



INEFC

Generalitat de Catalunya



Universitat de Barcelona



XIII CONGRESO DE METODOLOGÍA DE LAS CIENCIAS SOCIALES Y DE LA SALUD

Del 03 al 06 de septiembre de 2013

TIEMPO DE INMERSIÓN Y RESPUESTA DE LA FRECUENCIA CARDÍACA EN RUTINAS DE SOLO Y DÚO EN NATACIÓN SINCRONIZADA

Iglesias X¹, Rodríguez-Zamora L¹, Barrero A¹, Chaverri D¹, Irúrtia A¹, Erola P², Clapés P¹, Rodríguez FA¹

¹INEFC-Barcelona Sport Sciences Research Group, Universitat de Barcelona (Barcelona, Spain)

²Departament d'Enginyeria Informàtica i Matemàtiques, Universitat Rovira i Virgili (Tarragona, Spain)



Supported by



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



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

¹IMFC-Barcelona Sports Sciences Research Group, Institut Nacional d'Educació Física de Catalunya, Universitat de Barcelona, Barcelona, Spain, ²Departament 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-08-315812
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 swimmers; heart rate; rates of perceived exertion; RPE; Training

JSM/3454/5.8.2013/MP5

Training & Testing 1

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



XIII CONGRESO DE METODOLOGÍA
DE LAS CIENCIAS SOCIALES
Y DE LA SALUD

Del 03 al 06 de septiembre de 2013



Objetivo

Determinar la relación existente entre la frecuencia cardíaca y los tiempos de inmersión en natación sincronizada



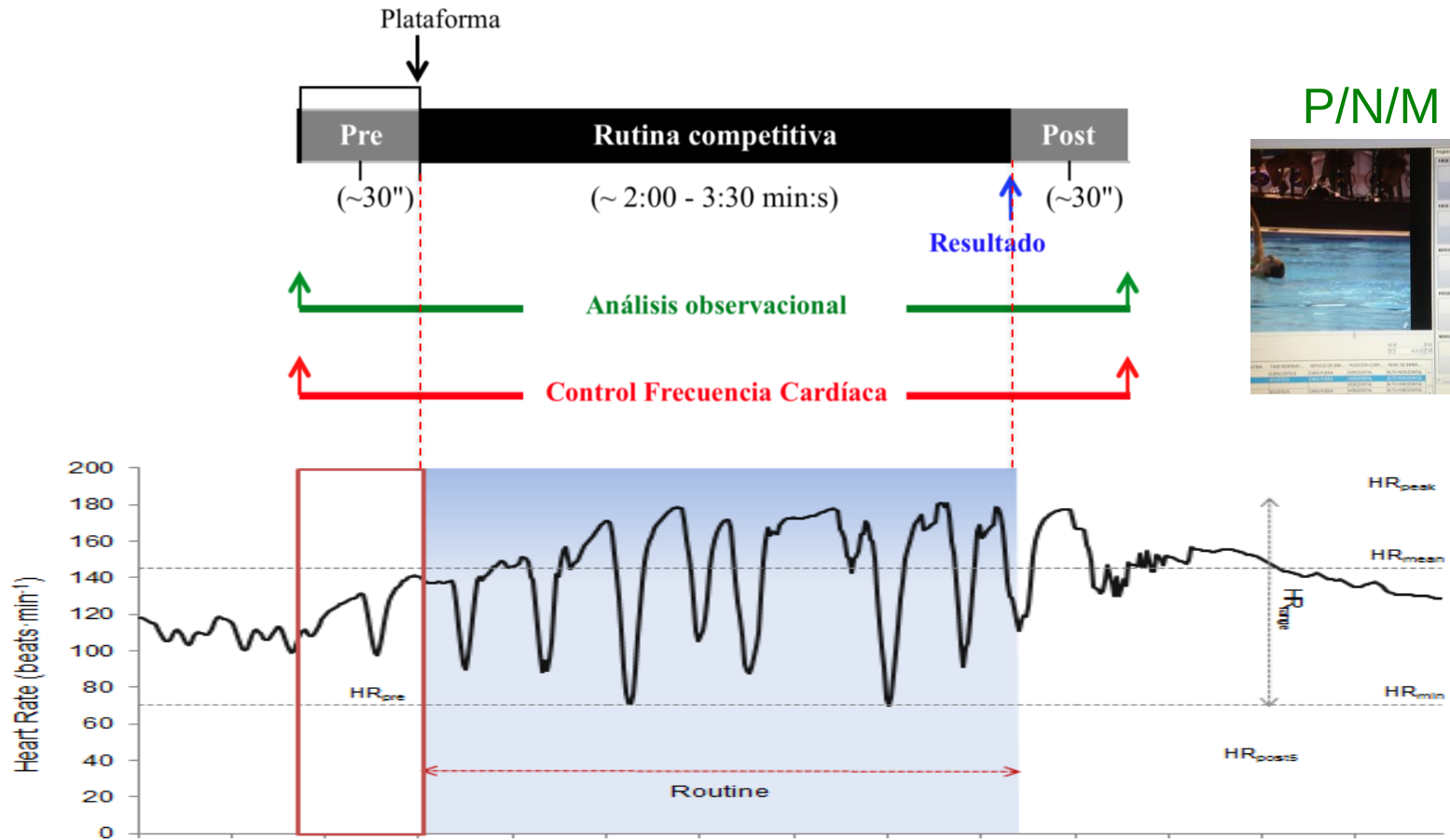
Metodología

Metodología

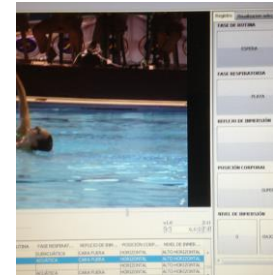
Metodología

Diseño

Mixed Methods: Análisis cuantitativo (FC) y cualitativo (fases de rutina, reflejo de inmersión, posición corporal) de variables obtenidas simultáneamente



P/N/M



Participantes



n = 17 Nadadoras

Altura (cm)	165.1 ± 6.3
Peso (kg)	52.4 ± 5.5
Edad (años)	17.9 ± 3.5
Entrenamiento (h · semana⁻¹)	37.4 ± 6.4
Práctica N.Sincronizada (años)	9.8 ± 3.1

Valores: media ± SD

n = 30 Rutinas

Solo Técnico	n = 5
Solo Libre	n = 6
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
(CardioSwim,
Switzerland)

acuáticos
Freelap,



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 de 0,92 e interobservador de 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 los requisitos de la Declaración de Helsinki (Harriss y Atkinson, 2011) y aprobación por el comité ético de investigación clínica del deporte de Cataluña.
- Se determina: tiempo, porcentaje tiempo de rutina, máximo y mínimo y número de ocurrencias. También se calcularon las inmersiones de cara superiores a 10s (Rodríguez-Zamora et al., 2013).



Datos cualitativos



Los registros observados se ajustan (fórmulas condicionales de Excel) a cada uno de los frames (25 fps) de la filmación en video.

Datos cuantitativos



Registros latido a latido interpolados (Matlab, Mathworks Inc., USA) a intervalos de 0.04s, ajustándolos a cada uno de los frames (25 fps) de la filmación en video.

C4	=SI(ESERROR(BUSCARV(\$A4;SINCRO;7;FALSO));"";BUSCARV(\$A4;SINCRO;7;FALSO))														
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1		Andrea Fuentes	Absoluta	Campeonato de España Absoluta de Invierno Barcelona 2011											
2		180	SL	CN Kallipolis											
3	TFrames	FC durante las rutinas (frame a frame) (25fps) con interpolación digital	FRUT	FRES	RINM	PC	NINM	T s	Acumulado	Fase	Reflex Inm.	Posició	Ivell Inmersi	FC	%Fcmx
4	701	140	RUTINA	PLAYA	CARA FUERA	SUPERIOR	0	0,04	0,04	PLAYA	CARA FUERA	SUPERIOR	0	140	78,1%
5	702	140						0,04	1,04	PLAYA	CARA FUERA	SUPERIOR	0	140	78,1%
6	703	140						0,04	2,04	PLAYA	CARA FUERA	SUPERIOR	0	140	78,2%
143															
144	841	125	RUTINA	SUBACUÁTICA	CARA DENTRO	INFERIOR	BAJO INFERIOR	0,04	140,04	SUBACUÁTICA	CARA DENTRO	INFERIOR	AJO INFERIC	125	69,6%
145	842	124						0,04	141,04	SUBACUÁTICA	CARA DENTRO	INFERIOR	AJO INFERIC	124	69,3%
146	843	124						0,04	142,04	SUBACUÁTICA	CARA DENTRO	INFERIOR	AJO INFERIC	124	69,0%
147	844	123	RUTINA	SUBACUÁTICA	CARA DENTRO	INFERIOR	ALTO INFERIOR	0,04	143,04	SUBACUÁTICA	CARA DENTRO	INFERIOR	LTO INFERIC	123	68,7%
148	845	123						0,04	144,04	SUBACUÁTICA	CARA DENTRO	INFERIOR	LTO INFERIC	123	68,4%
149	846	122						0,04	145,04	SUBACUÁTICA	CARA DENTRO	INFERIOR	LTO INFERIC	122	68,1%
150	847	122						0,04	146,04	SUBACUÁTICA	CARA DENTRO	INFERIOR	LTO INFERIC	122	67,8%
151	848	121						0,04	147,04	SUBACUÁTICA	CARA DENTRO	INFERIOR	LTO INFERIC	121	67,5%
152	849	121	RUTINA	SUBACUÁTICA	CARA DENTRO	HORIZONTAL	100	0,04	148,04	SUBACUÁTICA	CARA DENTRO	HORIZONTAL	100	121	67,2%
153	850	120						0,04	149,04	SUBACUÁTICA	CARA DENTRO	HORIZONTAL	100	120	66,8%
154	851	120						0,04	150,04	SUBACUÁTICA	CARA DENTRO	HORIZONTAL	100	120	66,5%
155	852	120						0,04	151,04	SUBACUÁTICA	CARA DENTRO	HORIZONTAL	100	120	66,9%
156	853	121						0,04	152,04	SUBACUÁTICA	CARA DENTRO	HORIZONTAL	100	121	67,2%
157	854	121						0,04	153,04	SUBACUÁTICA	CARA DENTRO	HORIZONTAL	100	121	67,6%
158															
302	999	154	RUTINA	ACUÁTICA	CARA FUERA	HORIZONTAL	ALTO HORIZONTAL	0,04	298,04	ACUÁTICA	CARA FUERA	SUPERIOR	TO SUPERIC	154	85,5%
303	1000	154						0,04	300,04	ACUÁTICA	CARA FUERA	HORIZONTAL	O HORIZON	154	85,6%
304	1001	154						0,04	301,04	ACUÁTICA	CARA FUERA	HORIZONTAL	O HORIZON	154	85,6%
305	1002	154						0,04	302,04	ACUÁTICA	CARA FUERA	HORIZONTAL	O HORIZON	154	85,6%
306	1003	154						0,04	303,04	ACUÁTICA	CARA FUERA	HORIZONTAL	O HORIZON	154	85,6%
307	1004	154						0,04	304,04	SUBACUÁTICA	CARA FUERA	HORIZONTAL	O HORIZON	154	85,6%
308	1005	154	RUTINA	SUBACUÁTICA	CARA FUERA	HORIZONTAL	ALTO HORIZONTAL	0,04	304,04	SUBACUÁTICA	CARA DENTRO	HORIZONTAL	O HORIZON	154	85,6%
309	1006	154	RUTINA	SUBACUÁTICA	CARA DENTRO	HORIZONTAL	ALTO HORIZONTAL	0,04	305,04	SUBACUÁTICA	CARA DENTRO	HORIZONTAL	O HORIZON	154	85,5%
310	1007	154						0,04	306,04	SUBACUÁTICA	CARA DENTRO	HORIZONTAL	O HORIZON	154	85,5%
311	1008	154						0,04	307,04	SUBACUÁTICA	CARA DENTRO	HORIZONTAL	O HORIZON	154	85,5%

09:32:44:00



Análisis estadístico

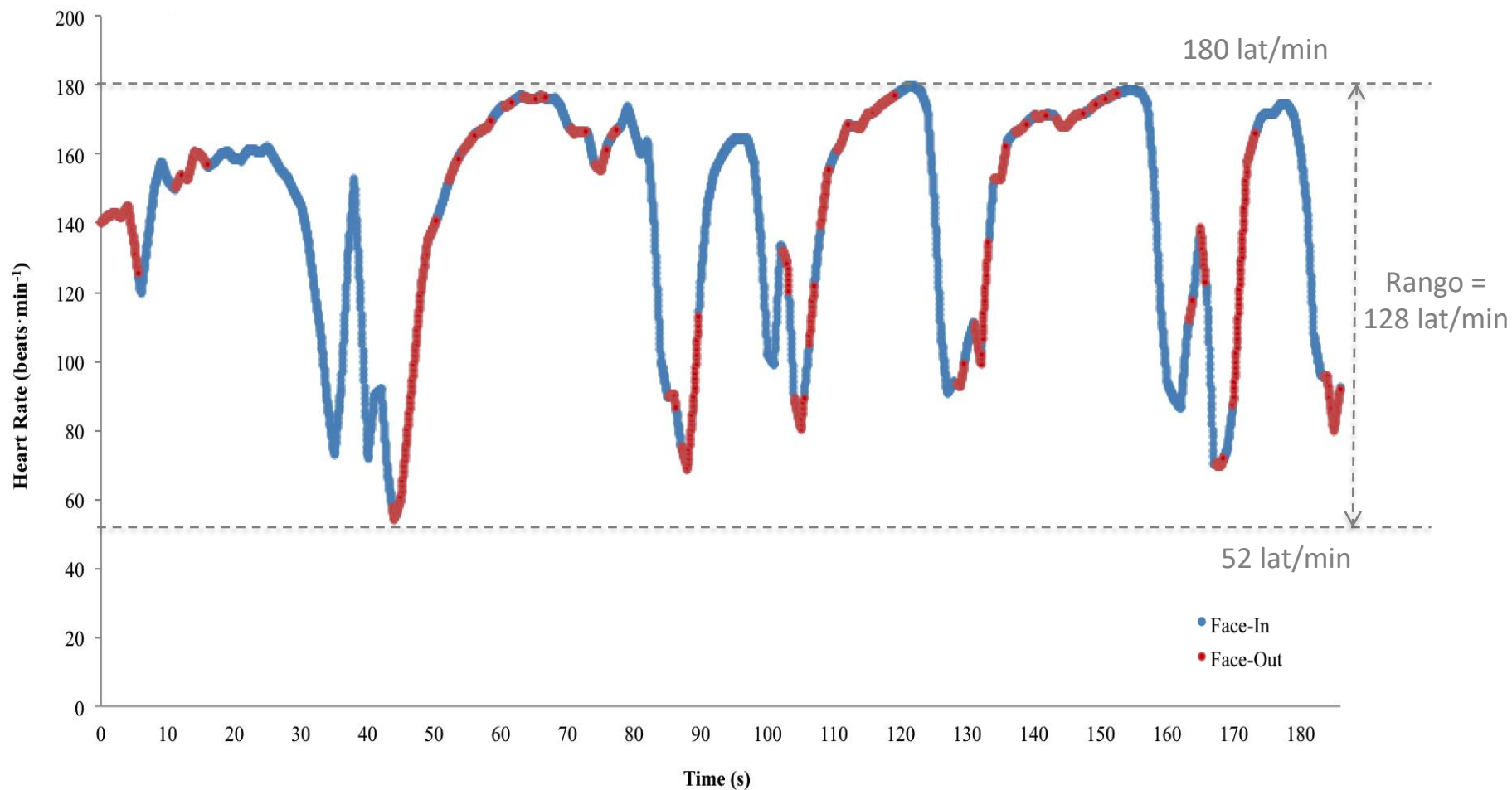
- 1) Transformación de registros discretos en variables temporales continuas
- 2) **Diseño no balanceado** y existencia de **datos correlacionados** para un mismo participante (los nadadores participaron en una, dos, tres o cuatro rutinas)
- 3) Para las diferencias entre rutinas se aplicó un **modelo 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.
- 4) La correlación entre las variables se halló mediante la r de Pearson.
- 5) El nivel de significación fue $p < 0,05$.
- 6) Los análisis estadísticos se realizaron mediante el programa SPSS, v.18



Resultados



Ejemplo del comportamiento de la FC en una rutina de solo



FC en rutinas de solo



	HR (beats·min ⁻¹)			Routine time (%)
Rutina Solo	152,3 204,7	± -	30,6 20,0	100%
Cara Dentro	150,1 204,7	± -	31,7 * 20,0	62,2%
Cara Fuera	156,1 200,9	± -	28,0 24,8	37,8%
Horizontal	156,0 204,7	± -	27,6 + 23,4	27,9%
Inferior	147,4 200,4	± -	33,6 20,0	40,5%
Superior	155,2 200,9	± -	28,1 24,7	31,5%

* $p < .0001$ Wilcoxon Two-Sample Test

Values: mean $\pm$ SD
(max - min)

+ $p < .0001$ Kruskal-Wallis Test



		Rutinas (n=30)
Frecuencia Cardíaca	Pre	127.2 ± 12.0
	Min	87.7 ± 28.1
	Media	157.1 ± 15.3
	Pico	191.1 ± 10.5
	Rango	103.4 ± 27.2
	Post ₅	103.0 ± 13.5

Valores: media ± SD

		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)

Correlación entre puntuaciones obtenidas (resultados de competición) y:

- número de inmersiones realizadas ($r = 0.033$, $P < 0.05$)
- tiempo total de inmersión ($r = 0.005$, $P < 0.05$)
- Inmersión máxima ($r = 0.005$, $P < 0.05$).

Conclusiones

HEART RATE, BLOOD LACTATE AND PERCEIVED EXERTION IN SYNCHRONIZED SWIMMING ROUTINES DURING COMPETITION

Rodriguez-Zamora L.¹, Iglesias X.¹, Barrero A.¹, Chaverni D.¹, Erola P.², Rodriguez FA.¹

¹INEC-Berkeley Sport Sciences Research Group, Institut Nacional d'Educació Física de Catalunya, Universitat de Barcelona (Barcelona, Spain)
²DEMA, Universitat Rovira i Virgili (Tarragona, Spain)

Introduction & Aim

Synchronized swimming (SS) athletes need to combine sets of technically and esthetically very demanding exercises, leading routines, both breathing freely and holding breath (SB) for almost 1 min (Flomhu, 1964). In each program, swimmers competing must perform both a technical and a free routine. No previous study has examined the physiological responses to competitive routines in synchronized swimming.

The aim of this study was to examine the cardiovascular, blood lactate and perceived exertion responses to competitive routines in synchronized swimming.

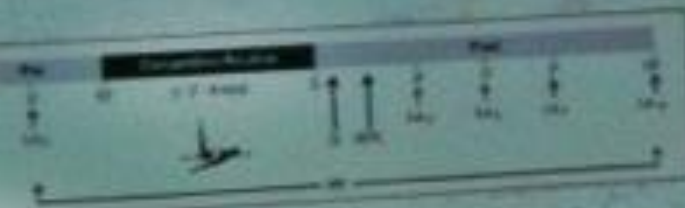
Materials & Methods

Eleven elite SS athletes (21.4 ± 3.6 y) and junior (15.9 ± 1.0 y) synchronized swimmers participated in the study. They performed a total of 36 routines during an international championship in the technical solo (TS), free solo (FS), technical duo (TD), free duo (FD), technical team (TT), and free team (FT).

Heart rate (HR) was monitored using a waterproof monitor (Cardio Swim, Polar, Finland).

Blood lactate (La_{max}) was obtained from earlobe capillary samples before, during, and during recovery (minutes 3, 5, 7, and 10).

Perceived exertion (RPE) was monitored using the Borg (CR-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 192.0 ± 8.6, with frequent interspersed bradycardic events down to 88.6 ± 28.3 (Figure 2). Mean La_{max} (mmol L⁻¹) was 7.3 ± 2.0. On average RPE was 7.0 ± 1.4 ranged from 5.5 (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 duo	Free duo	Technical team	Free team
HR _{max}	191.5 ± 8.3	188.3 ± 17.8	181.8 ± 10.9	185.1 ± 14.4	188.4 ± 12.3	181.2 ± 5.8
HR _{min}	106.4 ± 10.2	100.1 ± 10.1	102.7 ± 10.3	100.3 ± 10.3	107.2 ± 7.4	102.4 ± 11.6
HR _{avg}	163.3 ± 12.7	154.2 ± 16.4	165.3 ± 10.1	164.9 ± 17.7	162.3 ± 10.8	163.3 ± 11.1
HR _{max}	188.4 ± 17.8	188.3 ± 17.8	181.8 ± 10.9	185.1 ± 14.4	188.4 ± 12.3	181.2 ± 5.8
HR _{min}	106.4 ± 10.2	100.1 ± 10.1	102.7 ± 10.3	100.3 ± 10.3	107.2 ± 7.4	102.4 ± 11.6
HR _{avg}	163.3 ± 12.7	154.2 ± 16.4	165.3 ± 10.1	164.9 ± 17.7	162.3 ± 10.8	163.3 ± 11.1
La _{max}	8.1 ± 1.4	8.1 ± 1.4	8.1 ± 1.4	8.1 ± 1.4	8.1 ± 1.4	8.1 ± 1.4
RPE	7.0 ± 1.4	8.1 ± 1.4	7.0 ± 1.4	8.1 ± 1.4	7.0 ± 1.4	7.0 ± 1.4

Significant differences (p < 0.05) are indicated by different letters.

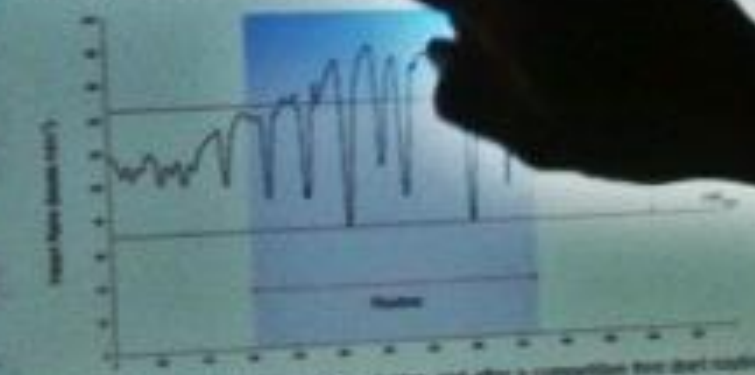


Figure 2. Heart rate profile before, during, and after a competitive free duo routine in an Olympic medalist. Line depicts smoothed 5-s averaged values for clarity.

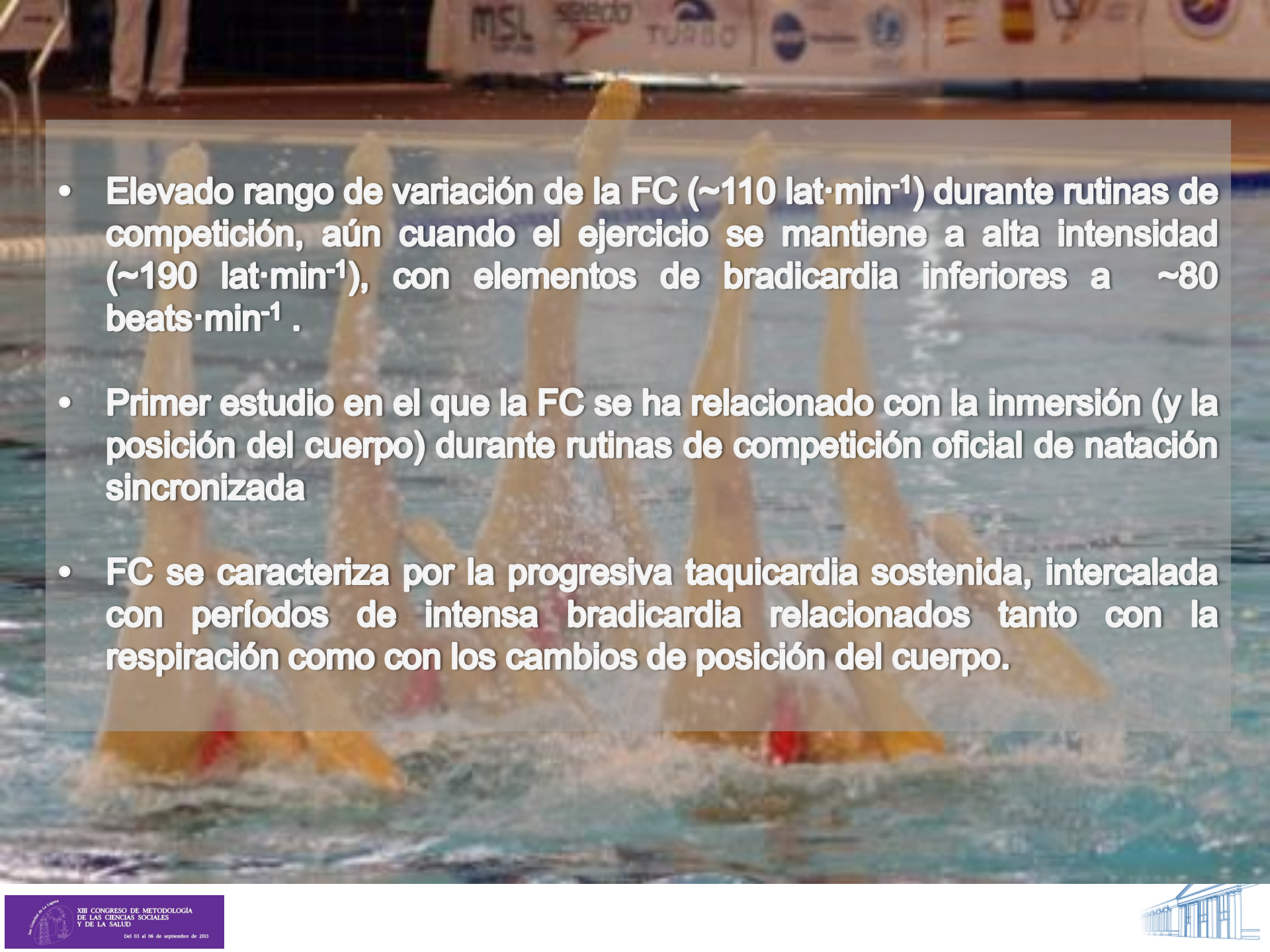
Discussion

- The diving response appears to be poor response to exercise during apnea. Cardiac output is reduced throughout dynamic apnea, large systemic vascular resistance would not be expected.
- When the swimmer starts holding breath (bradycardia) compete with each other for oxygen due to the contracting muscles. The diving response would finally prevail with apnea.
- SS competitive routines appear to elicit a shift in glycolytic muscle metabolism to a lactate and lactic acid control and production suggested by Pardo et al. (1992).
- The fact that mean RPE values were higher in juniors, could be explained by the greater competitive experience (Borg, 1998).

Conclusion

- Cardiovascular demands of competitive SS are characterized by intense and rapidly developing exercise tachycardia and bradycardia.
- Cardiac output and blood flow accumulation during apnea.
- Cardiac output and blood flow accumulation during apnea.

Received 11 March 2010; accepted 11 March 2010; published online 11 March 2010.
Address correspondence to: Dr. L. Rodriguez-Zamora, Institut Nacional d'Educació Física de Catalunya, Universitat de Barcelona, Avda. Diagonal 690, 08028 Barcelona, Spain.
E-mail: lrodriguez@inec.upf.edu

- 
- Elevado rango de variación de la FC ($\sim 110 \text{ lat}\cdot\text{min}^{-1}$) durante rutinas de competición, aún cuando el ejercicio se mantiene a alta intensidad ($\sim 190 \text{ lat}\cdot\text{min}^{-1}$), con elementos de bradicardia inferiores a $\sim 80 \text{ beats}\cdot\text{min}^{-1}$.
 - Primer estudio en el que la FC se ha relacionado con la inmersión (y la posición del cuerpo) durante rutinas de competición oficial de natación sincronizada
 - FC se caracteriza por la progresiva taquicardia sostenida, intercalada con períodos de intensa bradicardia relacionados tanto con la respiración como con los cambios de posición del cuerpo.

Agradecimientos i financiación:

- INEFC (Universitat de Barcelona)
- Deportistas, equipos técnicos y arbitrales de la Real Federación Española de Natación y de la *Federació Catalana de Natació*.
- 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).
- Ayudas predoctorales de *Institut Nacional d'Educació Física de 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

[@Xavieriglesias](http://inefcresearch.wordpress.com)



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

Todas las imágenes de la presentación han sido realizadas por los autores de la misma durante el proyecto. Todas las integrantes del estudio han firmado el consentimiento informado en el que aceptan el uso de las mismas.

