

Núm. Orden: 0133

Título: “Propuesta de un patrón cinemático individual en la fase de separación en el viraje de crol”

Autores: Sánchez Molina, J.A., Mon Fernández, J., Eiroa Bermúdez, J.J., Maañón López, R. y Braña Menéndez, S.

Procedencia: Instituto Nacional de Educación Física de Galicia (Universidade da Coruña)

Correo: jasanmol@udc.es

1. Introducción y objetivos

Los métodos empleados por entrenadores e investigadores en relación con los virajes son fundamentalmente el dinamográfico y el cinematográfico; será éste último el que empleemos para determinar los parámetros cuantitativos que estableceremos en el método.

En estudios referentes al análisis cinematográfico del viraje en natación se observan dos posibilidades: atender a los parámetros técnicos, delimitando las fases del viraje en función de las acciones del nadador (Hay y Guimaraes, 1983) o bien, a los parámetros cinemáticos, delimitando las fases del viraje en función de unas distancias prefijadas independientemente de las acciones efectuadas (Chow, Hay, Wilson e Imel, 1984).

Hüellhorst, Ungerechts y Willimczik (1988) analizaron la velocidad del centro de gravedad del nadador al iniciar o concluir una acción previamente estipulada, siguiendo los criterios establecidos por Chow et al. (1984) siendo los primeros en no tomar distancias arbitrarias con respecto a la pared como base para sus mediciones. En otros trabajos como los de Takahashi, Sakata, Tsubakimoto y Ae (1983) y Takahashi, Yoshida y Tsubakimoto (1983) se definió el tiempo de viraje prácticamente igual que lo había hecho Harris en 1974, es decir, a partir de una distancia de viraje de 10 yd (9.14 m), cinco yardas antes y cinco después de la pared, sólo que adoptaron metros; tales criterios fueron empleados de igual forma por Wakayoshi, Nomura, Takahashi, Mutoh y Miyashito (1992) y Deleaval (1990), coincidiendo con Pfeifer (1984) quien estableció igualmente el tiempo de viraje en 10 m, si bien no concretó su división en distancia aproximación y separación.

El planteamiento de Hay (1985) sobre las fases del viraje y sus dependencias con respecto a la velocidad de desplazamiento nos lleva a profundizar en esta ocasión en la fase de separación, en la que también hallamos discrepancias en su consideración; para Hay y Guimaraes (1983) es la distancia desde la pared hasta la punta de las manos, cuando los brazos aún se hallan extendidos delante del cuerpo, previo al inicio del batido o de la brazada; para Chow et al. (1984) es la distancia horizontal entre el vértice de la cabeza y la pared en el instante en que el nadador completa el primer ciclo de brazos después del viraje, coincidiendo en crol con el instante en que la mano entra en el agua tras el primer ciclo. Por tanto, el tiempo de separación queda afectado por las diferencias derivadas de la definición de la distancia de separación.

Según Yancher, Larsen y Baer (1983) el deslizamiento tras el contacto en la pared afectaría a la velocidad hasta 35 yd, es decir, hasta 9.14 m, de la pared, en un vaso de 25 yd (22.86 m). Absaliyev y Timakovoi (1990) para determinar también una distancia de viraje arbitraria estudiaron el comportamiento de los nadadores en competición, observando que tras el viraje todos los sujetos analizados terminaban el primer ciclo de brazada antes de 7.5 m, distancia considerada estándar para piscinas de 50 m por la Liga Europea de Natación (LEN); mientras que para piscinas de 25 m fijaron en 10 m la separación (Haljand, 1992).

Las últimas consideraciones han sido ampliamente atendidas como lo demuestran los análisis de la competición de los Campeonatos de España desde 1991, los JJOO de Barcelona de 1992, el Campeonato del Mundo de Italia de 1994, los Campeonatos de Europa de 1989 y 1993; y otros estudios, como el de Alves (1993) y el de Burghardt y Stichert (1993). El presente estudio de caso único pretende establecer, mediante análisis cinemático, la distancia que un nadador debe recorrer en cada fase de la separación del viraje de crol.

2. Material

- Sistema de filmación: el registro del nadador se efectuó mediante dos cámaras de vídeo: una de 8 mm (SONY modelo CCD-FX700E), la otra, digital (CANON modelo MV310), empleándose obturaciones de 1/1000 y 1/500, respectivamente; con ambas se realizó enfoque manual con respecto a la localización del desplazamiento del nadador. Se empleó un trípode para cámara fotográfica montado sobre plataforma rodante, permitiendo que el objetivo de la cámara se hallara aproximadamente a 1.60 m con respecto al suelo, así como un sistema de seguimiento lateral de filmación constituido por una base móvil con rodamientos, para cámara de vídeo, sobre un monorraíl de 25 m de longitud integrado por 13 módulos ensamblados. También se empleó una tubería plástica como referencia para sincronizar los registros aéreo y acuático de las cámaras.
- Sistema de referencia: se emplearon dos referencias de 25 m de longitud sujetadas mediante tensores al sistema de anclaje de corcheras por un cable de acero de 0.003 m de grosor; cada referencia estaba constituida de 25 planchas de PVC rígido de color blanco de 0.175 m de ancho, 1 m de largo y 0.001 m de grosor, unidas entre sí y marcadas mediante tinta indeleble cada 0.05 m con números rotulados de 0.02 m de altura cada 0.10 m y de 0.04 m de altura cada metro. Anillas de acero inoxidable, enganchadas a las planchas de PVC, a 0.02 m de su borde superior, y separadas entre sí 0.5 m, permiten el paso del cable de acero que mantiene el sistema perpendicular con respecto a la superficie del agua.
- Extracción de los datos de la filmación: la visualización de los tests para registrar los tiempos y distancias parciales se llevó a cabo en un monitor color, marca NEC, modelo MultiSync FE750 de 17”, empleándose una tarjeta gráfica ALL-IN-WONDER 128 para la determinación de los tiempos. Tanto en la introducción de los

datos como en su posterior tratamiento se utilizó un computador con procesador AMD Athlon 1 Ghz 128 Mb Ram. La mayoría de los cálculos así como la conversión de los fotogramas registrados a centésimas de segundo se efectuaron con la aplicación Excel 2000 de Microsoft.

3. Método

Durante 11 días se realizó la filmación de un test de 50 m crol de un nadador de 16 años del Club Natación Coruña. El estudio tuvo lugar en la piscina del Instituto Nacional de Educación Física de Galicia, con las siguientes características: vaso de ocho calles, 25 m de longitud y 16.5 m de anchura.

La ubicación de las videocámaras para la filmación completa de la acción subacuática y aérea del viraje fue la siguiente:

- Cámara 1: permitió el registro aéreo desplazándose al par que el nadador, intentándose mantener su cabeza, aproximadamente, en la mitad del visor.
- Cámara 2: registró mediante filmación en barrido las acciones subacuáticas de aproximación y separación desde 7.5 m hasta la pared de viraje.

Antes de filmar se colocaron las dos referencias de 25 m, situándolas delante de las corcheras que delimitan la calle 3 con respecto a la cámara.

El objetivo de la cámara 1 se situó a 1.85 m de altura con respecto a la superficie del agua, manteniendo los lados superior e inferior del visor paralelos con respecto a la referencia espacial; su plano de desplazamiento, determinado por la ubicación del monorraíl, se hallaba a 7.5 m del nadador.

El test fue realizado en la calle 3 tras el calentamiento en las seis primeras sesiones, mientras que en las restantes se llevó a cabo tras 15-20 minutos de intervención técnica, consistente en la explicación y ejecución de tareas específicas de las distintas fases del viraje de crol.

Cada repetición comenzó a la voz de “*preparados ..., ya!*”, momento en el que la cámara 1 iniciaba el seguimiento del nadador que partía desde el agua.

La sincronización de ambas filmaciones se realizó de la siguiente forma: tras localizar en el vídeo el fotograma en el que la referencia rompe la línea de la superficie, en ambas grabaciones, se edita estableciendo la siguiente imagen como el fotograma “0”; creándose dos archivos digitales, uno de cada filmación

Para el registro de los tiempos (en s) y distancias (en m) se toma como referencia el instante en que el perfil anterior de la cabeza del nadador, visualizada en la pantalla del monitor, contacta con el borde de una transparencia (a modo de línea recta trasladable) que une la misma distancia en el sistema de referencia colocado en las corcheras; permitiendo calcular velocidades medias (en ms^{-1}) a partir de los registros.

Los parámetros utilizados en este estudio fueron los siguientes:

- tiempo, distancia y velocidad de deslizamiento (t:desl, d:desl, v:desl): desde el final del impulso hasta el inicio del primer batido subacuático;
- tiempo, distancia y velocidad del batido subacuático (t:batsub, d:batsub; v:batsub): desde el primer movimiento propulsivo del pie hasta el inicio de la tracción de los miembros superiores;
- tiempo y velocidad desde el despegue hasta 4 m (t:desp-4, v:desp-4): desde que se pierde el contacto con la pared hasta la llegada a 4 m;
- tiempo y velocidad de 0 a 7.5 m y de 0 a 10 m (t:0-7.5 m, v:0-7.5 m, t:0-10 m, v:0-10 m): desde el contacto de los pies con la pared hasta la llegada de la cabeza a las distancias indicadas;
- velocidad en la primera brazada subacuática (v:brsub): se inicia con el primer movimiento descendente del brazo propulsor y finaliza con el inicio del primer ciclo de nado en superficie;
- velocidad en el primer ciclo de nado (v:ciclo1): desde la entrada de la primera mano en el agua después de la salida de la cabeza hasta la nueva entrada de la mano;
- tiempo, distancia y velocidad de separación (t:sep, d:sep, v:sep): desde el contacto de los pies con la pared hasta la finalización del primer ciclo de nado;
- velocidad de nado (v:nado): desde 12.5 hasta 15 m.

Paralelamente al registro de datos se realizó el análisis técnico, anotando las características de la ejecución del viraje de crol en una planilla de errores elaborada con anterioridad, este control nos permitió analizar la evolución de la ejecución del viraje a largo de los días de grabación y comprobar la influencia que tuvo la intervención a partir del séptimo día con las tareas encaminadas a la mejora de cada una de las fases de la acción global.

4. Resultados y Discusión

La velocidad de nado empleada para su comparación con las fases integradas en el viraje se calculó a partir de la distancia en que el nadador concluyó su primer ciclo de nado en todos los tests realizados. Por tanto, el rango de distancia en el que hubo alguna acción propia del viraje fue desde 7.40 hasta 10.20 m y por tanto la velocidad de nado sin influencia del viraje pudo hallarse a partir de esta última; en nuestro caso optamos por calcular v:nado entre 12.50 y 15 m.

Con la intención de comprobar si la disminución o aumento de la velocidad del nadador en la fase de separación era acorde con la velocidad de nado en el test para cada uno de los días registrados, se comparó v:sep con v:nado, resultando una evolución paralela hasta el sexto día; del séptimo al noveno divergen y en los dos últimos días v:sep se mantiene y v:nado aumenta.

En la figura 1 se observa que a partir del día 9 aumenta d:sep, pasando de 8.70 m a 8.90 m en el día 10 y llegando hasta 10.20 m en el día 11, pero no por ello disminuye su velocidad, ya que prácticamente se mantiene en 2.00 ms^{-1} durante

los tres días; sin embargo ésta es inferior a los restantes. No obstante, si observamos $v:0-10$ m (1.87 ms^{-1}) en el día 11 vemos que resulta superior a la de otros días en los que se alcanza la distancia de 10 m una vez finalizada la separación, encontrándose el sujeto en fase de nado.

Tabla 1. Valores descriptivos de los parámetros estudiados

Parámetro	Media	DT	Máximo	Mínimo
$v:\text{nado} (\text{ms}^{-1})$	1.57	0.05	1.64	1.51
$v:0-10 (\text{ms}^{-1})$	1.85	0.04	1.95	1.80
$v:0-7.5 (\text{ms}^{-1})$	1.97	0.05	2.11	1.89
$v:\text{sep} (\text{ms}^{-1})$	2.06	0.06	2.15	1.99
$d:\text{sep} (\text{m})$	8.51	0.75	10.20	7.40
$v:\text{desl} (\text{ms}^{-1})$	5.01	1.28	8.19	3.18
$t:\text{desl} (\text{s})$	0.70	0.30	1.32	0.36
$d:\text{desl} (\text{m})$	3.25	0.48	4.20	2.95
$t:\text{desp-4} (\text{s})$	1.22	0.05	1.32	1.12
$v:\text{batsub} (\text{ms}^{-1})$	1.49	0.20	1.95	1.25
$d:\text{batsub} (\text{m})$	1.49	0.79	3.25	0.70
$v:\text{brsub} (\text{ms}^{-1})$	1.55	0.09	1.70	1.42
$v:\text{ciclo1} (\text{ms}^{-1})$	1.54	0.07	1.68	1.43

Comparando las velocidades de la figura 1, resulta que $v:\text{sep}$ es superior a $v:0-7.5$ y a $v:0-10$ menos el último día en que $v:0-7.5$ lo supera; ante ello, el registro del viraje en una distancia igual o superior a 7.5 m aporta menos información sobre la evolución individual de este nadador en el viraje puesto que está nadando antes de alcanzar dicha distancia. Desde un punto de vista práctico, que pueda orientar el entrenamiento técnico, se plantean las siguientes cuestiones relacionadas con las primeras fases de la separación del viraje de crol.

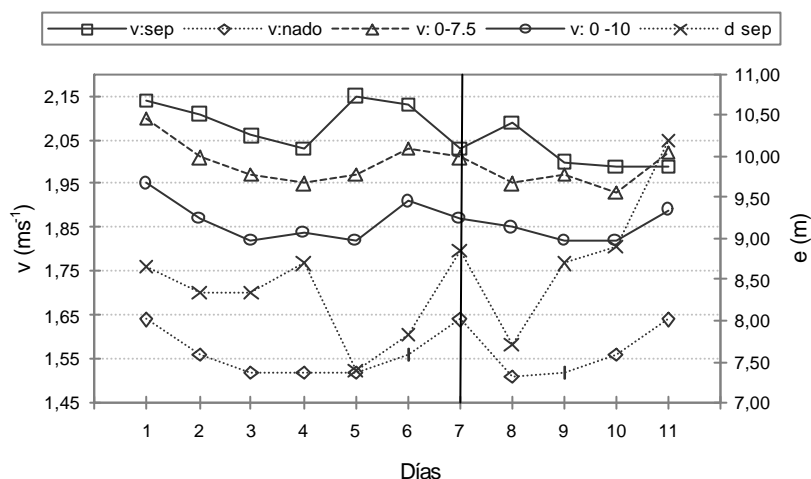


Figura 1. Evolución de diferentes velocidades de separación y de la velocidad de nado

Hasta qué distancia es conveniente que el nadador deslice:

En todas las acciones de viraje registradas, el deslizamiento concluyó antes de 4 m, exceptuando el 7º día (4.20 m); tal distancia se comparó con $d:\text{desl}$ y con $t:\text{desl}$ para saber si el nadador utilizaba eficazmente esta fase resultando que $t:\text{desp-4}$ disminuyó al iniciarse el batido a mayor distancia de la pared.

Dado que $v:\text{desl}$ alcanzó 8.2 ms^{-1} , es razonable pensar que el nadador debería esperar a que esta velocidad cayera para iniciar su batido de piernas; atendiendo a ello, la distancia idónea de deslizamiento para este sujeto sería la correspondiente a los días en que su velocidad media de deslizamiento esté cerca de los 4.5 ms^{-1} o, en definitiva, se aproxime lo más posible a $v:\text{batsub}$, pero sin iniciarse el batido antes de los 3 m (ver figura 2).

En la figura 2 también se observa que en el día 9 el nadador comenzó el batido muy próximo a la pared (2.95 m); ello implica que la fase de deslizamiento apenas existe y en consecuencia su velocidad es muy alta pero en una distancia extremadamente corta, lo cual evidencia que para llegar a 4 m el esfuerzo realizado ha sido mayor y sin ninguna ventaja (1.16 s) en comparación con el día 11 donde iniciando el batido en 3.60 m llegó a 4 m en un tiempo menor (1.12 s).

Durante qué distancia es conveniente que el nadador efectúe batido subacuático:

Observando la figura 3 se aprecia en los días 5, 6 y 10 que $v:\text{batsub}$ es superior a $v:\text{nado}$. No interesa que $v:\text{batsub}$ alcance valores muy superiores a $v:\text{nado}$, por tal razón los días en que, supuestamente, mejor se inició la fase de transición correspondieron al 3, 5 y 10; en los días 7 y 9, a pesar de hallarse próximas, $v:\text{batsub}$ fue inferior a $v:\text{nado}$, pudiendo entenderse que existió una falta de ajuste entre fases. De esta forma los días 3, 5 y 7 quedan descartados como idóneos puesto que $d:\text{batsub}$ no superó 1.20 m; de este modo, fue en el día 10 donde más rentabilidad se obtuvo (1.63 ms^{-1}) al prolongarse la fase durante 2.30 m, empleando el mismo tiempo que en el día 9 (1.4 s) e incluso que en el día 11, al llegar a 3.25 m en 2.2 s. Obviamente, que $v:\text{batsub}$ sea muy inferior a $v:\text{nado}$, como ocurre en los dos primeros

días y también en el octavo, indica una importante pérdida de posibilidades, que como se evidencia, no son sólo de carácter potencial.

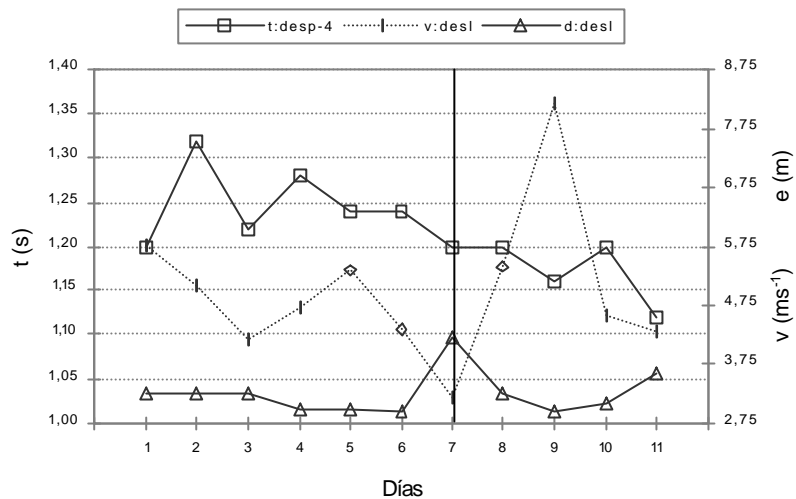


Figura 2. Evolución de la distancia y velocidad de deslizamiento y del tiempo de despegue de la pared hasta 4 m

Considerando que ha de aprovecharse la acción subacuática mientras que la velocidad sea superior a la de nado, es evidente que la eficiencia del batido determinará en gran medida la distancia en que se prolongue éste.

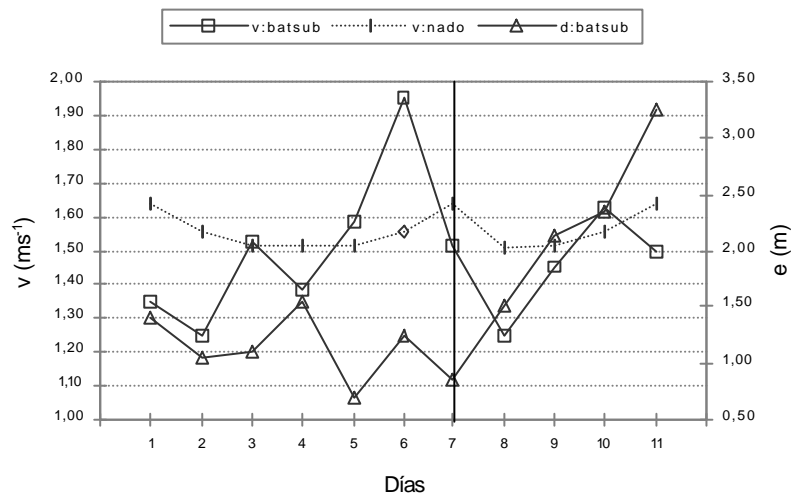


Figura 3. Evolución de la distancia y velocidad durante el batido subacuático y de la velocidad de nado

Dada la tendencia general de reducir el tiempo de permanencia en una fase concreta, alejándose del criterio de mantenerse en ella hasta que la velocidad de desplazamiento alcance un valor similar al de la fase siguiente (Sanders y Byatt-Smith, 2001) y dada la inestabilidad en el inicio y finalización en las fases de separación del viraje en nuestro nadador, proponemos, a partir de la información recogida, construir una fase de separación idónea utilizando curvas de regresión en las que se integran velocidad y distancia de la fase de deslizamiento y del batido subacuático para determinar la distancia en que se debería iniciar la siguiente fase.

Para obtener d:desl se tendrá en cuenta que nuestros registros corresponden a velocidades medias y que nuestra v:batsub de referencia para la siguiente fase es 1.63 ms^{-1} , por lo que partiendo de:

$$v:\text{desl} = -1.9796 \times d:\text{desl} + 11.443$$

resulta que d:desl para nuestro nadador ha de ser 4.95 m, con lo cual, para conseguir una mayor eficiencia en el deslizamiento debería incrementarlo en 0.70 m con respecto a su mayor registro.

Procediendo de igual forma para obtener d:batsub, considerando una v:nado de referencia igual a la media de los distintos test (1.57 ± 0.05):

$$v:\text{desl} = 0.0002 \times d:\text{desl} + 1.4905$$

obtenemos que v_{brsub} ha de ser 2.42 m, 0.07 m superior a la distancia del día 10 y 0.83 m inferior al mayor registro conseguido.

Por último, en la figura 4 se observan registros dispares de v_{brsub} , resultando muy superiores a v_{nado} los días 2 y 4, reduciéndose progresivamente junto con v_{ciclo1} hasta el día 12 en que comienza una clara recuperación de estas dos velocidades, coincidiendo con el inicio del trabajo técnico para esta subfase del viraje. Se puede comprobar salvo excepciones una evolución paralela de la v_{ciclo1} con v_{nado} .

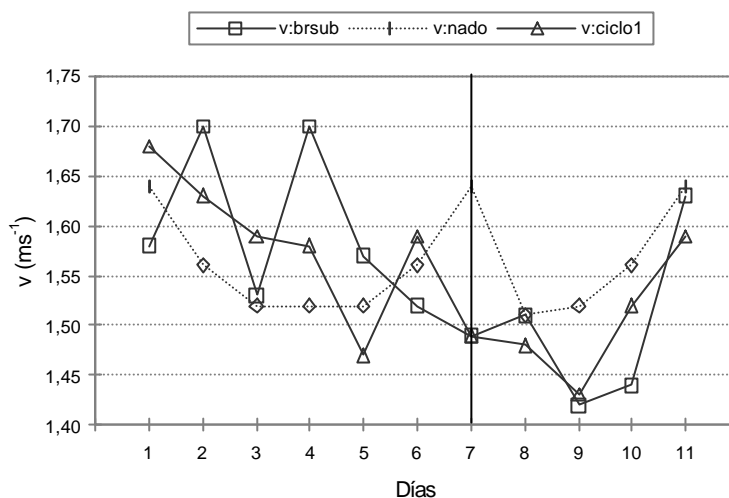


Figura 4. Evolución de las velocidades durante el primer ciclo subacuático, el primer ciclo en superficie y el nado

5. Conclusiones

Para el nadador estudiado en la prueba de 50 m crol, se aprecia la necesidad de prolongar la fase de deslizamiento hasta 4.95 m dada su implicación en el incremento de la velocidad hasta 7.5 m y de mantener la distancia de batido subacuático hasta 2.42 m. Según lo anterior nuestro nadador debería iniciar su transición al nado con una tracción subacuática a 7.4 m de la pared.

6. Bibliografía

- Absaliamov, T. y Timakovoi. Análisis de la actividad competitiva del nadador, *Aseguramiento científico de la preparación de los nadadores* (1ª ed., Vneshtorgizdat, Moscú: 1990, pp. 58-81.
- Alves, F. *Analysis of Swimming Races*. Paper presented at the International Society of Biomechanics XIV Congress, París, 1993.
- Burghardt, U. y Stichert, K. H. Analisi delle Gare di Sprint nel Nuoto. *Rivista di Cultura Sportiva*, XI (27), 1993, pp. 27-32.
- Chow, J., Hay, J., Wilson, B. e Imel, C. Turning Techniques of Elite Swimmers. *Journal of Sports Sciences*, 23 (3 (Inv.)), 1984, pp. 241-255.
- Deleaval, P. Un Autre Regard sur la Performance. *EPS* (221), 1990, pp. 49-53.
- Haljand, R.. Competition Analysis in Swimming. *European Research*, 1992, p. 28.
- Harris, W. *Comparative Times Required to Complete Various Back Stroke Turns*. Unpublished M.S. thesis, Springfield College, 1974.
- Hay, J. G.. Swimming. In J. Hay (Ed.), *The Biomechanics of Sports Techniques* (3ª ed.), Prentice-Hall International, New Jersey, 1985, pp. 343-394.
- Hay, J. G. y Guimaraes, A. C. A Quantitative Look at Swimming Biomechanics. *Swimming Technique*, 20(2), 1983, pp. 11-12; 14-17.
- Hüellhorst, U., Ungerechts, B. y Willimczik, K. Displacement and Speed Characteristics of Breaststroke Turn - a Cinematographic Analysis. In B. Ungerechts, K. Wilke, & K. Reischle (Eds.), *Swimming Science V* (1ª ed., Vol. 18), Champaign, Illinois, Human Kinetics Books, 1988, pp. 93-98.
- Pfeifer, H. Some selected problems of technique and training in backstroke swimming. In J. L. Cramer (Ed.), *How to develop olympic level swimmers. Scientific and practical foundations*, Helsinki, Internacional Sports Media, 1984, pp. 163-179
- Ungerechts, K. Wilke, & K. Reischle (Eds.), *Swimming Science V* (1ª ed., Vol. 18), Human Kinetics Books, Champaign, Illinois, 1988, pp. 93-98.
- Takahashi, G., Sakata, I., Tsubakimoto, S. y Ae, Y. A Practical Method for Evaluation of Swimming Turn Skill Based on the Movement Structure. *Health and Sports Sci.* (6), 1983, pp. 65-72.
- Takahashi, G., Yoshida, A. y Tsubakimoto, S. Propulsive Force Generated by Swimmers during a Turning Motion. In P. Hollander, P. Huijing, & G. de Groot (Eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming* (1ª ed., Vol. 14). Champaign, Illinois: Human Kinetics, 1983, pp. 192-198.
- Wakayoshi, K., Nomura, T., Takahashi, G., Mutoh, Y. y Miyashito, M. Analysis of Swimming Races in the 1989 Pan Pacific Swimming Championships and 1988 Japanese Olympic Trials. In D. MacLaren, T. Reilly, & A. Less (Eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming. Swimming Science VI* (1ª ed.) E & FN SPON,). London, 1992, pp. 135-141.
- Sanders, R. y Byatt-Smith, J.. *Improving Feedback on Swimming Turns and Start Exponentially*. Paper presented at the Proceedings of Swimming Sessions. XIX International Symposium on Biomechanics in Sports, San Francisco, 2001, pp. 91-95.
- Yancher, R., Larsen, O. y Baer, C. Velocity Profiling as a Diagnostic Tool. *Swimming Technique*, 19(4), 1983, pp. 13-14.

7. Palabras clave:

Natación, viraje crol, fase de separación, patrón cinemático

Agradecimientos:

Este trabajo fue realizado gracias a la colaboración del Club Natación Coruña