



Congreso Internacional de Técnicos de Natación

VIII Congreso Ibérico



Madrid, 21 al 23 de octubre de 2005



Libro de Actas

Libro de actas

Congreso Internacional de Técnicos de Natación

COMPLADORE: Luis Villanueva & San Vicente
ISBN: 84-609-7577-0



Congreso Internacional de Técnicos de Natación

VIII Congreso Ibérico



ESTUDIO DE LA FUERZA DE IMPULSO EN LA SALIDA DE NATACIÓN

Raúl Arellano¹, Salvador Llana², Victor Tella², Esther Morales¹ and Jordi Mercadé¹
¹Universidad de Granada, Granada, ²Universidad de Valencia, Valencia, España

RESUMEN

Asumiendo que las fuerzas registradas durante el salto con contra-movimiento (CMJ) en laboratorio es un indicador de la fuerza de impulso y la potencia aplicada por las extremidades inferiores durante un salto, el objetivo de nuestro estudio es investigar por qué en investigaciones previas las fuerzas registradas no se correlacionaron con las fuerzas registradas en la salida de natación. Un salto simulando la salida de natación fue registrado en el laboratorio con el fin de intentar encontrar una acción impulsora más similar a la de la salida en natación. Para aislar más las variables en comparación con estudios previos en esta caso los sujetos tras la salida se deslizaron sin utilizar ninguna acción propulsiva hasta llegar a 10m. Los resultados fueron similares a los obtenidos en estudios previos a pesar de utilizar una salida simulada en el laboratorio. Sólo esta vez la fuerza horizontal en la salida se relacionó con la con el tiempo en 5m y la velocidad promedio en esta distancia. Las diferencias obtenidas y la escasez de correlaciones entre variables cuando el nadador aplica fuerza con sus piernas contra la gravedad y favor de ella todavía está sin resolver. **Palabras Clave:** natación, salida de agarre, salto vertical, CMJ, velocidad horizontal.

INTRODUCCIÓN

La salida es la técnica inicial utilizada por los nadadores en competición. A pesar de su corta duración puede ser muy relevante en el resultado final, pues a veces las diferencias en el tiempo de salida son superiores a las diferencias en el tiempo de prueba. Su importancia se reduce con el incremento de la duración de la competición, pero en las pruebas de 50m puede ser uno de los factores más relevantes de cara al resultado final, tal como demuestran los coeficientes de correlación múltiple calculados por R. Haljand (www.swim.ee). En estas pruebas, donde el oleaje generado es enorme, comenzar en primera posición lanza oleaje (olas divergentes y transversales) al resto de competidores, lo que puede suponer una barrera infranqueable a superar en el resto de la distancia.

La combinación del análisis cinemática y dinámico parece el medio más apropiado para la evaluación de la técnica de las salidas (Arellano *et al.*, 2002; Blanksby *et al.*, 2002; Vilas-Boas *et al.*, 2003). Sin embargo, hay pocos estudios donde la fuerza de las extremidades inferiores o la fuerza registrada en el salto vertical en laboratorio se compare con los registros de fuerza en la salida y además sus resultados no resuelven el problema de la relación entre la fuerza extensora de la piernas y sus aplicación en las salidas de natación. En algunos casos las fuerzas registradas en el salto vertical con contra-movimiento (CMJ) no correlacionaron con las fuerzas aplicadas en el salto de la salida o con sus resultados temporales (Fuente *et al.*, 2003). Resultados similares fueron obtenidos por Breed y Young (2003), en este caso tras desarrollar un ciclo de entrenamiento de fuerza para la mejora de la fuerza extensora de las piernas. Los resultados en el CMJ mejoraron significativamente mientras que las variables cinemáticas y dinámicas de las salidas no cambiaron en la mayor parte de los casos a excepción de la distancia de vuelo. Téngase en cuenta que en este estudio se compararon cuatro tipos de salidas. Tradicionalmente se ha considerado que los tres requerimientos más importantes para una buena salida son: un tiempo de reacción corto, potencia de salto y una resistencia reducida durante el deslizamiento (Maglischo, 1993). Sorprendentemente los estudios referidos antes han mostrado que la potencia de salto medida por medio del CMJ no sirve para justificar los afirmado antes, usando el CMJ como medida de la fuerza de las extremidades inferiores.

Asumiendo que las fuerzas aplicadas durante el CMJ están relacionadas con la fuerza y potencia muscular de las piernas, el propósito de nuestro estudio es investigar por qué en

los estudios previos esa fuerza registradas no han correlacionado con las fuerzas registradas durante la salida de natación. Para ello en nuestro actual estudio hemos incluido una simulación de la salida de agarre en el laboratorio, con el fin de tratar de aplicar una técnica de salto más parecida a la salida. Para aislar las variables de una manera más acertada que en nuestros estudios previos, los nadadores han realizado, tras la salida, un deslizamiento de 10m sin realizar ningún tipo de movimiento propulsivo.

MÉTODO

Sujetos: Once nadadores de nivel autonómico y nacional participaron en el estudio (seis de género masculino y cinco femenino). Cada participante firmó un documento de consentimiento informado antes de participar en los diversos registros y entrenamientos previos. Antes de la sesión de registros todos los sujetos participaron en dos sesiones de entrenamiento para acomodarse a las condiciones experimentales y recordar la técnica de la salida de agarre. Cada sujeto realizó dos salidas de agarre, dos saltos con contramovimiento (CMJ) y dos saltos simulando la salida de agarre en laboratorio. Cada tipo de registro se realizó con orden aleatorio para bloquear el efecto de la fatiga, lo cual fue posible gracias a la utilización de dos plataformas de fuerza una en el laboratorio, junto a la piscina y otra en el propio poyete de salida. El mejor resultado de cada salto fue analizado y utilizado para el estudio.

Tabla 1: Media y d.t. de las características básicas de los sujetos y del valor del coeficiente de correlación significativo entre estas características y las variables estudiadas.

Variable	Media	S.D.	r t5	r t7.5	r T5	r v1	r v2	r FvCMJ	r FvSS	r sFv	r sFh
Edad (años)	21,4	2,2									
Altura (cm)	175,5	7,9	-0,66*	-0,78**		0,66*	0,68*		0,61*		0,77**
Peso (kg)	70,9	8,3		-0,76**	-0,68**		0,79**	0,74**	0,79*	0,91**	0,62*
Envergadura(cm)	181,7	10,9		-0,71*			0,65*		0,76*	0,64*	
Long.Cuerpo(cm)	233,1	13,8									

* p<0,05 **p<0,01

Instrumental: La salida fue realizada sin ningún tipo de propulsión, deslizando hasta los 10m medidos desde el borde situado bajo el poyete de salida. Una plataforma de fuerza (Kistler 9253, 200Hz, sumergible) fue adaptada al poyete de salida para el registro de la fuerza horizontal y vertical durante el impulso de la salida, realizada según las normas FINA. Dos cámaras de vídeo fueron colocadas perpendiculares al plano sagital del salto, una sobre un trípode para registrar la fase aérea (preparados, desequilibrio, impulso, vuelo y entrada) y otra para la fase subacuática (entrada y deslizamiento hasta 10m). La imagen de las dos cámaras fue sincronizada y mezclada por medio de una mezcladora de vídeo digital, lo que permitió observar todas las fases de la salida hasta 10m en el mismo fotograma. Un sistema de referencia fue colocado en el plano de desplazamiento sagital para poder realizar las medidas temporales. Líneas de referencia verticales fueron marcadas sobre la imagen de vídeo digital (gracias a un software especial denominado "Ultimate Pen"), lo que permitió conocer el momento en que la cabeza cruzada esas líneas. Un programa desarrollado en Filemaker Pro, permitió controlar el vídeo e insertar el código de tiempo en los diferentes campos de la base de datos para así calcular variables como duración de las fases y velocidades promedio entre referencias a una frecuencia de 25 Hz. La señal de la salida sirvió para sincronizar el registro en vídeo y el registro de la plataforma de fuerza (200 Hz).

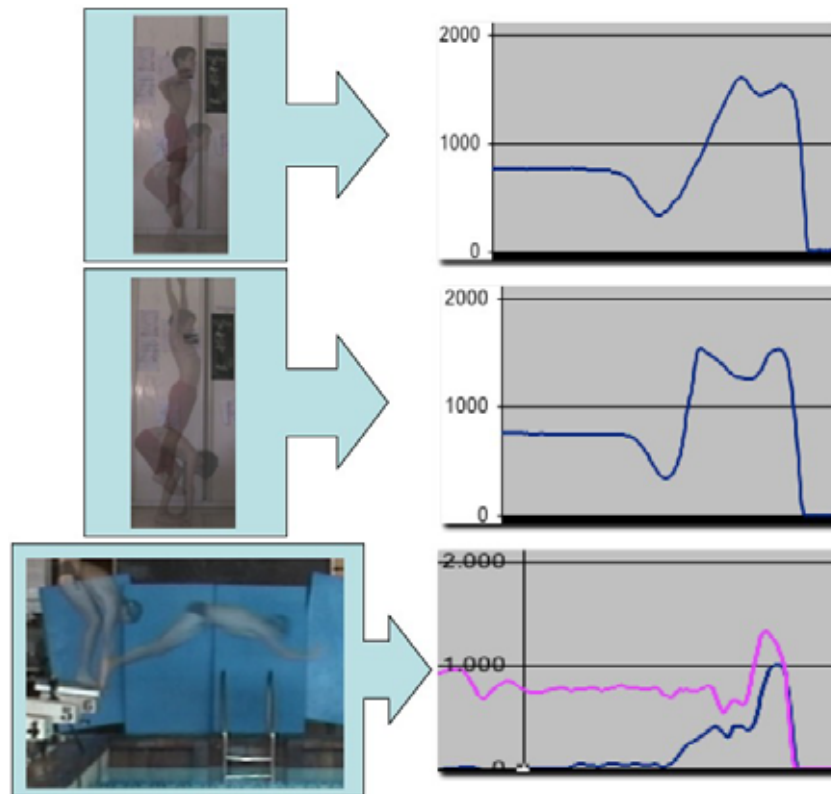


Figura 1: Descripción del desarrollo experimental con los distintos tipo de salto (CMJ, simulación de la salida de agarre y salida de agarre) y los registros obtenidos de Fuerza Vertical y Fuerza Horizontal.



Figura 2: Descripción gráfica del sistema utilizado para recoger el código de tiempo del registro de video digital (formato Quicktime .dv) desde la base de datos (Filemaker 6.0) gracias a botones con scripts pre-programados. El botón más grande inserta el tiempo de campo en que se produce el evento al campo correspondiente, el resto sirve para avanzar el video digital adelante y atras a diferentes velocidades. Las líneas de referencia se encuentran dibujadas en la pantalla sobre el sistema operativo (Mac OS X 10.3.8) usando la aplicación Ultimate Pen™.

Variabes: Tiempo de salida: tiempo de separación de manos (thb), tiempo separación de los pies (bt), tiempo de contacto de las manos en el agua (thw), tiempo de contacto de los pies en el agua (tfw), tiempo de cinco metros (t5), tiempo de 7m y medio (t7.5m), tiempo de diez metros (t10), velocidad media entre la señal de salida y el paso de 5m (v1), velocidad media entre 5 y 7.5m (v2) y velocidad media entre 7.5 y 10m (v3). Registro de fuerza: Las variables típicas del registro de fuerza fueron obtenidas tras analizar los registros del CMJ y SGS. Fuerza máxima vertical (Fy), altura del salto vertical (hj), velocidad vertical en el despegue (vv), impulso negativo (ni), impulso excéntrico (ei), impulso acelerativo (ai) y fuerza máxima relativa al peso corporal (fb). Tras el análisis del registro de fuerza en la salida se obtuvieron las siguientes variables: fuerza máxima vertical (sFy), fuerza máxima horizontal (sFx) velocidad vertical (svv) y horizontal (shv) en el despegue, ángulo de salida (ato) fuerza vertical (vfrbw) y horizontal (hfrbw) relativa al peso corporal.

Estadística: Los datos de cada intento fueron almacenados en una base de datos desarrollada ex-proceso. Los datos obtenidos fueron analizados con el programa Statistica/Mac (Statsoft™). Las medias y desviaciones típicas fueron calculadas para todas las variables, tal como se muestra en las tablas 1,2,3 y 4. Coeficientes de correlación y correlaciones parciales (excluyendo la variable peso) fueron obtenidas entre todas las variables a estudio tal como se muestran en la tabla 1 y 5. El nivel de significación fue establecido en ,05.

RESULTADOS

Todos los resultados se encuentran en las tablas 1,2,3 y 4. Los tiempos de salida y las velocidades promedio obtenidas en la fase acuática muestran la influencia de la realización de los ensayos con deslizamiento, es decir, sin ningún movimiento propulsivo. Valores similares han sido obtenidos en los registros de fuerza, altura de salto, velocidad vertical, impulso acelerativo y fuerza máxima relativa a peso corporal en CMJ y SGS. El cambio de los movimientos corporales realizados durante el salto parece no influir en los resultados de los registros de fuerza y demás variables comparando CMJ y SGS (no existieron diferencias significativas). Los picos de fuerza máxima vertical registradas en el laboratorio (CMJ y SGS) fueron significativamente mayores ($p < 0.01$) que las registradas en la salida (sFv y sFh) mientras que la velocidad horizontal de la salida fue significativamente mayor que la velocidad vertical en CMJ y SGS. Mientras la variabilidad intra-grupo (medida por s.d.) es muy pequeña en la velocidad horizontal en la salida (4.2%) en el caso de la velocidad vertical esta variabilidad alcanza alrededor de un 84%, al igual que ocurre con el ángulo de salida.

Tabla 2: Medias y d.t. de las variables cinemáticas de la salida de agarre.

Variable	Mean	S.D.
Thb (s)	0,60	0,05
Bt (s)	0,95	0,06
Thw (s)	1,32	0,09
Tfw (s)	1,65	0,09
T5 (s)	1,90	0,11
T7_5 (s)	3,33	0,25
T10 (s)	6,09	0,64
V1 (m/s)	2,64	0,15
V2 (m/s)	1,77	0,23
V3 (m/s)	0,93	0,14

Tabla 3: Medias y d.t. de las variables cinemáticas obtenidas tras realizar CMJ y la simulación de la salida de agarre (SGS).

CMJ				
Variable	Mean	S.D.	Mean	S.D.
Fv (N)	1590,23	225,10	1472,91	228,31
hj (m)	0,34	0,06	0,36	0,06
vv (m/s)	2,59	0,22	2,64	0,24
ai (Ns)	183,39	26,67	186,94	27,70
Fb	2,29	0,22	2,12	0,19

Tabla 4: Medias y d.t. de las variables cinemáticas y dinámicas obtenidas tras realizar la salida de agarre.

Variable	Mean	S.D.
sFv (N)	1222,89	214,43
sFh (N)	786,09	119,16
svv (m/s)	0,725	0,61
shv (m/s)	3,35	0,14
ato (%)	13,059	11,23
vfrbw	1,75	0,15
hfrbw	1,13	0,13

Tabla 5: Coeficientes de correlación parcial significativos entre las variables estudiadas.

	aiCMJ	sFh	shv
T5		-0,716*	
T7,5		-0,680*	
V1		0,729*	
V2	0,612*		
V3			-0,746**

* p<0,05 **p<0,01

Así mismo, fuerza vertical de la salida es siempre superior a la fuerza horizontal tanto en valores absolutos como relativos al peso corporal, aunque se producen en momento diferentes, la fuerza vertical alcanza su valor máximo antes que la fuerza horizontal, la cual suele conseguirse justo antes del despegue. Este valor máximo de fuerza vertical se consigue entre el inicio de la extensión de piernas y claramente antes del despegue. La evolución de la velocidad en sus tres fases v1, v2 y v3, muestra un descenso progresivo que puede explicarse por la resistencia del agua, siendo v2 un 67% de v1 y v3 un 35%.

Tras eliminar el efecto del peso corporal en las correlaciones obtenidas gracias al cálculo de la correlación parcial, encontramos que muy pocas variables correlacionaron con las que miden el rendimiento en una salida (ver tabla 5). En esta caso la fuerza horizontal correlacionó con T5, T7.5 y con V1.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos son similares a otros estudios realizados con nadadores de mismo nivel. Sin embargo los valores de correlación parcial obtenidos entre fuerza de salida horizontal y T5, T7.5 y V1, son diferentes a los obtenidos por nosotros en estudios previos donde no se encontró esa relación (Arellano et al., 2000; Fuente et al., 2003). CMJ, SGS y la salida de natación se benefician del ciclo de acortamiento-estiramiento (Breed & Young, 2003; Linthorne, 2001). Sin embargo, mejoras en la habilidad de salto en el laboratorio no se traducen en la mejora del rendimiento en la salida, debido a que la salida es una habilidad más compleja (Breed & Young, 2003). Tras la fase excéntrica, el impulso es contra la gravedad en CMJ y SGS, y a favor de la gravedad en la salida de natación, esto puede producir profundas diferencias en cuanto a la contracción muscular se refiere, especialmente su velocidad y la capacidad de aplicar fuerza a más velocidad, lo cual es más difícil para el músculo. Un factor adicional debe tenerse en cuenta, la consecución de un adecuado ángulo de salida combinado con el momento angular generado en la salida, todo ello puede explicar la falta de correlación entre las diferentes variables.

En nuestro grupo además hemos observado, como el ángulo de salida y el valor de la velocidad vertical al final del impulso son superiores a lo recomendado, pues este ángulo deber aproximarse a cero o incluso ser mínimamente negativo con el fin de conseguir una salida con el mayor impulso horizontal posible, al igual que la velocidad vertical. Es decir, el centro de gravedad del nadador debería de estar en la parte más alta de su trayectoria parabólica.

CONCLUSIONES

Nuestro experimento trataba de encontrar la causa de la falta de relación entre la fuerza de impulso de las piernas y las diversas variables relacionadas con la salida de natación. No encontramos diferencias entre las pruebas en laboratorio, a pesar de incluir SGS, con los estudios realizados anteriormente. Sólo la fuerza horizontal en la salida correlacionó con T5 y V5. Las diferencias entre los distintos registros de fuerza y la falta de relación entre la mayor parte de las variables cuando el sujeto aplica fuerza contra la gravedad y a favor de la

gravedad todavía no han sido resueltas, a pesar de nuestros esfuerzos, nuevos diseños experimentales y la inclusión de nuevas variables serán necesarios para resolver este problema.

BIBLIOGRAFÍA

Arellano, R., Pardillo, S., Fuente, B. d. I., & García, F. (2000, 25/06/2000). *A system to improve the swimming start technique using force recording, timing and kinematic analyses*. Paper presented at the Proceedings of XVIII International Symposium on Biomechanics in Sports, Hong Kong.

Arellano, R., Pardillo, S., Fuente, B. d. I., & García, F. (2002). Improving the swimming start technique using biomechanics feedback system. In Y. Hong (Ed.), *International research in sports biomechanics* (1 ed., pp. 271-278). London: Spon Press.

Blanksby, B., Nicholson, L., & Elliot, B. (2002). Biomechanical analysis of the grab, track and handle swimming starts: An intervention study. *Sports Biomechanics*, 1(1), 11-24.

Breed, R. V. P., & Young, W. B. (2003). The effect of a resistance training programme on the grab, track and swing starts in swimming. *Journal of Sport Sciences*, 21, 213-220.

Fuente, B. D. L., García, F., & Arellano, R. (2003). Are the forces applied during vertical countermovement jump related to the forces applied during the swimming start? In J.-C. Chatard (Ed.), *Biomechanics and medicine in swimming ix* (Vol. 1, pp. 207-212). Saint-Etienne (France): Publications de l'Université Sant-Etienne.

Linthorne, N. P. (2001). Analysis of standing vertical jumps using a force platform. *American Journal of Physics*, 69(11), 1198-1204.

Maglischo, E. W. (1993). *Swimming even faster* (1 ed.). California State University, Chico: Mayfield Publishing Company.

Vilas-Boas, J. P., Cruz, J., Sousa, F., Conceição, F., Fernandes, R., & Carvahlo, J. (2003). Biomechanical analysis of ventral swimming starts: Comparison of the grab start with two track-start techniques. In J.-C. Chatard (Ed.), *Biomechanics and medicine in swimming ix* (Vol. 1). Saint-Etienne (France): Publications de l'Université Sant-Etienne.

AGRADECIMIENTOS

A los departamentos de Educación Física de la Universidad de Granada y de la Universidad de Valencia por facilitarnos la utilización de sus respectivas plataformas de fuerza.