

Velocidad y frecuencia de ciclo en palistas infantiles en la distancia de 1000 m.

Speed and cycle frequency of young paddlers in 1000m races

Alacid, F.¹, López-Miñarro, P.A.², Vaquero, R.³

¹ Facultad de Ciencias del Deporte. Universidad de Murcia

² Facultad de Educación. Universidad de Murcia

³ Departamento de Actividad Física y Deporte. Universidad de Murcia

Dirección de contacto

Fernando Alacid Cárceles: fernando.alacid@um.es

Fecha de recepción: 2 de diciembre 2008

Fecha de aceptación: 3 de agosto de 2009

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue analizar la evolución de la velocidad y la frecuencia de ciclo sobre un test máximo de 1000 m realizado por palistas de 13 a 14 años de edad (17 hombres kayak, 17 mujeres kayak y 18 hombres canoa). La velocidad y la frecuencia de ciclo se determinaron de las grabaciones de 4 cámaras situadas en los 250, 500, 750 y 1000 m de la distancia. El primer tramo fue el más rápido, seguido de una fase estable de la velocidad en toda la distancia y categorías, menos las mujeres kayakistas que incrementaron la misma en los últimos 250 m. La frecuencia de ciclo decreció desde el inicio de la prueba, para alcanzar sus valores más altos en el último parcial en mujeres kayakistas y hombres canoistas. Los hombres kayakistas fueron los más rápidos, seguidos de las mujeres kayakistas y de los hombres canoistas, los cuales obtuvieron las velocidades más bajas. No existieron diferencias significativas entre grupos al comparar la frecuencia de ciclo. Este estudio proporciona una nueva metodología para la obtención de la velocidad y la frecuencia de ciclo en competiciones de piragüismo, que ahorra tiempo en el proceso de análisis respecto a las utilizadas en investigaciones anteriores.

Palabras Clave: variables cinemáticas, frecuencia de paleo, kayak, canoa, piragüismo.

ABSTRACT

The objective of this study was to analyze the evolution of the speed and cycle frequency during a 1000-m maximal test in young paddlers (17 kayak men, 17 kayak women and 18 canoe men; 13-14 years-old). Speed and cycle frequency were taken from the recordings 4 cameras placed at 250-, 500-, 750- and 1000-m. The first quarter of the distance was the faster of the whole distance, after that the speed was stable in all the categories, but women kayak

that increased their speed at the end of the distance. Cycle frequency decreased from the start of the race, but got the highest values in the last lap in women kayak and men canoe. Men kayak was significantly higher in speed than women kayak and men canoe, who were the slowest group. There were no significant differences in cycle frequency between groups. This article provides a new methodology to get the speed and cycle frequency in canoeing races that save time in comparison with used in previous researches.

Keywords: kinematics, stroke rate, kayak, canoe, canoeing.

INTRODUCCIÓN

En el piragüismo de aguas tranquilas, en su modalidad de carreras en línea, se compite sobre las distancias de 500 y 1000 m en los Juegos Olímpicos, añadiendo la distancia de 200 m en campeonatos mundiales, continentales y nacionales. En estas pruebas el objetivo de los competidores es recorrer la distancia de competición a lo largo de una calle acotada en el menor tiempo posible (ICF, 2007; RFEP, 2007).

El comportamiento de la velocidad a lo largo de las diferentes distancias de competición ha sido objeto de estudios sobre competiciones internacionales, predominando el planteamiento decreciente en velocidad a lo largo de la distancia en las pruebas de 1000 m (Alacid y Carrasco, 2004), caracterizadas por un primer parcial de 250 m mucho más rápido que el resto de la distancia, a pesar de estar influido por una salida con la embarcación parada (Sánchez y Magaz, 1993; Toro, 1986). Para algunos autores, el planteamiento uniforme parece ser el más lógico con el fin de evitar el desgaste energético que suponen los cambios de velocidad a lo largo de la competición (Cabases, 1991; Hajosy, 1987), especialmente en la distancia de 1000 m (Cox, 1992). Sin embargo, se ha demostrado que una salida rápida, seguida de un planteamiento uniforme a lo largo de la prueba aporta un mayor rendimiento en situaciones de simulación de las pruebas de 500 y 1000 m en kayakergómetro, frente a una distribución uniforme del esfuerzo (Bishop y col., 2002; Wojcieszak y col, 1987).

En la categoría infantil, se han realizado sendos análisis de la evolución de las variables cinemáticas (velocidad, frecuencia, longitud e índice de ciclo) sobre 500 (Alacid y col., 2005) y 200 m (Alacid y col., 2008). Para la obtención de la velocidad y la frecuencia de ciclo, se realizó una grabación lateral del palista a lo largo de la distancia de competición, utilizando las boyas como referencia para la obtención de las variables en los diferentes tramos. Este método fue empleado por el equipo nacional alemán durante los Juegos Olímpicos de Barcelona en 1992, atribuyendo parte del éxito obtenido en la preparación del evento y durante la

competición, al apoyo científico que se deriva de este tipo de análisis (Sperlich y Baker (2002). Como inconveniente, destaca la gran cantidad de tiempo necesario para grabar a un grupo numeroso de palistas, ya que para la correcta obtención de los datos es necesario realizar las grabaciones uno a uno, a lo largo de las diferentes distancias de competición.

El análisis de la evolución de la velocidad y de la frecuencia de ciclo aporta una información muy valiosa para los entrenadores y palistas, puesto que suponen una referencia hacia la que dirigir el entrenamiento del ritmo y la planificación estratégica de las futuras competiciones.

Puesto que existe información sobre la evolución de las variables cinemáticas en palistas infantiles sobre las distancias de 200 y 500 m, y dada la importancia de conocer el comportamiento de estas variables a lo largo de diferentes distancias de competición, con el fin de conocer si el comportamiento de las mismas sigue un mismo patrón independientemente de la duración de la prueba, los objetivos de este estudio fueron: 1) describir la evolución de la velocidad y la frecuencia de ciclo a lo largo de un test máximo de 1000 m en palistas de categoría infantil; 2) comparar los valores de ambas variables en los diferentes tramos y categorías analizadas; y 3) aportar una nueva metodología para la obtención de las citadas variables que minimice el tiempo empleado en la obtención de datos.

MÉTODO

La muestra estuvo compuesta por 52 piragüistas de categoría infantil (13 y 14 años) de ambos sexos asistentes a la Concentración Nacional de Infantiles en el año 2008. Todos ellos fueron seleccionados para participar en este evento por encontrarse entre los mejores de su categoría. Los palistas que tomaron parte en este estudio no presentaban enfermedad alguna ni se encontraban sometidos a tratamiento farmacológico en el período en el que se realizaron las pruebas. Las características de los sujetos se muestran en la tabla I.

Tabla 1. Características de los palistas por categorías

CATEGORÍA	N	TALLA (CM)	MASA (KG)	AÑOS DE EXPERIENCIA
Hombre Kayak	17	167.73 ± 6.76	58.24 ± 7.18	3.91 ± 1.80
Mujer Kayak	17	162.24 ± 4.84	54.86 ± 6.78	3.68 ± 1.66
Hombre Canoa	18	163.51 ± 9.33	57.03 ± 14.13	3.28 ± 1.52

Media ± Desviación típica

Todos los palistas realizaron un test máximo de 1000 m a lo largo de una calle acotada con boyas cada 25 m, situándose las mismas una a cada lado del palista a lo largo de la distancia. Cada deportista utilizó su embarcación y pala habitual de entrenamiento y competición.

Se colocaron cuatro cámaras digitales JVC Everio MG-I35 (Victor Company of Japan, Japón) para grabar a los palistas al pasar por las distancias de 250, 500, 750 y 1000 m. Previamente, cada uno de los encargados de las cámaras sincronizó su cronómetro con el técnico encargado de dar las salidas, el cual se encargó de anotar el tiempo en el que se producían.

Antes de que los palistas pasaran por las zonas de toma de tiempo, se grabó el cronómetro (previamente sincronizado) como referencia para obtener posteriormente el momento en el que el palista pasaba por la distancia de control. En todos los casos, se intentaba grabar los momentos previos y posteriores al paso de la embarcación por las boyas que señalaban el principio o el fin del tramo a analizar.

Una vez pasadas las grabaciones al ordenador (a 25 fotogramas por segundo), se analizaron con el programa VirtualDub 1.8.3 by Avery Lee pasándose posterior-

mente los resultados a una hoja de cálculo Microsoft® Excel 2000 (Microsoft Corporation, EE.UU.). Para la obtención de los tiempos de paso, se seleccionó un fotograma correspondiente al tiempo marcado por el cronómetro y, posteriormente, se buscó el fotograma en el que la proa de la piragua pasaba entre las boyas que marcaban la distancia (Fig. 1). Para obtener los tiempos de paso se utilizó la fórmula: tiempo de paso = (T2 + T3) - T1, donde,

T1 = tiempo que marcaba el cronómetro al dar la salida,

T2 = tiempo que marcaba el cronómetro al ser grabado antes de paso y su fotograma correspondiente, y

T3 = fotogramas transcurridos (dividido por 25) desde T2 al momento en que las proa de la embarcación se encontraba alineada entre las boyas que delimitaban la distancia.

La velocidad se obtuvo tras dividir la distancia (250 m) por el tiempo empleado en recorrer cada uno de los parciales establecidos, expresándose los resultados en m · s⁻¹.

La frecuencia de ciclo se determinó tras dividir 5 ciclos completos de paleo entre el tiempo en realizarlos. Como referencia para contar los ciclos, se utilizaron los fotogramas en los que la pala tomaba contacto con el agua por primera vez (fase de ataque) en el lado de la grabación (Fig. 2). Tras determinar los fotogramas correspondientes, se calculó el tiempo empleado tras dividir el número de fotogramas transcurridos entre 25. Los resultados se expresaron en ciclos · s⁻¹.

En todos los casos, se tuvieron en cuenta los últimos 5 ciclos realizados antes de llegar a los 250, 500, 750 y 1000 m, ya que en este último caso, algunos palistas paraban de palear antes de cruzar la línea de meta. De esta forma, la frecuencia de ciclo se obtuvo en los últimos metros del tramo estudiado.

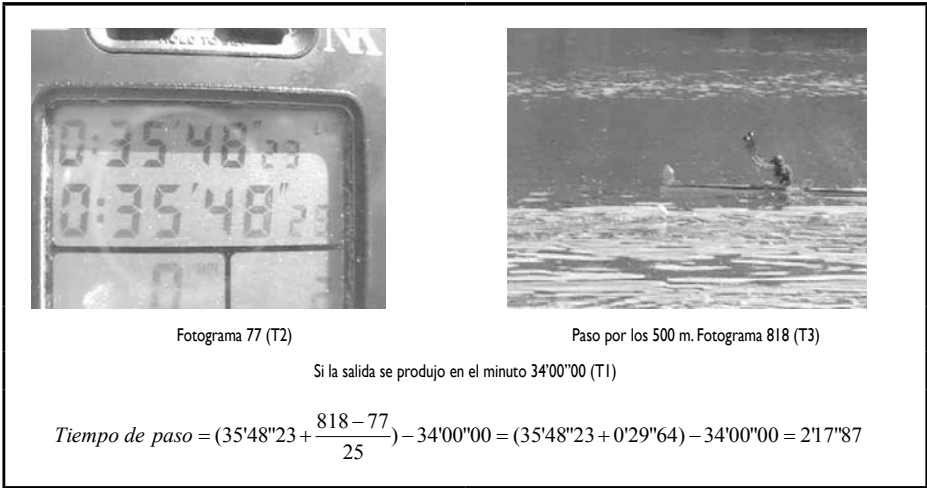


Figura 1. Determinación del tiempo de paso por la distancia de 500 m.

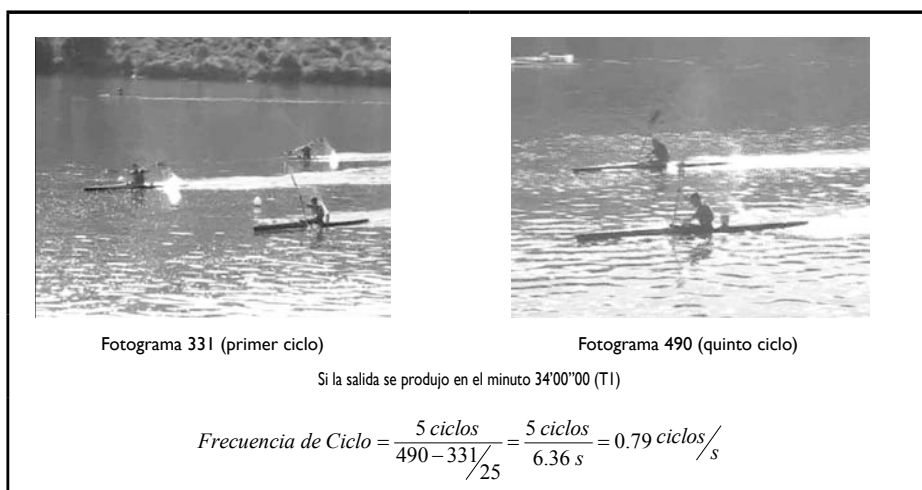


Figura 2. Determinación de la Frecuencia de Ciclo

La obtención de los datos fue realizada por un único observador. Previamente a la misma, se calculó la fiabilidad intraobservador mediante el coeficiente de correlación intraclase tras realizar un test-retest, arrojando un valor de $r = 0.99$ para la determinación de la velocidad y de $r = 0.97$ para la frecuencia de ciclo. La incertidumbre o error en la medida al digitalizar a 25 imágenes por segundo quedó establecida en 0.04 segundos. El error relativo porcentual se determinó dividiendo 0.04 entre el tramo de menor tiempo registrado y multiplicando el resultado por 100, obteniéndose valores máximos del 0.85% para la frecuencia de ciclo y 0.07% para la velocidad.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

La distribución de los datos fue inicialmente valorada mediante el test de normalidad de Shapiro-Wilk. Puesto que los datos seguían una distribución normal, se realizó un análisis estadístico utilizando pruebas paramétricas. Un análisis de varianza, ANOVA de dos factores (categoría y tramo), con medidas repetidas en el segundo factor fue realizado para establecer las diferencias en la velocidad y frecuencia de ciclo entre los diferentes parciales de la prueba de 1000 m. La significación del análisis multivariado de medidas repetidas fue confirmada mediante los test Traza de Pillai, Lambda de Wilk, traza de Hotelling y raíz mayor de Roy, los cuales arrojaron resultados similares. La esfericidad fue analizada mediante la prueba de Mauchly. La corrección de Greenhouse-Geisser fue aplicada si la esfericidad no era asumida. Si se encontraban diferencias significativas en la velocidad y frecuencia de ciclo se realizó una comparación por pares usando la corrección de Bonferroni para comparaciones múltiples. Un valor de $p < 0.05$ fue establecido a priori para deter-

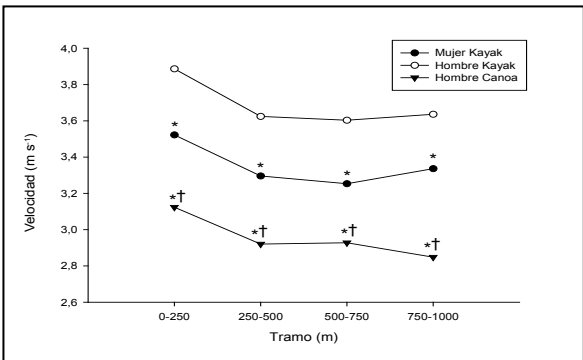
minar la significación estadística. El análisis estadístico fue realizado mediante el software SPSS (versión 15.0; SPSS Inc., IL).

RESULTADOS

Los hombres kayakistas fueron significativamente más rápidos en todos los tramos respecto al resto de categorías. Por otro lado, los canoistas desarrollaron los valores de velocidad más bajos respecto a hombres y mujeres kayakistas en toda la distancia (Fig. 3). Los valores medios de la frecuencia de ciclo al final cada tramo se presenta en la figura 4, no encontrándose diferencias significativas entre categorías.

La evolución de la velocidad fue similar en todas las categorías. En el caso de los hombres kayakistas, el primer tramo fue significativamente mayor al resto, predominando la estabilidad en los tres últimos cuartos de la prueba; las mujeres kayakistas se diferenciaron de los hombres en que se produjo un incremento significativo de la variable entre el tramo de 750 a 1000 m, respecto al tramo anterior; por último, en los canoistas, únicamente el primer parcial fue significativamente superior a los tramos de 250 a 750 m, aunque al final de la distancia se registraron los valores más bajos de toda la prueba (tabla 2).

En cuanto a la evolución de la frecuencia de ciclo, destacan los incrementos significativos de la variable al final de la distancia respecto al paso por los 500 y 750 m en las mujeres kayakistas y en los hombres canoistas. En la categoría femenina, también se registró un descenso significativo en la frecuencia de ciclo de los pasos intermedios respecto a la salida. A diferencia de las otras categorías, no se encontraron significativas en la evolución de la variable en los hombres kayakistas (tabla 3).



* $p < 0.01$ respecto a hombres kayak; † $p < 0.01$ respecto a damas kayak.

Figura 3. Evolución de la Velocidad en la distancia de 1000 m

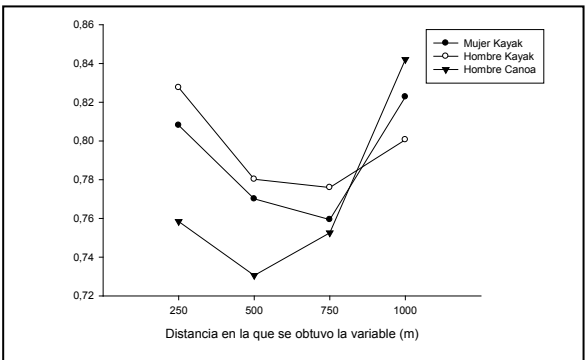


Figura 4. Evolución de la Frecuencia de Ciclo en la distancia de 1000 m

Tabla 2. Valores medios ± desviación típica de la velocidad en cada uno de los tramos.

CATEGORÍA	N	VELOCIDAD EN EL TRAMO (M · S ⁻¹)			
		0-250 m	250-500 m	500-750 m	750-1000 m
Hombre Kayak	17	3.89 ± 0.27	3.62 ± 0.21*	3.60 ± 0.20*	3.64 ± 0.21*
Mujer Kayak	17	3.52 ± 0.18	3.30 ± 0.13*	3.25 ± 0.12*	3.34 ± 0.14*†
Hombre Canoa	18	3.12 ± 0.24	2.92 ± 0.21*	2.93 ± 0.24*	2.85 ± 0.48

* $p < 0.01$ respecto al tramo de 0 a 250 m; † $p < 0.01$ respecto al tramo de 500 a 750 m.

Tabla 3. Valores medios ± desviación típica de frecuencia de ciclo en las distancias estudiadas.

CATEGORÍA	N	LUGAR DONDE SE OBTUVO LA FRECUENCIA DE CICLO (CICLOS · S ⁻¹)			
		250 m	500 m	750 m	1000 m
Hombre Kayak	17	0.83 ± 0.10	0.78 ± 0.05	0.78 ± 0.04	0.80 ± 0.08
Mujer Kayak	17	0.81 ± 0.06	0.77 ± 0.04*	0.76 ± 0.04*	0.82 ± 0.04*†
Hombre Canoa	18	0.76 ± 0.10	0.73 ± 0.10	0.75 ± 0.10	0.84 ± 0.13*†

* $p < 0.01$ respecto a 250 m; † $p < 0.01$ respecto a 500 m; ‡ $p < 0.01$ respecto a 750 m.

DISCUSIÓN

Una de las principales aportaciones de este estudio fue el desarrollo de un método sencillo, que permite la obtención de la evolución de la velocidad y la frecuencia de ciclo, en un amplio número de palistas y en un espacio reducido de tiempo. La obtención de las variables a partir del análisis de las grabaciones, aporta una mayor fiabilidad a este estudio, ya que tradicionalmente, estos datos han sido obtenidos mediante frecuencímetros y cronómetros manuales en deportes como la natación (Klentrou y Montpetit, 1991a,b; Navarro, 1997; Pelayo y col., 1996; 1997) y el propio piragüismo (Alacid y col., 2006; Cuesta y col., 1991; Perez-Landaluce y col., 1998a,b; van Someren y Oliver, 2002), pudiendo acarrear problemas de fiabilidad a nivel intra- e inter-observador, además de no poder repetir la obtención de datos en las mismas condiciones.

En el análisis de la velocidad destaca un primer tramo más rápido, a partir del cual la variable disminuye para permanecer estable en los tres últimos cuartos de la prueba en hombres kayakistas y canoistas, mientras que en las mujeres kayakistas se produjo un incremento significativo de la velocidad al final de la distancia. Esta tendencia decreciente de la velocidad coincide con la encontrada en otras investigaciones con palistas infantiles sobre la distancia de 200 m (Alacid y col., 2008) y de 500 m (Alacid y col., 2005), así como en pruebas internacionales sobre 1000 m (Alacid y Carrasco, 2004; Issurin, 1998; Sánchez y Magaz, 1993), y en otras modalidades como el remo sobre 2000 m (Garland, 2005).

En cuanto a la frecuencia de ciclo, ésta disminuye a lo largo de los tres primeros tramos para posteriormente aumentar en el último. Esta distribución no coincide con la presentada por palistas infantiles sobre 200 y 500 m (Alacid y col., 2005; 2008), ya que en estos estudios la variable disminuye progresivamente a lo largo de la distancia, siendo esta reducción especialmente significativa en los dos últimos tramos respecto a los dos primeros. Estas diferencias podrían deberse a que para obtener la frecuencia de ciclo se han tenido en cuenta los últimos cinco ciclos de paleo de cada parcial y no se han analizado todos los ciclos del tramo analizado, tal y como se hizo en los trabajos anteriormente citados, por lo que en vez de obtener la frecuencia de ciclo media de 750 a 1000 m, se determinó el incremento de la variable justo antes de cruzar la línea de meta. Esta forma de obtener la frecuencia de ciclo, también repercute en la evolución de la variable al inicio de la prueba, puesto que en los estudios anteriormente citados, los valores máximos de frecuencia de ciclo fueron obtenidos en los primeros 50 m de cada distancia, mientras que en nuestro estudio se encontraron al final de los primeros 250 m, momento en el que la variable, tal y como se muestra en el estudio de

500 m (Alacid y col., 2005), tiende a la estabilidad.

Si comparamos las velocidades máximas ($4.18 \pm 0.26 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$) y mínimas ($3.54 \pm 0.21 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$) del estudio sobre kayakistas en 500 m (Alacid y col., 2005) con las desarrolladas por los/as kayakistas del presente estudio, se observa que los valores máximos fueron superiores a los encontrados sobre 1000 m; en cuanto a la velocidad mínima en la distancia de 500 m (tramo de 0 a 50 m), aunque se trata de un registro del que no se dispone el equivalente en 1000 m, su valor fue inferior a la velocidad mínima de los hombres kayakistas en 1000 m y superior a la velocidad máxima de las mujeres kayakistas en esta misma distancia. Por lo que se podría afirmar que si comparamos la variable velocidad en hombres y mujeres kayak por separado, en los 500 m se obtuvieron velocidades más altas. Los datos de frecuencia de ciclo máxima y mínima alcanzadas en 500 m fueron de 0.93 ± 0.09 y $0.80 \pm 0.06 \text{ ciclos} \cdot \text{s}^{-1}$, respectivamente (Alacid y col., 2005). Al comparar estos valores con los del presente estudio, se observa que la frecuencia máxima en 500 m fue superior a la de 1000 m, y que la frecuencia mínima registrada en 500 m fue superior a la alcanzada en los tramos intermedios en ambas categorías (hombres y mujeres kayak). Por otro lado, Alacid y col. (2005), al analizar las diferencias entre sexos, encontraron que los hombres kayakistas fueron significativamente superiores en velocidad media a las mujeres kayakistas, mientras que no existieron diferencias significativas en la frecuencia de ciclo; estos resultados coinciden con los aportados en la distancia de 1000 m.

Alacid y col. (2008) aportaron datos de las tres categorías analizadas en nuestro estudio sobre la distancia de 200 m, encontrando que los valores mínimos de velocidad y frecuencia de ciclo en esta prueba, fueron superiores a los máximos registrados sobre 1000 m en nuestro estudio para todas las categorías analizadas. Al realizar la comparación entre categorías, en el caso de la velocidad, las diferencias fueron similares en las distancias de 200 y 1000 m, siendo los más rápidos los hombres kayakistas, seguidos de las mujeres kayakistas, y los más lentos los hombres canoistas. Sin embargo, la no existencia de diferencias significativas entre categorías en la frecuencia de ciclo, contrasta con los resultados encontrados sobre 200 m (Alacid y col., 2008), donde los hombres kayakistas obtuvieron los valores más altos, siendo significativamente superiores a las mujeres kayakistas en todos los tramos y en el valor medio respecto a los hombres canoistas.

Una de las limitaciones de este trabajo es que la frecuencia de ciclo obtenida a lo largo de los últimos cinco ciclos de un tramo no tiene porqué ser representativa del valor medio a lo largo del mismo, sino que se trata de una aproximación a un posible valor real. Por

esta razón, no se aportan estimaciones de la longitud de ciclo en cada tramo, pues su cálculo sería el resultado de dividir la velocidad media del parcial por la frecuencia de ciclo obtenida en las últimas paladas del mismo. Este problema es fácil de evitar si se dispone de la grabación completa desde una perspectiva lateral de la evolución de cada una de las embarcaciones a lo largo de toda la distancia (Sperlich y Baker, 2002), tal y como se ha realizado previamente en las distancias de 200 y 500 m (Alacid y col., 2005; 2008). Por otro lado, esta pérdida de información, se ve compensada con un ahorro del tiempo empleado para realizar todas las grabaciones, ya que en este estudio fue de una hora y media, mientras que mediante el método de la grabación lateral y sobre la distancia de 500 m, se emplean varias jornadas.

A modo de conclusión, la evolución de la velocidad en un test máximo de 1000 m en palistas infantiles se caracteriza por mostrar los valores más altos al prin-

cipio de la distancia y cierta estabilidad, con velocidades inferiores, en los tres últimos cuartos de la prueba, siendo los hombres kayakistas los palistas más rápidos, seguidos por las mujeres kayakistas y por último, los hombres canoistas. La frecuencia de ciclo presentó evoluciones diferentes en cada categoría, no encontrándose diferencias entre tramos en los hombres kayakistas, valores intermedios significativamente inferiores al primer y al último parcial en las mujeres kayakistas, e incrementos significativos al final de la distancia en los hombres canoistas; todo ello sin que se encontraran diferencias significativas entre categorías. Por último, se ofrece una nueva metodología para la obtención de la velocidad y la frecuencia de ciclo en la que la obtención de las variables se realiza desde la grabación en puntos fijos del campo de regatas, minimizando el tiempo necesario para la valoración de grandes grupos, por lo que podría emplearse para su utilización en competiciones nacionales o internacionales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alacid, F., Carrasco, L. (2004). Distribución del esfuerzo en piragüismo sobre 1000 metros. En: G. Brizuela, S. Llana, J.F. Guzmán (eds) *III Congreso de la Asociación Española de Ciencias del Deporte. Valencia*. En CD. Valencia.
- Alacid, F., Ferrer, V., Martínez, E., Carrasco, L. (2005). Análisis cuantitativo de la técnica de paleo en kayakistas infantiles. *Motricidad. European Journal of Human Movement*, 13, 133-146.
- Alacid, F., López-Miñarro, P.A., Ferragut, C., García, A., Ferrer, V., Martínez, I. (2008). Evolución y comparación de la velocidad, frecuencia, longitud e índice de ciclo sobre 200 m, en palistas infantiles de diferentes modalidades. *Motricidad. European Journal of Human Movement*, 20, 15-27.
- Alacid, F., Torres, G., Sánchez, J., Carrasco, L. (2006). Validez de la ergometría en piragüismo. Estudio Preliminar. *Motricidad. European Journal of Human Movement*, 15(esp), 119-127.
- Bishop, D., Bonetti, D., Dawson, B. (2002). The influence of pacing strategy on VO_2 and supramaximal kayak performance. *Med Sci Sports Exerc*, 34, 1041-1047.
- Cabases, J.M. (1991). Entrenamiento del ritmo. En: Escuela Nacional de Entrenadores de Piragüismo (ed), *Comunicaciones Técnicas VII* (pp. 126-157). Madrid: Federación Española de Piragüismo.
- Cox, R.W. (1992). *The science of canoeing*. Cheshire: Coxburn Press.
- Cuesta, G., Polo, J.M., Padilla, S. (1991). Correlación entre la marca deportiva obtenida en test de campo y parámetros fisiológicos obtenidos en laboratorio, en piragüistas adolescentes. *Apunts*, 18, 130-142.
- Garland, S.W. (2005). An analysis of the pacing strategy adopted by elite competitors in 2000 m rowing. *Br J Sports Med*, 39, 39-42.
- Hajossy, J. (1987). Modelisation de la tactique en competition de canoe - kayak. / A model for strategy during canoe-kayak competition. *Traductions INSEP*, 612, 1-11.
- ICF (2007). *Flatwater racing competition rules*. Recuperado en junio 14, 2007 disponible en <http://www.canoeicf.com>.

- Issurin, V. (1998). Analysis of the race strategy of world-class kayakers. En: V. Issurin (ed.), *Science & practice of canoe/kayak high-performance training: selected articles in memory of junior world champion Nevo Eitan* (pp. 27-39). Tel-Aviv: Elite Sport Department of Israel.
- Klentrou, P.P. y Montpetit, R.R. (1991a). Physiologic and physical correlates of swimming performance. *J Swimming Res*, 7, 13-18.
- Klentrou, P.P. y Montpetit, R.R. (1991b). Effect of stroke rate and body mass on VO_2 in crawl swimming. *J Swimming Res*, 7, 26-30.
- Navarro, F. (1997). Relación de la concentración de lactato en sangre con los parámetros cinemáticos en nadadores de alto rendimiento. En: CSD (ed.), *Rendimiento deportivo: parámetros electromiográficos (EMG), cinemáticos y fisiológicos* (pp. 9-54). Madrid: Consejo Superior de Deportes.
- Pelayo, P., Sidney, M., Kherif, T., Chollet, D., Tourny, C. (1996). Strokings characteristics in freestyle swimming and relationships with anthropometric characteristics. *J Appl Biomech*, 12, 197-206.
- Pelayo, P., Wille, F., Sidney, M., Berthoin, S.S., Lavoie, J.M. (1997). Swimming performances and stroking parameters in non skilled grammar school pupils: relation with age, gender and some anthropometric characteristics. *J Sports Med Phys Fitness*, 37, 187-193.
- Pérez-Landaluce, J., Rodríguez-Alonso, M., Fernández-García, B., Bustillo-Fernández, E., Terrados, N. (1998). Importance of wash riding in kayaking training and competition. *Med Sci Sports Exerc*, 30, 1721-1724.
- Pérez-Landaluce, J., Rodríguez, M., Fernández, B., Terrados, N., García-Herrero, F., Cobos, J. (1998). Relación del VO_2 max específico y umbral láctico (4 mMol/l) con el rendimiento de mujeres kayakistas de alto nivel durante un año de entrenamiento. *Archivos de Medicina del Deporte*, 67, 385-390.
- RFEP (2007). *Reglamento General y Técnico de Competiciones*. Recuperado en junio 14, 2007 disponible en <http://www.rfep.es>.
- Sánchez, J.L., Magaz, S. (1993). La Técnica. En: J.L. Sánchez (ed.), *Piragüismo (I)* (pp. 101-386). Madrid: COE.
- Sperlich, J., Baker, J.D. (2002). Biomechanical testing in elite canoeing. En: K.E. Gianikellis (ed.) *XXth International Symposium on Biomechanics in Sports*. Book of Abstracts. Cáceres, pp. 44-47.
- Toro, A. (1986). *Canoeing: an olympic sport*. San Francisco: Olympian Graphics.
- Van Someren, K.A., Oliver, J.E. (2002). The efficacy of ergometry determined heart rates for flatwater kayak training. *Int J Sports Med*, 23, 28-32.
- Wojcieszak, I., Burke, E., Danielewicz, E., Trzaskoma, Z., Wojczuk, J. (1987). Steady-rate and all-out work on a kayak ergometer. *Biol Sport*, 4, 91-99.

Speed and cycle frequency of young paddlers in 1000m races

Alacid, F.¹; López-Miñarro, P.A.²; Vaquero, R.³

¹ Faculty of Sport Science. University of Murcia, Spain

² Faculty of Education. University of Murcia

³ Department of Physical Activity and Sports. University of Murcia

Contact details

Fernando Alacid Cárceles: fernando.alacid@um.es

Reception date: December 2nd, 2008

Acceptance date: August 3rd, 2009

ABSTRACT

This study aimed to analyze the evolution of the speed and cycle frequency over the maximum distance of 1000m in paddlers aged 13-14 (17 kayak men, 17 kayak women and 18 canoe men). Speed and cycle frequency were determined by the recordings of 4 cameras installed at 250, 500, 750 and 1000m. The first quarter of the distance was the fastest of the whole distance, after that the speed was stable in all the categories, except in the case of kayak women, who increased their speed at the end of the distance. Cycle frequency decreased from the start of the race, but kayak women and canoe men attained the highest values in the last stretch. Kayak men were significantly faster than kayak women and canoe men. The latter group registered the slowest speed. There were no significant differences in cycle frequency between the different groups. This article provides a new methodology to determine speed and cycle frequency in canoeing races that reduces time consumption in comparison with the methods applied in previous research.

Keywords: kinematic variables, stroke rate, kayak, canoe, canoeing.

INTRODUCTION

Sprint canoeing takes place on flatwater and on a straight course over distances of 500 metres (1,600ft), and 1000 metres (3,300ft) in Olympic Games, and distances of 200 metres (660ft) in non-Olympic competitions (national, international and continental championships). The aim of a canoe race competition is for paddlers to race each other over a clearly defined buoyed course in the shortest possible time (ICF, 2007; RFEP, 2007).

Speed in the various international competition distances has been the subject of a wide-ranging set of studies, in which the prevailing conclusion is that of a steadily decreasing speed throughout the race in 1000 m competitions (Alacid and Carrasco, 2004), where the speed during the first 250 m is significantly higher than in the remaining distance, despite the fact that paddlers must accelerate from a stationary position (Sánchez and Magaz, 1993; Toro, 1986). To some authors, uniform speed seems to be the most logical pattern, in order to avoid energy cost resulting from speed changes during races (Cabases, 1991; Hajossy, 1987), specially in 1000 m competitions (Cox, 1992). It has been proved, however, that a quick start, followed by uniform speed throughout the race contributes to an improved performance in 500 m and 1000 m race simulation cases in kayak ergometers, in comparison with a uniform distribution of efforts (Bishop et al., 2002; Wojcieszak et al., 1987).

Several analyses have been carried out in the category of paddlers aged 13-14, in which evolution of kinematic variables (speed, cycle frequency, cycle length and cycle index) over 500 (Alacid et al., 2005) and 200 m distances were measured (Alacid et al., 2008). In order to calculate speed and cycle frequency, a paddler was videotaped from the side throughout the competition, and buoys were used as baselines to determine the variables in the different stretches. This method was used by the German national team in the Barcelona'92 Olympic Games, and the success achieved in the preparation of the event and during the competition was attributable in part to the scientific support that stems from these type of analyses (Sperlich and Baker (2002). One drawback worth highlighting is the amount of time required to videotape a large group of paddlers, since it is necessary to videotape one paddler at a time, throughout the different competition distances, if accurate data are to be obtained.

Analysis of speed and cycle frequency evolution provides trainers and paddlers with very valuable information, given that it serves as a guideline for stroke rate training and strategic planning for future competitions.

Adequate information is available on the evolution of kinematic variables among young paddlers over 200

m and 500 m distances. It is essential to learn the behaviour of these variables in the various competition distances with a view to finding out whether that behaviour follows a consistent pattern regardless of the duration of the race and, for that reason, this research aimed at: (1) determining the evolution of speed and cycle frequency throughout a maximum distance of 1000 m among young paddlers; (2) comparing the values of both variables in the different stretches and categories studied; and (3) providing a new less time-consuming methodology for data collection in order to obtain such variables.

METHODOLOGY

A sample of 52 male and female paddlers aged 13-14 was selected among the attendants to the Spanish national meeting of young paddlers celebrated in 2008. The main criterion for the selection of the sample group was best performance of individuals within the different age and gender categories. Paddlers participating in this research were healthy and underwent no pharmacological treatment during the time of the research. Table 1 below shows the characteristics of the individuals that formed the sample.

Table 1. Characteristics of paddlers by categories

Category	no.	Height in cm (ft)	Body mass in kg (lbs)	Experience (in years)
Kayak man	17	167.73 (5.479) ± 6.76 (0.107)	58.24 (127.86) ± 7.18 (15.43)	3.91 ± 1.80
Kayak woman	17	162.24 (5.314) ± 4.84 (0.131)	54.86 (120.94) ± 6.78 (13.22)	3.68 ± 1.66
Canoe man	18	163.51 (5.347) ± 9.33 (0.295)	57.03 (125.72) ± 14.13 (30.86)	3.28 ± 1.52

Average ± Standard deviation

Subjects paddled along a 1000 m course delimited with buoys situated every 25 m on both sides of the paddlers, all of whom used their usual craft and paddle for training and competition.

Four digital cameras JVC Everio MG-135 (Victor Company of Japan) were used to videotape paddlers crossing through distances 250, 500, 750 and 1000 m of the course. Previously, four camera men synchronised their chronometers with the technician in charge of giving the signal to start, who was, in turn, responsible for noting down the exact time at which the starting signal was given.

Time marked in the chronometer, previously synchronised, was noted down right before paddlers

passed through the recording time selected areas to serve as baseline for the subsequent calculation of the exact time at which paddlers passed through the control distance. In all cases, efforts were made to videotape the previous and subsequent moments at which boats passed the buoys, aimed at indicating the beginning or the end of the studied stretch.

After downloading video tapings to the computer (25 frames per second), they were analysed using the program VirtualDub 1.8.3 by Avery Lee and results were jotted down in a Microsoft® Excel 2000 spreadsheet (Microsoft Corporation, U.S.A.). In order to obtain the time at which paddlers crossed each of the four buoys, a frame was selected showing the time marked in the chronometer and, subsequently, the frame showing the bow of the canoe passing through the buoys indicating the distance (Fig. 1) was selected. To calculate the exact time the crafts passed the buoys the following formula was used: time of passing through = $(T2 + T3) - T1$, where,

$T1$ = time of the starting time marked registered by the chronometer;

$T2$ = time videotaped in the chronometer before paddlers passed by and its corresponding frame; and

$T3$ = frames elapsed (divided by 25) from $T2$ to the exact moment the bow of the craft was aligned between the buoys delimitating the distance.

Speed was calculated dividing the distance (250) by the elapsed time in passing through each of the se-

lected stretches, and results are shown in $(m \cdot s^{-1})$.

Cycle frequency was calculated dividing 5 paddling cycles by the amount of time it took to complete them. Frames showing the exact moment at which the paddle touched the water for the first time (power phase) on the camera side were used as baseline to count the cycles (see Fig. 2). After choosing the corresponding frames, elapsed time was calculated dividing the number of elapsed frames by 25. Results are shown in cycles/ s^{-1} .

In all cases, the last 5 cycles before reaching the 250, 500, 750 and 1000m were taken into consideration, since in the latter case, 1000m, some of the paddlers ceased paddling before crossing the finishing line, thereby obtaining cycle frequency in the last metres of the studied stretch.

Before data collection, carried out by the same observer, intra-rater reliability was calculated through the intraclass correlation coefficient after taking a test-retest, resulting in a value of $r = 0.99$ for obtaining speed and $r = 0.97$ for the frequency cycle. Uncertainty and error in the measure when digitizing at 25 frames per second were established in 0.04 seconds. Relative error percentage was calculated dividing 0.04 by the stretch with the shortest time registered and multiplying the result by 100 and the results were maximum values of 0.85% for the cycle frequency and 0.07% for speed.

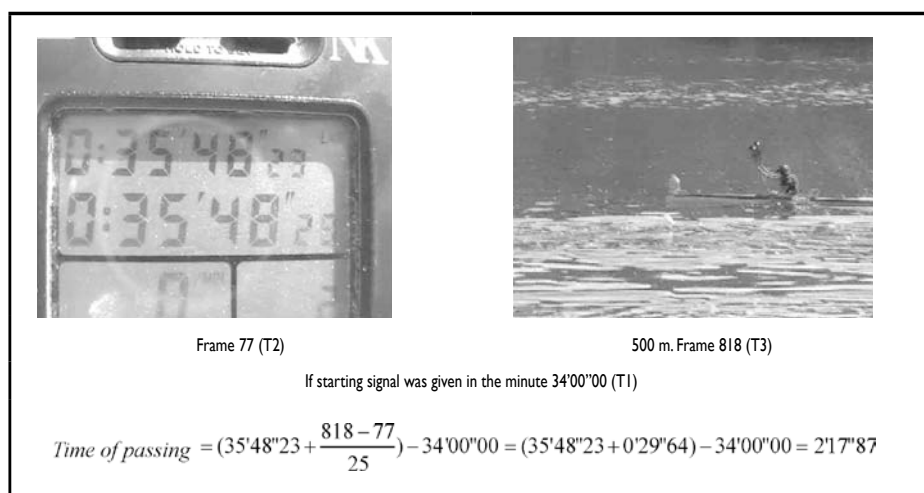


Figure 1. Calculating time of passing through the 500 m distance mark.

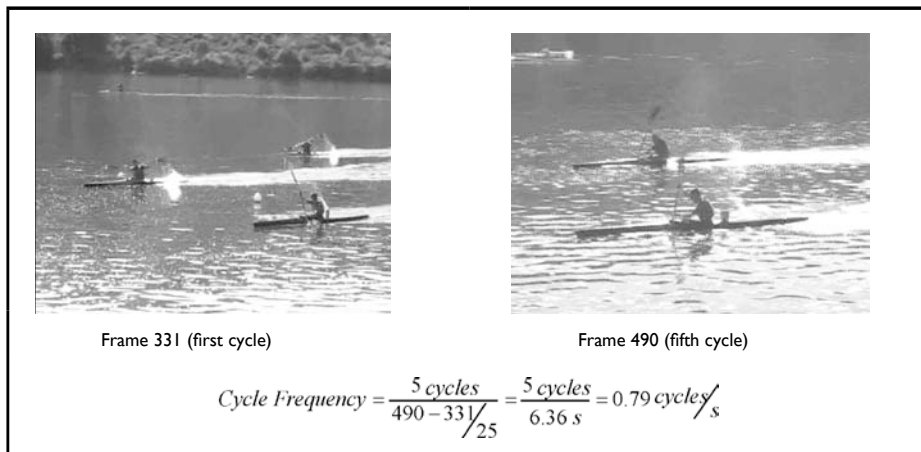


Figure 2. Calculating Cycle Frequency

STATISTICAL ANALYSIS

Data distribution was initially assessed by using the Shapiro-Wilk normality test. Since data followed a normal distribution, a statistical analysis was conducted using parametric tests. A two-factor ANOVA (category and stretch) with repeated measures on the second factor was conducted in order to establish the differences in speed and cycle frequency between the various stretches of the 1000m race. The significance of the multivariate test with repeated measures was confirmed by Pillai's trace, Wilk's Lambda, Hotelling's trace and Roy's largest root tests, which showed similar results. Sphericity was tested using Mauchly's test. Greenhouse-Geisser correction was used if sphericity was not assumed. When significant differences were found in speed and cycle frequency, a pair comparison procedure using Bonferroni correction for multiple comparisons was followed. A p value < 0.05 was initially established in order to determine statistical significance. Statistical analysis was conducted using SPSS software (version 15.0; SPSS Inc., IL).

FINDINGS

Kayak men were significantly faster in every stretch compared to the rest of the categories. On the other hand, canoe men were slower than kayak men and women over the whole distance (see Fig. 3). Average cycle frequency at the end of every stretch is illustrated in figure 4 but significant differences between categories were not found.

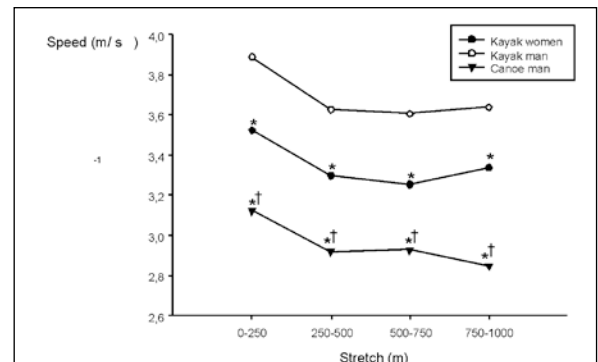


Figure 3. Speed evolution in the 1000m race

* $p < 0.01$ with respect to men kayaking; † $p < 0.01$ with respect to women kayaking.

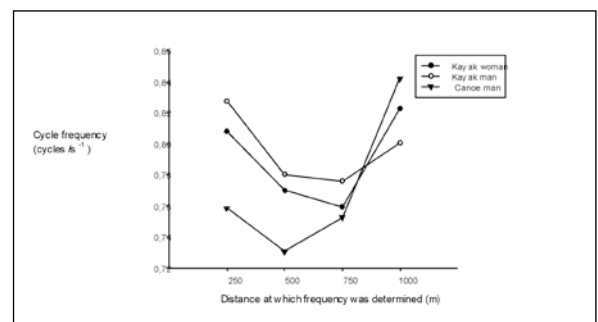


Figure 4. Cycle frequency Evolution in 1000m

Sports Performance	
Speed and cycle frequency of young paddlers in 1000m races	
Alacid, F. ¹ ; López-Miñarro, P.A. ² ; Vaquero, R. ³	
¹ Faculty of Sport Science, University of Murcia, Spain	
² Faculty of Education, University of Murcia	
³ Department of Physical Activity and Sports, University of Murcia	
Contact details	
Fernando Alacid Cárceles: fernando.alacid@um.es	
Reception date: December 2 nd , 2008	
Acceptance date: August 3 rd , 2009	
ABSTRACT	
This study aimed to analyze the evolution of the speed and cycle frequency over the maximum distance of 1000m in paddlers aged 13-14 (17 kayak men, 17 kayak women and 18 canoe men). Speed and cycle frequency were determined by the recordings of 4 cameras installed at 250, 500, 750 and 1000m. The first quarter of the distance was the fastest of the whole distance, after that the speed was stable in all the categories, except in the case of kayak women, who increased their speed at the end of the distance. Cycle frequency decreased from the start of the race, but kayak women and canoe men attained the highest values in the last stretch. Kayak men were significantly faster than kayak women and canoe men. The latter group registered the slowest speed. There were no significant differences in cycle frequency between the different groups. This article provides a new methodology to determine speed and cycle frequency in canoeing races that reduces time consumption in comparison with the methods applied in previous research.	
Keywords: kinematic variables, stroke rate, kayak, canoe, canoeing.	
INTRODUCTION	
Sprint canoeing takes place on flatwater and on a straight course over distances of 500 metres (1,600 ft), and 1000 metres (3,300 ft) in Olympic Games, and distances of 200 metres (660 ft) in non-Olympic competitions (national, international and continental championships). The aim of a canoe race competition is for paddlers to race each other over a clearly defined buoyed course in the shortest possible time (ICF, 2007; RFEP, 2007).	
Speed in the various international competition distances has been the subject of a wide-ranging set of studies, in which the prevailing conclusion is that of a steadily decreasing	

Speed evolution was similar in all the categories. With regard to men whom were kayaking, these were significantly faster over the first stretch than the rest of the categories, and stability prevailed in the three last quarters of the race. Women that were kayaking, on the contrary, experimented a significant increase of the variable in the final stretch (750m to 1000m) compared with the previous stretch. Finally, the category of men canoeing were significantly faster over the first stretch than over the distance from 250 to 750m, although the lowest values of the race were found in the final stretch (see table 2).

As far as the evolution of the cycle frequency is concerned, significant increases in this variable over the final stretch stand out in both groups, kayak women and canoe men, compared to the values recorded at 500 and 700m in these same groups. In the female category, a significant drop in the cycle frequency in the middle stretches was recorded compared to that recorded at the start. Contrary to the rest of categories, significant differences were not found in the evolution of this variable in the case of kayak men (see table 3).

Table 2. Average values $\pm$ standard deviation of speed in every stretch.

Category	n	SPEED OVER THE STRETCH (M/S ⁻¹)			
		0-250 m	250-500 m	500-750 m	750-1000 m
Kayak Man	17	3.89 $\pm$ 0.27	3.62 $\pm$ 0.21*	3.60 $\pm$ 0.20*	3.64 $\pm$ 0.21*
Kayak Women	17	3.52 $\pm$ 0.18	3.30 $\pm$ 0.13*	3.25 $\pm$ 0.12*	3.34 $\pm$ 0.14*†
Canoe Man	18	3.12 $\pm$ 0.24	2.92 $\pm$ 0.21*	2.93 $\pm$ 0.24*	2.85 $\pm$ 0.48

* $p < 0.01$ with respect to the distance from 0 to 250 m; † $p < 0.01$ with respect to the distance from 500 to 750 m.

Table 3. Average values $\pm$ Standard deviation of the cycle frequency in every stretch.

Category	n	Distance where cycle frequency was recorded (cycles/s ⁻¹)			
		250 m	500 m	750 m	1000 m
Kayak Man	17	0.83 $\pm$ 0.10	0.78 $\pm$ 0.05	0.78 $\pm$ 0.04	0.80 $\pm$ 0.08
Kayak Women	17	0.81 $\pm$ 0.06	0.77 $\pm$ 0.04*	0.76 $\pm$ 0.04*	0.82 $\pm$ 0.04†‡
Canoe Man	18	0.76 $\pm$ 0.10	0.73 $\pm$ 0.10	0.75 $\pm$ 0.10	0.84 $\pm$ 0.13†‡

* $p < 0.01$ with respect to 250 m; † $p < 0.01$ with respect to 500 m; ‡ $p < 0.01$ with respect to 750 m.

DISCUSSION

One of the most outstanding contributions of this study was the development of a simple method that allows recording the evolution of speed and cycle frequency of a large group of paddlers in a short period of time. When collecting variables through videotape recording, a higher reliability is achieved. This data has been traditionally collected using frequency metres and hand chronometers in other sports such as swimming (Klentrou and Montpetit, 1991a,b; Navarro, 1997; Pelayo et al., 1996; 1997) or canoeing (Alacid et al., 2006; Cuesta et al., 1991; Perez-Landaluce et al., 1998a,b; van Someren et Oliver, 2002), causing inter-rater and intra-rater reliability problems. Furthermore, data acquisition could not be repeated in the same conditions by following these procedures.

Regarding the analysis of speed, a faster first stretch stands out, and later this variable diminishes, remaining stable in the last three quarters of the race in Kayak

and Canoe men, whereas in Kayak women speed significantly increases at the end of the race. This downward trend of speed coincides with data provided by other researchers on young paddlers over 200m (Alacid et al., 2008) and 500m (Alacid et al., 2005), as well as those collected in international competitions over 1000m (Alacid and Carrasco, 2004; Issurin, 1998; Sánchez and Magaz, 1993), and from other modalities such as 2000m rowing (Garland, 2005).

Cycle frequency, on the contrary, decreases through the first three stretches and it subsequently increases in the final stretch. This distribution does not coincide with the one shown by young paddlers over 200m and 500m distances (Alacid et al., 2005; 2008), since in these studies the variable gradually decreases in the course of the race, this drop being specially noteworthy in the last two stretches compared to the two first stretches. These differences may be explained by the fact that in order to determine the cycle frequency only the last five paddling cycles of each stretch were considered. The rest of the cycles of each stretch were disregarded, in contrast with the above-mentioned research, and thus, instead of determining the average cycle frequency along the whole final stretch, the rise of this variable was determined just before crossing the finishing line. This method for determining the cycle frequency also affects the evolution of this variable during the beginning of the race, since, in the research mentioned above, maximum cycle frequencies were determined in the first 50m of every stretch, whereas in the present study values were determined at the end of the first stretch (250m), when the variable tends to remain stable, as shown in the research on 500m (Alacid et al., 2005).

If we compare maximum speed values (4.18 ± 0.26 m/s⁻¹) and minimum values (3.54 ± 0.21 m/s⁻¹) in the study of kayaking over 500m (Alacid et al., 2005) with those of kayak men and women in the present study, it is noticeable that maximum values were higher than those of 1000m races. Regarding minimum speed values in 500m races (a stretch of 0 to 50m), although there are not equivalent data for 1000m races, these were, nevertheless, lower than the minimum speed of kayak man over 1000m and higher than the maximum speed rate of kayak women in the same distance. Therefore, it can be stated that if speed in men and women is compared separately, higher speed values were registered in 500m races. Maximum and minimum values in cycle frequency over 500m were 0.93 ± 0.09 and 0.80 ± 0.06 cycles/s⁻¹, respectively (Alacid et al., 2005). If we compare these values with those of the present study, it is noticeable that the maximum cycle frequency over 500m was higher than that over 1000m, and that the minimum cycle frequency recorded over 500m was

higher than that of kayak man and women in middle stretches. On the other hand, Alacid et al. (2005), when analysing differences between sexes, found that kayak man were significantly faster on average than women, while no significant differences were found in the cycle frequency. These findings coincide with those attained in 1000m races.

Alacid et al. (2008) collected data over 200m of the three categories analysed in this study, minimum values in speed and cycle frequency in this distance were found to be higher than the maximum values recorded over 1000m in this study for all the categories analysed. Concerning speed, differences were similar among categories over 200m and 1000m: kayak men were the fastest, followed by kayak women and later by canoe men, the slowest category. However, regarding the cycle frequency, which showed no major differences in this study, kayak man obtained the highest values over 200m (Alacid et al., 2008), and these were significantly higher than those of kayak women in all the stretches and than those of canoe men on average.

One of the shortcomings of this research is the fact that the cycle frequency was determined at the last five cycles of every stretch, and this may not be representative of the average value during the whole stretch, attaining just an approximation to a possible real value. For this reason, cycle length has not been estimated in every stretch, since the estimation would result from dividing the average speed during a given stretch by the cycle frequency determined in the last paddles of such stretch. It is not difficult to overcome this problem if the complete course is videotaped from the side of each boat over the whole distance (Sperlich and Baker, 2002), as it has been previously studied over 200m and 500m (Alacid et al., 2005; 2008). On the other hand, this loss of information is compensated by the small amount of time invested in recording since the process of recording in the present study was one hour and a half, while the side recording method over 500 took several days.

As a conclusion, the evolution of speed in young paddlers over a maximum 1000m test is characterized by higher values at the beginning and certain stability, with lower values, in the last three quarters of the race, kayak men being the fastest, followed by kayak women and, lastly, by canoe men. The cycle frequency showed different dynamics in each category. In the case of kayak men, differences were not found among each stretch while kayak women presented considerably lower values in the middle of the race compared to those in the first and last stretches. Canoe men showed significant increases at the final stretch. Significant differences among categories were not found. The present study provides a new methodology to deter-

mine speed and cycle frequency: variables are obtained by video recording in several fixed points of the race area, thus, reducing time consumption when dealing

with large groups of paddlers. For such reason, this methodology may be suitable for national and international competitions.

REFERENCES

- Alacid, F., Carrasco, L. (2004). Distribución del esfuerzo en piragüismo sobre 1000 metros. En: G. Brizuela, S. Llana, J.F. Guzmán (eds) *III Congreso de la Asociación Española de Ciencias del Deporte. Valencia*. En CD.Valencia.
- Alacid, F., Ferrer, V., Martínez, E., Carrasco, L. (2005). Análisis cuantitativo de la técnica de paleo en kayakistas infantiles. *Motricidad. European Journal of Human Movement*, 13, 133-146.
- Alacid, F., López-Miñarro, P.A., Ferragut, C., García, A., Ferrer, V., Martínez, I. (2008). Evolución y comparación de la velocidad, frecuencia, longitud e índice de ciclo sobre 200 m, en palistas infantiles de diferentes modalidades. *Motricidad. European Journal of Human Movement*, 20, 15-27.
- Alacid, F., Torres, G., Sánchez, J., Carrasco, L. (2006). Validez de la ergometría en piragüismo. Estudio Preliminar. *Motricidad. European Journal of Human Movement*, 15(esp), 119-127.
- Bishop, D., Bonetti, D., Dawson, B. (2002). The influence of pacing strategy on VO_2 and supramaximal kayak performance. *Med Sci Sports Exerc*, 34, 1041-1047
- Cabases, J.M. (1991). Entrenamiento del ritmo. En: Escuela Nacional de Entrenadores de Piragüismo (ed), *Comunicaciones Técnicas VII* (pp. 126-157). Madrid: Federación Española de Piragüismo.
- Cox, R.W. (1992). *The science of canoeing*. Cheshire: Cobscook Press.
- Cuesta, G., Polo, J.M., Padilla, S. (1991). Correlación entre la marca deportiva obtenida en test de campo y parámetros fisiológicos obtenidos en laboratorio, en piragüistas adolescentes. *Apunts*, 18, 130-142.
- Garland, S.W. (2005). An analysis of the pacing strategy adopted by elite competitors in 2000 m rowing. *Br J Sports Med*, 39, 39-42.
- Hajossy, J. (1987). Modelisation de la tactique en competition de canoe - kayak. / A model for strategy during canoe-kayak competition. *Traductions INSEP*, 612, 1-11.
- ICF (2007). *Flatwater racing competition rules*. Recuperado en junio 14, 2007 disponible en <http://www.canoeicf.com>.
- Issurin, V. (1998). Analysis of the race strategy of world-class kayakers. En: V. Issurin (ed.), *Science & practice of canoe/kayak high-performance training: selected articles in memory of junior world champion Nevo Eitan* (pp. 27-39). Tel-Aviv: Elite Sport Department of Israel.
- Klentrou, P.P. y Montpetit, R.R. (1991a). Physiologic and physical correlates of swimming performance. *J Swimming Res*, 7, 13-18.
- Klentrou, P.P. y Montpetit, R.R. (1991b). Effect of stroke rate and body mass on VO_2 in crawl swimming. *J Swimming Res*, 7, 26-30.
- Navarro, F. (1997). Relación de la concentración de lactato en sangre con los parámetros cinemáticos en nadadores de alto rendimiento. En: CSD (ed.), *Rendimiento deportivo: parámetros electromiográficos (EMG), cinemáticos y fisiológicos* (pp. 9-54). Madrid: Consejo Superior de Deportes.
- Pelayo, P., Sidney, M., Kherif, T., Chollet, D., Tourny, C. (1996). Strokking characteristics in freestyle swimming and relationships with anthropometric characteristics. *J Appl Biomech*, 12, 197-206.
- Pelayo, P., Wille, F., Sidney, M., Berthoin, S.S., Lavoie, J.M. (1997). Swimming performances and stroking parameters in non skilled grammar school pupils: relation with age, gender and some anthropometric characteristics. *J Sports Med Phys Fitness*, 37, 187-193.

- Pérez-Landaluce, J., Rodríguez-Alonso, M., Fernández-García, B., Bustillo-Fernández, E., Terrados, N. (1998). Importance of wash riding in kayaking training and competition. *Med Sci Sports Exerc*, 30, 1721-1724.
- Pérez-Landaluce, J., Rodríguez, M., Fernández, B., Terrados, N., García-Herrero, F., Cobos, J. (1998). Relación del VO₂ max específico y umbral láctico (4 mMol/l) con el rendimiento de mujeres kayakistas de alto nivel durante un año de entrenamiento. *Archivos de Medicina del Deporte*, 67, 385-390.
- RFEP (2007). *Reglamento General y Técnico de Competiciones*. Recuperado en junio 14, 2007 disponible en <http://www.rfep.es>.
- Sánchez, J.L., Magaz, S. (1993). La Técnica. En: J.L. Sánchez (ed.), *Piragüismo (I)* (pp. 101-386). Madrid: COE.
- Sperlich, J., Baker, J.D. (2002). Biomechanical testing in elite canoeing. En: K.E. Gianikellis (ed.) *XXth International Symposium on Biomechanics in Sports*. Book of Abstracts. Cáceres, pp. 44-47.
- Toro, A. (1986). *Canoeing: an olympic sport*. San Francisco: Olympian Graphics.
- Van Someren, K.A., Oliver, J.E. (2002). The efficacy of ergometry determined heart rates for flatwater kayak training. *Int J Sports Med*, 23, 28-32.
- Wojcieszak, I., Burke, E., Danielewicz, E., Trzaskoma, Z., Wojczuk, J. (1987). Steady-rate and all-out work on a kayak ergometer. *Biol Sport*, 4, 91-99.