



**Silva, A.; Figueiredo, P.; Abraldes, J.A.; Marques, E.A.; Soares, S.; Fernandes, R.J. (2013).** Arm synchronization in infant group front crawl swimmers. *Journal of Sport and Health Research*. 5(3):295-304.

**Original**

## SINCRONIZACIÓN ENTRE MIEMBROS SUPERIORES EN NADADORES INFANTILES EN LA TÉCNICA DE CROL

## ARM SINCRONIZATION IN INFANT GROUP FRONT CRAWL SWIMMERS

Silva, A.<sup>1</sup>; Figueiredo, P.<sup>1,2</sup>; Abraldes, J.A.<sup>3</sup>; Marques, E.A.<sup>2,4</sup>; Soares, S.<sup>1</sup>; Fernandes, R.J.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> CIFI2D, Faculdade de Desporto, Universidade do Porto, Portugal.

<sup>2</sup> Higher Education Institute of Maia (ISMAI), Maia, Portugal.

<sup>3</sup> Facultad de Ciencias del Deporte. Universidad de Murcia.

<sup>4</sup> CIAFEL, Faculdade de Desporto, Universidade do Porto, Portugal

Correspondence to:

**Silva**

Faculdade de Desporto, Universidade do Porto. Portugal.

*Edited by: D.A.A. Scientific Section  
Martos (Spain)*



Received: 17-12-2012  
Accepted: 19-07-2013



## RESUMEN

El índice de coordinación (*IdC*) es utilizado para determinar la sincronización entre los miembros superiores en la técnica de crol a través del tiempo existente entre las respectivas fases propulsivas. El objetivo de este estudio fue determinar el *IdC* en nadadores infantiles. La muestra fue de 60 nadadores infantiles, que realizaron una prueba de 25m en apnea de crol a velocidad elevada. Se registraron imágenes subacuáticas con dos cámaras (plano sagital y frontal) y se digitalizaron los correspondientes a dos ciclos de nado (APASystem®). Se realizó un análisis estadístico de las medias y las desviaciones estándar de las variables, así como un t-test para medidas independientes y el coeficiente de correlación. El nivel de significación se estableció en el 95% ( $p < 0.05$ ). Se comprobó como la técnica de crol en nadadores infantiles presenta una coordinación catch-up. Estos nadadores presentan mayor tiempo en la fase de entrada y agarre, así como una menor duración en la tracción, en relación con lo que manifiesta la bibliografía específica. El análisis del sexo nos indica mayores valores en niños en relación a la velocidad y la frecuencia gestual de nado.

**Palabras clave:** Cinemática, natación, crol, nadadores infantiles, rendimiento.

## ABSTRACT

The Index of Coordination (*IdC*) is used to determine the inter arm coordination and their propulsive arm phases. The aim of this study was to characterize the *IdC* in front crawl technique of young swimmers. 60 infant group swimmers performed was analyzed. The protocol was 25m in apnea in front crawl at high velocity. Two underwater cameras (sagittal and front plan) were used to digitize two stroke cycles (APASystem®). Statistical analysis was based on the measurement of means and standard deviations, as well as a t-test for independent measures and the correlation coefficient. The significance difference was established in 95% ( $p < 0.05$ ). This study showed that, in crawl, only catch-up coordination was observed in young swimmers. These swimmers spend more time in entry and catch phase rather than pull phase, which is in opposition to what is described in the literature for adult swimmers. Boys showed higher values regarding speed and stroke frequency.

**Keywords:** Kinematics, swimming, front crawl, age group, performance.



## INTRODUCCIÓN

De los factores influenciadores del rendimiento deportivo en natación, la técnica parece ser, unánimemente, considerada una de las más importantes, siendo ésta, una de las preocupaciones centrales en el proceso de formación deportiva (Saavedra y Escalante, 2010). La técnica de crol, por ser ventral, por implicar menor arrastre hidrodinámico y, por el hecho de que la acción alternativa de los miembros superiores (MS) permiten una propulsión más continua, es además, la más rápida de las cuatro técnicas de nado, siendo la más usada frecuentemente en los entrenamientos y en la competición. En esta técnica de nado, sabiendo que los MS son responsables significativos de la propulsión, su sincronización tiene una importancia decisiva para la aplicación eficaz de fuerzas propulsivas (Maglischo, 2003; Deschodt, Arsac, Rouard, 1999).

Para caracterizar mejor la técnica de nado es frecuente utilizar parámetros biomecánicos generales. Así, la frecuencia gestual (FG) representa el número total de ciclos de brazadas realizadas por minuto, la distancia de ciclo (DC) expresa la distancia total recorrida en un ciclo de brazada, siendo importante la relación entre FG y DC, pues su interacción determina la velocidad de nado. La evaluación de los parámetros biomecánicos generales se viene estudiando desde los años setenta. Sin embargo, las críticas a sus limitaciones, propiciaron un desarrollo de instrumentos biomecánicos y métodos analíticos, más allá de la cuantificación, que habitualmente se realiza de otros parámetros cinemáticos, relacionados con el rendimiento en natación (Alberty, Sidney, Huot-Marchand, Hespel & Pelayo, 2005).

Además, Chollet, Charlies y Chatard (2000) propusieron un nuevo instrumento para determinar la sincronización entre los MS en la técnica de crol – el índice de coordinación – determinándose su resultado en función del intervalo temporal existente entre las fases propulsivas de la acción de los MS. Según estos autores, el índice de coordinación (*IdC*) en la técnica de crol se puede expresar de tres formas diferentes (Figura 1): catch-up (cuando existe un desfase temporal entre el final de la fase propulsiva de un miembro superior y el inicio de la propulsión del otro miembro); oposición (sin intervalo entre las fases propulsivas de los MS) y superposición (existiendo una superposición en las fases propulsivas de los

MS). Este tema viene siendo motivo de especial interés por la comunidad científica específica en natación, encontrándose frecuentes estudios en los últimos años, sirva como ejemplo los siete trabajos publicados en el último *International Symposium for Biomechanics and Medicine in Swimming* (2010), referentes a esta temática. Sin embargo, la determinación del *IdC* se ha estudiado con nadadores adultos, ya sean de recreo o de élite (Chollet et al., 2000; Seifert, Boulesteix, Carter, & Chollet, 2004; Schnitzler, Seifert, Ernwein, & Chollet, 2008; Seifert, Toussant, Alberty, Schnitzler & Chollet, 2010), pero no así en edades más tempranas.

Dado que los niños comienzan con el entrenamiento de natación a edades tempranas, la caracterización tanto de la coordinación como de la técnica de nado se convierten en dos factores fundamentales para una adecuada evolución en su carrera deportiva. Además, hay que tener en cuenta las características específicas que presentan los niños con respecto a los adultos, como baja estatura, menor peso, resistencia y fuerza, que influyen en sus habilidades de natación (Vorontsov et al. 2002). También se ha demostrado que tienden a flotar mejor que los adultos, presentando menor *torque* pasivo principalmente debido a la menor distancia entre su centro de gravedad y el centro de empuje (Zamparo et al., 1996). Kjendlie et al. (2004) refiere que los adultos tienen un FG inferior tanto en el tamaño absoluto como relativo de las velocidades submáximas en comparación con los niños, y las causas no se atribuyen a las diferencias en el tamaño corporal, pero probablemente el tamaño de propulsión y técnica de natación hacen que los adultos sean nadadores más eficaces. Además, se propuso que los nadadores infantiles en formación deben tener como objetivo el aprendizaje de habilidades motoras y el desarrollo abdominal, la fuerza y la flexibilidad del cuerpo (Vorontsov, 2010). Por ello, el objetivo del presente estudio fue caracterizar los parámetros biomecánicos generales (velocidad, FG y DC) y la sincronización de los MS en la técnica de crol realizada a velocidad alta, en nadadores infantiles, a través de la determinación del índice de coordinación (*IdC*). Complementariamente, se intentó verificar la eventual existencia de diferencias entre sexos.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se analizaron sesenta nadadores voluntarios pertenecientes a la categoría infantil. Los nadadores fueron elegidos de forma estratificada, pertenecientes a tres de los mejores clubes de natación portugueses. Sin embargo, dentro de cada grupo/club seleccionado la muestra fue aleatoria. Los valores medios de las principales características físicas, así como la frecuencia de entrenamiento semanal en función del sexo y para la totalidad de la muestra pueden observarse en la Tabla 1.

Tabla 1: Valores medios ( $\bar{x} \pm sd$ ) relativos a las principales características antropométricas y frecuencia de entrenamiento semanal de la muestra del estudio.

Parámetros	Niñas (n=30)	Niños (n=30)	Total (n=60)
Edad (años)*	11.5 ± 0.5	12.4 ± 0.7	11.9 ± 0.7
Peso (kg)*	43.2 ± 6.4	51.1 ± 7.8	47.2 ± 8.1
Altura (cm)*	152.0 ± 7.2	159.4 ± 7.5	155.7 ± 8.2
Envergadura (cm)*	152.6 ± 8.6	162.4 ± 9.2	157.5 ± 10.1
Entrenamientos semanales	5.5 ± 0.5	5.5 ± 0.5	5.5 ± 0.5

\* Diferencias estadísticamente significativas entre sexo ( $p \leq 0.05$ ).

Antes de la realización de la prueba fueron informados los entrenadores, nadadores, familiares y tutores del deportista conforme al procedimiento desarrollado en la investigación. Todos los deportistas se sometieron voluntariamente al estudio y con consentimiento de sus entrenadores, familiares o tutores legales. El estudio cuenta con el aval y reconocimiento del comité de ética de la *Faculdade de Desporto* da Universidade do Porto, Portugal.

El estudio se llevó a cabo en una piscina cubierta de 25 m de longitud. La temperatura del agua para la prueba era de 27,5° C. Cada nadador realizó 25 m de nado crol a la velocidad correspondiente a una prueba de 50 m de la misma técnica. Esta velocidad fue controlada por los respectivos entrenadores de los deportistas en relación al tiempo final de la prueba. Los nadadores que no realizaron la prueba a la velocidad designada tuvieron que repetir nuevamente el test.

Para la determinación del *IdC*, y poder cuantificar el porcentaje del tiempo de cada una de las fases de la

acción de los MS, se grabaron imágenes con dos cámaras de video (Sony DCR-HC42E®), colocadas bajo el agua, una en plano sagital y la otra en el plano frontal. Ambas cámaras registraron a velocidad de 50 fotogramas por segundo. Para la transformación de las coordenadas virtuales en coordenadas reales, se utilizó una estructura bidimensional (210 cm x 300 cm). La evaluación biomecánica fue realizada con el Software APASystem® bajo Microsoft Windows XP® v.2003. Se procedió a la digitalización *frame a frame* de dos ciclos no inspiratorios consecutivos en los siguientes puntos anatómicos: extremidad distal de los dedos, muñeca, codos, hombros (para ambos lados) y la cadera (derecha). El protocolo desarrollado siguió el modelo publicado por Querido et al. (2010), para el proceso de digitalización.

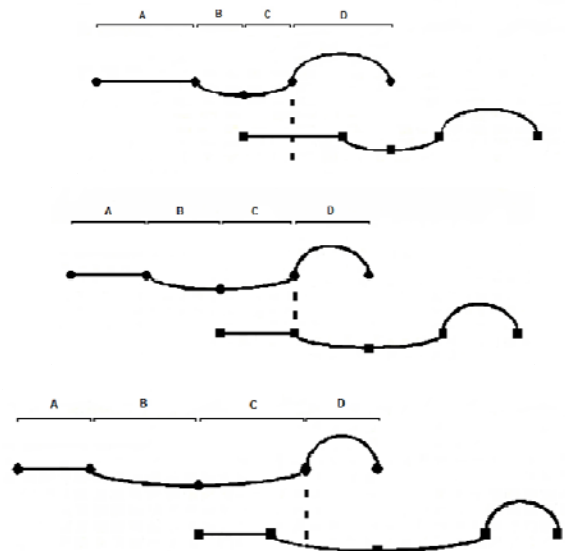


Figura 1. Representación esquemática de la coordinación del catch-up (arriba), la oposición (centro) y de superposición (abajo), junto con las cuatro fases de los MS: A - Entrada y agarre; B - Tracción, C - Empuje; D - Recuperación.

El cálculo del *IdC* se basó en la división de cuatro fases de la acción de los MS de la técnica de crol (Chollet et al., 2000): 1) entrada y agarre, correspondientes al tiempo empleado desde la entrada de la mano en el agua hasta que se comienza a efectuar el movimiento antero-posterior, 2) tracción, desde el final de la acción anterior hasta que la mano está alineada verticalmente con el hombro (siendo ésta la primera fase propulsiva); 3) empuje, desde el final de la acción anterior hasta la salida de la mano del agua (siendo ésta la segunda fase propulsiva); 4) recuperación, abarcando el tiempo



que va desde la salida de la mano hasta que ésta vuelve entrar en el agua. A través de la Figura 1 es posible comprender los tres tipos de coordinación posibles en la técnica de crol.

Las fases de brazada y, posteriormente, el *IdC* fueron expresados en porcentaje del tiempo total del ciclo de los MS. El cálculo de las fases de brazada fue obtenido a través del número de fotogramas (cada fotograma corresponde a 0.02 s) durante dos ciclos de brazada (desde la primera entrada de la mano izquierda hasta la segunda entrada de la mano derecha). El *IdC* (1a) fue obtenido a través de la determinación del intervalo de tiempo existente entre las fases propulsivas del miembro superior izquierdo (1b) y derecho. Es decir, estos intervalos corresponden al tiempo entre el inicio de la fase propulsiva de la primera brazada del miembro superior derecho y el fin de la primera brazada del miembro superior izquierdo y el intervalo entre el inicio de la fase propulsiva de la segunda brazada del miembro superior izquierdo y el final de la fase propulsiva de la brazada del miembro superior derecho (Chollet et al, 2000; Seifert, Chollet & Rouard, 2006):

1a)

$$IdC = \frac{IdC_{derecho} + IdC_{izquierdo}}{2}$$

1b)

$$IdC_{izquierdo} = \frac{[(\text{Momento final del empuje}_{izquierdo} - \text{Momento inicial de tracción}_{derecho}) \cdot 100]}{\text{Duración de un ciclo completo}}$$

1c)

$$IdC_{derecho} = \frac{[(\text{Momento final del empuje}_{derecho} - \text{Momento inicial de tracción}_{izquierdo}) \cdot 100]}{\text{Duración de un ciclo completo}}$$

1d)

$$Duración_{ciclo} = \frac{(\text{Entrada y agarre} + \text{Tracción} + \text{Empuje} + \text{Recuperación})_{izquierdo} + (\text{Entrada y agarre} + \text{Tracción} + \text{Empuje} + \text{Recuperación})_{derecho}}{2}$$

El cálculo de la velocidad fue efectuado a través de la distancia recorrida por la cadera en un ciclo de MS y en función de la duración total de éste. La DC fue determinada a través de la distancia horizontal recorrida por la cadera durante un ciclo de MS y la FG corresponde al número de ciclos de MS

efectuados por minuto (Figueiredo, Vilas-Boas, Seifert, Chollet & Fernandes, 2010).

El análisis estadístico realizado se centró en un análisis exploratorio de los datos, así como en el cálculo de medias y desviaciones típicas para todas las variables de estudio. Para verificar las diferencias en función del sexo se llevó a cabo un t-test de medidas independientes. También se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson para verificar la relación entre las variables. Para todo el tratamiento estadístico se utilizó el paquete estadístico SPSS, v.17.0, bajo el entorno Microsoft Windows XP®. Se asumió un error estadístico del 5%, para todas las variables de estudio, considerándose un nivel de significación estadística para  $p \leq 0.05$ .

## RESULTADOS

La Tabla 2 sintetiza los principales resultados obtenidos en el presente estudio. Además, se incluyen los datos del estudio de Chollet et al. (2000) para su comparación. Se puede observar que los niños presentaron valores más altos de velocidad y de FG en comparación con las niñas, encontrando valores de DC iguales. En relación a la sincronización entre los MS, se observan valores similares en el *IdC* entre sexos. Sin embargo, referente a los valores porcentuales de las cuatro fases, se destaca el menor valor de la fase de recuperación en la niñas en relación a los niños. Comparando los datos de los nadadores con los obtenidos por Chollet et al. (2000) en un estudio con adultos, comprobamos que los resultados referidos a los parámetros biomecánicos son mayores en los adultos en que los nadadores infantiles. Sin embargo, es en los valores del *IdC* donde se registran mayores diferencias. Así, los adultos adoptan una coordinación en superposición y los nadadores infantiles en catch-up. Los resultados obtenidos en las fases no propulsivas y las propulsivas pueden ser explicados por mostrarse una fase más larga de la entrada y agarre en los jóvenes, así como una mayor tracción por los adultos. Complementariamente, en la Tabla 3 se pueden observar los valores de correlación obtenidos entre las principales variables del estudio para el grupo total de la muestra. Se observaron algunos resultados significativos, principalmente relaciones directas entre la velocidad y la DC, entre la velocidad y la envergadura, y entre la DC y la



envergadura. También se observaron relaciones inversas entre la FG y la DC, así como entre la

envergadura, velocidad y DC.

Tabla 2. Valores medios ( $\bar{x} \pm sd$ ) de la velocidad, frecuencia gestual, distancia de ciclo, índice de coordinación, entrada y agarre, tracción, empuje, recuperación, suma de fases propulsivas y no propulsivas en relación al sexo, así como para la muestra total y el estudio de Chollet et al. (2000).

Parámetros	Niñas (n=30)	Niños (n=30)	Total (n = 60)	Chollet et al. (2000)
Velocidad (m/s)*	1.38 ± 0.2	1.49 ± 0.2	1.44 ± 0.2	1.81 ± 0.1
Frecuencia gestual (ciclo/ min)*	48.38 ± 6.3	52.32 ± 5.9	50.36 ± 6.4	54.00 ± 4.0
Distancia de ciclo (m/ciclo)	1.73 ± 0.3	1.73 ± 0.3	1.73 ± 0.3	2.01 ± 0.1
Índice de Coordinación (%)	-9.23 ± 3.8	-8.31 ± 5.3	-8.77 ± 4.6	2.53 ± 4.4
Entrada y agarre (%)	36.81 ± 4.7	35.18 ± 4.7	36.00 ± 4.8	22.10 ± 3.9
Tracción (%)	16.06 ± 3.2	15.30 ± 2.9	15.68 ± 3.1	26.70 ± 3.7
Empuje (%)	24.77 ± 3.0	24.27 ± 2.8	24.52 ± 2.9	26.30 ± 2.7
Recuperación (%)*	22.36 ± 3.5	25.26 ± 3.0	23.81 ± 3.6	24.90 ± 2.6
Fases Propulsivas (%)	40.83 ± 3.4	39.57 ± 3.9	40.20 ± 3.7	53.00 ± 3.5
Fases no Propulsivas (%)	59.17 ± 3.4	60.44 ± 3.8	59.81 ± 3.7	47.00 ± 3.2

\* Diferencias estadísticamente significativas entre sexos ( $p \leq 0.05$ ).

Tabla 3. Matriz de correlación entre los parámetros de velocidad, frecuencia gestual, distancia de ciclo, índice de coordinación y envergadura para la muestra total (n=60).

	Velocidad	Frecuencia gestual	Distancia de ciclo	Índice de coordinación	Envergadura
Velocidad	-				
Frecuencia gestual	0.19	-			
Distancia de ciclo	0.58**	-0.67**	-		
Índice de coordinación	0.07	0.09	-0.01	-	
Envergadura	0.34**	-0.06	0.30*	0.20	-

\* y \*\* Diferencias significativas para  $p \leq 0.05$  y  $p \leq 0.001$ , respectivamente.

## DISCUSIÓN

La principal conclusión de este estudio es que los nadadores infantiles sólo organizan su sincronización entre MS en relación a la técnica de crol en catch-up. Estos resultados, obtenidos en la velocidad correspondiente a la prueba de 50 m, están en oposición a los descritos en la literatura para nadadores de edades y niveles deportivos superiores cuando efectúan esfuerzos a la misma intensidad relativa, los cuales presentan modelos coordinativos más próximos al crol de oposición y hasta de superposición (Schnitzler et al., 2010; Seifert et al., 2010; Schnitzler et al., 2008; Seifert, Boulesteix,

Chollet, 2004; Chollet et al., 2000). Así, Seifert (2010) indica que la sincronización entre los MS no sólo sirve para propulsar el cuerpo hacia adelante sino también para obtener una buena ondulación motora y una eficaz respiración. La sincronización entre MS está, por tanto, relacionada con el control y el aprendizaje motor. De hecho, los nadadores del presente estudio presentan una mayor duración relativa en la fase de entrada y agarre, y una menor duración en la tracción con respecto a lo descrito en la literatura. Del mismo modo, los resultados describen una superioridad en el sumatorio de las fases propulsivas en el grupo de elite (Chollet, et al., 2000) o por lo menos una igualdad porcentual (Schnitzler et al., 2008), ocurriendo lo contrario



(mayor porcentaje de las fases no propulsivas) en nuestro grupo de nadadores infantiles. De hecho, los nadadores del presente estudio presentan una mayor duración relativa en la fase de entrada y agarre, y una menor duración en la tracción relativamente a lo descrito en la literatura. Este hecho sugiere que el desarrollo de la coordinación motora en adultos no puede ser el mismo aplicado a infantiles, particularmente en natación (Malina, 1996). En este sentido, el proceso de crecimiento y maduración parece interferir decisivamente en la sincronización entre MS en la técnica de crol. Del mismo modo, estos valores parecen indicar que es en la fase de la pubertad donde la cinemática y la estructura dinámica de la técnica se establecen, tanto en niñas como en niños. Así, hasta esta edad, el entrenamiento de los jóvenes nadadores debía orientarse hacia el aprendizaje de habilidades motoras, desarrollando la fuerza corporal y la flexibilidad. Capacidades como la coordinación y la fuerza parecen tener un papel predominante para obtener mejores resultados en las edades más avanzadas (Vorontsov, 2010).

Cuando comparamos la muestra en función del sexo se verifican valores superiores para los niños en las variables de velocidad y FG, lo que podría ser explicado por la diferencia en los parámetros de envergadura, donde el sexo masculino presenta valores más elevados. Sin embargo, a pesar de tenerse observado diferencias en la altura y envergadura entre sexos, los valores de distancia de ciclo fueron idénticos entre estos grupos. Este hecho parece indicar un bajo aprovechamiento de la amplitud de las acciones de los MS en los niños. Por otro lado, el hecho de que las niñas desarrollan su crecimiento antes y ganan peso, por término medio dos años antes que los niños, podría ser otro factor determinante para esta diferencia, demostrando un mayor control por parte de las niñas en esta edad (Vorontsov, 2010). Efectivamente, cuando nosotros estudiamos a nadadores de nivel deportivo nacional o internacional, se demuestra que los nadadores presentan valores de DC significativamente superiores a las nadadoras (Arellano et al., 1994; Fernandes, et al., 2006; Seifert et al., 2007). Además, se puede observar una mejor duración relativa de la fase de recuperación en las mujeres en relación a los hombres. Sin embargo, esa diferencia no parece tener un gran significado en la coordinación entre los MS pues, cuando se compararon las fases propulsivas y

no propulsivas, no fueron observadas diferencias significativas entre los subgrupos sexuales.

Es comunmente aceptado que la capacidad de producción de fuerza alcanza su pico al final de la pubertad (Beunen et al., 2008; Vorontsov et al., 2002; Vorontsov, 2010), lo que evidencia que los nadadores analizados en el presente estudio no presentaban valores similares de fuerza que los adultos. Este hecho, junto con una pobre técnica, podría llevar a los nadadores infantiles a deslizarse a través del agua durante la propulsión, acortando la fase de propulsión, en lugar de utilizar una larga distancia de ciclo y amplias superficies de propulsión. Por otro lado, Zamparo (2006) observó diferencias entre los nadadores de edades diferentes con respecto al ángulo del codo, mostrando como nadadores jóvenes y nadadores adultos de recreo tendían a mantener el brazo en una posición más recta al contrario que los nadadores de competición y que el codo era doblado en mayor medida; sin embargo, no se observaron diferencias entre los sexos.

Las relaciones directas entre la velocidad y la distancia de ciclo parecen evidenciar que los nadadores infantiles son más rápidos por mantener mayores amplitudes. También se comprueba que, los nadadores que presentan mayores registros en la envergadura parecen ser los que tendrán mejores resultados, pues su DC y, consecuentemente, la velocidad son mayores. Estudios previos han demostrado que los nadadores de elite se distinguen de los nadadores novatos a través de una serie de diferencias cinemáticas. Los nadadores de elite son capaces de lograr mayor longitud de carrera y reducir al mínimo la frecuencia de brazada, lo que resulta en un patrón de trazo más económico (Fernandes et al., 2010). La relación inversa entre la FG y la DC está de acuerdo con la literatura (Alberty et al., 2005; Schnitzler et al., 2010), evidenciando que, para llegar a una cierta velocidad existen varias combinaciones de estos parámetros, cuando la FG aumenta, la DC disminuye, y viceversa, sin poder aumentar simultáneamente (Seifert et al., 2006).

## CONCLUSIONES

Teniendo como objetivo el estudio del *IdC* en la categoría infantil, a velocidad elevada de nado, podemos afirmar que existen diferencias entre los



grupos de elite y de formación. El tipo de coordinación realizada por los nadadores infantiles es en catch-up ( $IdC < 0$ ).

También podemos comprobar que los niños son más veloces que las niñas. Sin embargo, no se observaron diferencias en la DC entre sexo como ocurre en nadadores de elite.

#### AGRADECIMIENTOS

El presente estudio forma parte del proyecto titulado “Energy cost in swimming: characterization and relationship with other relevant bioenergetical and biomechanical performance determinant” (PTDC/DES/101224/2008), financiado por la Fundación para la Ciencia y la Tecnología (Ministerio de la Ciencia, Tecnología y Enseñanza Superior. Portugal).

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alberty, M.; Sidney, M.; Huot-Marchand, F.; Hespel, J.M.; Pelayo, P. (2005). Intracyclic velocity variations and arm coordination during exhaustive exercise in front crawl stroke. *International Journal of Sports Medicine*. 26: 471-475.
2. Arellano, R.; Brown, P.; Cappaert, J.; Nelson, R.C. (1994). Analysis of 50-, 100-, and 200-m freestyle swimmers at the 1992 Olympic games. *Journal of Biomechanics*, 10: 189-199.
3. Beunen, G.; Malina, R.M. (2008). *Growth and Biologic Maturation: Relevance to Athletic Performance*. Malden: Blackwell Publishing.
4. Biomechanics and Medicine in Swimming XI (2010). Nordbergtrykk: Norwegian School of Sport Science.
5. Chollet, D.; Charlies, S.; Chatard, C. (2000). A New Index of Coordination for the Crawl Description and Usefulness. *Sports Medicine*. 21: 54-59.
6. Deschodt, V.J.; Arsac, L.M.; Rouard, A.H. (1999). Relative Contribution of arms and legs in humans to propulsion in 25-m sprint front-crawl swimming. *European Journal of Applied Physiology*. 80: 192-199.
7. Fernandes, R.J.; Marinho, D.A.; Barbosa, T.M.; Vilas-Boas, J.P. (2006). Is time limit at the minimum swimming velocity of  $VO_{2max}$  influenced by stroking parameters? *Perceptual Motor Skills*. 103: 67-75.
8. Fernandes, R.J.; Sousa, M.; Pinheiro, M.; Vilar, S.; Colaço, P.; Vilas-Boas J.P. (2010). Assessment of individual anaerobic threshold and stroking parameters in swimmers aged 10-11 years. *European Journal of Sport Science*. 10: 311-317.
9. Figueiredo, P.; Vilas-Boas, J.P.; Seifert, L.; Chollet, D.; Fernandes, R.J. (2010). Inter-Limb Coordinative Structure in a 200 m Front Crawl Event. *The Open Sports Science Journal*. 25-27.
10. Maglischo, E.W. (2003). *Swimming Fastest*. Champaign, Illinois: Human Kinetics.
11. Malina, R.M. (1996). *The young athlete: biological growth and maturation in a biocultural context*. In: F. L. Smoll, R. E. Smith (eds.), Children and youth in sport. A biopsychosocial perspective. WCB/McGraw-Hill, USA.
12. Querido, A.; Marques-Aleixo, I.; Figueiredo, P.; Seifert, L.; Chollet, D.; Vilas-Boas, J.P.; Daly, D.J.; Corredeira, R.; Fernandes, R.J. (2010). Front Crawl and Backstroke Arm Coordination in Swimmers with Down Syndrome. *Biomechanics and Medicine in Swimming XI*, 2: 157-159.
13. Saavedra J.M.; Esclante, Y. (2010). A Multivariate Analysis of Performance in Young Swimmers. *Paediatric Exercise Science*. 22: 135-151.
14. Schnitzler, C.; Seifert, L.; Alberty, M.; Chollet, D. (2010). Hip Velocity and Arm Coordination in Front Crawl Swimming. *International Journal of Sports Medicine*. 31(12): 875-881.





15. Schnitzler, C.; Seifert, L.; Ernwein, V.; Chollet, D. (2008). Arm coordination adaptations assessment in swimming. *International Journal of Sports Medicine*. 29: 480-486.
16. Seifert, L. (2010). Inter-limb coordination in swimming. *Biomechanics and Medicine in Swimming XI*. 1: 35-38.
17. Seifert, L.; Boulesteix, L.; Carter, M.; Chollet, D. (2004). The spatial-temporal and coordinative structures in Elite Male 100-m Front Crawl Swimmers. *International Journal of Sports Medicine*. 26: 286-293.
18. Seifert, L.; Chollet, D.; Chatard, J.C. (2007). Kinematic Changes during a 100-m Front Crawl: Effects of Performance Level and Gender. *American College of Sports Medicine*. 1784-1792.
19. Seifert, L.; Chollet, D.; Rouard, A. (2006). Swimming constraints and arm coordination. *Human Movement Science*. 26: 68-86.
20. Seifert, L., Toussant, H. M., Albery, M., Schnitzler, C. y Chollet, D. (2010). Arm coordination, power, and swim efficiency in ational and regional front crawl swimmers. *Human Movement Science*. 29: 426-439.
21. Vorontsov, A. (2010). Strength and power training in swimming. *Nova Science Publishers*. 16: 1-31.
22. Kjendlie P.; Stallman, R. (2004). Adults have lower stroke rate during submaximal front crawl swimming than children. *European Journal of Applied Physiology*. 91: 649-655.
23. Vorontsov, A.R.; Binevsky, D.A.; Filonov, A.Y.; Korobova, E.A. (2002). The Impact of Individual's Maturity up on Strength in Young Swimmers. *Russian State Academy of Physical Education*. 11:321-326.
24. Zamparo P.; Antonutto, G.; Capelli, C.; Francescato M.P.; Girardis, M.; Sangoi, R.; Soule, R.G.; Pendergast, R. (1996). Effects of body size, body density, gender and growth on underwater torque. *Scand. Journal Medicine Science in Sports*. 6: 273-280.
25. Zamparo, P. (2006). Effect of age and gender on the propelling efficiency of the arm stroke. *European Journal of Applied Physiology*. 97: 52-58.

