

CARACTERIZACIÓN DE LAS FASES DE APNEA Y POSICIÓN CORPORAL EN RUTINAS DE NATACIÓN SINCRONIZADA

Iglesias X, Rodríguez-Zamora L, Chaverri D, Rodríguez FA

INEFC-Barcelona Sport Sciences Research Group, Universitat de Barcelona (Barcelona, Spain)



Introducción





Caracterización bioenergética

Análisis estructural



Marco teórico

- La apnea subacuática genera bradicardia en natación sincronizada (Gemma y Wells, 1987)
- El 50 a 63% de rutina, de solos y dúos, es en apnea (Homa, 1994; Alentejano et al., 2008). En equipos el 45% (Chatard et al., 1999)
- Dificultad para evaluar los parámetros fisiológicos en competición
- Pocas referencias de análisis estructural de las rutinas
- Recientes estudios sobre caracterización fisiológica (Rodríguez-Zamora et al, 2012, 2013)

OPEN ACCESS Freely available online

PLOS ONE

Physiological Responses in Relation to Performance during Competition in Elite Synchronized Swimmers

Lara Rodríguez-Zamora¹, Xavier Iglesias^{1*}, Anna Barrero¹, Diego Chaverri¹, Pau Erola², Ferran A. Rodríguez¹

1 INEF-CBarcelona Sports Sciences Research Group, Institut Nacional d'Educació Física de Catalunya, Universitat de Barcelona, Barcelona, Spain, 2 Departament d'Enginyeria Informàtica i Matemàtiques, Universitat Rovira i Virgili, Tarragona, Spain

Journal of Strength and Conditioning Research

Monitoring internal load parameters during competitive synchronized swimming duet routines in elite athletes

—Manuscript Draft—

Manuscript Number:	JSCR-08-3158R2
Full Title:	Monitoring internal load parameters during competitive synchronized swimming duet routines in elite athletes
Short Title:	Internal load in synchronized swimming
Article Type:	Original Investigation
Keywords:	synchronized swimming; heart rate; ratio of perceived exertion; RPE; Trainer

IJSM|3454|5.8.2013|MPS

Training & Testing 1

Perceived Exertion, Time of Immersion and Physiological Correlates in Synchronized Swimming



Objetivo

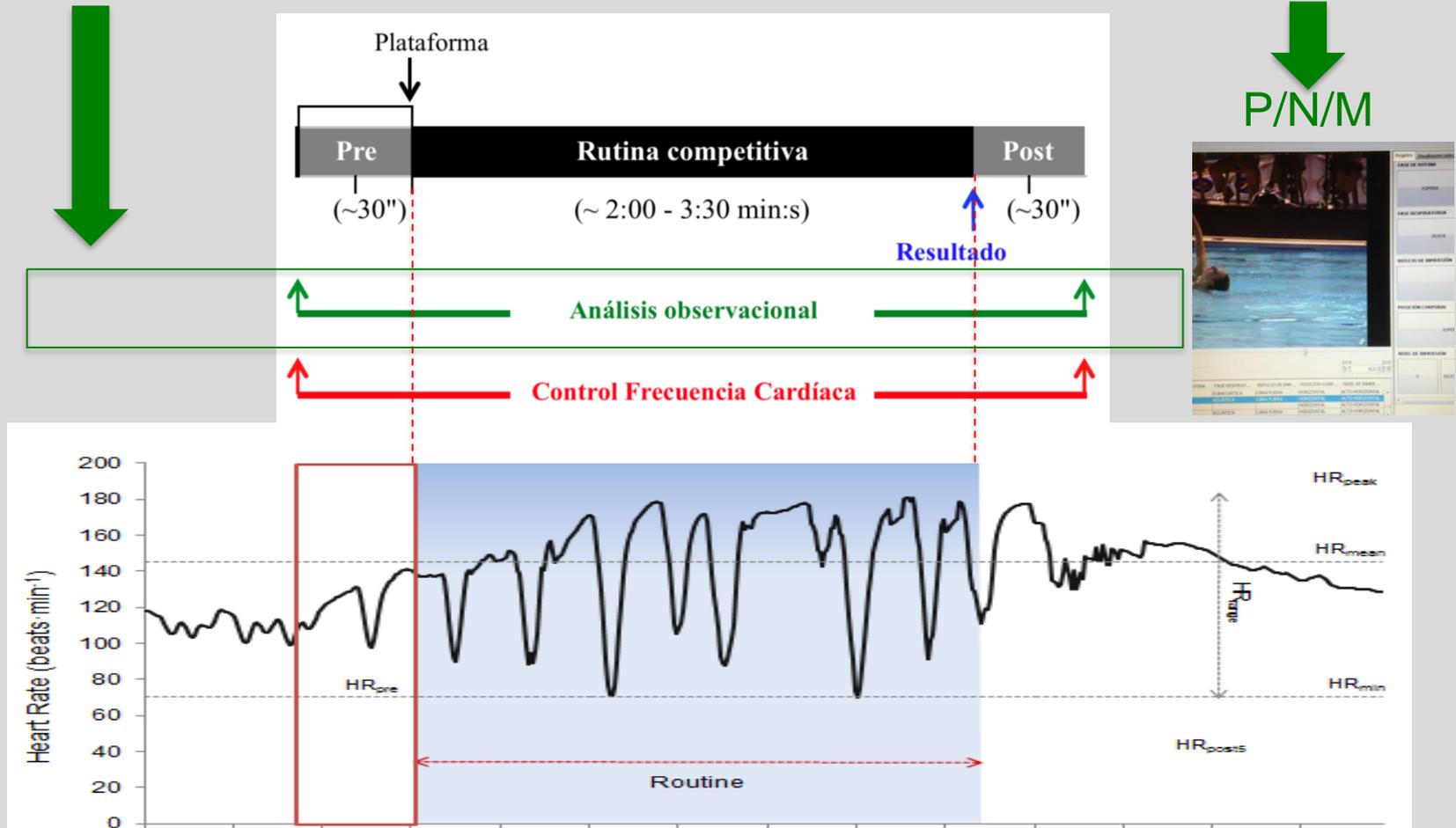
Caracterizar la estructura de las rutinas de la natación sincronizada y detectar diferencias en las posiciones corporales en el solo y dúo en sus ejecuciones técnica y libre



Diseño

Diseño estudio: Mixed Methods: Análisis cuantitativo (FC) y cualitativo (Observacional)

Comunicación: Diseño observacional P/N/M: Puntual, Nomotético, Multidimensional



Participantes

n = 18 Nadadoras	
Altura (cm)	166.2 ± 7.6
Peso (kg)	53.4 ± 6.4
Edad (años)	18.4 ± 4.1
Entrenamiento (h · semana⁻¹)	36.9 ± 7.6
Práctica N.Sincronizada (años)	9.8 ± 3.1

Valores: media ± SD

n = 39 Rutinas	
Solo Técnico	n = 9
Solo Libre	n = 11
Dúo Técnico	n = 10
Dúo Libre	n = 9



Instrumento observacional

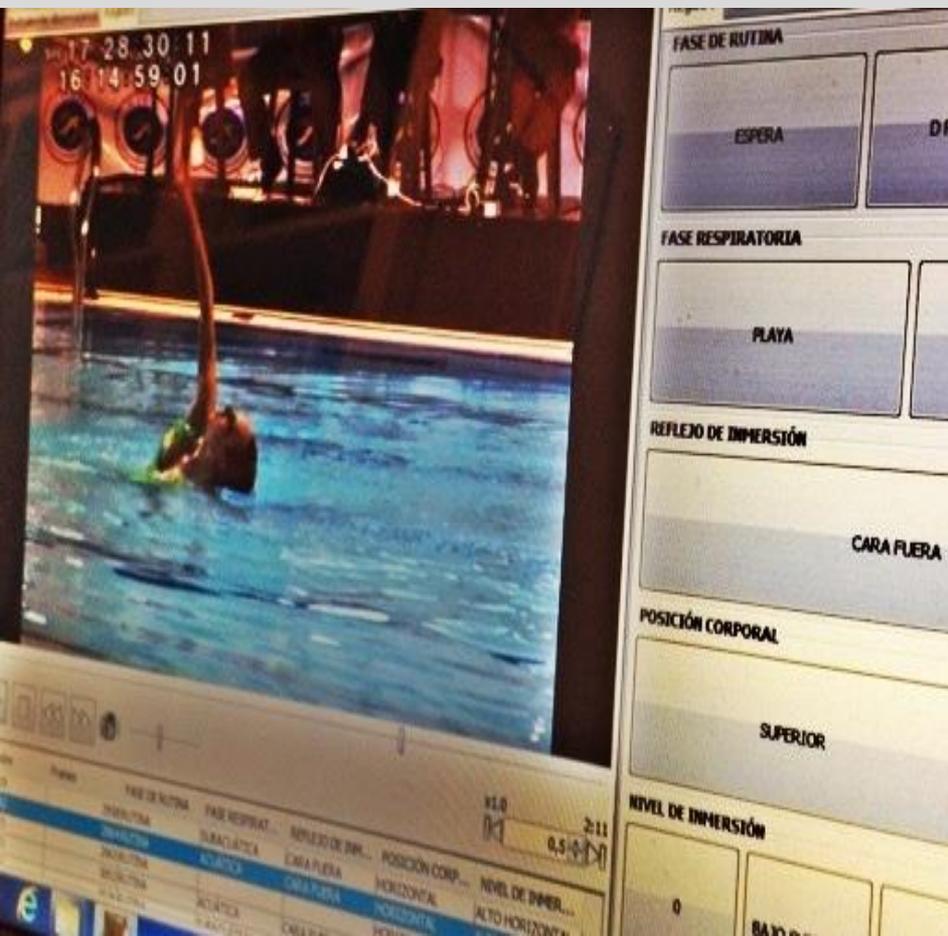
Criterio	Categorías	Descripción
FASE DE RUTINA	PLAYA	 La nadadora está en contacto con el suelo.
	AÉREA	 Momentos de salto o suspensión fuera del agua. Ninguna parte del cuerpo está en contacto con el suelo o el agua.
	ACUÁTICA	 Desde el momento en que la boca de la nadadora sale del agua, hasta que 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/línea del glúteo. Si es prono habrá nivel bajo de inmersión cuando con las dos extremidades inferiores fuera del agua, la línea del pubis/línea 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.



Instrumento de registro

LINCE v. 1.1

Gabín, B., Camerino, O., Anguera, M.T. y Castañer, M. (2012). Lince: multiplatform sport analysis software. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 46, 4692-4694.



Registro de la FC

Pulsómetros acuáticos
(CardioSwim, Freelap, Switzerland)



Control de calidad del dato

Validez

- Consistencia y robustez conceptual, extraída del marco teórico (Blanco-Villaseñor y Anguera, 2000)
- 12 especialistas de natación sincronizada (acuerdo del 95%).

Fiabilidad

- Registro sistemático de 5 rutinas (6.375 ocurrencias)
- Concordancia intraobservador 0,92 e interobservador 0,87 (Kappa de Cohen)



Procedimiento

- Análisis Cto. España absoluto 2011 natación sincronizada.
- Rutinas filmadas (Panasonic AG-DVX100BE 3-CCD) a 1 m de la orilla.
- Aprobación de dirección técnica y comités de competición y arbitraje de Real Federación Española de Natación.
- Acuerdo a la Declaración de Helsinki (Harriss y Atkinson, 2011) y aprobación por el comité ético de investigación clínica del deporte de Cataluña.
- Se determina: tiempo, % tiempo de rutina, máximo y mínimo y número de ocurrencias. Inmersiones de cara superiores a 10s (Rodríguez-Zamora et al., 2013).



Análisis estadístico

- Transformación de registros discretos en variables temporales continuas
- Diseño no balanceado y datos correlacionados para un mismo participante (nadadores participaron en una, dos, tres o cuatro rutinas)
- Diferencias entre rutinas: modelo lineal de efectos mixtos, con estimación de las medias para efectos fijos (ST, SL, DT y DL) y aleatorios (matriz de covarianza), y ajuste Bonferroni para comparaciones múltiples.
- La correlación entre las variables se halló mediante la r de Pearson.
- El nivel de significación fue $p < 0,05$.
- Los análisis estadísticos se realizaron mediante el programa SPSS, v.18



Resultados

Introduction & Aim

Swimming (SS) athletes need to combine sets of aesthetically very demanding exercises, leading to breathing freely and holding breath (BH) for almost 1 min (1994). In each program, swimmers competing must perform both a technical and a free routine. No study had characterized the physiological responses to competitive routines in synchronized swimmers.

We examined the cardiovascular, blood lactate and perceived exertion responses to competitive routines in synchronized swimmers.

Materials & Methods

14 (14 ± 3.6 y) and junior (15.9 ± 1.0 y) synchronized swimmers performed a total of 96 routines during an international competition in the technical solo (TS), free solo (FS), free duet (FD), technical team (TT), and free team (FT).

Heart rate (HR) was monitored using a waterproof monitor (Cardio Team, Switzerland).

Blood lactate ($[La]_{\text{blood}}$) was obtained from capillary samples before and during recovery (minutes 3, 5, 7, and 10).

Perceived exertion (RPE) was assessed using the 6-10 Scale (Borg, 1998).



Results

Pre-exercise mean HR (beats min⁻¹) was 129.1 ± 13.2, and quickly increased during the exercise to attain mean peak values of 192.6 ± 8.6, with frequent interspersed bradycardic events down to 88.6 ± 28.3 (Figure 2). Mean $[La]_{\text{blood}}$ (mmol L⁻¹) was 7.3 ± 2.0. On average RPE was 7.0 ± 1.4 (ranged from 5.8 (TT) to 8.1 (FD)) and was higher in juniors.

Table 1. Heart rate parameters during the routines and peak blood lactate and RPE after exercise.

	Technical solo	Free solo	Technical duet	Free duet	Technical team	Free team
HR _{pre}	129.1 ± 13.2	129.1 ± 13.2	129.1 ± 13.2	129.1 ± 13.2	129.1 ± 13.2	129.1 ± 13.2
HR _{peak}	192.6 ± 8.6	192.6 ± 8.6	192.6 ± 8.6	192.6 ± 8.6	192.6 ± 8.6	192.6 ± 8.6
HR _{min}	88.6 ± 28.3	88.6 ± 28.3	88.6 ± 28.3	88.6 ± 28.3	88.6 ± 28.3	88.6 ± 28.3
HR _{max}	192.6 ± 8.6	192.6 ± 8.6	192.6 ± 8.6	192.6 ± 8.6	192.6 ± 8.6	192.6 ± 8.6
HR _{avg}	129.1 ± 13.2	129.1 ± 13.2	129.1 ± 13.2	129.1 ± 13.2	129.1 ± 13.2	129.1 ± 13.2
$[La]_{\text{peak}}$	7.3 ± 2.0	7.3 ± 2.0	7.3 ± 2.0	7.3 ± 2.0	7.3 ± 2.0	7.3 ± 2.0
RPE	7.0 ± 1.4	7.0 ± 1.4	7.0 ± 1.4	7.0 ± 1.4	7.0 ± 1.4	7.0 ± 1.4

Significant differences: p < 0.05 vs. pre-exercise; p < 0.05 vs. TT; p < 0.05 vs. FT.



Figure 2. Heart rate profile before, during, and after a competitive free duet routine of an Olympic medalist. Line depicts smoothed 1-s averaged values for clarity.

Discussion

- The diving response appears to be a response to exercise during apnea, reduced throughout dynamic apnea, the systemic vascular resistance was maintained.
- When the swimmer starts holding breath (bradycardic) compete with each other oxygen flow to the swimming team. Diving response would fully program again.
- SS competitive routines appear to be of glycolytic muscle metabolic turnover and both low cardiac output suggested by Park et al. (1992).
- The fact that mean RPE values were similar, could be explained by the competitive experience (Borg, 1998).

Conclusion

- Cardiovascular demands of competitive routines are characterized by high heart rate during developing exercise and low heart rate during recovery.



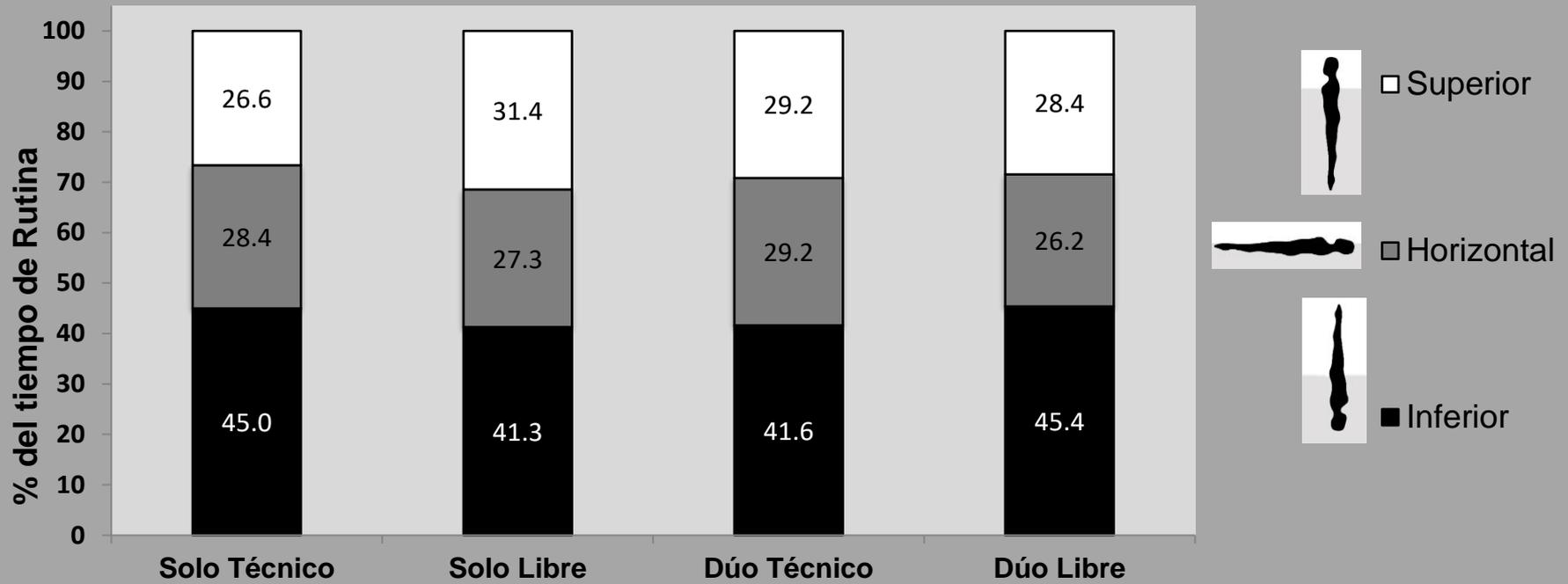
FASE DE RUTINA	Solo Técnico (n = 9)	Solo Libre (n = 11)	Dúo Técnico (n = 10)	Dúo Libre (n = 9)
Puntuación (puntos)	83.6 ± 7.2	82.8 ± 7.5	83.8 ± 6.3	78.6 ± 3.2
Rutina (s)	124.6 ± 8.4 &#¶	178.0 ± 6.5 *#¶	148.6 ± 6.2 *&¶	207.7 ± 9.6 *&#
Fase playa (%)	2.8 ± 1.0	2.8 ± .9	2.4 ± 1.1	2.1 ± .6
Fase aérea (%)	.2 ± .0 &¶	.2 ± .0 *#	.2 ± .1 &	.1 ± .0 *
Fase acuática (%)	24.1 ± 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 ± .6 ¶	3.9 ± .9	3.8 ± .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 *

Valores: media ± SD

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



POSICIÓN CORPORAL





NIVEL DE INMERSIÓN		Solo Técnico (n = 9)	Solo Libre (n = 11)	Dúo Técnico (n = 10)	Dúo Libre (n = 9)
	100 % de inmersión (%)	18.5 ± 4.2 &#¶	15.1 ± 4.2 *	14.3 ± 3.4 *	11.4 ± 2.2
	Alta inmersión - Posición horizontal (%)	22.4 ± 3.9	22.8 ± 3.0	25.3 ± 2.9	22.7 ± 7.1
	Alta inmersión - Posición superior (%)	16.5 ± 2.7 &#¶	23.5 ± 3.7 *	22.4 ± 3.4 *	23.6 ± 5.6
	Alta inmersión - Posición inferior (%)	35.7 ± 5.5	33.4 ± 4.1	33.7 ± 3.5	39.1 ± 5.5
	0 % de inmersión (%)	3.1 ± 0.9	3.0 ± 0.9	2.7 ± 1.1	2.3 ± 0.6
	Baja inmersión - Posición horizontal (%)	0.1 ± 0.1	0.0 ± 0.1	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.1
	Baja inmersión - Posición superior (%)	0.2 ± 0.2	0.1 ± 0.1	0.1 ± 0.2	0.0 ± 0.1
	Baja inmersión - Posición inferior (%)	3.6 ± 1.7 &#¶	2.1 ± 0.7 *	1.5 ± 0.5 *	0.9 ± 0.4

Valores: media ± SD

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



Correlaciones: Resultados competición

Número de inmersiones realizadas
($r = 0.033$, $P < 0.05$)

Tiempo total de inmersión
($r = 0.005$, $P < 0.05$)

Inmersión máxima
($r = 0.005$, $P < 0.05$)

Inmersiones	Rutinas (n=30)
Inmersiones (n)	24.4 ± 6.9 *
Tiempo inmersión (s)	100.1 ± 18.8 *
Media del tiempo de inmersión (s)	4.3 ± 0.9
Porcentaje de inmersión (%)	61.2 ± 6.0
Inmersión máxima (s)	20.6 ± 4.1
Inmersiones >10s (n)	4.1 ± 1.3 *
Tiempo de inmersión >10s (s)	61.1 ± 18.0

Valores: media ± SD

* Diferencias significativas entre las rutinas (ST, SL, DT, DL)

Conclusiones



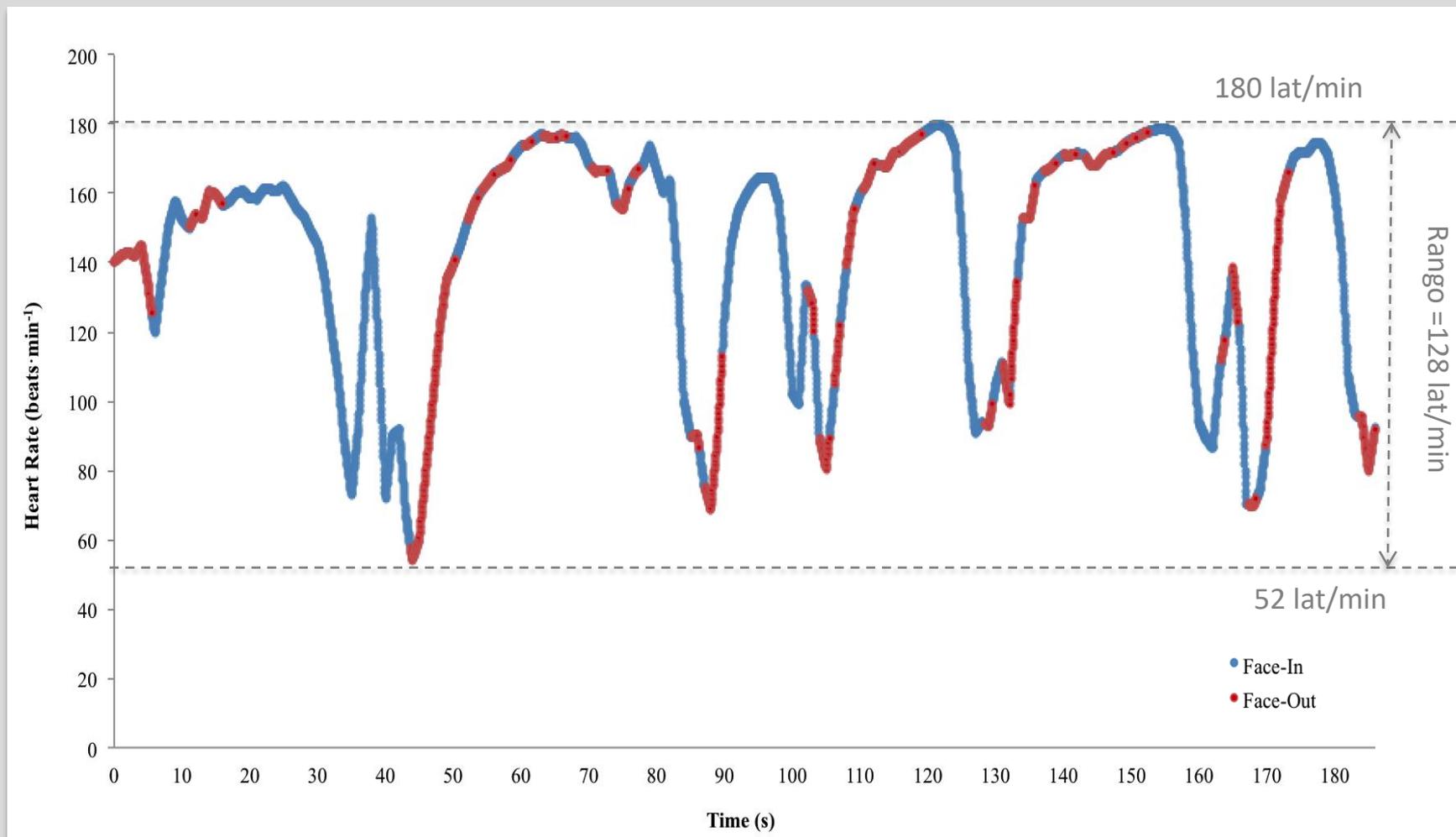
- El instrumento de observación para el análisis de la natación sincronizada ha superado el control de la calidad del dato y se muestra como una buena herramienta para la investigación observacional.
- Existen diferencias estructurales y temporales en los cuatro tipos de rutina analizados (ST, SL, DT y DL), destacando que el 66,7% ($\pm 6,1$) del tiempo de rutina se desarrolla en apnea en su fase subacuática.
- Las ejecuciones de mayor duración con la cara dentro del agua correlacionan positivamente con el rendimiento, mientras que la inmersión total del cuerpo (100%) lo hace negativamente.



Continuidad del estudio



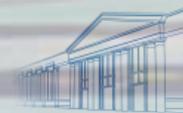
Comportamiento de la FC en una rutina de SOLO según las fases de apnea (Face In)



http://www.rpd-online.com/article/view/v23-n1-iglesias-rodriuez-zamora-et-al/pdf_es

Agradecimientos i financiación:

- INEFC (Universitat de Barcelona)
- Deportistas, equipos técnicos y arbitrales de Real Federación Española Natación y *Federació Catalana Natació*.
- Proyecto "Synchro Project: Caracterización bioenergética y estructural de la natación sincronizada" subvencionado por *Institut Català de les Dones Generalitat Catalunya (U-34/10)* y Consejo Superior Deportes (001/UPB10/11). A Pilar Clapés i equipo de observación por su colaboración en el registro de datos.
- Ayudas predoctorales *Institut Nacional Educació Física Catalunya (INEFC Barcelona)* y AGAUR (IUE/2365/2009)
- Proyecto "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).





Gracias



Xavier Iglesias
xiglesias@gmail.com

<http://inefcresearch.wordpress.com>
@Xavieriglesias



Si no se especifica lo contrario, el contenido de esta obra está sujeta a una licencia de [Reconocimiento-NoComercial-Compartidoligual 3.0 España de Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/)

Las imágenes de la presentación han sido realizadas por coautores de publicaciones derivadas del proyecto. Todas las integrantes del estudio han firmado el consentimiento informado en el que aceptan el uso de las mismas.

