18.66 \pm 3.047$  m/s y  $\bar{X} = 12.06 \pm 1.476$  m/s, respectivamente). También encontramos una alta correlación ( $p < 0.01$ ) entre la edad y las diferencias en el lanzamiento entre ambos brazos ( $r = 0.63$ ).

**PALABRAS CLAVE:** Waterpolo, Déficit bilateral, Análisis cinemático.

## **ABSTRACT**

The present work analyzed the differences in the Speedy of throwing between right and left top member. 16 players of water polo participated ( $24.25 \pm 4.8$  years,  $1.97 \pm 1.9$  m,  $75.33 \pm 7.1$  Kg). They carried out a warm up, both general and specific, to perform 3 throwings with each arm. Speed of throwing was calculated through 2D photogrammetry. Results suggests that there are significant different between right and left top member ( $\bar{X} = 18.66 \pm 3.047$  m/s y  $\bar{X} = 12.06 \pm 1.476$  m/s, respectively) and a high correlation ( $p < 0.01$ ) between age and differences in throwing between both arms.

**KEY WORDS:** Water polo, Bilateral deficit, kinematic analysis.

## **1. INTRODUCCIÓN**

El waterpolo es un deporte que, al igual que otros, se caracteriza por una mayor predominancia lateral en la ejecución de la mayoría de los gestos técnicos que lo componen. De la misma forma que en voleibol, tenis o balonmano, en waterpolo la potencia del brazo que realiza el recorrido o el lanzamiento va a ser, habitualmente, mayor que el desarrollado por el brazo contralateral, aunque ya es habitual el entrenamiento bilateral de la mayoría de los deportistas. Esta situación, como es evidente, no va a ser la misma que en deportes conocidos como bilaterales, natación, ciclismo, atletismo, etc., los cuáles se van a caracterizar por una gran simetría.

Esta mayor utilización del que podríamos llamar brazo ejecutor, conlleva un mayor tono y desarrollo de la musculatura responsable de la ejecución del gesto, lo cual puede provocar descompensación de la fuerza desarrollada entre ambos lados corporales.

En cuanto a los lanzamientos de Waterpolo podemos decir que tiene como base fundamental el dominio de los pases. Su ejecución se realizará tanto de forma estática como de forma dinámica. Existen varios tipos, entre los que se destacan lanzamiento directo o de frente (horizontal, tras desplazamiento y vertical), de muñeca, de revés, de medio revés, hacia delante, a dos manos lateral de cuchara (de frente, lateral o hacia atrás), de volea (directo o mediorevés) de vaselina, de boszi, sueco, rectificado, con pase previo de pie mano, el penalty y los rebotes ofensivos. En todos ellos la potencia y velocidad del brazo ejecutor será fundamental en la obtención de un buen rendimiento deportivo

## DEFINICIÓN Y TIPOS DE DÉFICIT BILATERAL

Un concepto importante que hay que tener en cuenta es el de déficit bilateral. Para Vint (1997), el déficit bilateral (DBL) se define como la diferencia entre un trabajo bilateral y la suma de los trabajos unilaterales y propone al final del estudio tres tipos de déficit: déficit de tiempo de reacción, déficit de contracción muscular y déficit de ejecución aeróbica.

Para Kuruganti y Seaman (2006) La fuerza máxima que se ejerce durante las contracciones musculares bilaterales es menor que la ejercida durante contracciones musculares unilaterales independientes, en un estudio que realizaron en jóvenes, adolescentes y personas mayores mediante flexo extensiones de rodilla.

Así pues, el fenómeno del DBL hace referencia a la discrepancia de la sumatoria de los datos, de ejecuciones motoras unilaterales máximas, confrontados con las mismas ejecuciones motoras bilaterales sincrónicas.

Desde el punto de vista neuromuscular (Secher et al 1976; Secher et al 1977) el déficit bilateral se relaciona a una menor activación de unidades motoras de la musculatura implicada en el movimiento. Éste DBL se explicaría más específicamente debido a que la actividad de fibras de contracción lenta estaba disminuida durante los ejercicios bilaterales simultáneos del estudio. Vandervoort (1984) llega a la misma conclusión gracias a la electromiografía. Dichos autores concluyen que la activación de unidades motoras fue menor durante el trabajo bilateral que durante el unilateral. Sugirieron, también, que el déficit en la condición bilateral era atribuible a una menor utilización de las fibras rápidas de las unidades motoras.

Vint y Hinrichs (1998) plantean la posibilidad según la cual el desacople temporal mejora la producción de fuerza en la ejecución del salto vertical a dos piernas. También, la diferencia en saltos verticales desarrollados a una y dos piernas se explica más fácilmente por factores biomecánicos relacionados al tiempo de propulsión y a las propiedades mecánicas del músculo más que por un fenómeno inhibitorio agudo (Soest, 1985).

Sin embargo, este déficit bilateral, al actuar de forma independiente los grupos musculares implicados en el movimiento, no tiene por qué ser equilibrados en cuanto a los aspectos cuantitativos y cualitativos del gesto al ser ejecutados de forma aislada por el lado derecho e izquierdo del cuerpo, sino que puede existir un desequilibrio en estos valores si se analizan independientemente.

Así por ejemplo, en el caso que nos ocupa, el waterpolo, la potencia de lanzamiento del balón con el brazo dominante y con el no dominante, posiblemente tendrá notables diferencias. Las diferencias cualitativas del gesto motriz, en este caso el lanzamiento, estarán determinadas por la predominancia lateral del deportista, si es diestro o zurdo, y por la experiencia

en la ejecución del movimiento con ambos brazos. Estas diferencias cualitativas estarán definidas por la precisión, la coordinación y la soltura en su ejecución. Las diferencias cuantitativas del lanzamiento, estarán representadas por la rapidez, la potencia y el rango del movimiento. En este caso, va a ser fundamental, en el rendimiento de estos valores, la planificación en el entrenamiento físico, si ha sido uni o bilateral.

El término déficit bilateral ha sido usado, en la mayoría de los casos, en estudios de contracción muscular máxima, mediante máquinas de musculación o mediante halteras; para lo cual existen fórmulas para su cálculo.

Así por ejemplo, es posible realizar un cálculo que permita determinar en qué medida se encuentra el DBL en un individuo por medio de sencillas fórmulas. De acuerdo con el estudio de Acero e Ibarguen (2002), se estableció la siguiente ecuación (Fórmula 1) para los datos obtenidos con la aplicación de la misma en una población a la que se aplicó pruebas de salto vertical.

$$(F1) \% DBL = \frac{Bipodal - (\sum P.izq + P.der)}{Bipodal} \times 100$$

Sin embargo, además de la importancia de evaluar el DBL, consideramos oportuno cuantificar la diferencia de implicación de cada lado corporal, derecho e izquierdo, en la ejecución de un gesto motriz aislado, como es un lanzamiento en waterpolo, para así poder aumentar el rendimiento del deportista en aquellas ejecuciones técnicas que en situación real de competición impliquen o hagan necesario la realización del movimiento con el lado no dominante.

Por lo tanto el principal objetivo de este estudio es encontrar diferencias en la velocidad de lanzamiento comparando el brazo dominante con el brazo no dominante. Un segundo objetivo que deriva del anterior es encontrar una posible relación entre dichas diferencias en la velocidad de lanzamiento y la edad de los sujetos.

## **2. MATERIAL Y MÉTODO**

### **2.1 Sujetos**

Para el presente estudio se han utilizado jugadores de Waterpolo de dos clubes deportivos de la provincia de Cádiz (España), como es el W.U.C.A, equipo de 1º División Andaluza, y el Club Waterpolo Viprem de Chiclana, perteneciente a 2º División Andaluza. Participaron 16 sujetos (24.25±4.8 años, 1.97±1.9 m, 75.33±7.1 Kg) de los cuales ninguno practica profesionalmente este deporte. Todos los sujetos eran diestros.

## 2.2 Material

- Videocámara SONY HANDYCAM DCR-DVD 110E PAL
- Virtual Dub ver. 1.7.0 utilizado para extraer los fotogramas relevantes para el análisis cinemático del lanzamiento.
- Software ATD2 con el que se digitalizó la trayectoria que describe el balón durante la fase de aceleración y se determinó la velocidad de lanzamiento.

## 2.3 Protocolo y tests realizados

Previamente a la filmación de los lanzamientos se realizó un calentamiento general y un calentamiento específico consistente en unos ejercicios de movilidad articular en seco, de cuello, hombros, codos, cintura, rodilla y tobillo, para reducir la viscosidad muscular, aumentar la temperatura corporal y preparar a los deportistas para introducirse en el medio acuático.

En segundo lugar, una vez dentro del medio acuático, se realizó una repetición de 200 m a estilo crol, 200 m a estilo espalda, 200 m estilo braza y 200 m de pies de waterpolo, consiguiendo de esta forma un estado óptimo físico y mental para empezar a realizar el calentamiento específico de los lanzamientos de waterpolo.

En tercer lugar fueron colocados por tríos y realizaron pases sin forzar para evitar lesiones. Al finalizar 5 minutos, se aumentó la intensidad de los pases para incrementar más potencia.

Seguidamente se realizó el estudio cinemático consistente en:

- ✓ Filmación de un sistema de referencia de medidas conocidas en la misma zona de lanzamiento.
- ✓ Realizar tres lanzamientos alternando mano derecha e izquierda. El sujeto se da la vuelta en cada lanzamiento y así no fue necesario mover la cámara. El lanzamiento debe ser máximo y dirigido a otro jugador colocado a cierta distancia, para recoger la pelota.

Para realizar la filmación se colocó la cámara a una altura de 0,35 m sobre la superficie de la piscina y a una distancia de 7 m del jugador para reducir el error de los datos obtenidos en 2D (Lythgo y Begg, 2004).

Una vez pasados los videos al ordenador se procedió a determinar la velocidad de lanzamiento utilizando el software descrito en el apartado 2.2.

Para la obtención de la velocidad de salida del balón se utilizó el método tradicional; en este método se tiene en cuenta el espacio recorrido en dos fotogramas para calcular la velocidad del móvil en un punto intermedio entre ambos, en nuestro caso utilizamos el último fotograma en el cual el balón aún

estaba en contacto con la mano del jugador y el primero en el que ya no estaba.

## 2.4 Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó con el SPSS para Windows versión 15. Obtuvimos una estadística descriptiva de las características de los sujetos y la estadística descriptiva e histogramas de las velocidades alcanzadas por los lanzamientos con el brazo derecho y el brazo izquierdo. Para contrastar la hipótesis en cuanto a diferencias de velocidad en los lanzamientos utilizamos la prueba T y el coeficiente de correlación de Pearson para encontrar una relación entre las dichas diferencias y la edad de los sujetos.

## 3. RESULTADOS

En la tabla 1, se refleja la estadística descriptiva de la muestra, formada por 16 sujetos, con edades comprendidas entre los 18 y los 32 años de edad.

	Número	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Típ.
Total sujetos	16				
Peso (kg)		60	87	75,33	7,068
Altura (m)		1,70	1,97	1,79	0,066
Edad (años)		18	32	24,25	4,810

**Tabla 1.** Estadística descriptiva de los sujetos participantes en el estudio.

En la tabla 2 se encuentra la estadística descriptiva de los resultados del lanzamiento realizado por el brazo derecho (velocidad brazo derecho) e izquierdo (velocidad brazo izquierdo). Se puede observar como las velocidades alcanzadas por la pelota al lanzarla con el brazo derecho son muy superiores a las velocidades alcanzadas con el brazo izquierdo ( $\bar{X} = 18,66 \pm 3,047$  m/s, para el brazo derecho y  $\bar{X} = 12,06 \pm 1,476$  m/s, para el brazo izquierdo).

	Rango	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Típ.
Velocidad brazo derecho (m/s)	12	13,50	25,50	18,66	3,047
Velocidad brazo izquierdo (m/s)	5,25	9,50	14,75	12,06	1,476

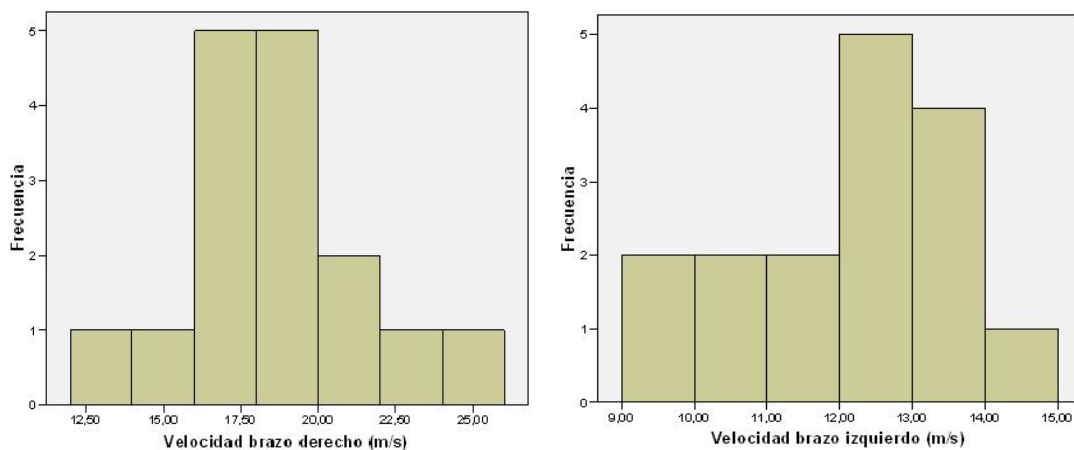
**Tabla 2.** Estadística descriptiva de los resultados obtenidos en el análisis cinemático de los lanzamientos con ambos brazos.

En la tabla 3, se observan los resultados obtenidos, distribuidos por percentiles, entre la velocidad obtenida por el brazo derecho e izquierdo.

	Percentiles				
	5	10	25	50	75
Velocidad brazo derecho (m/s)	15,25	15,7	17	19	20,25
Velocidad brazo izquierdo (m/s)	9,5	10,1	11,25	12,25	13,5

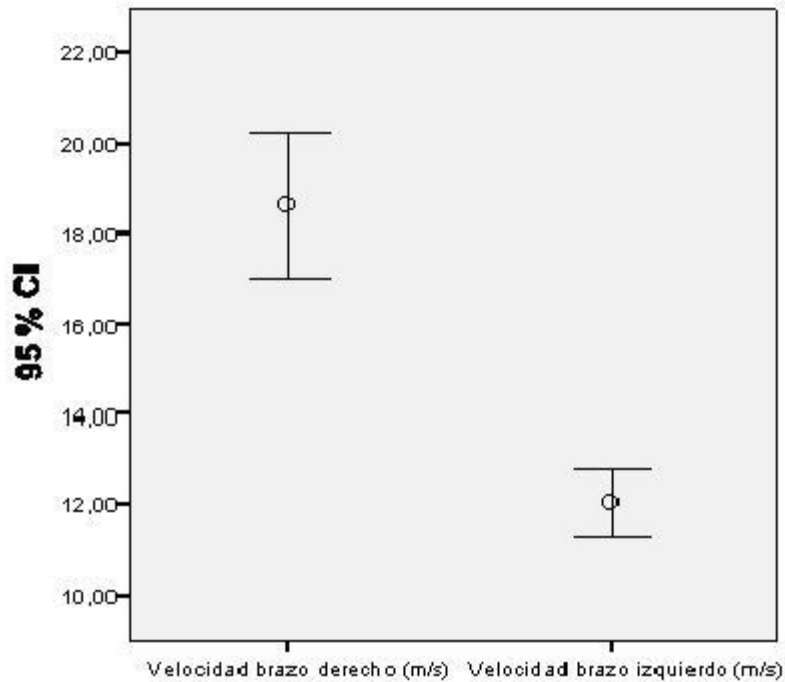
**Tabla 3.** Percentiles de los resultados obtenidos en el análisis cinemático de los lanzamientos con ambas manos

En la figura 1, se refleja la frecuencia de velocidades alcanzadas en los lanzamientos por cada brazo. Se observa como el número de sujetos que alcanzan velocidades entre 16 m/s y 20 m/s con el brazo derecho es elevado. Sin embargo, ninguno de los sujetos testeados era capaz de alcanzar estas velocidades con el brazo izquierdo.



**Figura 1.** Frecuencia de velocidades alcanzadas en los lanzamientos con ambas manos.

En la figura 2, se observa claramente como existen diferencias significativas ( $p < 0.001$ ) entre la velocidad de salida del balón obtenida por el brazo derecho con respecto al brazo izquierdo para un valor del 95% CI.

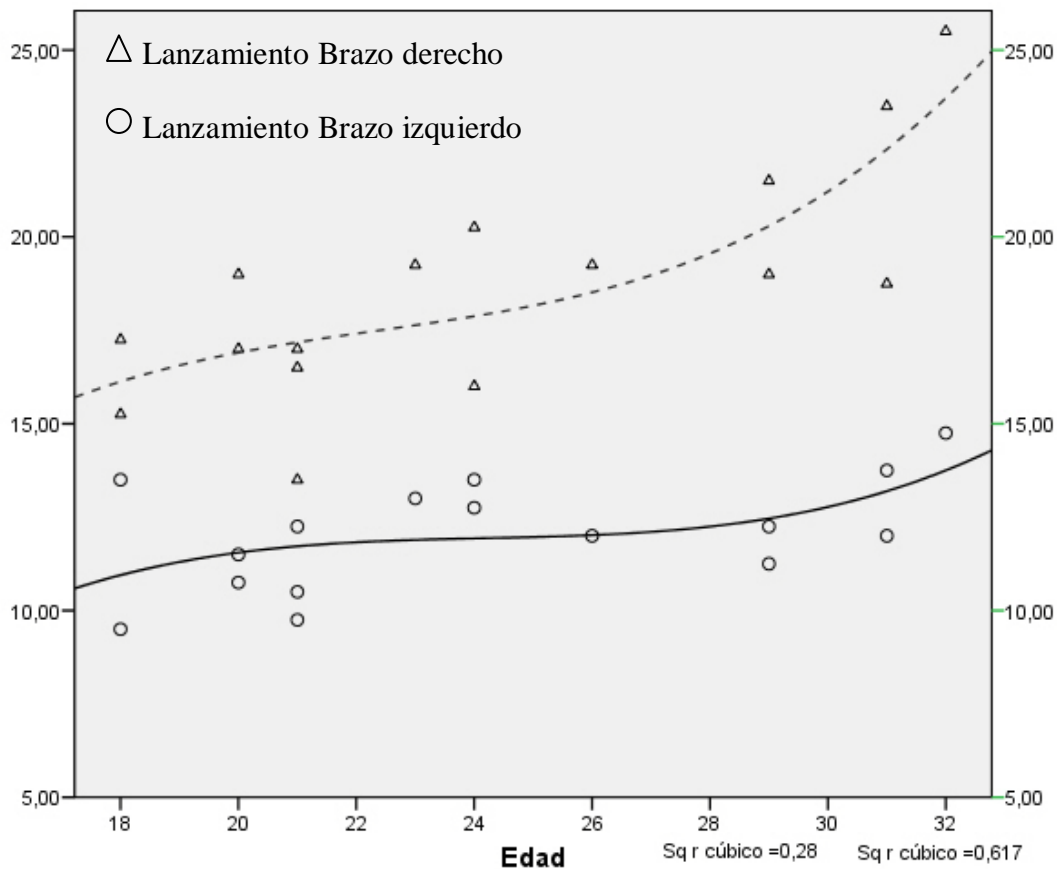


**Figura 2.** Diferencia de velocidades alcanzadas en lanzamientos con ambas manos (95% CI).

Encontramos cierta correlación significativa ( $p < 0.01$ ) entre la edad de los sujetos y la diferencias de velocidad en los lanzamientos con el brazo derecho e izquierdo ( $r = 0.63$ ). Esto nos indica que a más edad, aumenta el tanto por ciento medio de desequilibrio bilateral.

Así pues, los resultados obtenidos en los lanzamientos, nos demuestran que existen claras disimetrías musculares entre los dos hemicuerpos, y que éstas aumentan proporcionalmente con la edad de los/las jugadores/as. Como rasgo general, el 100% de la población testada muestra valores evidentes de disimetría (figura 3).





**Figura 3:** Evolución de la velocidad de lanzamiento (m/s) del balón con el brazo derecho e izquierdo en función de la edad.

#### 4. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en las pruebas planteadas demuestran que en la mayoría de los sujetos testeados, existen claras descompensaciones entre la velocidad de salida de la pelota al ser lanzada con el brazo derecho y con el izquierdo. Esto puede deberse a una falta de atención específica al miembro superior no dominante por parte del técnico o del entrenador. En pocas ocasiones se entrena el miembro superior no dominante como protagonista de la sesión de entrenamiento.

Esto está producido por diversos factores, pero quizás el más relevante sea la especificidad del entrenamiento unilateral del waterpolo desde edades muy tempranas, sin atender a una programación bien dirigida y planificada que contemple el entrenamiento bilateral. Debemos mencionar que en las últimas edades se observa una ligera compensación entre ambas lateralidades, debido quizá al desarrollo de habilidades coordinativas de mayor precisión donde el uso de ambos hemisferios es requerido con casi idéntica frecuencia.

Whiting, et al. (1985), realizaron un estudio con trece jugadores de waterpolo donde se filmaron con dos cámaras lanzamientos a un objetivo concreto, consiguiendo de esta forma establecer la eficacia técnica del lanzamiento a portería, utilizándose además para identificar las características del tren superior entre otras cosas más.

Facio Silva et al. (2008) encontraron déficits bilaterales en el tren inferior de 84 jugadores de balonmano debido, según los autores, al marcado carácter unilateral de este deporte y a una mala programación en el entrenamiento desde edades tempranas dejando a un lado el entrenamiento bilateral. En este caso se realizaron tests de salto vertical aplicado de forma individual a cada miembro inferior para cuantificar la diferencia en la fuerza y capacidad de salto. Los resultados obtenidos en los tests de salto, demostraron que existen claras disimetrías musculares entre los dos hemicuerpos, y que éstas, tal y como ocurre en la presente investigación, aumentaban proporcionalmente con la edad de los/las jugadores/as. Como rasgo general, el 52% de la población de jugadores de balonmano testada presentaba valores evidentes de disimetría.

Con la precaución y limitaciones que presenta el estudio, consideramos que un entrenamiento bilateral de potencia de salida del balón no sólo representaría un mayor número de recursos para solventar con el máximo rendimiento una situación determinada durante el partido, sino que también puede ser determinante en la prevención de lesiones provocadas por descompensaciones musculares entre ambos hemicuerpos.

## **5. CONCLUSIONES**

Se han valorado e identificado mediante análisis cinemático descompensaciones o desequilibrios relacionados con la velocidad de salida del balón con el brazo derecho e izquierdo en waterpolo.

Se considera que este déficit es un claro producto del carácter unilateral del deporte que practican todos los sujetos estudiados. Como ejemplo, ha sido en el miembro superior derecho donde la velocidad de salida del lanzamiento está más desarrollada, ya que es este lado el que es más utilizado por la predominancia lateral de los sujetos.

Aunque las disimetrías musculares sean significativas, pueden mejorarse e incluso corregirse con una planificación deportiva adecuada y equilibrada que ejercite por igual los dos hemicuerpos, tanto en carga como en frecuencia. Esto no sólo elevará el rendimiento muscular y mejorará las capacidades coordinativas de los sujetos, sino que también disminuirá el riesgo de sobrecarga unilateral y, por tanto, la aparición de lesiones por el uso individual y reiterado del hemicuerpo dominante.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Acero, M. & Ibarguen, P. (2002). El fenómeno del déficit bilateral en el deportista: Progresos 1 y 2. Memorias Congreso Internacional de Medicina Deportiva y Ciencias Aplicadas. Bogotá.
- Facio M.; González, J.L.; Ramos, D.; Mora, J. (2008) Estudio de las descompensaciones y desequilibrios entre miembros inferiores: la capacidad de salto en una población de jugadores de balonmano. Editores. Universidad de León. V Congreso de la asociación Española de Ciencias del deporte y la facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Oct. 15; León; 2008.
- Kuruganti, U. & Seaman, K (2006) The bilateral leg strength deficit is present in old, young and adolescent females during isokinetic knee extension and flexion. *Eur J Appl Physiol* (2006) 97: 322–326.
- Lythgo N. & Begg R. (2004) Measurement error in simulated 2D gait data extracted by a video based motion analysis system. 22nd International Symposium in Biomechanics in Sport. Ottawa, Canada.
- Secher, N.H., S. Rorsgaard,, and O. Secher. Contralateral influence of type I muscle fibers during maximum voluntary extension of the legs. *Acta Physiol. Scand.* 96: 20A-21A, 1976.
- Secher, N.H., S. Rorsgaard,, and O. Secher. Contralateral influence of curarized muscle fibers during maximal voluntary extension of the legs. *Acta Physiol. Scand.* 103: 456-462, 1977.
- Soest, Roebroek, Bobbert, Huijing, Van Ingen Schenau (1985). A comparison of one-legged and two-legged countermovement jumps. *Med. Sci. Sports Exerc.*
- Vandervoort, A.A., D.G. Sale, and G. Moroz. (). Comparison of motor unit activation during unilateral and bilateral leg extension. *J. Appl. Physiol.* 56: 46-51, 1984.
- Vint & Hinrichs (1997). Decoupling the bilateral deficit: the effect of task initiation time on the expression of maximum muscular force. Twenty First Annual Meeting of the American Society of Biomechanics.
- Vint & Hinrichs (1998). Temporal Decoupling improves force production in two-legged vertical jumping performances. North American Congress on Biomechanics.
- Whiting, W., Puffer, J.C.; Finerman, G.A.; Gregor, R.J.; Maletis, D.B.. Three-dimensional cinematographic analysis of water polo throwing in elite performers. *Am J Sports Med* March 1985 vol. 13 no. 2 95-98

**ESPACIO RESERVADO PARA SU  
PATROCINIO PERMANENTE DE ESTE  
ARTÍCULO**

**PERMANENT SPACE FOR YOUR  
SPONSORSHIP**

Information [rsanzdelara@hotmail.com](mailto:rsanzdelara@hotmail.com)