

## ANÁLISIS DE PARÁMETROS DE FUNCIÓN PULMONAR EN NADADORES DE PISCINAS CUBIERTAS

M.A. Romero Falcón<sup>1</sup>, C. Gómez Martín<sup>2</sup>, J.F. Medina Gallardo<sup>1</sup>, F.J. Álvarez Gutiérrez<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Unidad de Alta Complejidad de Asma. Unidad Médico-Quirúrgica de Enfermedades Respiratorias. Hospital Virgen del Rocío. Sevilla.

<sup>2</sup>Inspectoría del CSFISS de la Junta de Andalucía. DS Aljarafe- Sevilla Norte.

Estudio financiado de forma parcial por Beca Fundación Neumosur 19/2011.

Los autores declaran no presentar ningún conflicto de interés relativo a esta publicación.

### Resumen

**Introducción:** es controvertido el efecto que la natación en piscinas cubiertas puede tener sobre la función pulmonar y sobre los parámetros de inflamación bronquial. El objetivo del estudio fue estudiar la evolución de parámetros funcionales y de inflamación antes y después del baño en usuarios de piscinas cubiertas y sin patología respiratoria conocida.

**Metodología:** estudio observacional prospectivo en el que se incluyeron nadadores habituales de piscinas cubiertas. Los individuos incluidos en el estudio no presentaban antecedentes de asma ni alteraciones funcionales o de inflamación bronquial en el momento de la inclusión. Se realizaron pruebas funcionales (espirometría) y medida de inflamación (FeNO) minutos antes y tras el baño en diferentes piscinas públicas. Se analizaron de forma paralela los parámetros físico-químicos del agua de dichas piscinas en el momento de la natación y que fueron proporcionados por la Inspección de Sanidad adscrita a dicha piscina pública.

**Resultados:** fueron incluidos 50 nadadores, 26 hombres y 24 mujeres, de edad media  $40,8 \pm 10,8$  años. El tiempo de inmersión fue de 32 minutos. Encontramos diferencias antes y tras la inmersión. En los nadadores incluidos mejoraron tras la inmersión de forma significativa la FVC ( $p < 0,05$ ), y el FEV1 ( $p < 0,04$ ) así como disminuyó el FENO ( $p < 0,01$ ). Las características del agua de las piscinas, medidas según los protocolos habituales de sanidad, se encontraron en todos los casos dentro del rango habitual determinados en el Real Decreto 742/2013, de 27 de septiembre (BOE, Viernes 11 de octubre de 2013), por el que se establecen los criterios técnico-sanitarios de las piscinas. Tras el análisis estadístico, no se obtuvieron diferencias en parámetros de función e inflamación bronquial en relación con los datos físicos y químicos del agua de las piscinas y recogidos en el momento de la inclusión de los pacientes en el estudio.

**Conclusión:** hemos objetivado una mejoría significativa de los parámetros funcionales respiratorios en nadadores de piscinas cubiertas.

**Palabras clave:** función pulmonar, nadadores.

### LUNG FUNCTIONAL PARAMETERS IN USERS OF INDOOR SWIMMING POOLS

#### Abstract

**Introduction:** it is controversial the effect that swimming in indoor swimming pool can have on lung function and parameters of inflammation. The objective of the study was to study the evolution of functional parameters and inflammation before and after swimming in users of indoor swimming pools and without known respiratory pathology

**Material and Methods:** this was an observational prospective study in which regular swimmers were included. Individuals included in the study had no history of asthma or functional or inflammatory diseases at the time of inclusion. Functional tests (spirometry) and inflammation measurement (FENO) were performed minutes before and after bathing in different public swimming pools. The physical-chemical parameters of the water of these swimming pools were analyzed in parallel at the time of swimming and were provided by the sanitary inspection attached to said public swimming pool.

**Results:** were included 50 swimmers, 26 men and 24 women, mean age  $40.8 \pm 10.8$  years. The immersion time was 32 minutes. In the swimmers included, FVC significantly improved after dipping ( $p < 0.05$ ), FEV1 ( $p < 0.04$ ) as did FENO ( $p < 0.01$ ). The water characteristics of the swimming pools, measured according to the usual health protocols, were found in all cases within the usual range determined in Royal Decree 742/2013, de 27th September (BOE 11th October 2013). After statistical analysis, no differences were found in parameters of bronchial function and inflammation in relation to the physical and chemical data of the swimming pools included in the study.

**Conclusions:** we have observed a significant improvement in respiratory functional parameters in indoor swimming pool swimmers.

**Keywords:** Lung function, swimmers.

Recibido: 05.10.2017. Aceptado: 05.09.2019

Dra. Romero Falcón.

[auxiromero@separ.es](mailto:auxiromero@separ.es)

## INTRODUCCIÓN

La práctica de la natación está asociada a beneficios cardiovasculares y de salud en general a cualquier edad, motivo por el que es considerado uno de los deportes más indicados en diferentes patologías. Desde el punto de vista respiratorio la práctica habitual de la natación se ha asociado a una mejoría de la función pulmonar, aconsejándola incluso en pacientes con patología respiratoria crónica siempre que las condiciones del nadador sean las óptimas y el medio en el que se realice cumpla con las directrices higiénicas adecuadas. En los últimos años se ha especulado sobre la influencia de determinados agentes físicos y químicos del agua de piscinas cubiertas en los pulmones de los nadadores<sup>1,2</sup>.

Según diferentes estudios, la natación en piscinas fuertemente cloradas podría ser un factor de riesgo de desarrollo o empeoramiento de patologías respiratorias crónicas en el niño y en el adulto. La temperatura cálida de las piscinas cubiertas, el chapoteo y la falta de renovación del aire de las piscinas, hace que algunos productos, sobre todo desinfectantes que son altamente volátiles, se acumulen en la superficie del agua y sean inhalados por los nadadores. En animales de experimentación, la exposición de las vías respiratorias a altas concentraciones de productos derivados del cloro (100 a 800 ppm), desencadena la aparición de un infiltrado inflamatorio de las vías respiratorias, aumento del óxido nítrico e hiperreactividad bronquial medida por metacolina<sup>3</sup>.

En el año 2003 Bernard *et al.*<sup>4</sup> publican un estudio transversal realizado en niños escolares en el que comparan la prevalencia de asma e hiperreactividad bronquial por ejercicio y el tiempo dedicado a la práctica de la natación. Encuentran una fuerte correlación positiva entre la prevalencia de asma y el tiempo dedicado a la natación, siendo este efecto mayor en niños pequeños. El autor concluye que los productos derivados del cloro que el niño inhala al nadar, lesionan el epitelio bronquial, aumentan la permeabilidad bronquial y favorecen la sensibilización alérgica y el desarrollo de asma, en particular en niños pequeños y con historia familiar de asma. La metodología de esta publicación fue fuertemente criticada por Armstrong<sup>5</sup>, que concluye que desde el punto de vista epidemiológico este artículo no demuestra una clara asociación entre la asistencia a piscinas y el riesgo de asma.

Estudios más recientes se han realizado sobre población adulta, sobre todo en trabajadores de piscinas, objetivándose ligeros ascensos de FeNO tras el turno de trabajo<sup>6</sup>.

Actualmente, tras el Real Decreto 742/2013, de 27 de septiembre<sup>7</sup>, por el que se establecen los criterios de control técnico-sanitarios de las piscinas, se realiza un control exhaustivo de las piscinas cubiertas, donde se lleva un libro de registro y control de la calidad del agua de cada una de las piscinas. En dicho protocolo se analizan entre otros parámetros: la concentración de desinfectante utilizado (mg/l), el cloro residual libre, el cloro combinado, el color y olor, el pH, la presencia de espuma, la transparencia del agua, la cantidad de agua depurada y renovada de cada piscina, la temperatura del agua y ambiental y humedad relativa del aire. Periódicamente se determinan la conductividad del agua de la piscina, la turbidez, los niveles de amoníaco, las bacterias aerobias a 37°C, el análisis de coliformes fecales y totales, la presencia de *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, larvas y algas. Las determinaciones analíticas quincenales y mensuales son realizadas en laboratorios de Salud Pública autorizados.

La mayoría de las investigaciones en este campo van dirigidas a la influencia de la natación en población con patología respiratoria, especialmente en pacientes con asma bronquial y de la influencia en parámetros funcionales y de inflamación. Los resultados de este artículo forman parte de un estudio que está llevando a cabo nuestro grupo sobre la influencia de parámetros físico-químicos de piscinas cubiertas en la población asmática y que verá la luz en próximos meses<sup>5</sup>. Los datos obtenidos al realizar un estudio comparativo con una muestra de nadadores sanos, nos han permitido objetivar los resultados en los valores funcionales en este subgrupo de nadadores, que sin afectación pulmonar alguna, practicaban natación en las mismas condiciones ambientales que la población asmática en estudio.

Este estudio realizado en vida real nos ha permitido apreciar la variabilidad antes y después de la inmersión en el agua. Así mismo el análisis paralelo de las características del agua y ambiente en tiempo y lugar nos ha permitido poder correlacionarlo con los resultados.

El análisis descriptivo de un grupo de nadadores sanos, nos ha permitido mostrar los beneficios de la práctica de la natación objetivada por parámetros funcionales y de inflamación.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Diseño del estudio: se ha tratado de un estudio observacional descriptivo donde la población de estudio han sido adultos de ambos sexos >18 años y <65 años usuarios de piscinas públicas cubiertas de la zona del Aljarafe.

Población de estudio: se reclutaron un total de 50 usuarios de piscinas cubiertas públicas, muestra calculada basándonos en estudios previos como el de Moreira *et al.* 2008<sup>8</sup> y sin antecedentes de patología respiratoria previa.

VARIABLES DE ESTUDIO.

**VARIABLES CLÍNICAS:** Determinación de FEV1/FVC, FEV1 y FVC antes y después del baño, FeNO antes y después del baño, interrogatorios sobre el diagnóstico de patologías respiratorias previas. El personal sanitario responsable de las pruebas funcionales respiratorias que se llevó a cabo en las piscinas fue personal Diplomado en Enfermería (DUE) con experiencia previa en laboratorios de función pulmonar. Los datos clínicos (valores espirométricos, FeNO) fueron recogidos por dispositivos portátiles trasladados por nuestro personal a las instalaciones deportivas y previo consentimiento del personal directivo de cada una de las piscinas analizadas.

**VARIABLES FÍSICO-QUÍMICAS DEL AGUA:** color y olor, características de espuma, transparencia, turbidez, conductividad a 20°C, pH, niveles de cloro residual libre, niveles de cloro combinado, niveles de bromo total y ozono. Determinación de ácido isocianúrico, derivados polímeros de la biguanida, amoníaco, nitratos, oxidabilidad al permanganato, niveles de aluminio, hierro, cobre.

**VARIABLES MICROBIOLÓGICAS DEL AGUA:** bacterias aeróbicas, coliformes totales y fecales, estreptococos fecales, clostridios sulfitorreductores, algas, larvas de artrópodos, salmonella, staphylococcus aureus y pseudomonas aeruginosa entre otros.

**Aspectos éticos:** los nadadores que aceptaron participar en el estudio firmaron un consentimiento informado para su inclusión en el mismo. El estudio fue aprobado por el comité de ética de referencia. Todos los registros de la base de datos de pacientes que se generaron eran confidenciales y tratados de acuerdo con la Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal.

**Análisis estadístico:** se realizó una estadística descriptiva de las variables del estudio, usando frecuencias absolutas y relativas en el caso de las variables cualitativas. Las variables cuantitativas según seguían o no una distribución normal (aplicando los tests de normalidad adecuados al tamaño muestral) mediante  $Md \pm SD$  (media, desviación estándar) y rango (mínimo y máximo); tras la comprobación de la hipótesis de normalidad a través de test de Kolmogorov-Smirnov ( $n > 50$ )

Para analizar la asociación entre variables cualitativas, se hizo uso del test Chi-cuadrado o

el estadístico exacto de Fisher. Para analizar la asociación entre variables cuantitativas se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson o Rho de Spearman. Para analizar las variables cualitativas con las cuantitativas, en el caso de ser dicotómicas, se realizó la T-Student para medidas independientes o la U-Mann-Whitney, según procedía. Para las comparaciones múltiples se realizaron las pruebas post-hoc o la correspondientes no paramétricas (U-Mann-Whitney), aplicando la corrección de Bonferroni.

El nivel de significación estadística, se estableció en  $p = 0,05$ . El análisis estadístico se realizó con el paquete *Statistical Package for Social Sciences* (SPSS Inc., Chicago, IL, EE.UU.) versión 22.0.

## RESULTADOS

Fueron incluidos 50 nadadores sin patología respiratoria, Un total de 26 hombres y 24 mujeres, y una edad media 40,8 ( $\pm 10,8$ ) años, según se muestran los datos en la tabla 1. El tiempo medio de inmersión y permanencia en el agua fue de 32 minutos (20 - 60) Encontramos diferencias en los parámetros funcionales respiratorios, según se muestra en la tabla 2. Tras la inmersión en el agua y con natación mantenida durante todo el tiempo dentro del agua, mejoraron de forma significativa los valores de FVC ( $p < 0,05$ ), FEV1 ( $p < 0,04$ ), así como también se objetivó un descenso en los valores de FeNO ( $p < 0,01$ ) De forma paralela se objetivó un aumento de los niveles de FeNO previo a la inmersión con una relación estadísticamente significativa ( $p = 0,028$ ) en aquellos nadadores con patología de rinitis previa y sin asma, con unos valores medios de 29,06 ( $\pm 16,8$  ppb)

Las características del agua de las piscinas, medidas según los protocolos habituales de sanidad, fueron los siguientes: el pH medio medido fue de 7,1, los niveles de desinfectantes 1,4 mgr/dl, en la mayoría de los casos hipoclorito sódico o cálcico y en todos los casos dentro del rango habitual de niveles de desinfección determinados por ley. La temperatura del agua se mantuvo constante en la mayoría de las determinaciones en torno a 29°C, la humedad relativa del aire de las piscinas fue del 49% (Tabla 3) No se objetivó en el análisis microbiológico del agua la presencia de microorganismos patológicos (Tabla 4)

Tras el análisis estadístico, no se obtuvieron diferencias en parámetros de función e inflamación bronquial en relación con los datos físicos y químicos del agua de las piscinas y recogidos en el momento de la inclusión de los pacientes en el estudio.

Tabla 1. Características de la población de estudio.

	n=50 nadadores
Sexo	52% varones; 48% mujeres
Edad	40,8 años (18-59)
Tabaquismo	No fumadores 50%
	Exfumadores 44%
	Fumadores 6%
Tiempo de inmersión	32,40 min (20-60)
Enfermedades de vía aérea superior	Rinitis 70,6 %
	SAHS 11,8%
	Poliposis nasal 6%

Tabla 2. Parámetros funcionales e inflamatorios antes y después de la natación.

	%	<i>p</i>
FEV1/FVC pre inmersión	82,18 (5,59)	<0,1
FEV1/FVC post inmersión	82,56 (5,68)	
FVC preinmersión	105,82 (13,91)	<0,05
FVC postinmersión	110 (13,98)	
FEV1pre inmersión	103,54 (13,93)	<0,04
FEV1post inmersión	104,08 (13,52)	
FENO preinmersión	22,74 (14,40)	<0,01
FENO postinmersión	20, 1 (14,01)	

*Media (DS)*

Tabla 3: Análisis de las principales características del agua y del aire de las piscinas cubiertas

PARÁMETRO	pH	Cloro libre	Cloro total	Turbidez	T° del agua del vaso	Humedad relativa	CO <sub>2</sub>
UNIDAD		mg/l	mg/l	UNF	°C	%	ppm
N° MUESTRAS REALIZADAS	50	50	50	50	50	50	50
VALOR MEDIO	7.1	0.7	1.4	0.4	29°	49.4	489.1
VALOR MÁXIMO	7.4	1.8	3.3	0.8	30°	73.0	627.0
VALOR MÍNIMO	0.0	0.4	0.9	-6	-5	-4	-3

Tabla 4. Análisis microbiológico de los principales microorganismos en el agua

PARÁMETRO	E. Coli	Pseudomonas aeruginosa	Legionella
UNIDAD	UFC/100ml	UFC o NMP/100ml	UFC/litro
N° MUESTRAS REALIZADAS	50	50	50
VALOR MEDIO	0	0	0
VALOR MÁXIMO	0	0	0
VALOR MÍNIMO	-2	-1	0

## DISCUSIÓN

Hemos objetivado en una muestra de nadadores sin patología respiratoria previa una mejoría inmediata tras la inmersión en agua de determinados parámetros funcionales respiratorios. Estos hallazgos sugieren la ausencia del impacto negativo de determinadas sustancias utilizadas en usuarios sanos.

Siempre ha sido controvertido el efecto que la natación en piscinas cubiertas podría tener sobre la función pulmonar y los parámetros de la inflamación, habiéndose planteado en algunas publicaciones un aumento de la hiperreactividad bronquial y la inflamación sobre todo debido al efecto de la cloración del agua y del propio ejercicio.

En varias ocasiones en nuestra comunidad autónoma se ha reactivado la polémica sobre el riesgo de desarrollar asma que entraña la asistencia a piscinas.

En un artículo de revisión, Helenius *et al.*<sup>3</sup> refieren que 36 - 79% de los nadadores de elite tienen hiperreactividad bronquial medida con metacolina o histamina y el riesgo es mayor en los nadadores atópicos. En los deportistas de élite se puede demostrar inflamación eosinofílica. Esta inflamación se correlaciona con la severidad de la hiperreactividad bronquial medida por metacolina o ejercicio<sup>4</sup>. Los deportistas de competición manejan altos flujos pulmonares y esto hace que sus vías respiratorias estén fuertemente expuestas a elementos irritantes como el frío, o microaspiran grandes cantidades de aire con productos derivados del cloro que se utiliza para desinfección de las piscinas y que flotan encima de la superficie del agua, en el caso de los nadadores<sup>8,9</sup>.

Sobre la población adulta los estudios de investigación son escasos ya que en la mayoría de las publicaciones la población estudiada es la infancia y la adolescencia<sup>10,11</sup>.

Son pocos los estudios que evalúan la afectación pulmonar objetivada por pruebas funcionales respiratorias tras el baño en piscinas cubiertas.

En la actualidad no existe una evidencia clara que asocie la asistencia a piscinas y la afectación pulmonar en pacientes con asma. Faltan estudios de cohortes representativas de la población que demuestren este efecto y se determine que característica físico-química del agua puede ocasionarlo. De hecho, este estudio forma parte de un análisis más amplio que se ha realizado sobre población asmática y que verá la luz tras completar la muestra. Los datos que han demostrado la ausencia de deterioro de la función pulmonar en nadadores sanos, así como la mejoría de determinados parámetros alientan para

mantener esta línea de investigación en pacientes con patologías respiratorias.

Del mismo modo, el descenso en los valores de inflamación (FeNO), demuestra la escasa repercusión inflamatoria que determinados productos del agua pudieran ocasionar en la vía aérea de los nadadores<sup>12</sup>.

Nuestro trabajo también presenta ciertas limitaciones, como el tiempo de permanencia en el agua (el recogido en la muestra es el establecido en muchas instalaciones acuáticas); desconocemos si el aumentar el tiempo de inmersión en el agua y la exposición más prolongada puede ocasionar algún deterioro de la función pulmonar. Por otro lado, la caída del FeNO como variable indicativa de inflamación pulmonar puede estar justificada por la hiperventilación secundaria a la práctica de cualquier ejercicio físico<sup>13</sup>.

Del mismo modo, la mejoría de parámetros como la FVC puede estar asociada a la mejoría en la capacidad respiratoria inmediata a la finalización de cualquier práctica deportiva por mecanismos fisiológicos intrínsecos, pero desconocemos la persistencia posterior, dada la ausencia de un control espirométrico posterior tras salida del recinto acuático, motivado sobre todo por dificultades técnicas.

Nuestros resultados concuerdan con estudios previos que objetivan la repercusión positiva de la práctica de la natación frente a otras actividades deportivas<sup>14, 15</sup>, con los realizados previamente en nuestra aérea y con los protocolos sanitarios aplicados en nuestra zona. También estudios recientes que comparan la natación con otros deportes como el running, objetivan disminución de marcadores proinflamatorios<sup>16</sup>.

Por otro lado, la posibilidad de analizar estas variables clínicas con las variables físico-química del agua, gracias a la participación en el estudio de personal de inspección sanitaria, ha aportado originalidad y valor a las conclusiones obtenidas.

Los resultados obtenidos en nuestro estudio, por tanto, permiten confirmar el efecto beneficioso de la práctica de la natación en sujetos sanos, acorde con las recomendaciones clásicas de los efectos beneficiosos de la práctica de este deporte. Se ha confirmado el aumento de capacidad pulmonar inmediata en nadadores sanos. Dichas conclusiones se han obtenido de forma independiente a las variaciones físico-químicas del agua de las piscinas.

En conclusión, la práctica de natación en piscinas cubiertas parece mejorar de forma significativa los parámetros de función pulmonar en sujetos sanos así como disminución de los niveles de FeNO.

**BIBLIOGRAFÍA**

1. Ponciano K, Miranda MLJ, Homma M et al. Physiological responses during the practice of synchronized swimming: a systematic review. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2017 Feb 6. doi: 10.1111/cpf.12412.
2. Font-Ribera L, Villanueva CM, Nieuwenhuijsen MJ et al. Swimming Pool Attendance, Asthma, Allergies, and Lung Function in the Avon Longitudinal Study of Parents and Children Cohort. *Am J Respir Crit Care Med*. 2011 March 1; 183(5): 582–588.
3. Helenius I, Haahtela T. Allergy and asthma in elite summer sport athletes. *J Allergy Clin Immunol*. 2009 ; 106: 444-52.
4. Bernard A, Carbonnelle S, Michel O et al. Lung hyperpermeability and asthma prevalence in schoolchildren: unexpected associations with the attendance at indoor chlorinated swimming pools. *Occup Environ Med*. 2003; 60: 385-94.
5. Armstrong B, Strachan D. Asthma and swimming pools: statistical issues. *Occup Environ Med*. 2004; 61: 475.
6. Westerlund J, Bryngelsson IL, Löfstedt H et al. Occupational exposure to trichloramine and trihalomethanes: adverse health effects among personnel in habilitation and rehabilitation swimming pools. *J Occup Environ Hyg*. 2018 Oct 18: 1-32.
7. Real Decreto 742/2013, de 27 de septiembre. Criterios técnico-sanitarios de las piscinas. <https://boe.es/boe/dias/2013/10/11/pdfs/BOE-A-2013-10580.pdf>
8. Moreira A, Delgado L, Palmares C et al. Competitive swimmers with allergic asthma show a mixed type of airway inflammation. *Eur Respir J*. 2008 May; 31 (5): 1139-41.
9. Richardson SD, DeMarini DM, Kogevinas M et al. What's in the Pool? A Comprehensive Identification of Disinfection By-products and Assessment of Mutagenicity of Chlorinated and Brominated Swimming Pool Water. *Environ Health Perspect*. 2010 November; 118(11): 1523–1530.
10. Couto M, Santos P, Silva D et al. Exhaled breath temperature in elite swimmers: The effects of a training session in adolescents with or without asthma. *Pediatr Allergy Immunol*. 2015 Sep; 26 (6): 564-70.
11. Kharitonov SA, Gonio F, Kelly C et al. Reproducibility of exhaled nitric oxide measurements in healthy and asthmatic adults and children. *Eur Respir J* 2003; 21: 443-8.
12. Smith AD, Cowan JO, Brasset KP et al. Use of exhaled nitric oxide measurements to guide treatment in chronic asthma. *N Engl J Med* 2005; 352: 2163-73.
13. De Jongste JC, Yesta NO: the first studies on exhaled nitric oxide-driven asthma treatment *Eur Respir J* 2005; 26: 379-81.
14. Lazovic-Popovic B, Zlatkovic-Svenda M, Durmic T et al. Superior lung capacity in swimmers: Some questions, more answers! *Rev Port Pneumol*. 2016 May-Jun;22 (3): 151-6.
15. Shei RJ, Lindley M, Chatham K et al. Effect of flow-resistive inspiratory loading on pulmonary and respiratory muscle function in sub-elite swimmers. *J Sports Med Phys Fitness*. 2016 Apr; 56 (4): 392-8.
16. Araneda OF, Contreras-Briceño F, Cavada G et al. Swimming versus running: effects on exhaled breath condensate pro-oxidants and pH. *Eur J Appl Physiol*. 2018 Nov; 118 (11): 2319-2329.