

RIESGOS PARA LA SALUD DE LA NATACIÓN EN PISCINAS CLORADAS (II) HEALTH RISKS OF SWIMMING IN CHLORINATED SWIMMING POOLS (II)

Salvador Llana¹

Manuel Zarzoso²

Pedro Pérez Soriano¹

¹Dpto. de Educación Física y Deportiva Universidad de Valencia
²Instituto de Biomecánica de Valencia Universidad Politécnica de Valencia

EFFECTOS EN LOS NADADORES DE COMPETICIÓN, TÉCNICOS Y OPERARIOS DE INSTALACIONES ACUÁTICAS

Además de los efectos sobre niños citados en la primera parte de la presente revisión, existen numerosas investigaciones sobre otras poblaciones expuestas a los efectos del cloro y sus DBPs. Así, el asma y la hiperreactividad bronquial ha sido objeto de estudio desde el ámbito de la medicina deportiva por su incidencia en deportistas de alto nivel.

Langdeau, *et al.*⁴⁹ compararon la prevalencia de hiperreactividad de las vías aéreas entre diferentes grupos de deportistas y gente sedentaria. Sus resultados muestran que los nadadores de elite (y en menor medida los sujetos que practicaban deportes de invierno) presentan una mayor prevalencia de hiperreactividad de las vías aéreas que las personas sedentarias de la misma edad. Los autores concluyen que esta mayor prevalencia podía deberse a la prolongada hiperventilación y al incremento en la exposición a agentes alérgicos e irritantes durante los entrenamientos. Weiler y Layton⁵⁰, Weiler y Ryan⁵¹ estudiaron la ocurrencia de asma en deportistas de elite norteamericanos y comprobaron que su incidencia era mayor en las disciplinas de resistencia, como el ciclismo, la natación, el remo o el esquí de fondo, destacando que el ambiente en el cual se desa-

rolla la actividad es un factor importante que puede influir en la aparición de asma o lesiones en las vías aéreas.

Helenius, *et al.*⁵² estudiaron la hiperreactividad bronquial e inflamación de las vías aéreas de un grupo de nadadores, encontrando que la hiperreactividad bronquial estaba presente en el 48% de los nadadores frente al 16% de los sujetos control. También analizaron las características del esputo de los sujetos y comprobaron que la cantidad de leucocitos eosinófilos y neutrófilos era significativamente mayor en los nadadores. Del mismo modo, los nadadores con síntomas de hiperreactividad bronquial mostraban una cantidad de eosinófilos (responsables de reacciones proinflamatorias como las alergias) mayor que aquéllos sin síntomas, así como una hiperreactividad bronquial a la histamina significativamente mayor.

Posteriormente, Helenius y Haathela⁵³ pasaron una serie de pruebas a 738 nadadores de competición, entre los que se incluían 165 de nivel internacional. Los resultados mostraron una elevada incidencia de asma, síntomas respiratorios inducidos por el ejercicio y alergia al polvo, siendo la prevalencia del asma mayor en el grupo de nadadores de nivel internacional (21%); la fiebre del heno fue mencionada por el 19%. Del análisis de los resultados extrajeron que los factores de riesgo más importantes para el asma eran la

CORRESPONDENCIA:

Salvador Llana Belloch
Universidad de Valencia. Departamento de Educación Física y Deportiva. Gascó Oliag, 3. 46010 Valencia
E-mail: salvador.llana@uv.es

Aceptado: 28.08.2007 / Revisión nº 212

edad y la cantidad de entrenamiento en la piscina. Asimismo, una proporción importante de nadadores indicaron también síntomas irritantes en ojos, garganta y dolores de cabeza al nadar en piscinas cubiertas. Estas complicaciones mejoraban cuando se dejaba de nadar durante varios días.

Levesque, *et al.*⁵⁴ compararon la prevalencia de problemas de salud de jóvenes nadadores y jugadores de fútbol, encontrando que la presencia de síntomas respiratorios como tos, irritación de garganta, ojos y otitis externa, era mayor en los nadadores que en los jugadores de fútbol sala.

En el caso de los entrenadores, monitores, socorristas o personal de mantenimiento, la inhalación de DBPs no es despreciable: después de 1 hora de exposición en un ambiente "típico" de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$, se aprecia una concentración de THMs en aire alveolar de $30 \mu\text{g}$ hora.

Massin, *et al.*³³ investigaron la frecuencia de síntomas oculares y respiratorios de socorristas que trabajan en piscinas cubiertas para examinar la relación que tenían éstos con la concentración de tricloraminas. Los resultados indicaron que, con independencia del género, existía una elevada prevalencia de síntomas irritantes en ojos y nariz en los socorristas, y que ésta aumentaba de forma significativa a medida que las concentraciones de tricloramina eran mayores. Además, encontraron una relación directa entre la exposición a la tricloramina y la hiperreactividad bronquial transitoria, lo que sería indicativo de que los socorristas pueden desarrollar el asma como una enfermedad laboral. En esta misma línea, y unos años más tarde, Thickett, *et al.*⁵⁵, detectaron los primeros casos de asma laboral en socorristas. Los resultados de este estudio demostraron que existía una relación entre la exposición a la tricloramina y el desarrollo del asma en personas que trabajan en las piscinas. Este hallazgo es de gran importancia, pues anteriormente se pensaba que sólo provocaban síntomas y molestias pasajeras.

Recientemente Jacobs, *et al.*³⁹, han estimado la exposición laboral a los trihalometanos de una muestra de 624 trabajadores de piscinas cubier-

tas. Los resultados obtenidos indican que estas personas presentan una mayor probabilidad de desarrollar complicaciones relacionadas con las vías aéreas superiores (sinusitis, resfriado crónico e irritación de garganta). Aquellos empleados que, además de trabajar en las piscinas, las utilizaban como bañistas, mostraban un incremento en la aparición de síntomas respiratorios asociados con la rinitis, congestión nasal, estornudos, picor de ojos y ojos llorosos. Además, cuando la temperatura y humedad eran demasiado elevadas, la ventilación era deficiente y los trabajadores reportaban molestias debidas a la presencia de productos químicos, la prevalencia de síntomas respiratorios y alérgicos era de 1,4 a 4,6 veces mayor.

OTROS EFECTOS

Además de los efectos del cloro y sus DBPs arriba descritos sobre el aparato respiratorio, diversos estudios han analizado el efecto sobre otras zonas corporales.

Escartín, *et al.*⁵⁶ estudiaron la incidencia de la aparición de manchas en el esmalte dental entre nadadores de competición. La prevalencia de manchas en los dientes resultó ser mayor en el grupo de los nadadores que en el grupo de control (60,2% en el grupo de nadadores de competición frente a un 12,9% del grupo de control), encontrando una fuerte correlación con la natación de competición: cuantas más horas de entrenamiento por semana en la piscina, mayor era la incidencia de manchas dentales; esta relación no era lineal, sino que se producía un brusco incremento a partir de 6 horas de entrenamiento por semana. Las manchas en los dientes de los nadadores las producen los productos químicos utilizados para la desinfección del agua, pues desnaturalizan proteínas de la saliva, que se depositan como una fina película en la superficie de los dientes. También, la diferencia entre el PH de la saliva (6,5) y el de las piscinas (7,2-7,8) puede producir sustancias inorgánicas que se depositan con las proteínas desnaturalizadas en los dientes, contribuyendo así a la aparición de manchas en el esmalte dental⁵⁷. En la década de 1980 se

detectaron algunos casos de erosión dental en nadadores que se atribuyó al efecto del cloro. Sin embargo, Centerwall, *et al.*⁵⁸ encontraron que la erosión del esmalte dental no era debida al cloro, sino a niveles de pH inferiores a 6,0.

Normalmente, los nadadores experimentan sequedad en la piel o xerosis⁵⁹. En ocasiones se ha detectado la aparición de algún tipo de dermatitis atópica⁶⁰⁻⁶² y por contacto^{63,64}. Menos frecuente es el aumento en la producción de grasa que se conoce como “brillo del nadador”⁶⁵, provocado por una prolongada hiperhidratación de la piel. Sucede entonces que la capa más externa de la epidermis se satura y se cierran los orificios pilosebáceos, obstruyendo el flujo de la grasa al exterior y produciéndose sobrecompensaciones de las glándulas sebáceas. El cloro contribuye estimulando una oclusión de los poros con su efecto irritante sobre los mismos; es entonces cuando el acné, asociado a una piel excesivamente grasa, afecta a las zonas con una mayor concentración de glándulas sebáceas: laterales de la barbilla, pliegues nasolabiales y mejillas.

En lo que se refiere a efectos sobre la nariz y la fisiología nasal, Deitmer y Scheffler⁶⁶ compararon un grupo de nadadores de competición con un grupo de control, encontrando que los nadadores presentaban mayor obstrucción, picores, descarga nasal, sinusitis y alergias. Además, los nadadores hablaban a menudo de “alergia al agua clorada”. Este término ha sido utilizado posteriormente por Bonini, *et al.*⁶⁷ para describir un caso clínico caracterizado por una obstrucción nasal, descarga nasal líquida y estornudos. Los nadadores, sobre todo los de competición, inhalan una gran cantidad de aire inmediatamente por encima de la lámina de agua, lo que puede afectar los procesos fisiológicos de la cavidad rinosinusal, llevando al desarrollo de la “alergia al agua clorada”.

También se ha registrado la relación de la exposición crónica a los compuestos clorados con indicadores del estrés oxidativo en los nadadores. Varraso, *et al.*²⁸ evaluaron la exposición a los DBPs mediante la concentración de cloraminas en el agua de la piscina y de THMs en la sangre

de los nadadores. Los marcadores biológicos de la respuesta a estrés oxidativo fueron Cu₂, Zn₃, SOD, GSH-Px. Los resultados confirmaron que el estrés oxidativo detectado no se debía exclusivamente al ejercicio, si no que una parte se debía a la toxicidad del cloro y sus DBPs. Es este caso, el principal responsable parece ser el cloroformo.

Otras líneas de investigación han tratado de evaluar los posibles riesgos de la exposición al cloroformo sobre la salud de los nadadores⁶⁸. Sin embargo, la concentración más elevada que encontraron en nadadores de competición era unas 10.000 veces inferior a la necesaria para que aparezcan efectos tumorales en animales. Por ello, los autores concluyen que existe un amplio margen de seguridad para los nadadores; no obstante, queda por dilucidar lo que ocurre con la exposición repetida y a largo plazo a este producto.

Aiking, *et al.*⁶⁹ estudiaron los efectos hepatotóxicos y nefrotóxicos de los compuestos clorados en 18 nadadores de competición y encontraron que la microglobulina B2, un indicador del daño renal, era significativamente más elevada en las muestras de orina de los nadadores más jóvenes. Recientemente, Villanueva, *et al.*⁷⁰ han intentado determinar si el riesgo de cáncer de vejiga estaba relacionado con la exposición a los THMs durante la ducha, el baño y en la utilización de piscinas cubiertas, puesto que estudios realizados con el agua para consumo humano así lo habían indicado. Los resultados que obtuvieron apoyan la evidencia experimental y epidemiológica de que los THMs, y posiblemente otros DBPs, están asociados con un riesgo incrementado de cáncer de vejiga, no sólo por el consumo de agua corriente, sino por la ingestión, inhalación y absorción en ambientes cargados como las piscinas.

También se ha achacado al cloro el color blanquecino y/o verdoso del pelo típico de algunos nadadores, en concreto los de pelo rubio, gris o canoso. Se trata de un cambio de pigmentación reversible sin mayor preocupación que la estética, que ocurre por la exposición prolongada al agua de la piscina y la luz solar. La pigmentación blanquecina sí es debida al efecto decolorante

del cloro, sin embargo, la pigmentación verde se debe a los iones de cobre del agua⁶⁵.

ALTERNATIVAS AL CLORO

De entre los diferentes tratamientos químicos de desinfección utilizados, la cloración es, con gran diferencia, el más extendido, a pesar de los problemas para la salud que puede originar y que son el objeto de revisión del presente trabajo. No obstante, existen otros sistemas alternativos que se pueden resumir en los 6 siguientes (los dos últimos son los más recomendables desde el punto de vista de la salud):

- Tratamiento mediante Bromo: químicamente, el bromo es un elemento de la misma familia que el cloro, los halógenos, por lo que tiene unas propiedades químicas similares. Desinfecta por oxidación, si bien, su potencial de oxidación-reducción es menor al del cloro, 1,33 ev frente a 1,36 ev. Su gran ventaja frente al cloro es que, al reaccionar con secreciones humanas se forman unos compuestos, denominados bromaminas, que no irritan tanto ni producen malos olores. Sin embargo, produce unos DBPs cuyos efectos son parecidos a los DBPs producidos por la cloración.
- Tratamiento mediante “oxígeno activo”: por este término se entienden sales de persulfato, donde el lugar del sulfato ha sido sustituido por dos átomos de oxígeno. Es muy efectivo contra las bacterias, pero no tanto con las algas, por lo que se requiere utilizar otro producto para eliminar éstas. Su poder desinfectante se debe a su poder oxidativo. Su gran atractivo es que es inodoro y que es muy poco agresivo con el organismo, por lo que se eliminan las sensaciones de sequedad y tirantez de la piel y de irritación de mucosas.
- Tratamiento mediante clorhidrato de polihexametileno-biguanida (PHMB): a diferencia de los tratamientos previamente citados, este compuesto no desinfecta por oxidación, sino que actúa aglutinando las proteínas de las capas externas de los microorganismos. Es muy efectivo contra las bacterias, pero no contra las algas, por lo que debe complementarse con algún algicida.
- Sistemas electrofísicos (cobre electrolítico y plata electrolítica): a través de la electrólisis, algunas moléculas de agua (H_2O) son divididas en iones OH^- (hidróxilo) y oxígeno atómico (O), que tiene una vida media muy breve. El potencial oxidante de estos dos productos es muy alto, 2,80 ev y 2,42 ev respectivamente. Los iones de cobre (Cu_2^+) y de plata (Ag^+), se combinan con iones OH^- para formar hidróxidos que posteriormente actúan como floculantes, esto es, aglutinando sólidos en suspensión y provocando su precipitación.
- Tratamiento mediante ozono: se trata de un gas compuesto exclusivamente de oxígeno, pero mientras que la molécula de oxígeno que respiramos está formado por dos átomos (O_2), la molécula de ozono es triatómica (O_3). Su poder desinfectante se debe a su poder oxidativo, pues su potencial de oxidación es de 2,07 ev frente a 1,36 ev del cloro. El agua es tratada antes de entrar al vaso de la piscina y, dado que no tiene efecto residual, hay que añadir una pequeña cantidad de cloro a ésta (existen varias opciones para ello). No obstante, el “olor de piscina” causado por los DBPs del cloro, prácticamente desaparece, volviéndose inodora e insabora y desapareciendo la irritación de mucosas y la sequedad y tirantez de la piel.
- Tratamiento mediante rayos ultra violeta (UV): la desinfección por rayos UV no es por contacto químico como en los tratamientos citados con antelación, sino por exposición a un haz de la radiación ultravioleta que, a través del proceso de fotólisis y de fotooxidación, destruye la materia orgánica. De esta manera, mata todo tipo de microorganismos. Al igual que con el ozono, la desinfección se realiza fuera del vaso de la piscina (si bien existen diversas opciones), por lo que al agua de ésta hay que añadirle una pequeña

cantidad de cloro. No obstante, al eliminarse todo tipo de materia orgánica disuelta en agua, desaparecen los malos olores y sabores, además de no irritar ni reseca mucosas, pelo o piel.

Todos estos sistemas de desinfección del agua de piscinas han surgido en las últimas décadas como contrapartida a la cloración, sin embargo, aún no han conseguido desbancarla. Lo que se puede justificar por tres motivos principales: 1) la gran eficacia desinfectante del cloro, 2) la gran optimización y abaratamiento de los sistemas de cloración con casi un siglo de investigación y desarrollo y, también, 3) al desconocimiento y/o a la incertidumbre de utilizar sistemas novedosos⁵⁴.

CONCLUSIONES

La revisión bibliográfica realizada pone de manifiesto los efectos potencialmente peligrosos de la cloración, utilizada en piscinas y ambientes similares, para diversos sistemas funcionales del organismo humano. De entre todos los efectos nocivos reportados, los que afectan al aparato respiratorio son los más notables, tanto, que han dado lugar a la formulación de la “hipótesis de cloro”, según la cual, la asistencia a piscinas cloradas desde edades tempranas es el principal factor ambiental determinante de la aparición de asma en niños. Asimismo, en 2002 se identificaron los primeros casos documentados de asma laboral en socorristas.

Para evitar estos efectos nocivos, lo ideal sería que las piscinas climatizadas utilizaran sistemas de desinfección que produzcan cantidades mínimas de DBPs. Desde este punto de vista, la desinfección por Ozono y por Rayos Ultravioleta parecen ser las más recomendables. Lamentablemente, estos sistemas son más caros que la cloración, por lo que es difícil que se impongan en un periodo corto de tiempo.

En el caso de las piscinas cloradas, la inmensa mayoría, los expertos recomiendan seguir las siguientes indicaciones con el fin de mantener los DBPs en valores lo más bajos posibles:

- Tener un estricto control de las cantidades de productos químicos introducidos a las piscinas. Lo ideal es utilizar sistemas electrónicos que controlan automáticamente la cantidad de desinfectante añadido al agua. Afortunadamente, la época en que el cloro se echaba “a mano” al agua parece haber pasado a la historia en el caso de las piscinas climatizadas cubiertas. Sin embargo, este sistema se sigue utilizando en algunas piscinas descubiertas de verano en las que, si bien la cantidad de DBPs en el ambiente es muy baja al estar al aire libre, puede dar lugar a concentraciones pico de DBPs en el agua muy por encima de lo deseable.
- No elevar en exceso la temperatura del agua. Todos los estudios coinciden en que la concentración de DBPs aumenta paralelamente al incremento de la temperatura. Por ello, que el agua no sobrepase la temperatura de 28°C en los vasos pensados para nadar, parece ser una buena recomendación. En el caso de las bañeras de hidromasaje y similares que tanto están proliferando en las instalaciones acuáticas, la temperatura debe ser superior (además, la turbulencia del agua causada por las burbujas y los chorros de agua, contribuyen a aumentar la cantidad de DBPs). Sin embargo, el criterio sigue siendo válido: mejor 33° C que 35° C. Por otro lado, sería recomendable que los usuarios no permaneciesen en esas instalaciones durante mucho tiempo, 15 minutos parecen más que suficientes para conseguir los beneficios buscados y no inhalar una cantidad excesiva de DBPs.
- Ventilar de forma eficaz los espacios de las instalaciones. Mantener lo más bajo posible los niveles de DBPs en el ambiente pasa por cambiar o depurar el aire del interior de las instalaciones. Sin embargo, no se debe abusar de “abrir las puertas y/o ventanas” para conseguirlo, pues de esta manera entrarán a la instalación gran cantidad de contaminantes del exterior. Lo mejor es disponer de sistemas de ventilación que filtren y acondicionen este aire. Por otro lado, cuando más

espacioso sea el interior de las instalaciones, así como más altos sean los techos, menores serán las concentraciones de DBPs en el aire.

- Que los bañistas respeten una estricta higiene antes de entrar al agua. Ésta es una de las principales recomendaciones, pues los DBPs se forman por la interacción del cloro con los contaminantes introducidos por los bañistas. Para cumplir este requisito hay que: (a) ducharse a conciencia antes de entrar al agua, especialmente si se viene de practicar otra actividad (gimnasio, ciclismo, carrera a pie, etc.), (b) usar bañadores limpios y que no han sido utilizados para realizar otras actividades, esto es especialmente importante en el caso de los varones que los utilizan para otras actividades, (c) usar el gorro de baño y no quitárselo dentro de la piscina y (d) no escupir o sonarse la nariz dentro del agua.

Si se cumplen estas recomendaciones, se garantizará que la concentración de DBPs estén dentro de niveles tolerables, con lo que la práctica de la natación seguirá siendo una de las actividades más recomendables para tener una “salud de hierro”.

RESUMEN

La Natación es un tipo de actividad recomendada para mantener la condición física y para prevenir-tratar determinadas patologías del aparato locomotor, circulatorias y pulmonares. Sin embargo, en los últimos años se han publicado trabajos que alertan sobre el peligro que puede suponer la práctica natatoria en piscinas cloradas. El cloro, además de desinfectar, reacciona con los compuestos orgánicos presentes en el agua, produciéndose productos potencialmente peligrosos para la salud, conocidos como subproductos de la desinfección (DBPs en terminología internacional). Estos DBPs entran al organismo por tres vías: ingestión de agua, inhalación y contacto dermal. Los más importantes son los trihalometanos, de entre los que destaca el cloroformo, y las cloraminas, principalmente la tricloramina. Los problemas agudos por una

exposición accidental al cloro y sus DBPs se conocen desde hace décadas, sin embargo, sus efectos de carácter crónico se conocen sólo desde principios del s. XXI. Así, diversos estudios relacionan la asistencia a piscinas cloradas con la prevalencia de jadeos, asma y fiebre del heno, lo que ha dado lugar a enunciar la “Hipótesis del cloro”: postula que el aumento de asma en el mundo desarrollado puede ser debido a la exposición de los niños a los DBPs que contaminan el aire de las piscinas cubiertas. Además, y por primera vez, ha sido aceptado el asma inducido por los DBPs como una enfermedad laboral en trabajadores de piscinas. Para limitar estos efectos negativos, es necesario (a) tener un estricto control de las cantidades de productos químicos introducidos a las piscinas, (b) no elevar en exceso la temperatura del agua, (c) ventilar de forma eficaz los espacios de las instalaciones y (d) que los bañistas respeten una estricta higiene antes de entrar al agua. No obstante, la mejor manera de evitar estos problemas es utilizando sistemas de desinfección diferentes a la cloración.

Palabras clave: Natación. Cloración. Productos debidos a la desinfección. Cloraminas. Trihalometanos.

SUMMARY

Swimming is a recommended activity to achieve a good health level and to prevent certain pathologies of the circulatory, pulmonary and locomotive apparatus. But recently, some investigations have focused on the potential danger that chlorinated swimming pools can suppose to swimmers. Chlorine reacts with organic compounds that are in the water, taking place the formation of potentially dangerous products for health, known as disinfection by-products (DBPs). DBPs enter the human body by three ways: water ingestion, inhalation and dermal contact. The most important of these DBPs are Trihalomethanes, as chloroform, and the chloramines, mainly trichloramine. Acute problems by an accidental exposition to chlorine and its DBPs have been reported years ago, nevertheless, their chronic effects are known from principles

of the 21st century. Recent studies connect the attendance to chlorinated swimming pools with the prevalence of panting, asthma and hay fever, which has given rise to the so called "Chlorine Hypothesis": this hypothesis postulates that the increase of asthma in developed countries can be explained due to the effect of DBPs present in chlorinated swimming pools. In order to limit their negative effects, it is necessary (a) to control

the amount of chemical agents used in swimming pools, (b) not to elevate in excess water temperature, (c) an effective ventilation and (d) to keep an eye on swimmer's hygiene. However, the best way to avoid these problems is using different disinfection systems from chlorination.

Key words: Swimming. Chlorination. Disinfection by-products. Chloramines. Trihalomethanes.

B I B L I O G R A F Í A

1. **Llana S.** *Historia de la Natación*. Conferencia invitada. Universidad Católica de Valencia 2005.
2. **Wynman N.** *Colymbetes, Sive de Arte Natandi Dialogus et Festivus et Lucundus Lectu*. Ingolstadt 1538.
3. **Muths G.** *Kleines Lehrbuch der Schwimmkunst zum Selbstunterrichte*. Weimar: Verlage des Industrie-Comptoire 1798.
4. **Holbein MA.** *Swimming*. Londres: Bloomsbury Publishing PLC. Edición Facsimilie 1914.
5. **Parr B.** *London Medical Dictionary*. Londres: Mitchell, Ames and White 1819.
6. **Duffield MH.** *Exercise in Water*. Londres: Bailliere Tindall 1976.
7. **Avellini BA, Shapiro Y, Pandolf KB.** Cardiorespiratory physical training in water and on land. *Eur J Appl Physiol* 1983;50:255-63.
8. **Nemery B, Hoet PH, Nowak D.** Indoor swimming pools, water chlorination and respiratory health. *Eur Respir J* 2002;19(5):790-3.
9. **Batjer K, Cetinkaya M, Duszeln J, Gabel B, Lahl U, Stachel B, Thiemann W.** Chloroform emission into urban atmosphere. *Chemosphere* 1980;9:311-6.
10. **Rook J.** Formation of haloforms during chlorination of natural waters. *Water Treat Exam* 1974;23:234-43.
11. **Rook J.** Haloforms in drinking water. *J. Am. Water Works Assoc* 1976;68:168-72.
12. **Rook J.** Chlorination reactions of fulvic acids in natural waters. *Environ Sci Technol* 1977;11:478-82.
13. **Aggazzotti G, Fantuzzi G, Righi E, Predieri G.** Environmental and biological monitoring of chloroform in indoor swimming pools. *J Chromatogr A* 1995;710(1):181-90.
14. **Chu H, Nieuwenhuijsen MJ.** Distribution and determinants of trihalomethane concentrations in indoor swimming pools. *Occup Environ Med* 2002;59(4):243-7.
15. **Evans O, Cantú R, Bahymer TD, Kryak DD, Dufour AP.** A pilot study to determine the water volume ingested by recreational swimmers. Annual Meeting of the Society for Risk Analysis, Seattle, Washington, 2-5 December 2001. En: WHO. *Guidelines for safe recreational water environments. Vol II. Swimming pools and similar environments*. Génova: World Health Organization 2006.
16. **Drobnic F, Freixa A, Casan P, Sanchis J, Guardino X.** Assessment of chlorine exposure in swimmers during training. *Med. Sci. Sports. Exerc.* 1996;28(2):271-4.
17. **Sandel BB.** Disinfection by-products in swimming pools and spas. Olin Corporation Research Center (Informe CNHC-RR-90-154). 1990. En: WHO. *Guidelines for safe recreational water environments. Vol II. Swimming pools and similar environments*. Génova: World Health Organization 2006.
18. **Fantuzzi G, Righi E, Predieri G, Ceppelli G, Gobba F, Aggazzotti G.** Occupational exposure

- to trihalomethanes in indoor swimming pools. *Sci. Total Environ.* 2001;264(3):257-65.
19. **Erdinger L, Kuhn KP, Kirsch F, Feldhues R, Frobel T, Nohynek B, Gabrio T.** Pathways of trihalomethane uptake in swimming pools. *Int. J. Hyg. Environ. Health.* 2004;207(6):571-5.
 20. **Raykar PV, Fung MC, Anderson BD.** The role of protein and lipid domains in the uptake of solutes by human stratum corneum. *Pharmacol. Res* 1988;5(3):140-50.
 21. **WHO.** *Guidelines for safe recreational water environments.* Vol II. Swimming pools and similar environments. Génova: World Health Organization 2006.
 22. **Rakestraw LF.** A comprehensive study on disinfection conditions in public swimming pools in Pinellas County, Florida. Presentado en la NSPI International Expo, New Orleans, 1994. En: WHO. *Guidelines for safe recreational water environments.* Vol II. *Swimming pools and similar environments.* Génova: World Health Organization 2006.
 23. **Kim H, Shim J, Lee S.** Formation of disinfection by-products in chlorinated swimming pool water. *Chemosphere.* 2002;46(1):123-30.
 24. **Jandik J.** Studies on decontamination of swimming pool water with consideration of ozonation of nitrogen containing pollutants. Munich, Technical University Munich, 1977. En: WHO. *Guidelines for safe recreational water environments.* Vol II. *Swimming pools and similar environments.* Génova: World Health Organization 2006.
 25. **Taras MJ.** Effect of free residual chlorination on nitrogen compounds in water. *J. Am. Water Works Assoc* 1953;45:4761.
 26. **Isaak RA, Morris JC.** Rates of transfer of active chlorine between nitrogenous substrates. En: Jolley RL. *Water chlorination* Vol. 3. Michigan: *Ann Arbor Science Publishers* 1980.
 27. **Zwiener C, Richardson SD, De Marini DM, Grummt T, Glauner T, Frimmel FH.** Drowning in disinfection byproducts? Assessing swimming pool water. *Environ. Sci. Technol* 2007;41(2):363-72.
 28. **Varraso R, Massin N, Hery M, Fradier-Dusch M, Michaely JP, Fournier M, Hubert G, Biette P, Rieger B, Berthelin A, Hecht G, Nadif R.** Not only training but also exposure to chlorinated compounds generates a response to oxidative stimuli in swimmers. *Toxicol. Ind. Health.* 2002;18(6):269-78.
 29. **Aggazzotti G, Fantuzzi G, Righi E, Predieri G.** Blood and breath analyses as biological indicators of exposure to trihalomethanes in indoor swimming pools. *Sci. Total Environ* 1998;217(1-2):155-63.
 30. **Lahl U, Batjer K, Duszeln JV, Gabel B, Stachel B.** Distribution and Balance of Volatile Halogenated Hydrocarbons in the Water and Air of Covered Swimming Pools Using Chlorine for Water Disinfection. *Water Res* 1981;15(7):803-14.
 31. **IARC.** *Monographs on the evaluation of carcinogenic risk to humans.* Complete list of agents evaluated and their classification. (consultado 2104/2007), disponible en: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/index.php>.
 32. **Lévesque B, Ayotte P, Le Blanc A, Dewailly E, Prud'Homme D, Lavoie R, Allaire S, Levallois P.** Evaluation of Dermal and Respiratory Chloroform Exposure in Humans. *Environ. Health Perspect.* 1994;102(12):1082-7.
 33. **Massin N, Bohadana AB, Wild P, Hery M, Toamain JP, Hubert G.** Respiratory symptoms and bronchial responsiveness in lifeguards exposed to nitrogen trichloride in indoor swimming pools. *Occup. Environ. Med.* 1998;55(4):258-63.
 34. **Holzwarth G, Balmer RG, Soni L.** The fate of chlorine and chloramines in cooling towers. *Water Res.* 1984;18:1421-7.
 35. **Kirk RE, Othmer DF.** *Encyclopedia of chemical technology*, 4th ed. Vol. 5. New York: John Wiley & Sons 1993;916.
 36. **Hery M, Hecht G, Gerber JM, Gendree JC, Hubert G, Rebuffaud J.** Exposure to chloramines in the atmosphere of indoor swimming pools. *Ann. Occup. Hyg.* 1995;39:427-39.
 37. **Bernard A, Carbonnelle S, Michel O, Higué S, De Burbure C, Buchet JP, Hermans C, Dumont X, Doyle I.** Lung hyperpermeability and asthma prevalence in schoolchildren: unexpected associations with the attendance at indoor chlorinated swimming pools. *Occup Environ Med* 2003;60(6):385-94.
 38. **Nickmilder M, Bernard A.** Ecological association between childhood asthma and availability of indoor chlorinated swimming pools in Europe. *Occup Environ Med* 2007;64(1):37-46.
 39. **Jacobs JH, Spaan S, van Rooy GB, Meliefste C, Zaat VA, Rooyackers JM, Heederik D.** Exposure to trichloramine and respiratory symptoms in indoor swimming pool workers. *Eur Respir J* 2007;29(4):690-8.

40. Clemens M, Scholer HF. Halogenated organic compounds in swimming pool waters. *Zentralbl Hyg. Umweltmed* 1992;193(1):91-8.
41. Kim H, Weisel CP. Dermal absorption of dichloro- and trichloroacetic acids from chlorinated water. *J Expo Anal Environ Epidemiol* 1998;8(4):555-75.
42. Agabiti N, Ancona C, Forastiere F, Di Napoli A, Lo Presti E, Corbo GM, D'Orsi F, Perucci CA. Short term respiratory effects of acute exposure to chlorine due to a swimming pool accident. *Occup Environ Med* 2001;58:399-404.
43. Decker WJ. Chlorine poisoning at the swimming pool revisited: anatomy of two minidisasters. *Vet Hum Toxicol* 1988;30(6):584-5.
44. Bonetto G, Corradi M, Carraro S, Zanconato S, Alinovi R, Folesani G, Da Dalt L, Mutti A, Baraldi E. Longitudinal monitoring of lung injury in children after acute chlorine exposure in a swimming pool. *Am J Respir Crit Care Med*.2006;174(5):545-9.
45. Lagerkvist BJ, Bernard A, Blomberg A, Bergstrom E, Forsberg B, Holmstrom K, Karp K, Lundstrom NG, Segerstedt B, Svensson M, Nordberg G. Pulmonary epithelial integrity in children: relationship to ambient ozone exposure and swimming pool attendance. *Environ Health Perspect* 2004;112(17):1768-71.
46. Bernard A, Carbonnelle S, de Burbure C, Michel O, Nickmilder M. Chlorinated pool attendance, atopy, and the risk of asthma during childhood. *Environ. Health Perspect.* 2006;114(10):1567-73.
47. Nystad W, Nja F, Magnus P, Nafstad P. Baby swimming increases the risk of recurrent respiratory tract infections and otitis media. *Acta Paediatr* 2003;92(8):905-9.
48. Bernard A, Nickmilder M. Respiratory health and baby swimming. *Arch Dis Child* 2006;91(7):620-1.
49. Langdeau JB, Turcotte H, Bowie DM, Jobin J, Desgagne P, Boulet LP. Airway hyperresponsiveness in elite athletes. *Am. J. Respir. Crit Care Med* 2000;161(5):1479-84.
50. Weiler JM, Layton T, Hunt M. Asthma in United States Olympic athletes who participated in the 1996 Summer Games. *J. Allergy. Clin. Immunol.* 1998;102(5):722-6.
51. Weiler JM, Ryan EJ. Asthma in United States olympic athletes who participated in the 1998 olympic winter games. *J. Allergy Clin. Immunol.* 2000;106(2):267-71.
52. Helenius IJ, Ryttilä P, Metso T, Haahtela T, Venge P, Tikkanen HO. Respiratory symptoms, bronchial responsiveness and cellular characteristics of induced sputum in elite swimmers. *Allergy* 1998;53:346-52.
53. Helenius I, Haahtela T. Allergy and asthma in elite summer sport athletes. *J. Allergy. Clin. Immunol.* 2000;106(3):444-52.
54. Levesque B, Duchesne JF, Gingras S, Lavoie R, Prud'Homme D, Bernard E, Boulet LP, Ernst P. The determinants of prevalence of health complaints among young competitive swimmers. *Int. Arch. Occup. Environ. Health.* 2006;80(1):32-9.
55. Thickett KM, McCoach JS, Gerber JM, Sadhra S, Burge PS. Occupational asthma caused by chloramines in indoor swimming-pool air. *Eur. Respir. J.* 2002;19(5):827-32.
56. Escartin JL, Arnedo A, Pinto V, Vela MJ. A study of dental staining among competitive swimmers. *Community Dent. Oral Epidemiol.* 2000;28(1):10-7.
57. Rose K, Carey CM. Intensive swimming: can it affect your patient's smiles? *J. Am. Dent. Assoc.* 1995;126:1402-6.
58. Centerwall BS, Armstrong CW, Funkhouser LS, Elzay RP. Erosion of dental enamel among competitive swimmers at a gas-chlorinated swimming pool. *Am. J. Epidemiol.* 1986;123(4):641-7.
59. Freiman A, Barankin B, Elpern DJ. Sports dermatology part 2: swimming and other aquatic sports. *CMAJ* 2004;171(11):1339-41.
60. Lewis-Jones S. Quality of life and childhood atopic dermatitis: the misery of living with childhood eczema. *Int. J. Clin. Pract.* 2006;60(8):984-92.
61. Kiken DA, Silverberg NB. Atopic dermatitis in children, part 1: epidemiology, clinical features, and complications. *Cutis* 2006;78(4):241-7.
62. US Department of Health and Human Services. Handout on health: atopic dermatitis. Maryland: US Department of Health and Human Services 1999;16.
63. Pardo A, Nevo K, Vigiser D, Lazarov A. The effect of physical and chemical properties of swimming pool water and its close environment on the development of contact dermatitis in hydrotherapists. *Am. J. Ind. Med.* 2007;50(2):122-6.
64. Lazarov A, Nevo K, Pardo A, Fromm P. Self-reported skin disease in hydrotherapists working in swimming pools. *Contact Dermatitis* 2005;53(6):327-31.

65. **Basler RS, Basler GC, Palmer AH, Garcia MA.** Special skin symptoms seen in swimmers. *J Am Acad. Dermatol.* 2000;43:299-305.
66. **Deitmer T, Scheffler R.** Nasal physiology in swimmers and swimmers' sinusitis. *Acta Otolaryngol.* 1990;110(3-4):286-91.
67. **Bonini S, Bonini M, Bousquet J, Brusasco V, Canonica GW, Carlsen KH, et al.** Rhinitis and asthma in athletes: an ARIA document in collaboration with GALEN. *Allergy* 2006;61(6):681-92.
68. **Levesque B, Ayotte P, Tardif R, Charest-Tardif G, Dewailly E, Prud'Homme D, et al.** Evaluation of the health risk associated with exposure to chloroform in indoor swimming pools. *J Toxicol. Environ. Health A.* 2000;61(4):225-43.
69. **Aiking H, van Acker MB, Scholten RJ, Feenstra JF, Valkenburg HA.** Swimming pool chlorination: a health hazard? *Toxicol. Lett.* 1994;72(1-3):375-80.
70. **Villanueva CM, Cantor KP, Grimalt JO, Malats N, Silverman D, Tardon A, et al.** Bladder cancer and exposure to water disinfection by-products through ingestion, bathing, showering, and swimming in pools. *Am. J. Epidemiol.* 2007;165(2):148-56.