

Análisis multidimensional de la estructura de las rutinas competitivas en natación sincronizada¹

Xavier Iglesias*, Lara Rodríguez-Zamora*, Pilar Clapés*,
Anna Barrero*, Diego Chaverri* y Ferran A. Rodríguez*

MULTIDIMENSIONAL ANALYSIS OF THE STRUCTURE OF COMPETITIVE ROUTINES IN SYNCHRONIZED SWIMMING

KEY WORDS: Synchronized swimming, Observational methodology, Apnea, Body position, Immersion.

ABSTRACT: The aim of this study was to characterize the structure of solo and duet-based synchronized swimming routines. This was done using a specific nomothetic multidimensional observational design. The ad hoc observational instrument was validated by 12 specialists. The data was recorded using LINCE software, and observational reliability was determined by calculating the degree of intra-observer and inter-observer agreement. The participants were 18 female swimmers (including six Olympic medallists), and 39 routines were analysed: technical solos ($n = 9$), free solos ($n = 11$), technical duets ($n = 10$) and free duets ($n = 9$). The swimmers spent 61.6 ± 6.4 % of the competition time with their faces immersed in the water, with maximum apnea of 21.1 ± 4.0 s. The inverted-vertical position was the most widely taken in routines (43.2 ± 5.3 %), with the phase of deep immersion in that position being the most commonly reproduced (35.3 ± 5.0 %). In conclusion: 1) the observational instrument is a valid tool for analysing the structure of routines in synchronized swimming; and 2) there are significant differences in the structure of routines as regards their total duration, episodes of apnea, and the degree of immersion in different body positions.

La natación sincronizada es deporte olímpico desde el año 1984. Las competiciones de alto nivel se desarrollan a través de rutinas o ejercicios que combinan un excelente control postural en el agua con acrobacias y una base de elementos artísticos y coreográficos que se ejecutan con elevada prestación de capacidades condicionales, en gran parte, en situación de apnea bajo el agua (Gabrillo, Peric y Stipic, 2011). Las rutinas pueden ser ejecutadas por una única nadadora (solo), dos (dúo), ocho (equipo) o diez (combo). La estructura básica de una rutina implica un conjunto de figuras, posiciones del cuerpo y transiciones ejecutadas en apneas prolongadas, entrelazadas con desplazamientos y elementos coreográficos en el agua, pudiendo estar determinadas por un orden reglamentario (elementos obligatorios en las rutinas técnicas) o ser escogidas y combinadas por cada participante (rutinas libres). En función del tipo de rutina, su duración oscila de dos a cinco minutos (FINA, 2009-2013).

Desde su incorporación al programa olímpico, distintas investigaciones han estudiado el análisis de respuestas fisiológicas en entrenamiento (Gemma y Wells, 1987; Homma y Takahshi, 1999; Pazikas, Curi y Aoki, 2005; Smith, 1988) y

competición (Smith, 1988; Yamamura, Matsui y Kitagawa, 2000), describiéndose que el solo y el dúo son más exigentes que rutinas por equipos, y que los programas libres lo son más que los técnicos (Rodríguez-Zamora, Iglesias, Barrero, Chaverri, Erola y Rodríguez, 2012). La importancia de las fases de hipoxia en la configuración de elementos técnicos de este deporte son conocidas (Davies, Donaldson y Joels, 1995) y han sido descripciones en la literatura (Gemma y Wells, 1987; Homma, 1994; Homma y Takahshi, 1999; Jamnik, Gledhill, Hunter y Murray, 1987).

Los estudios observacionales en rutinas de natación sincronizada describen secuencias de las figuras (Homma, 1994, 1997) y muestran fases de apnea en las rutinas superiores al 50 % del tiempo competitivo (Alentejano, Marshall y Bell, 2008), pero sin especificar detalles sobre la metodología utilizada. La estructura de los movimientos en otras disciplinas artísticas, como la danza, ha sido objeto de estudio (Castaner, Torrents, Anguera, Dinusova y Jonsson, 2009; Torrents, Castaner, Jofre, Morey y Reverter, 2013; Wyon, Twitchett, Angioi, Clarke, Metsios y Koutedakis, 2011), utilizando programas diseñados a tal efecto (Castellano, Perea, Alday y Hernández-Mendo, 2008; Fernández, Camerino, Anguera y Jonsson, 2009; Jonsson et al. 2006).

Correspondencia: Xavier Iglesias. INEFC-Barcelona Sport Sciences Research Group. Institut Nacional d'Educació Física de Catalunya. Avda. de l'Estadi, 12-22 (Anella Olímpica de Montjuïc). 08038 Barcelona, Spain. E-mail: xiglesias@gmail.com

¹ Este trabajo ha sido posible gracias al apoyo del grupo de deportistas, equipos técnicos y arbitrales de la Real Federación Española de Natación y de la Federació Catalana de Natació. Destacar el agradecimiento a Roger Cabezas por su apoyo con la grabación de las imágenes de video. Forma parte del proyecto "Synchro Project: Caracterización bioenergética y estructural de la natación sincronizada" subvencionado por el Institut Català de les Dones de la Generalitat de Catalunya (U-34/10) y el Consejo Superior de Deportes (001/UPB10/11); se ha contado con recursos parciales del Institut Nacional d'Educació Física de Catalunya (INEFC Barcelona) y AGAUR (IUE/2365/2009); y forma parte de la investigación "Observación de la interacción en deporte y actividad física: avances técnicos y metodológicos en registros automatizados cualitativos-cuantitativos", subvencionado por la Secretaría de Estado de Investigación, Desarrollo e Innovación del Ministerio de Economía y Competitividad (DEP2012-32124).

* Universitat de Barcelona.

— Artículo invitado con revisión.

En este estudio se presenta un instrumento de observación específico con el que registrar las distintas fases de las rutinas y la tipología de los elementos realizados por las nadadoras, con el objetivo de caracterizar la estructura de las rutinas de la natación sincronizada y detectar diferencias en las posiciones corporales en el solo y dúo en sus ejecuciones técnica y libre.

Método

Diseño

El diseño observacional es P/N/M (Anguera, Blanco-Villaseñor y Losada, 2001; Anguera, Blanco-Villaseñor, Hernández-Mendo y Losada, 2011): puntual (registro en una competición), nomotético (distintas nadadoras y tipo de rutinas) y multidimensional (diversos criterios en cada registro).

Participantes

Dieciocho nadadoras de natación sincronizada, integrantes de la selección española absoluta y júnior, entre las que destacan seis medallistas olímpicas y otras seis en campeonatos del mundo senior ($n = 3$) y junior ($n = 3$), participaron voluntariamente en el estudio y firmaron un consentimiento informado, con el permiso de los padres cuando fue necesario. Todas las nadadoras compitieron a nivel nacional e internacional los dos años anteriores. Las deportistas ($N = 18$) fueron observadas en la realización de treinta y nueve rutinas competitivas ($N = 39$): Solo Técnico (ST, $n = 9$), Solo Libre (SL, $n = 11$), Dúo Técnico (DT, $n = 10$) y Dúo Libre (DL, $n = 9$). El estudio se realizó de acuerdo a los requisitos establecidos en la Declaración de Helsinki (Harris y Atkinson, 2011) y fue sometido y aprobado por el comité ético de investigación clínica del deporte de Cataluña. Las características de la muestra se describen en la Tabla 1.

Todas las nadadoras ($N = 18$)		
Altura (cm)	166.2	± 7.6
Peso (kg)	53.4	± 6.4
Edad (años)	18.4	± 4.1
Volumen de entrenamiento ($h \cdot sem^{-1}$)	36.9	± 7.6
Experiencia deportiva (años)	9.8	± 3.1

Tabla 1: Características de la muestra. Los valores son media ± desviación estándar.

Instrumento observacional

Se construyó un instrumento *ad hoc* (Tabla 2), que combina formato de campo y sistemas de categorías, en donde se indican los criterios (fase de la rutina, fase de inmersión, posición corporal y nivel de inmersión) del formato de campo y las respectivas categorías. La unidad de observación correspondía a cada uno de los cambios en cualquiera de los cuatro criterios de estudio.

Instrumento de registro

Se utilizó el *software* libre LINCE v. 1.1 (Gabín, Camerino, Anguera y Castañer, 2012), que, como programas similares (Castellano et al., 2008; Hernández-Mendo, López, Castellano, Morales y Pastrana, 2012), permite la codificación, registro y visionado de las imágenes de estudio.

Control de calidad del dato

La calidad del dato (Blanco-Villaseñor y Anguera, 2000) fue garantizada mediante la validez y fiabilidad. La validez de constructo se determinó mediante la consistencia y robustez conceptual, extraída del marco teórico y del análisis del instrumento observacional por 12 especialistas de natación sincronizada, con un acuerdo del 95 % en el conjunto del instrumento y con un rango del 83.3 % al 100 % para cada una de las categorías individualmente. El menor acuerdo se obtuvo en las categorías de posición horizontal puesto que alguna de las especialistas sugirió una mayor precisión diferenciando sus ejecuciones laterales, prono o supina.

Se implementó un período de formación en la aplicación del instrumento de registro con tres observadoras, técnicas especialistas en natación sincronizada, que establecieron los criterios necesarios para conseguir la concordancia consensuada (Anguera, 1990) en distintos visionados. La fiabilidad en la observación se determinó mediante el registro sistemático de 5 rutinas (6375 categorías observadas), con un grado de concordancia intraobservador de .92 e interobservador de .87 (*Kappa* de Cohen).

Procedimiento

El estudio se realizó en el Campeonato de España absoluto de invierno 2011 de natación sincronizada. Todas las rutinas se filmaron, por un profesional especialista en filmaciones de este deporte, con la aprobación de la dirección técnica y los comités de competición y organización de la Real Federación Española de Natación. La cámara de vídeo (Panasonic AG-DVX100BE 3-CCD Mini-DV, 50Hz PAL) fija se colocó en la playa de la piscina, a 1 m de distancia de la orilla, frente a la tribuna de los jueces, y perpendicular al punto medio de la zona de 30 metros disponible para la competición. La mayoría de las nadadoras participaron en más de una rutina, con un período de descanso mínimo de 2 h entre ellas. Los jueces las valoraban al finalizar las rutinas (FINA, 2009-2013).

Los registros se recodificaron (mediante Excel) y se transformaron las 12922 unidades de observación en 39 únicos

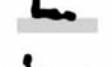
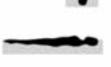
Criterio	Categoría	Descripción
FASE DE RUTINA	PLAYA	 La nadadora está en contacto con el suelo.
	AÉREA	 Momentos de salto o suspensión fuera del agua. Ninguna parte del cuerpo está en contacto con el suelo o el agua.
	ACUÁTICA	 Desde el momento en que la boca de la nadadora sale del agua, hasta que la vuelve a introducir completamente dentro del agua.
	SUBACUÁTICA	 Desde el momento en que la boca se introduce en el agua, hasta el momento en que vuelve a salir.
FASE DE INMERSIÓN	CARA FUERA	 Cara parcial o completamente fuera del agua.
	CARA DENTRO	 Inmersión completa de la cara (Barbilla y Frente).
POSICIÓN CORPORAL	SUPERIOR	 La cabeza permanece por encima de la cadera en relación al suelo.
	INFERIOR	 La cabeza permanece por debajo de la cadera en relación al suelo.
	HORIZONTAL	 La cabeza permanece a la altura de las caderas o muslos, con su límite máximo a la altura de las rodillas. El tronco permanece en todo momento en posición horizontal.
NIVEL DE INMERSIÓN	0% DE INMERSIÓN	 No hay inmersión. Todo el cuerpo de la nadadora está fuera del agua.
	BAJO NIVEL DE INMERSIÓN - SUPERIOR	 Posición superior. La parte del cuerpo INMERSA empieza desde la línea del pubis, hasta el último contacto de la nadadora con el agua.
	BAJO NIVEL DE INMERSIÓN - INFERIOR	 Posición inferior. La parte del cuerpo inmersa empieza en la línea del pubis y finaliza con el último contacto de la nadadora con el agua. Las dos piernas están elevadas sobre la superficie o paralelas a ella, pero siempre con su nivel máximo de inmersión en la línea de pubis o glútea.
	BAJO NIVEL DE INMERSIÓN - HORIZONTAL	 Posición horizontal. Si es lateral no hay bajo nivel de inmersión. Si es supina habrá nivel bajo de inmersión cuando con las dos extremidades inferiores fuera del agua, la línea de la superficie del agua quede por debajo de la línea del pubis/linea del glúteo. Si es prono habrá nivel bajo de inmersión cuando con las dos extremidades inferiores fuera del agua, la línea del pubis/linea glútea quede en la superficie del agua o por encima.
	ALTO NIVEL DE INMERSIÓN - SUPERIOR	 Posición superior. Todo lo que no es bajo superior y tiene una inmersión parcial.
	ALTO NIVEL DE INMERSIÓN - INFERIOR	 Posición inferior. Todo lo que no es bajo inferior y tiene una inmersión parcial.
	ALTO NIVEL DE INMERSIÓN - HORIZONTAL	 Posición horizontal. Todo lo que no es bajo horizontal y tiene una inmersión parcial.
100% DE INMERSIÓN		
 Todo el cuerpo está dentro del agua.		

Tabla 2. Instrumento observacional.

registros correspondientes a la distribución temporal de cada criterio en las rutinas analizadas. Se determinaron, para cada categoría, el tiempo total, el porcentaje sobre el tiempo de rutina, el valor máximo y mínimo y el número de ocurrencias. También se calcularon las inmersiones de cara superiores a 10 s (Rodríguez-Zamora, Iglesias, Barrero, Torres, Chaverri y Rodríguez, 2013) y a 6.8 s (Alentejano et al. 2008).

Análisis estadístico

Las variables observadas se describen mediante media aritmética, desviación estándar ($\pm DE$) y valores máximo y mínimo de su distribución para cada rutina. Atendiendo a la transformación de los registros discretos en variables temporales continuas, al diseño no balanceado y a la existencia de datos correlacionados para un mismo participante (las nadadoras participaron en una, dos, tres o cuatro rutinas), para el análisis de las diferencias entre rutinas se aplicó un modelo lineal de efectos mixtos, con estimación de las medias para efectos fijos (ST, SL, DT y DL) y aleatorios (matriz de covarianza), empleando el ajuste de *Bonferroni* para comparaciones múltiples. La correlación entre las variables se halló mediante la *r* de *Pearson*. El nivel de significación fue $p < .05$. Los análisis estadísticos se realizaron

mediante el programa SPSS, v.18.

Resultados

Las puntuaciones se situaron en un rango entre los 71.9 y 96.5 puntos (82.3 ± 6.4), sin diferencias significativas en función de la rutina (Tabla 3).

La duración media de las rutinas fue de 100.8 ± 18.1 s con diferencias significativas entre los cuatro tipos de rutina analizados (Tabla 3). La primera fase se desarrollaba en la playa de la piscina y las nadadoras utilizaron una media de 4.2 ± 1.5 s en ejercicios preparatorios antes de saltar al agua mediante una breve fase aérea de $.3 \pm .1$ s. El resto de la rutina se ejecutaba en el agua, habiéndose diferenciado las fases acuática y subacuática. Tanto en la fase de playa como en la aérea no observaron diferencias entre rutinas. En la fase acuática la media global fue de 51.2 ± 16.7 s, con valores para el ST de 30.0 ± 7.0 s, SL de 52.5 ± 8.4 s, DT de 51.1 ± 8.4 s y DL de 71.0 ± 12.9 s. La fase subacuática implicó mayor utilización del tiempo de rutina (109.3 ± 19.6 s), con valores para el ST de 90.7 ± 7.6 s, SL de 120.2 ± 10.9 s, DT de 93.5 ± 72.2 s y DL de 132.0 ± 10.7 s. En ninguna de estas fases las rutinas SL y DT no presentaron diferencias

significativas (Tabla 3), pero sí en el resto ($p < .05$).

En la fase de inmersión, el 61.6 ± 6.4 % del tiempo de competición la nadadora estuvo con la cara dentro del agua. Los valores máximos correspondían a la rutina de menor duración, ST, con una media del 68.3 ± 4.7 % y un registro máximo del 72.7 % en una de las nadadoras de ST (Tabla 3). Durante la competición se realizaron un número elevado de transiciones en la inmersión de la cara (rango entre 13 y 42 cambios), con unos valores medios para cada inmersión de 4.4 ± 0.9 s.

Se analizaron las figuras con el máximo tiempo de apnea de cada rutina, obteniéndose un valor medio de 21.0 ± 4.0 s como

tiempo máximo continuado en situación de cara dentro. Los valores medios de apnea máxima en ST fueron de 20.7 ± 4.0 s, en SL de 23.4 ± 3.3 s, en DT de 18.8 ± 3.6 s y en DL de 21.4 ± 4.1 s. Sólo existieron diferencias significativas entre SL y DT en estos registros máximos ($p < .05$). Las inmersiones de cara superiores a 10 s tuvieron un rango de entre 2 y 7 figuras en una rutina (3.9 ± 1.2) y con una duración temporal acumulada de 60.1 ± 17.3 s (Tabla 3).

Respecto a posiciones corporales durante las ejecuciones, destacó la posición inferior con tiempo medio global de $71.3 \pm$

	Solo Técnico (n = 9)	Solo Libre (n = 11)	Dúo Técnico (n = 10)	Dúo Libre (n = 9)
Puntuación (puntos)	83.6 ± 7.2	82.8 ± 7.5	83.8 ± 6.3	78.6 ± 3.2
Rutina (s)	124.6 ± 8.4 ¶	178.0 ± 6.5 *¶	148.6 ± 6.2 *¶	207.7 ± 9.6 *¶
Fase playa (%)	2.8 ± 1.0	$2.8 \pm .9$	2.4 ± 1.1	$2.1 \pm .6$
Fase aérea (%)	$.2 \pm .0$ ¶	$.2 \pm .0$ ¶#	$.2 \pm .1$ &	$.1 \pm .0$ *
Fase acuática (%)	21.1 ± 5.0 ¶	29.5 ± 4.9 *	34.3 ± 5.2 *	34.1 ± 5.4 *
Fase subacuática (%)	72.9 ± 4.3 ¶	67.5 ± 4.8 *	63.0 ± 4.9 *	63.6 ± 5.3 *
Cara dentro (s)	85.1 ± 7.6 &¶	111.1 ± 10.1 *#	85.0 ± 8.6 &¶	121.4 ± 8.2 *#
Cara dentro (%)	68.3 ± 4.7 ¶	62.3 ± 4.4 *	57.2 ± 5.9 *	58.6 ± 5.0 *
Tiempo máximo cara dentro (s)	20.7 ± 4.2	23.4 ± 3.3 #	18.8 ± 3.6 &	21.4 ± 4.1
Elementos cara dentro > 10" (n)	$2.9 \pm .6$ ¶	$3.9 \pm .9$	$3.8 \pm .8$	5.2 ± 1.3 *
Elementos cara dentro > 10" (s)	47.5 ± 10.6 ¶	62.3 ± 15.7	53.5 ± 8.0	77.2 ± 18.8 *

* = Diferencias con Solo Técnico; & = diferencias con Solo Libre; # = diferencias con Dúo Técnico; ¶ = diferencias Dúo Libre ($P < .05$).

Tabla 3. Fases de rutina e inmersión en solos y díos de natación sincronizada. Los valores son media ± desviación estándar.

16.6 s, valores para ST de 56.2 ± 9.7 s, SL de 73.6 ± 9.5 s, DT de 61.8 ± 5.9 s y DL de 94.0 ± 10.2 s. En posición inferior las rutinas presentaron valores diferenciados ($p < .05$) a excepción del SL con DT. En posición superior los valores medios fueron de 48.1 ± 12.6 s, con tiempos para el ST de 33.1 ± 4.1 s, SL de 55.8 ± 7.0 s, DT de 43.4 ± 3.9 s y DL de 58.8 ± 12.6 s, siendo estas diferencias significativas ($p < .05$) a excepción del SL con DL. En posición horizontal se observaron valores medios de $45.6 \pm$

11.0 s, con tiempos para ST de 35.3 ± 5.5 s, SL de 48.5 ± 4.6 s, DT de 43.5 ± 4.9 s y DL de 54.9 ± 16.2 s. En posición horizontal las rutinas no presentaron diferencias entre ellas a excepción de la similitud entre SL y ST ($p < .05$). La Figura 1 muestra el comportamiento relativo de la distribución de posiciones corporales en las 4 rutinas competitivas.

La Tabla 4 describe los valores relativos de los niveles de inmersión corporal. En las rutinas solo y díos, los períodos de no

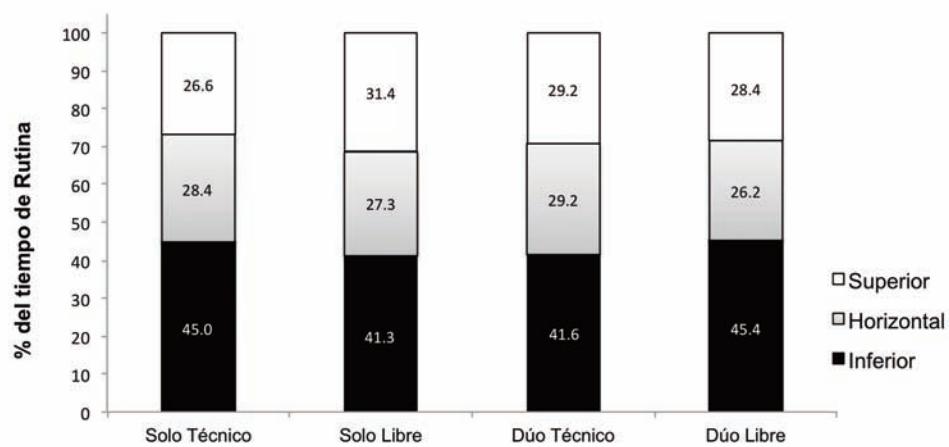


Figura 1. Distribución de posiciones corporales en rutinas de solo y díos en natación sincronizada.

inmersión son correspondientes con las fases descritas como playa y aérea (4.5 ± 1.5 s). Las ejecuciones en inmersión total presentaron una media de 23.7 ± 5.5 s. El nivel de inmersión más utilizado fue el alto en posición inferior (58.6 ± 15.6 s), siendo los más requeridos los niveles de inmersión alto en posición

horizontal (38.6 ± 11.3 s) y superior (36.3 ± 12.3 s). El conjunto de niveles de inmersión bajo (horizontal, inferior y superior) implicaron el 2.2 ± 1.4 % del tiempo total de rutina (3.3 ± 1.8 s).

El análisis de correlación lineal entre puntuaciones y valores temporales de las rutinas confirmó una correlación positiva entre

	Solo Técnico (n = 9)	Solo Libre (n = 11)	Dúo Técnico (n = 10)	Dúo Libre (n = 9)
0 % de inmersión (%)	3.1 \pm .9	3.0 \pm .9	2.7 \pm 1.1	2.3 \pm .6
100 % de inmersión (%)	18.5 \pm 4.2 ¶	15.1 \pm 4.2 *	14.3 \pm 3.4 *	11.4 \pm 2.2 *
Alta inmersión - Posición horizontal (%)	22.4 \pm 3.9	22.8 \pm 3.0	25.3 \pm 2.9	22.7 \pm 7.1
Alta inmersión - Posición superior (%)	16.5 \pm 2.7 ¶	23.5 \pm 3.7 *	22.4 \pm 3.4 *	23.6 \pm 5.6 *
Alta inmersión - Posición inferior (%)	35.7 \pm 5.5	33.4 \pm 4.1	33.7 \pm 3.5	39.1 \pm 5.5
Baja inmersión - Posición horizontal (%)	.1 \pm .1	.0 \pm .1	.0 \pm .0	.0 \pm .1
Baja inmersión - Posición superior (%)	.2 \pm .2	.1 \pm .1	.1 \pm .2	.0 \pm .1
Baja inmersión - Posición inferior (%)	3.6 \pm 1.7 ¶	2.1 \pm .7 *	1.5 \pm .5 *	.9 \pm .4

* = Diferencias con Solo Técnico; & = diferencias con Solo Libre; # = diferencias con Dúo Técnico; ¶ = diferencias con Dúo Libre ($P < .05$).

Tabla 4: Niveles de inmersión en solos y dúos en natación sincronizada. Los valores son media \pm desviación estándar.

el resultado deportivo y la inmersión máxima de la cara ($r = .36$; $p < .05$), el tiempo en nivel de inmersión bajo horizontal ($r = .75$; $p < .05$) y bajo inferior ($r = .58$; $p < .05$), así como el tiempo medio de duración de las apneas superiores a 10s ($r = .30$; $p < .05$). La puntuación deportiva correlacionó negativamente con el tiempo total en inmersión al 100 % del cuerpo ($r = .47$; $p < .05$).

Discusión

Los resultados del estudio permiten concluir que se dispone de una herramienta válida para el análisis de la estructura de las rutinas en natación sincronizada, mediante el que se han observado diferencias estructurales en las rutinas de solo y dúo atendiendo a su duración, fases de apnea y niveles de inmersión en distintas posiciones corporales.

Son distintos los estudios que han utilizado la observación de videos para el análisis de la natación sincronizada (Alentejano et al. 2008; Homma, 1994, 1997; Homma y Takahshi, 1999), sin embargo sólo en nuestro trabajo se procede a un exhaustivo análisis de la calidad del dato con buenos índices de validez y fiabilidad intra e inter observador.

La muestra de nadadoras corresponde a un grupo de élite con media de edad muy joven, y elevado volumen de entrenamiento semanal. El 50 % de las deportistas han conseguido al menos una medalla en juegos olímpicos o campeonatos del mundo sénior, con lo que nuestros resultados serán comparables con los estudios de Homma (1994 y 1997) y Alentejano et al. (2008) también realizados con deportistas de alto nivel.

Los tiempos de rutina registrados son coherentes con la reglamentación de natación sincronizada (FINA, 2009-2013): el ST tiene una duración de 120 s, el SL 180 s, el DT 140 s y el DL 210 ± 15 s reglamentarios, mientras que nuestros registros se han ajustado a 124.6 ± 8.4 s para el ST, 178.0 ± 6.5 s para el SL, 148.6

± 6.2 s en el DT y 207.7 ± 9.6 s para el DL.

El análisis multidimensional nos ha permitido analizar la estructura de las rutinas desde distintos criterios observacionales (Tabla 2). Por primera vez en la literatura se computan los tiempos de inicio de la rutina en el borde de la piscina (playa). Esta fase inicial no es uno de los componentes artísticos a valorar, pero con ella se intenta influir en la impresión general. Hemos observado que comporta el $2.6 \pm .9$ % del tiempo total. La fase aérea, abandono de la playa para entrar en el agua, representó el $.2 \pm .9$ % del tiempo. El resto de la rutina se desarrolla en el agua en sus fases acuática (30.6 ± 6.4 %) y subacuática (66.7 ± 6.1 %).

Se ha diferenciado la apnea provocada por el hundimiento de la boca en el agua acompañada de la obturación nasal por la pinza (fase subacuática), de la inmersión total de la cara (cara dentro) (Tabla 2). Éste es un elemento clave para la validez del instrumento en la futura interpretación de variables fisiológicas en este deporte. Nuestros datos reflejan que el tiempo de cara dentro es 100.8 ± 18.1 s en el global de las rutinas, mientras que la fase subacuática (boca dentro) es sensiblemente superior (109.8 ± 19.6 s).

Homma (1994) en rutinas de competiciones internacionales observó valores entre 54.8 % y 62.6 %, en solos, con cara dentro, y entre 50.1 % y 61.3 % en dúos. Alentejano et al. (2008) describen un 59 % de la rutina de solo con cara inmersa, y apneas máximas de 25.5 ± 6.2 s. En los programas de equipos los valores subacuáticos corresponden al 45 % (Chatard, Mujika, Chantegraile y Kostucha, 1999). Existe coincidencia con nuestros registros en períodos de inmersión de cara en natación sincronizada, pero nuestra aportación radica en que podemos comprobar por primera vez diferencias entre programas libres y técnicos. El ST presentó los registros en inmersión de cara más elevados, con un 68.3 ± 4.7 %, diferenciándose del SL ($p < .05$; 62.3 ± 4.4 %), del DT ($p < .05$; 57.2 ± 5.9 %) y el DL ($p < .05$; 58.6 ± 5.0 %). La explicación de estas diferencias podría venir

motivada por la influencia del reglamento (FINA, 2009-2013) en las ejecuciones del ST. Las rutinas técnicas están compuestas por elementos obligatorios que representan el 70 % de la puntuación, siendo el 30 % restante de impresión general. En ST, al no existir sincronización con las compañeras (dúo o equipo), las figuras obligatorias podrían ser ejecutadas con mayor duración y dificultad técnica para mejorar la impresión del jurado.

Algunos autores (Alentejano et al. 2008; Davies et al. 1995) sugieren que las apneas máximas en programas libres estarían condicionadas por la necesidad de una mayor impresión artística en algunos elementos destacados. En programas libres, la valoración técnica es importante, pero las nadadoras disponen de mayor combinación de recursos para destacar en sus impresiones técnica y artística (FINA, 2009-2013). Alentejano et al. (2008) observaron que el 46 % del tiempo de los solos se ejecutaba en apneas superiores a los 6.8 s. En nuestro trabajo se han obtenido valores similares de 52.1 ± 4.4 % en solos técnicos y 41.9 ± 7.3 % en libres. Los dúos presentaron valores cercanos al 46.5 %. El interés de estas fases prolongadas de inmersión radica en su incidencia en la valoración de los jueces, pero también por las respuestas fisiológicas que comportan (Figura, Cama y Guidetti, 1993; Gemma y Wells, 1987; Homma y Takahshi, 1999; Rodríguez-Zamora et al. 2012; Rodríguez-Zamora et al. 2013).

En relación a los movimientos de cuerpo entero, existen trabajos en los que se describe la secuencia de las figuras en rutinas de dúo (Homma, 1994). La posición corporal también ha sido estudiada en relación a la respuesta fisiológica (Figura et al. 1993), pero no hemos encontrado referencias en las que se registre el porcentaje de tiempo de rutina en una posición corporal determinada y sus niveles de inmersión. Nuestros resultados (Figura 1) muestran como la mayor parte del tiempo (43.2 ± 5.3 %) los movimientos de las rutinas se ejecutan en posición inferior, con la cabeza por debajo de la cadera, lo que es consistente con la tipología de figuras determinada en el reglamento (FINA, 2009-2013). La descripción de los niveles de inmersión corporal durante las rutinas es otro de los aspectos originales de nuestro trabajo, en el que se destaca que los niveles de baja inmersión superior ($.1 \pm .2$ %) e inferior (2.0 ± 1.3 %) son los menos utilizados (Tabla 4), probablemente porque corresponden a elementos de mayor dificultad técnica, conocidos como “bañador seco” por mostrar la mayor parte del cuerpo fuera del agua. Por contra, el nivel de inmersión alto en posición inferior, que se corresponde a la mayor parte de figuras de este deporte (FINA, 2009-2013), presenta los mayores registros temporales (35.3 ± 5.0 %).

A diferencia de Alentejano et al. (2008), que no encontraron relaciones significativas entre puntuación de rutinas y variables vinculadas a inmersión de cara, nuestras nadadoras correlacionaron positivamente sus resultados competitivos con

registros máximos de cara dentro ($r = .36; p < .05$) y el tiempo medio de apnea superior a 10s ($r = .30; p < .05$). Esta relación significativa podría explicarse porque las nadadoras de mayor nivel están preparadas para desarrollar rutinas de mayor dificultad técnica, mejor impresión artística y superior exigencia condicional, y sería consistente con las conclusiones de Rodríguez-Zamora et al. (2012), afirmando que una mayor capacidad de apnea se asocia a un mayor rendimiento en la natación sincronizada. Los resultados competitivos también presentan correlación positiva con el nivel de inmersión bajo horizontal ($r = .75; p < .05$) y bajo inferior ($r = .58; p < .05$) lo que podría explicarse por su correspondencia con elementos técnicos de mayor dificultad que implican sacar el cuerpo fuera del agua.

La puntuación ha mostrado una correlación negativa con el tiempo total en inmersión total del cuerpo ($r = -.47; p < .05$), este efecto inverso podría explicarse porque en solos y dúos las deportistas de mayor nivel enlazan mejor los elementos coreográficos dejando pocos elementos donde no muestren su técnica al jurado, mientras que las de menor nivel se apoyan en sus transiciones con brazadas bajo del agua. El jurado valora con mejor puntuación una coreografía bien enlazada y con más elementos (FINA, 2009-2013) que rutinas con fases de enlace invisibles a la valoración. Este supuesto no es de aplicación a los programas de equipo y combo en las que las fases de inmersión 100% son utilizadas para potenciar los saltos y acrobacias durante la rutina.

Una de las limitaciones del estudio ha sido la utilización de una única cámara, existiendo dificultad en visionar con precisión alguna de las categorías analizadas. En futuros estudios sería interesante incorporar un segundo ángulo de observación e incluso una cámara subacuática para precisar los comportamientos en fases de inmersión.

En conclusión, los resultados del presente estudio indican que el instrumento de observación *ad hoc* diseñado para el análisis de la natación sincronizada ha superado el control de la calidad del dato y se muestra como una buena herramienta para la investigación observacional de este deporte. Del análisis de los datos registrados se desprende que existen diferencias estructurales y temporales en los cuatro tipos de rutina analizados (ST, SL, DT y DL), destacando que el 66.7 ± 6.1 % del tiempo de rutina se desarrolla en apnea en su fase subacuática. Este estudio sugiere que las variables vinculadas con ejecuciones de mayor duración con la cara dentro del agua correlacionan positivamente con el rendimiento, mientras que las situaciones de inmersión total del cuerpo (100%) lo hacen negativamente.

ANÁLISIS MULTIDIMENSIONAL DE LA ESTRUCTURA DE LAS RUTINAS COMPETITIVAS EN NATACIÓN SINCRONIZADA

PALABRAS CLAVE: Natación sincronizada, Metodología observacional, Apnea, Posición corporal, Inmersión.

RESUMEN: El objetivo de este estudio fue caracterizar la estructura de las rutinas de solo y dúo de natación sincronizada. Para ello se utilizó un diseño observacional puntual, nomotético y multidimensional. El instrumento observacional ad hoc fue validado por 12 especialistas. Se utilizó como instrumento de registro el programa LINCE. La fiabilidad en la observación se determinó mediante el grado de concordancia intra e interobservador. Dieciocho nadadoras (seis medallistas olímpicas) participaron en el estudio. Se analizaron 39 rutinas: solo técnico ($n = 9$), solo libre ($n = 11$), dúo técnico ($n = 10$) y dúo libre ($n = 9$). El $61.6 \pm 6.4\%$ del tiempo de competición las nadadoras estaban con la cara dentro del agua, con apneas máximas de 21.1 ± 4.0 s. La posición más utilizada en el conjunto de rutinas fue la inferior ($43.2 \pm 5.3\%$), siendo la fase de inmersión alta inferior la más reproducida ($35.3 \pm 5.0\%$). En conclusión: 1) se dispone de una herramienta válida para el análisis de la estructura de las rutinas en natación sincronizada, 2) existen diferencias significativas en la estructura de las rutinas atendiendo a la duración total, las fases relativas de apnea y a la inmersión en distintas posiciones corporales.

ANÁLISE MULTIDIMENSIONAL DA ESTRUTURA DAS ROTINAS COMPETITIVAS NA NATAÇÃO SINCRONIZADA

PALAVRAS-CHAVE: Natação sincronizada, Metodologia observacional, Apneia, Posição corporal, Imersão.

RESUMO: O objetivo deste estudo foi caracterizar a estrutura das rotinas individuais e duplas de natação sincronizada. Para tal foi utilizado um delineamento observacional pontual, nomotético e multidimensional. O instrumento observacional ad hoc foi validado por 12 especialistas. Utilizou-se como instrumento de registo o programa LINCE. A fidelidade na observação foi determinada mediante o grau de concordância intra e interobservador. Dezoito nadadoras (seis medalhistas olímpicas) participaram no estudo. Foram analisadas 39 rotinas; solo técnico ($n = 9$), solo livre ($n = 11$), duo técnico ($n = 10$) e duo livre ($n = 9$). As nadadoras estavam totalmente imersas na água em $61.6\% (\pm 6.4\%)$ do tempo de competição, com apneias máximas de 21.1 ± 4.0 s. A posição mais utilizada no conjunto de rotinas foi a imersão inferior ($43.2 \pm 5.3\%$), sendo a fase de imersão total a mais reproduzida ($35.3 \pm 5.0\%$). Em suma: 1) dispõem-se de uma ferramenta válida para a análise da estrutura das rotinas na natação sincronizada, 2) existem diferenças significativas na estrutura das rotinas atendendo à duração total, às fases relativas de apneia e à imersão em distintas posições corporais.

Referencias

- Alentejano, T., Marshall, D. y Bell, G. (2008). A time-motion analysis of elite solo synchronized swimming. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 3(1), 31-40.
- Alentejano, T. C., Marshall, D. y Bell, G. J. (2010). Breath holding with water immersion in synchronized swimmers and untrained women. *Research in Sports Medicine*, 18(2), 97-114.
- Anguera, M. T. (1990). Metodología observacional. En J. Arnau, Anguera, M. T. y Gómez, J. (Ed.), *Metodología de la investigación en ciencias del comportamiento* (pp. 125-236). Murcia: Universidad de Murcia.
- Anguera, M. T., Blanco-Villaseñor, A., Hernández-Mendo, A. y Losada, J. L. (2011). Diseños observacionales: Ajuste y aplicación en psicología del deporte. *Cuadernos de Psicología del Deporte* 11(2), 63-76.
- Anguera, M. T., Blanco-Villaseñor, A. y Losada, J. L. (2001). Diseños observacionales, cuestión clave en el proceso de la metodología observacional. *Metodología de las Ciencias del Comportamiento*, 3(2), 135-161.
- Blanco-Villaseñor, A. y Anguera, M. T. (2000). Evaluación de la calidad en el registro del comportamiento: Aplicación a deportes de equipo. En E. Oñate, García-Sicilia, F. y Ramallo, L. (Ed.), *Métodos numéricos en ciencias sociales* (pp. 30-48). Barcelona: Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería.
- Castañer, M., Torrents, C., Anguera, M. T., Dinusova, M. y Jonsson, G. K. (2009). Identifying and analyzing motor skill responses in body movement and dance. *Behavior Research Methods*, 41(3), 857-867.
- Castellano, J., Perea, A., Alday, L. y Hernández-Mendo, A. (2008). The measuring and observation tool in sports. *Behavior Research Methods*, 40(3), 898-905.
- Chatard, J. C., Mujika, I., Chantegrule, M. C. y Kostucha, J. (1999). Performance and physiological responses to a 5-week synchronized swimming technical training programme in humans. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 79(6), 479-483.
- Davies, B. N., Donaldson, G. C. y Joels, N. (1995). Do the competition rules of synchronized swimming encourage undesirable levels of hypoxia? *British Journal of Sports Medicine*, 29(1), 16-19.
- Fernández, J., Camerino, O., Anguera, M. T. y Jonsson, G. K. (2009). Identifying and analyzing the construction and effectiveness of offensive plays in basketball by using systematic observation. *Behavior Research Methods*, 41(3), 719-730.
- Figura, F., Cama, G. y Guidetti, L. (1993). Heart rate, alveolar gases and blood lactate during synchronized swimming. *Journal of Sport Sciences*, 11(2), 103-107.
- FINA(2009-2013). Synchronized swimming official rules Retrieved 02/02/2013, from http://www.fina.org/H2O/index.php?option=com_content&view=category&id=86:synchronised-swimming-rules&Itemid=184&layout=default
- Gabín, B., Camerino, O., Anguera, M. T. y Castañer, M. (2012). Lince: multiplatform sport analysis software. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 46, 4692-4694.
- Gabril, G., Peric, M. y Stipic, M. (2011). Pulmonary function in pubertal synchronized swimmers: 1-year follow-up results and its relation to competitive achievement. *Medical Problems of Performing Artists*, 26(1), 39-43.
- Gemma, K. E. y Wells, C. L. (1987). Heart rates of elite synchronized swimmers. *The Physician and Sports medicine*, 15(10), 99-106.
- Harris, D. J. y Atkinson, G. (2011). Update — Ethical standards in sport and exercise science research. *International Journal of Sports Medicine*, 32(11), 819-821.

- Hernández-Mendo, A., López, J. A., Castellano, J., Morales, V. y Pastrana, J. L. (2012). HOISAN 1.2: Programa Informático para uso en Metodología Observacional. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 12(1), 55-78.
- Homma, M. (1994). The components and the time of 'face in' of the routines in synchronized swimming. *Medicine and Sport Science*, 39, 149-154.
- Homma, M. (1997). A study of the components of the team free routines in synchronized swimming at the Atlanta Olympic Games *Suiei Suichu Undo Kagaku*, 13, 9-20.
- Homma, M. y Takahshi, G. (1999). Heartrate response during exercise with breath holding in synchronized Swimming. *Suiei Suichu Undo Kagaku*, 11(1), 27-38.
- Jamnik, V., Gledhill, N., Hunter, I. y Murray, P. (1987). Physiological assessment of synchronized swimming and elite synchronized swimmers. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 19(2), S65.
- Jonsson, G. K., Anguera, M. T., Blanco-Villaseñor, A., Losada, J. L., Hernández-Mendo, A., Arda, T., Camerino, O. y Castellano, J. (2006). Hidden patterns of play interaction in soccer using SOF-CODER. *Behavior Research Methods*, 38(3), 372-381.
- Pazikas, M. G. A., Curi, A. y Aoki, M. S. (2005). Comportamento de variáveis fisiológicas em atletas de nado sincronizado durante uma sessão de treinamento na fase de preparação para as Olimpíadas de Atenas 2004. *Revista Brasileira de Medicina do Desporte*, 11, 357-362.
- Rodríguez-Zamora, L., Iglesias, X., Barrero, A., Chaverri, D., Erola, P. y Rodríguez, F. A. (2012). Physiological responses in relation to performance during competition in elite synchronized swimmers. *PLoS One*, 7(11), e49098. doi: 10.1371/journal.pone.0049098
- Rodríguez-Zamora, L., Iglesias, X., Barrero, A., Torres, L., Chaverri, D. y Rodríguez, F. A. (2013). Monitoring internal load parameters during competitive synchronized swimming duet routines in elite athletes. *Journal of Strength and Condition Ingredsearc*. doi: 10.1519/JSC.0b013e3182a20ee7
- Schagatay, E. y Holm, B. (1996). Effects of water and ambient air temperatures on human diving bradycardia. *European Journal of Applied Physiology*, 73(1-2), 1-6.
- Smith, D. (1988). Heart Rate and Blood Lactate Concentration Response to an In-water Routine by synchronized Swimmers. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 13(3), 2.
- Torrents, C., Castaner, M., Jofre, T., Morey, G. y Reverter, F. (2013). Kinematic parameters that influence the aesthetic perception of beauty in contemporary dance. *Perception*, 42(4), 447-458.
- Wyon, M. A., Twitchett, E., Angioi, M., Clarke, F., Metsios, G. y Koutedakis, Y. (2011). Time motion and video analysis of classical ballet and contemporary dance performance. *International Journal of Sports Medicine*, 32(11), 851-855.
- Yamamura, C., Matsui, N. y Kitagawa, K. (2000). Physiological loads in the team technical and free routines of synchronized swimmers. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 32(6).