

ARTÍCULO ESPECIAL

El ahogamiento: epidemiología, prevención, fisiopatología, reanimación de la víctima ahogada y tratamiento hospitalario

Cristian Abelairas-Gómez^{1,2}, Michael J. Tipton³, Violeta González-Salvado^{2,4}, Joost J. L. M. Bierens⁵

El objetivo de esta revisión narrativa fue elaborar un documento que trate los aspectos clave del ahogamiento de acuerdo con la evidencia científica disponible. El ahogamiento se define como el proceso de sufrir dificultades respiratorias por sumersión/inmersión en un líquido. El tiempo de sumersión es un factor clave en la supervivencia y daño neurológico. Aunque el distrés respiratorio e hipoxia es el cuadro predominante, pueden presentarse otras complicaciones que afecten a distintos sistemas y aparatos. El ahogamiento es una de las principales causas de muerte accidental en el mundo. Sin embargo, la mortalidad por ahogamiento está infraestimada y la morbilidad desconocida. La prevención es el factor clave para la reducción de la mortalidad y morbilidad, pero si esta falla, la rapidez y calidad del tratamiento tanto prehospitalario como hospitalario determinarán el pronóstico. Por tanto, resulta fundamental conocer los factores y mecanismos particulares implicados en esta emergencia.

Palabras clave: Factores de riesgo. Mortalidad. Síndrome de dificultad respiratoria del adulto. Parada cardíaca. Manejo de atención al paciente. Reanimación cardiopulmonar. Pronóstico. Supervivencia.

Drowning: epidemiology, prevention, pathophysiology, resuscitation, and hospital treatment

This narrative review discusses the evidence relevant to key aspects of drowning, which is defined by the World Health Organization as the process of respiratory difficulty caused by submersion/immersion in liquid. The length of time the victim is submerged is a key factor in survival and neurologic damage. Although respiratory distress and hypoxia are the main events, other complications affecting various systems and organs may develop. Drowning is one of the main causes of accidental death worldwide, yet deaths from drowning are underestimated and morbidity is unknown. Prevention is essential for reducing both mortality and morbidity, but if prevention fails, the speed of access to and the quality of prehospital and hospital care will determine the prognosis. It is therefore essential to understand the factors and mechanisms involved in these emergencies.

Keywords: Risk factors. Mortality. Respiratory distress syndrome, adult. Cardiac arrest. Case management. Cardiopulmonary resuscitation. Prognosis. Survival.

“Cada hora, de cada día, más de 40 personas pierden la vida por ahogamiento”. Así da comienzo el Informe Mundial sobre Ahogamientos de 2014 de la Organización Mundial de la Salud (OMS), que señala que el ahogamiento está entre las diez principales causas de muerte en niños y jóvenes en casi todas las regiones del mundo¹.

El ahogamiento es una causa de muerte que se asoció con menores índices de financiación y publicaciones de lo estimado en base a su mortalidad², lo que se traduce en una marcada discrepancia entre la relevancia del problema y el todavía escaso volumen de información disponible. Afortunadamente, el número de publicaciones e iniciativas dirigidas a aumentar el conocimiento sobre esta importante causa de muerte y prevenirla está aumentando, e incluso se ha llegado a crear la denominada Cadena de Supervivencia del Ahogamiento³. Esta

revisión de la literatura pretende aunar en un mismo documento los principales factores que se deben considerar en el estudio del ahogamiento de acuerdo con la evidencia actual: epidemiología, prevención, fisiopatología y tratamiento de la víctima ahogada.

Epidemiología

El ahogamiento es una de las principales causas de muerte no intencional en el mundo. Cada año se registran alrededor de 372.000 muertes, de las cuales el 90% se producen en países en vías de desarrollo según la estadística de la OMS basada en los códigos de la Clasificación Internacional de las Enfermedades (CIE)¹. El cambio de la novena a la décima versión de la CIE, sus posteriores revisiones y la inclusión de un cuarto ca-

Filiación de los autores:

¹Grupo de Investigación CLINURSID y Facultad de Ciencias de la Educación, Universidade de Santiago de Compostela, España.

²Instituto de Investigación Sanitaria (IDS) de Santiago de Compostela, España.

³Extreme Environments Laboratory, Department of Sport and Exercise Science, University of Portsmouth, Portsmouth, Reino Unido.

⁴Servicio de Cardiología, Complejo Hospitalario Universitario de Santiago, CIBER-CV, Universidade de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela, España.

⁵Research Group Emergency and Disaster Medicine, Vrije Universiteit Brussel, Bruselas, Bélgica.

Autor para correspondencia:

Cristian Abelairas-Gómez
Facultad de Ciencias de la Educación, Universidade de Santiago de Compostela
Av/Xoán XXIII, s/n.
15782 Santiago de Compostela, A Coruña, España

Correo electrónico:

cristianabelairasgomez@gmail.com

Información del artículo:

Recibido: 29-01-2019

Aceptado: 30-03-2019

Online: 1-7-2019

Editor responsable:

Juan González del Castillo

Tabla 1. Número de fallecimientos en España en 2016 y 2017 relacionados con ahogamiento y sumersión

	2016			2017		
	M	H	Total	M	H	Total
V90-V94 Accidente por transporte de agua	0	10	10	3	21	24
V90 Accidente de embarcación que causa ahogamiento y sumersión	0	7	7	3	16	19
V92 Ahogamiento y sumersión relacionados con transporte por agua, sin accidente a la embarcación	0	3	3	0	5	5
W65-74 Ahogamiento y sumersión accidentales	95	344	439	88	387	475
W65 Mientras se está en la bañera	2	1	3	0	1	1
W67 Mientras se está en una piscina	11	8	19	10	21	31
W68 Caída en una piscina	0	4	4	5	10	15
W69 Mientras se está en aguas naturales	32	110	142	33	134	167
W70 Posterior a caída en aguas naturales	0	31	31	4	45	49
W73 Otros ahogamientos y sumersiones especificados	0	12	12	4	23	27
W74 Ahogamiento y sumersión no especificados	50	178	228	32	153	185
X71 Lesión autoinfligida intencionalmente por ahogamiento y sumersión	43	73	116	44	62	106
X92 Agresión por ahogamiento y sumersión	0	0	0	0	1	1
Y21 Ahogamiento y sumersión, de intención no determinada	1	1	2	1	1	2
Total	139	428	567	136	472	608

H: hombres; M: mujeres.

rácter en los códigos de registro sobre la localización del evento supusieron un aumento sustancial de la precisión del registro de mortalidad por ahogamiento. Aun así, en un estudio que analizó 52 países, solamente 23 utilizaban la CIE-10 con el cuarto carácter⁴. En otro en el que se analizaron 69 países, muchas de las muertes por ahogamiento fueron registradas con códigos que hacían referencia a situaciones o lugares no especificados, poniendo en duda la calidad de la información reportada en 1 de cada 7 países⁵. La propia OMS reconoce que la mortalidad por ahogamiento está subestimada y puede suponer un 50% más de lo registrado en países desarrollados y multiplicarse por cinco en países en vías de desarrollo¹.

En España, el Instituto Nacional de Estadística (INE) ha informado de un total de 5.848 muertes por “ahogamiento, sumersión y sofocación accidentales” entre 2016 y 2017, de las que 1.175 estuvieron relacionadas concretamente con la sumersión (Tabla 1). Sin embargo, el número de muertes y el sistema de clasificación de la CIE podrían ser insuficientes para conocer exactamente la epidemiología debido a una escasa información en informes médicos, entrenamiento insuficiente del servicio forense o falta de recursos⁵. Además, España es uno de los países con peor calidad de registro respecto al cuarto carácter de la CIE-10⁴ por razones como la complejidad de los procedimientos por los que circula la información, desde el suceso hasta su registro final, y al tiempo entre la autopsia y los resultados definitivos⁶. Según los datos del INE, más del 25% de las muertes registradas ocurrieron “en lugar no especificado”, lo que sumado a los eventos categorizados como “otros ahogamientos y sumersiones no especificados”, resulta en una falta de información relevante en casi la mitad de los casos. Otros informes epidemiológicos sobre ahogamiento en España han considerado solamente noticias de prensa⁷ o no han tenido en cuenta todos los eventos de ahogamiento⁸. En cambio, ciertas investigaciones han intentado profundizar en la descripción del perfil de la víctima ahogada, como un estudio multicéntrico de 21 servicios de urgen-

cias hospitalarias españolas que identificó a los menores de 6 años como subgrupo de riesgo dentro de los menores de edad⁹. No obstante, este tipo de estudios no es habitual.

Con base en la literatura internacional, tres variables parecen influir en el número de muertes por ahogamiento: edad, sexo y localización del suceso. En este sentido, los hombres tienen el doble de probabilidades de ahogarse que las mujeres, más de la mitad de las víctimas son menores de 25 años y la mortalidad en países de bajos ingresos triplica la de países de altos ingresos¹. Sin embargo, siendo el ahogamiento un evento multifactorial, su epidemiología es variable en cada país. Así, el suicidio fue la causa del 36% de los ahogamientos entre 1988 y 2012 en Irlanda¹⁰; entre 2008 y 2012 en Canadá, en el 65,6% de los ahogamientos relacionados con accidentes de navegación no se portaba ningún material de flotación¹¹; el consumo de alcohol estuvo presente en más del 70% de los ahogamientos no intencionales entre 1970 y 2000 en Finlandia¹²; y las personas mayores de 65 años supusieron el 17,3% de los ahogamientos en Australia entre 2002 y 2012¹³. Incluso se ha mostrado que la epilepsia multiplica el riesgo de ahogamiento hasta diez veces¹⁴. Esta heterogeneidad en los determinantes epidemiológicos pone de manifiesto la necesidad de sistemas de registro adecuados que permitan una mayor precisión. Sin embargo, un estudio que registró los ahogamientos en piscinas en Francia mostró que hasta nueve servicios diferentes se encargaban de registrar la información, hecho que dificulta una evaluación rigurosa sobre el número y causas de ahogamiento¹⁵.

La unificación de las herramientas de registro y colaboración de diferentes estamentos locales, nacionales e internacionales contribuiría enormemente a una mayor precisión sobre el conocimiento epidemiológico del ahogamiento. En un intento de mejorar la calidad del registro, las recomendaciones para el registro de datos de reanimaciones causadas por ahogamiento (estilo Utstein) contemplan en su última actualización la inclu-



Figura 1. Medidas preventivas propuestas por la Organización Mundial de la Salud. Figura de la referencia 1, usada con el permiso de la Organización Mundial de la Salud.

sión de casos de pacientes tratados únicamente por primeros intervinientes y aquellos en los que no ha sido necesaria derivación hospitalaria¹⁶.

Prevención del ahogamiento

La mayoría de las muertes por ahogamiento podrían evitarse con medidas preventivas¹, consideradas clave para la lucha contra esta causa de muerte (Figura 1). La escasa educación sobre prevención y seguridad acuática constituye uno de los mayores riesgos, por lo que la formación en técnicas básicas de natación, seguridad en el medio acuático y salvamento en edad escolar se han señalado como medidas prioritarias¹⁷. La enseñanza única de técnicas de natación podría aumentar el riesgo de ahogamiento debido al incremento de la exposición al agua y a un exceso de confianza que impulsaría a nadar en lugares peligrosos¹⁸. La inclusión de estos contenidos en el currículo escolar facilitaría llegar a gran parte de la población, pero requiere un aumento del presupuesto destinado a la educación y la modificación de las estructuras establecidas. Algunos ejemplos son Suiza, donde tras diez años de negociaciones con el Ministerio de Educación se consiguió su implantación en la mayoría de los cantones de habla germana¹⁹, o Bangladesh, donde se formó a unos 100.000 niños de 1 a 12 años con un balance económico positivo comparando el coste del programa de formación y el coste derivado de la mortalidad y morbilidad²⁰. Esto fue posible gracias al programa PRECISE (Prevention of Child Injury through Social-Intervention and Education), cuyas acciones más destacables fueron el aumento de la supervisión de niños de 1-5 años, la enseñanza de natación y técnicas básicas de rescate a la población de 4-12 años y la puesta en marcha de programas de educación comunitaria²⁰.

Al mismo tiempo, formar a la población en técnicas de dominio del medio acuático y socorrismo podría contribuir a reducir las muertes por ahogamiento tanto de víctimas como de rescatadores potenciales^{17,21-23}. No son infrecuentes los casos de personas sin deber asistencial que fallecen intentando rescatar a una víctima, en los que un exceso de confianza, la carencia de formación para valorar todos los factores de la escena y el desconocimiento de técnicas de rescate constituyen una combinación peligrosa. Entre 2002 y 2007 murieron en Australia 27 personas intentando rescatar a víctimas que se estaban ahogando²¹; en 2009 en Turquía 31 personas²² y en 2013 en China más de 50²³. Estos datos contrastan con los de un estudio holandés que documenta que entre 1999 y 2004, 503 personas sin el deber de asistir rescataron con éxito a 343 víctimas²⁴. Como apuntan los autores, el hecho de que en Holanda más de un 90% de los niños aprendan a nadar podría ser un factor clave que explicase este éxito.

Además de la formación de la población general, el adiestramiento adecuado del colectivo encargado de velar por la seguridad en espacios acuáticos, los socorristas, acompañado de la investigación que persiga la mejor formación basada en la evidencia, resulta fundamental. En España, la formación en socorrismo ha comenzado a regularse recientemente, aunque de forma heterogénea. Esto supone que, mientras en algunas comunidades como Galicia y Cataluña los contenidos y la duración de la formación se encuentran prestablecidos y controlados, en otras regiones estos aspectos dependen exclusivamente del criterio de la entidad formadora.

Otra medida considerada de gran importancia, sobre todo en edades tempranas, es la instalación de barreras que limiten el acceso a zonas acuáticas. Se estima que el 75% de las muertes de niños pequeños en piscinas podría evitarse con una valla que rodease la piscina¹⁷. Esta medida debería complementarse con la su-

pervisión de los niños por los padres²⁵. En un estudio realizado en España, uno de cada 5 niños ahogados no estaba vigilado, y en 2 de cada 3 casos en que sí, se admitió un descuido en la supervisión⁹.

El consumo de bebidas alcohólicas u otras drogas supone otro factor de riesgo principal¹, pues incrementa el número de conductas imprudentes y reduce la capacidad para nadar y mantenerse a flote debido a sus efectos sobre las funciones psicomotora y cognitiva. Además, este consumo podría desencadenar mecanismos potencialmente fatales en esta situación, como arritmias²⁶. El alcohol y la ausencia de materiales de flotación son factores particularmente asociados a las muertes por ahogamiento en accidentes con embarcaciones²⁷. Por ello, son necesarias políticas y legislación que establezcan y apliquen reglamentos para garantizar la seguridad en este contexto¹⁷.

El progreso en la prevención del ahogamiento requiere de voluntad política y asistencia técnica. De este modo, un plan nacional de seguridad en el agua, junto con la integración de estos contenidos en el currículo escolar, serían una gran contribución en la lucha contra el ahogamiento. En España, las campañas de prevención nacen de iniciativas de entidades estrechamente relacionadas con el medio acuático o el socorrismo, que deberían contar con más apoyo gubernamental que las dotase de mayor financiación y difusión.

Fisiopatología del ahogamiento

En el Congreso Mundial de Ahogamiento (Ámsterdam, Holanda, 2002) se definió el ahogamiento como "el proceso de sufrir dificultades respiratorias por sumersión/inmersión en un líquido"²⁸. Si la persona es rescatada, se interrumpe el proceso de ahogamiento y sobrevive, se denomina ahogamiento no mortal; si muere en cualquier momento del proceso se hablaría, en cambio, de ahogamiento mortal²⁹.

La fisiopatología del ahogamiento se relaciona con dos conceptos: la inmersión (vías respiratorias superiores por encima de la superficie del agua) y la sumersión (vías respiratorias superiores por debajo de la superficie del agua). Ambos eventos también se diferencian en las respuestas fisiológicas que desencadenan³⁰. La inmersión desencadena una serie de respuestas cardiorrespiratorias ligadas a cambios en las temperaturas central y periférica, las cuales dependen de la temperatura del agua de inmersión. La sumersión se relaciona con otra serie de respuestas cardiorrespiratorias y del sistema nervioso autónomo, además de las derivadas de la hipoxia por eventual aspiración de agua, que marca en gran medida la fisiopatología. En su versión más simple, el ahogamiento es un problema respiratorio derivado de la inmersión/sumersión en un líquido que hace que el ritmo de un corazón sano se reduzca gradualmente hasta detenerse por hipoxia tisular. Sin embargo, la complejidad de la fisiopatología del ahogamiento, cómo responde el organismo durante la inmersión y la sumersión y los mecanismos de reanimación más apro-

piados conforman un campo que todavía requiere de mayor estudio.

Cuando una persona no es capaz de mantener las vías respiratorias fuera del agua, el agua que entra en la cavidad oral puede ser expulsada o bien ingerida²⁹. Aunque la siguiente respuesta consciente consiste en aguantar la respiración, con el paso del tiempo la musculatura respiratoria es estimulada por la hipercapnia (aumento en la concentración de CO₂) y la hipoxemia (disminución de O₂) hasta producirse involuntariamente la respiración³⁰. Tras esta respiración refleja que permite la entrada de agua a los pulmones por la vía aérea, se desencadenan dos mecanismos involuntarios de defensa: la tos y el laringoespasma. Este último ha sido descrito como explicación al hallazgo de víctimas ahogadas con pulmones macroscópicamente secos, aunque fue ampliamente criticada al demostrarse su fracaso conforme aumenta la hipoxia. Investigaciones posteriores observaron como pulmones macroscópicamente secos no lo estaban a nivel microscópico. De hecho, en un estudio de 2004, más del 98% de los ahogamientos analizados presentaban signos de aspiración de agua, abogándose así por la supresión del término *dry-drowning* (ahogamiento seco)³¹.

Durante la fase de laringoespasma se introducen grandes cantidades de agua por vía digestiva³¹. Aunque son limitados los datos conocidos sobre la incidencia y relevancia clínica de la deglución de agua, se ha reportado que el agua ingerida favorece el vómito³⁰, con el consecuente riesgo de broncoaspiración.

Al cesar el laringoespasma se introduce agua en las vías respiratorias. De forma simplificada, el agua que penetra en los pulmones desencadena una respuesta inflamatoria que da lugar a exudado pulmonar y disminución de la distensibilidad, generando atelectasias. Además, de forma subaguda, el agua aspirada daña localmente la membrana alveolo-capilar, particularmente las células alveolares tipo II, con la consecuente detención en la producción de surfactante y contribución a la atelectasia. La reducción de la zona de intercambio gaseoso dificulta la llegada de oxígeno a los capilares durante la ventilación, manteniéndose la hipoxia tisular. Como consecuencia, se produce un marcado incremento en la discordancia ventilación-perfusión y se favorece el cortocircuito derecha-izquierda. Si la persona no es rescatada, la aspiración de agua continúa y la hipoxia conllevará la pérdida de consciencia.

En cuanto a las diferencias entre aspiración de agua dulce y salada, existen estudios que apoyan que el daño causado por la aspiración de agua salada es significativamente mayor que por agua dulce³². El agua salada, debido a su mayor osmolaridad respecto al plasma, atrae líquido desde la circulación pulmonar al alveolo, favoreciendo así el edema pulmonar, la hipovolemia y la hemoconcentración^{30,33}. En cambio, el agua dulce, al ser hipotónica, pasa rápidamente de los alveolos a la circulación, diluyendo el surfactante pulmonar y contribuyendo a la hipervolemia, la hemólisis y las alteraciones electrolíticas³⁴. En ambos casos, además de incrementarse la discordancia ventilación-perfusión, se altera

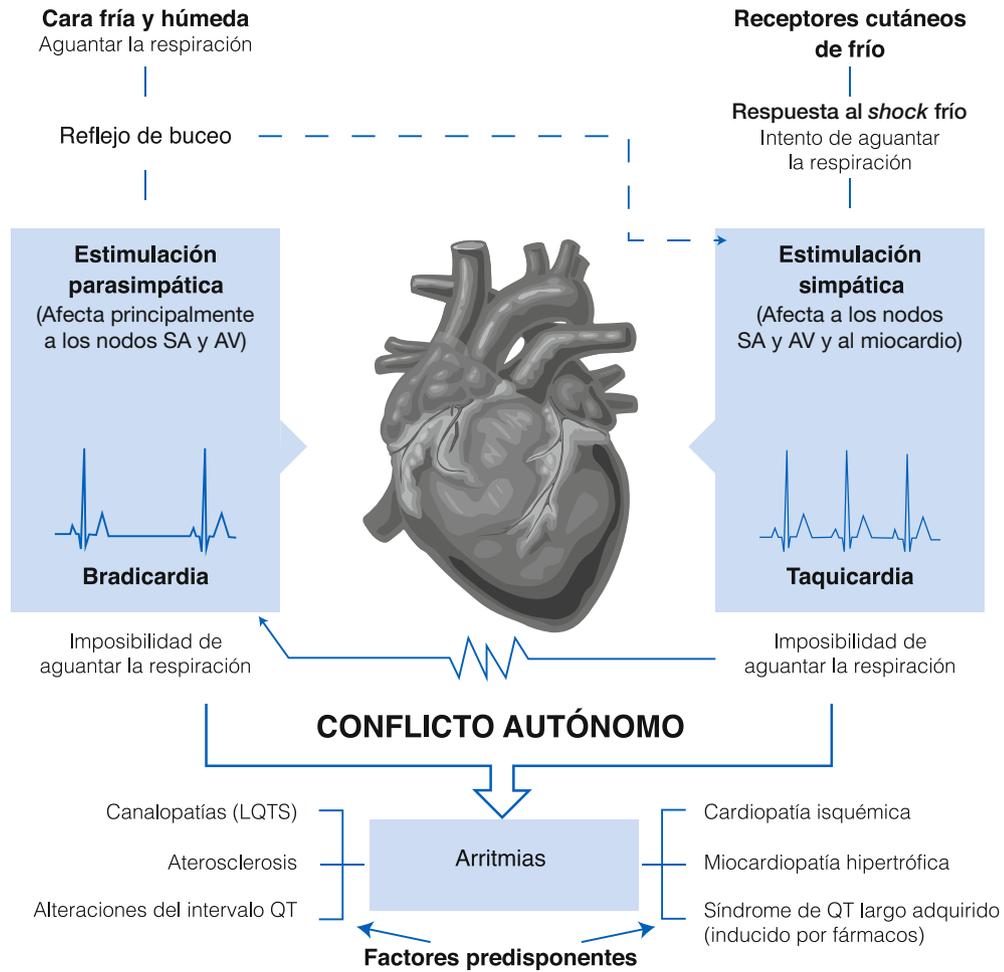


Figura 2. Conflicto autónomo propuesto por Shattock MJ y Tipton MJ *et al.*³⁶.

la homeostasis del medio interno debido a variaciones plasmáticas de los electrolitos, y la gravedad de las complicaciones dependerá del volumen de agua aspirada. El mecanismo de daño pulmonar producido es un proceso complejo que requiere mayor investigación experimental y *post mortem*³³.

En cuanto a la actividad eléctrica cardíaca a lo largo del proceso de ahogamiento, se ha descrito la aparición de taquicardia ventricular, seguida de bradicardia extrema, actividad eléctrica sin pulso y, finalmente, asistolia³⁵. No obstante, en la práctica, el proceso puede variar en función de las circunstancias del incidente y las características de la víctima, siendo los mecanismos fisiopatológicos exactos todavía desconocidos en gran medida. Un estudio publicado en 2012 aborda el denominado "conflicto autónomo" (del inglés: *autonomic conflict*) como explicación a posibles arritmias durante la inmersión/sumersión en agua fría³⁶. Dicho conflicto deriva de la estimulación simultánea de las divisiones parasimpática y simpática del sistema nervioso autónomo (Figura 2). El contacto con agua fría estimula el sistema simpático e induce taquicardia, hiperventilación, vasoconstricción periférica y aumento de la presión arterial. Por otra parte, el reflejo de buceo –mecanismo de defensa endógeno para preservar la vida en situaciones de hi-

poxia³⁰–, originado por la inmersión/sumersión y el enfriamiento de la región oronasal, desencadena la estimulación parasimpática e induce bradicardia³⁶. Este conflicto nervioso generará arritmias en los 10 segundos posteriores a la respiración refleja, las cuales podrían llegar a ser fatales. Tras el cese del mantenimiento de la respiración también se han observado arritmias en sujetos mientras realizaban inmersiones en agua fría, lo que sugiere que la respiración refleja podría ser, en sí misma, un desencadenante arritmogénico³⁶. La repercusión del "conflicto autónomo" podría estar subestimada debido a la imposibilidad de analizar el ritmo cardíaco *post mortem* y detectar posibles arritmias fatales en una víctima ahogada³⁶. Los factores que provocan, atenúan y potencian el "conflicto autónomo", y los que en particular favorecen la aparición de arritmias fatales son aspectos que precisan mayor estudio³⁷. La Figura 2 refleja algunos factores predisponentes, destacando enfermedades cardíacas con un importante sustrato arritmico sensible a la actividad física en el agua, como determinadas canalopatías (SQTL1)³⁸ o la cardiopatía isquémica.

Respecto a la neurofisiología del ahogamiento, gran parte de la información asumida procede de modelos experimentales de parada cardiorrespiratoria (PCR) pese a que el mecanismo de hipoxia en la PCR es diferente.

Mientras que en la PCR por fibrilación ventricular la circulación cerebral se interrumpe inmediatamente, en el ahogamiento la hipoxia cerebral es progresiva³⁹. La duración de la hipoxia y la temperatura del agua son factores externos determinantes del daño cerebral y la supervivencia: la mayor duración de la hipoxia cerebral agrava el daño neurológico, mientras que el agua fría actúa como factor protector, ya que produce un enfriamiento del cerebro, reduciendo su metabolismo y la demanda de oxígeno³⁷. Considerar la temperatura corporal de la víctima como referencia de su temperatura central e intentar establecer una relación con el pronóstico tiene sus limitaciones. La entrada de agua fría por vía respiratoria enfría el corazón, la sangre circulante y la carótida, produciendo un enfriamiento selectivo cerebral^{37,40} debido al aumento del gasto cardiaco dirigido al cerebro a causa de la vasoconstricción periférica y vasodilatación cerebral derivada de la hiper-capnia⁴⁰. Este mecanismo persistirá hasta que cesen los movimientos respiratorios y cardiacos (aproximadamente 70 segundos postsumersión)^{37,40}. El metabolismo cerebral se ve reducido aproximadamente un 5-6% por cada grado centígrado de temperatura perdido^{29,41}, habiéndose reducido un 50% a los 22 °C y un 75% a los 18 °C⁴¹.

Reanimación de la víctima ahogada

El Consejo Europeo de Resucitación establece un algoritmo atendiendo a las particularidades del ahogamiento (Figura 3)⁴¹. La víctima ahogada se muere fundamentalmente por déficit de oxígeno, por lo que la prioridad en el ahogamiento es la oxigenación y la ventilación. Por este motivo, la reanimación cardiopulmonar (RCP) debe comenzar por la ventilación, garantizando una adecuada oxigenación, y no por la compresión⁴¹, siendo el buen manejo de la vía aérea un aspecto clave.

Cabe diferenciar dos situaciones: la reanimación en el medio acuático y la reanimación en tierra firme. Dado que es posible que la víctima ahogada responda solamente con ventilaciones, se recomienda que ante una víctima ahogada en el medio acuático se comiencen las ventilaciones antes de la extracción a tierra firme si se poseen la seguridad y el entrenamiento suficientes^{29,41,42}. Se ha documentado la posibilidad real de ventilar de forma efectiva en el medio acuático, lo que, por otra parte, aumenta el tiempo de rescate⁴³. Por esto, se recomienda extraer lo más rápido posible a la víctima en caso de no mostrar signos de vida tras la ventilación en el agua²⁹. El uso de embarcaciones semi-rígidas contribuiría a reducir los tiempos de intervención, además de brindar la posibilidad de realizar ventilaciones y compresiones a bordo⁴⁴.

Una vez en tierra, existen diferentes técnicas para abrir la vía aérea, oxigenar y ventilar a una víctima ahogada en situación de PCR. En estudios de simulación con maniquí, la ventilación boca a boca se ha mostrado más efectiva y rápida que otros métodos de ventilación no invasiva⁴⁵. Sin embargo, la mascarilla facial y la bolsa autoinflable suponen un mecanismo de barrera y podrían combatir en mayor medida la hipoxia al conectar-

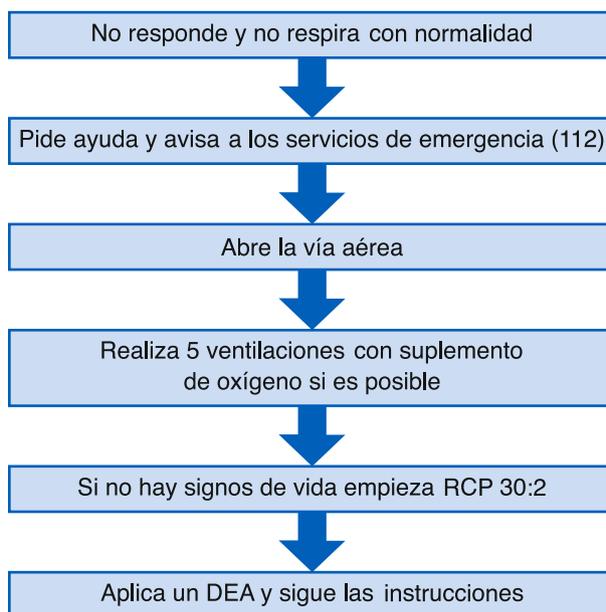


Figura 3. Algoritmo de reanimación de la víctima ahogada propuesto por el Consejo Europeo de Resucitación (adaptado de Truhlář *et al.*⁴¹).

se a un suministro externo de oxígeno. Por tanto, el uso de la bolsa autoinflable parece razonable cuando dos socorristas puedan estar al cargo de la vía aérea, considerándose inapropiado su uso por un único rescatador^{45,46}. En cuanto a los dispositivos supraglóticos, podrían no ser del todo apropiados para víctimas ahogadas debido al descenso de la distensibilidad pulmonar y el aumento de la resistencia de la vía aérea, razones por las que algunos estudios de casos desaconsejan su uso en este perfil de paciente⁴⁷. En definitiva, no existe consenso sobre el método ventilatorio más apropiado ante una víctima ahogada, aunque sí existen evidencias de la seguridad y efectividad de la ventilación sin intubación en el medio prehospitalario⁴⁸. En cuanto a la oxigenoterapia, se recomienda su administración al 100% tan pronto como sea posible⁴².

Aunque la oxigenación y la ventilación sean la prioridad en el ahogado, la calidad global de la RCP debe ser óptima. Estudios realizados con socorristas han mostrado que la calidad de las compresiones desciende significativamente tras realizar un rescate acuático, cayendo por debajo del 70% después del primer minuto de RCP⁴⁹. Sería recomendable que otro socorrista distinto al que ejecuta el rescate iniciase la RCP para garantizar su calidad, o bien que este fuese relevado tras el primer minuto. En condiciones simuladas, tras un rescate acuático, el uso de mecanismos automáticos de compresión se ha demostrado útil para el aumento de la calidad de las compresiones, al encontrarse el socorrista con altos índices de fatiga⁵⁰, si bien no se ha confirmado su impacto sobre la supervivencia.

Respecto al desfibrilador, numerosos estudios reportaron una mayoría de ritmos cardiacos no desfibrilables en muestras de ahogados^{35,51-55}, mientras que la fibrilación ventricular y la taquicardia ventricular sin pulso su-



Figura 4. Esquema para toma de decisión en función de la temperatura del agua propuesto por Tipton MJ, Golden FS (adaptado de Tipton y Golden *et al.*⁵⁶).

pusieron menos del 10%. Por ello, se recomienda priorizar el inicio de la RCP en el caso de un único rescatador⁴¹. De haber varios, uno debería iniciar la RCP mientras otro seca el pecho de la víctima y utiliza el desfibrilador.

Debido al efecto de la sumersión, es muy probable la presencia de hipotermia. En un estudio en el que se analizaron 43 casos de ahogamiento, se concluyó que sumersiones prolongadas en agua > 6 °C tienen un efecto negativo sobre la supervivencia y el daño neurológico. Considerando esta temperatura como umbral pronóstico, los autores establecieron un esquema de decisión a la hora de rescatar a una víctima sumergida en función del tiempo de sumersión (Figura 4)⁵⁶. Sin embargo, establecer un esquema de decisión únicamente basado en la temperatura del agua y el tiempo de sumersión tiene sus limitaciones, ya que factores ambientales, relativos a la víctima o al propio tratamiento, pueden influir en el pronóstico⁵⁷. En otro estudio con víctimas pediátricas, el pronóstico de las ahogadas en invierno (0-8 °C temperatura del agua) fue mejor, pero la duración de la RCP más prolongada que

consiguió buena recuperación de la actividad neurológica fue de solo 25 minutos. Así, se propuso un esquema de decisión para niños en PCR derivada de ahogamiento en función de la recuperación o no de pulso tras 30 minutos de soporte vital avanzado (Figura 5)⁵¹.

El conocimiento de la temperatura del paciente en el ámbito prehospitalario requiere el uso de termómetros capaces de registrar bajas temperaturas. Debe evitarse la medición timpánica por presencia de agua en las cavidades acústicas⁴¹. El paciente hipotérmico en PCR debe recibir RCP de manera continua. Se recomienda el uso de mecanismos automáticos de compresión en caso de hipotermia grave (< 28 °C) debido a la rigidez torácica. La RCP no debe detenerse a menos que haya evidencia clara de que sería inútil su aplicación (putrefacción, presencia masiva de traumatismos graves, etc.)⁴¹. Aunque diferentes publicaciones contemplan la posibilidad de detener la RCP en pacientes hipotérmicos con asfixia prolongada, la dificultad para determinar el tiempo de sumersión, el origen de la parada y el tiempo de asfixia complica establecer un protocolo de decisión para detener la RCP. Por tanto, se recomienda seguir la premisa de que “nadie está muerto hasta que está caliente y muerto”.

Pronóstico

Siendo el ahogamiento un evento multifactorial y sujeto a múltiples elementos de confusión, resulta complicado establecer definitivamente aquellas variables independientes que son clave en el pronóstico. Como se ha señalado previamente, diferentes estudios han considerado la temperatura del agua^{51,56} y el tiempo de sumersión^{9,51,52,56} como factores exógenos clave en la supervivencia y daño neurológico. Sin embargo, en el

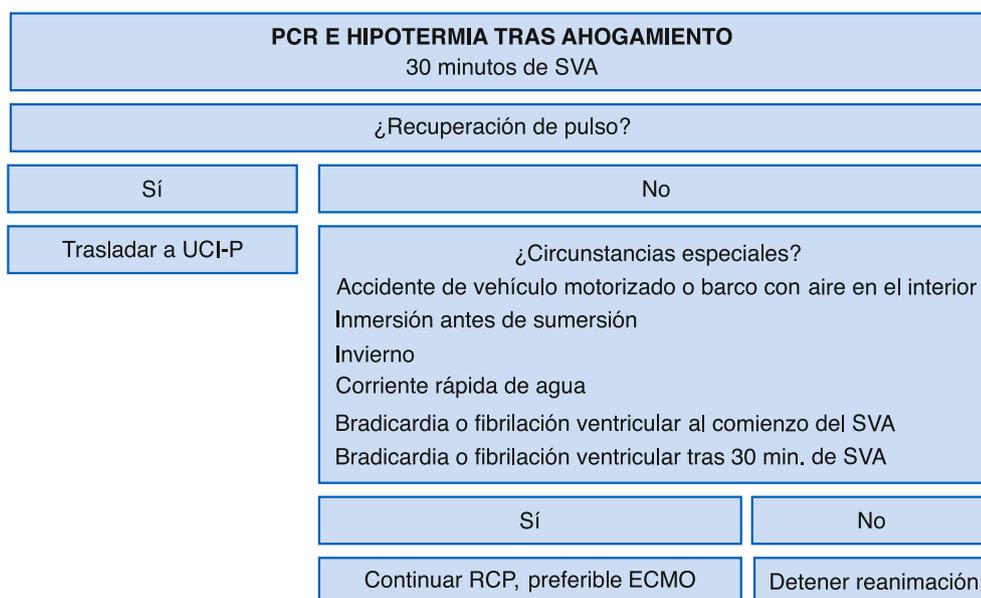


Figura 5. Esquema de decisión para PCR pediátrica tras 30 min de soporte vital avanzado (adaptado de Kieboom *et al.*⁵¹). ECMO: oxigenación por membrana extracorpórea; RCP: reanimación cardiopulmonar; SVA: soporte vital avanzado; UCI-P: unidad de cuidados intensivos pediátricos.

caso de la temperatura del agua, un estudio reciente no ha encontrado asociación entre esta variable y el pronóstico⁵⁸.

Además de la temperatura del agua y el tiempo de sumersión, hay que añadir otros aspectos que podrían jugar un papel determinante. Se ha relacionado un mejor pronóstico en víctimas jóvenes que en adultas^{53,54}. Otro estudio realizado en 2013 obtuvo resultados similares, pero los sucesos en personas menores de 18 años fueron más frecuentemente presenciados y asistidos por testigos antes de la llegada de los servicios de emergencia que en el grupo de adultos. Además, el número de RCP combinando compresiones y ventilaciones también fue mayor en el caso de los menores⁵⁵. Estas variaciones en el manejo inicial podrían haber acentuado las diferencias de pronóstico atribuidas a la edad^{39,53,55}. En cambio, un reciente metanálisis no encontró diferencias en el pronóstico de víctimas ahogadas respecto a la edad, la temperatura del agua y la presencia del ahogamiento por testigos, asociando a un mejor pronóstico únicamente el corto periodo de sumersión, la corta latencia hasta la atención médica y el ahogamiento en agua salada⁵⁹. También se ha estudiado el posible impacto en la supervivencia del ritmo cardíaco. Los estudios realizados a este respecto han mostrado resultados contradictorios: a favor de la asociación entre supervivencia y ritmo inicial desfibrilable en algunos^{53,55}, y resultados neutros en otros casos⁵⁴.

Por tanto, aunque son muchas las variables que parecen influir en el pronóstico de la víctima ahogada, el tiempo de sumersión cuenta con un mayor consenso.

Tratamiento hospitalario

Las complicaciones médicas derivadas del ahogamiento requerirán generalmente monitorización y tratamiento en una unidad de cuidados intensivos (UCI). La lesión pulmonar aguda es el cuadro predominante y puede requerir distintas medidas terapéuticas para garantizar una adecuada oxigenación. Además, la hipoxia puede resultar en distintos grados de afectación neurológica y ocasionar problemas cardiocirculatorios, hematológicos, renales y electrolíticos, generalmente transitorios (Tabla 2).

Lesión pulmonar aguda y síndrome de distrés respiratorio agudo

Por definición, el ahogamiento es un problema respiratorio por aspiración de agua²⁸, que además puede generar complicaciones (Tabla 3). El compromiso respiratorio se manifiesta típicamente como disnea, taquipnea, tos, cianosis y crepitantes húmedos a la auscultación, así como expulsión de espuma por la boca en los casos más graves de edema pulmonar. Inicialmente, la gasometría arterial mostrará hipoxemia y acidosis metabólica (por ácido láctico) y puede evolucionar a una acidosis mixta. La radiografía de tórax al ingreso podrá variar desde la normalidad hasta consolidaciones localizadas, perihiliares o edema pulmonar difuso⁶⁰.

Tabla 2. Principales complicaciones derivadas del ahogamiento

Complicaciones pulmonares
Lesión pulmonar aguda/Síndrome del distrés respiratorio agudo
Infección pulmonar
Complicaciones neurológicas
Diversos niveles y duración de deterioro neurológico
Daño local leve
Problemas cardiocirculatorios
Coagulopatía intravascular diseminada
Insuficiencia renal aguda
Desórdenes electrolíticos
Hipotermia

El cuadro clínico guarda grandes similitudes con la lesión pulmonar aguda (LPA) o síndrome de distrés respiratorio agudo (SDRA), con la principal diferencia de que, inicialmente, el ahogamiento afecta solo a los pulmones. El LPA/SDRA producido tras un evento de ahogamiento puede presentarse inmediatamente tras el rescate o en las siguientes 6-24 horas. En caso de desarrollo de LPA/SDRA, debe garantizarse una adecuada oxigenación del paciente, con una saturación de oxígeno objetivo por encima del 94%, y normocapnia, especialmente si se sospecha lesión cerebral. Si existe un adecuado nivel de consciencia puede emplearse oxigenoterapia con alto flujo mediante mascarilla, o ventilación mecánica no invasiva con presión positiva continua o binivel en caso de no ser suficiente. Las indicaciones para la intubación endotraqueal y conexión a ventilación mecánica invasiva se muestran en la Tabla 4. Aunque no hay ensayos clínicos aleatorizados específicos en este subtipo de pacientes, estos individuos deben tratarse, como en otros casos de SDRA, con presión positiva al final de la espiración y ventilación pulmonar protectora (volumen corriente de 6 ml/kg de peso corporal ideal y presión de meseta < 30 cmH₂O)⁶¹.

El uso de la oxigenación por membrana extracorpórea (ECMO) se presenta como una buena opción terapéutica³⁹, especialmente en víctimas que no han llegado a sufrir PCR⁶². Un estudio retrospectivo multicéntrico internacional documentó una supervivencia del 71% en víctimas de ahogamiento sin PCR, del 57% en caso de PCR con recuperación espontánea de circulación y del 23% en caso de aplicación de ECMO durante la reanimación⁶². El hecho de que la cohorte de pacientes en los que se aplicó ECMO durante la RCP contase significativamente con más pacientes hipotérmicos es una limitación a tener en cuenta al interpretar los resultados, ya que podría haber implicado un mayor tiempo de sumersión y duración de la asfi-

Tabla 3. Principales causas de complicaciones respiratorias derivadas del ahogamiento

Aspiración de agua
Aspiración de microorganismos y desarrollo de infección respiratoria
Aspiración de químicos
Aspiración de material sólido con obstrucción de vías aéreas
Edema pulmonar inducido por la natación
Edema pulmonar y laringoespasma

Tabla 4. Indicaciones para intubación endotraqueal

Signos de deterioro neurológico o incapacidad para proteger la vía aérea.
Incapacidad para mantener una PaO ₂ > 60 mmHg o una SpO ₂ > 90% a pesar de la oxigenoterapia suplementaria de alto flujo.
Una PaCO ₂ >50 mmHg.
PaCO ₂ : presión de dióxido de carbono; PaO ₂ : presión de oxígeno; SpO ₂ : saturación de oxígeno.

xia y, por consiguiente, un peor pronóstico. Sin embargo, al no disponer de datos prehospitalarios detallados no puede concluirse tal asociación. Igualmente, la baja prevalencia de pacientes hipotérmicos en las otras dos cohortes sugiere periodos de sumersión relativamente cortos, lo cual podría haber favorecido los resultados. Aunque se han mostrado resultados positivos, el uso de ECMO en el paciente ahogado todavía debe estudiarse en mayor profundidad³⁹.

Además de todo lo descrito, el deterioro respiratorio inicial puede verse agravado por infecciones primarias causadas por una amplia variedad de microorganismos (Tabla 5) o asociadas a la ventilación.

Complicaciones neurológicas

El daño neurológico puede variar desde una ligera disfunción cognitiva temporal a un estado vegetativo permanente. En pacientes comatosos no es posible aventurar el pronóstico neurológico hasta pasados al menos tres días, mediante la combinación de exploración clínica (Escala de Coma de Glasgow), el electroencefalograma continuo, la neuroimagen (resonancia magnética cerebral) y pruebas neurofisiológicas (potenciales evocados somatosensoriales), además de marcadores bioquímicos como la enolasa específica neuronal³⁹.

Respecto al tratamiento, el nivel de evidencia de las medidas neuroprotectoras es por el momento bajo o ausente, por lo que las recomendaciones han sido establecidas por consenso. Entre estas destaca la optimización de la oxigenación y el mantenimiento de la homeostasis, con una monitorización estrecha de capnografía, presión arterial, volemia, osmosis y temperatura del paciente. Particularmente, escalofríos y convulsiones, así como el estatus epiléptico no convulsivo, deben prevenirse y tratarse³⁹.

Problemas cardiocirculatorios

La hipotensión arterial es común inmediatamente después de la reanimación a consecuencia del bajo gasto cardíaco o la vasoplejia. En el contexto de ahogamiento en agua salada, también puede contribuir a ello la hipovolemia por extravasación de líquido a los alveolos, aunque ello dependerá de la cantidad de agua aspirada³⁰. Ya que la mayoría de las víctimas son jóvenes y sanas, la hipotensión transitoria generalmente se corregirá espontáneamente.

El control de la diuresis, de la perfusión orgánica (ácido láctico) y la monitorización hemodinámica son

Tabla 5. Microorganismos frecuentemente causantes de infecciones en víctimas de ahogamiento

Grampositivo aeróbicos	Gramnegativo aeróbicos
<i>Streptococcus</i>	<i>Pseudomonas</i>
Grampositivo anaeróbicos	Gramnegativo anaeróbicos
<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Haemophilus</i>
<i>Clostridium</i>	<i>Branhamella</i>
<i>Peptostreptococcus</i>	<i>Citrobacter</i>
<i>Propionibacterium</i>	<i>Burkholderia pseudomallei</i>
Hongos	<i>Francisella philomiragia</i>
<i>Aspergillus</i>	<i>Legionella</i>
<i>Pseudoallescheria boydii</i>	Gramnegativo anaeróbicos
<i>Scedosporium apiospermum</i>	<i>Escherichia coli</i>
<i>Candida</i>	<i>Aeromonas</i>
	<i>Klebsiella</i>
	<i>Bacteroides</i>
	<i>Enterobacter</i>
	<i>Chromobacterium violaceum</i>

fundamentales para guiar la reposición de fluidos. No existe evidencia sobre el uso de fluidoterapia específica, diuréticos o restricción hídrica. Si la hemodinámica no se restaura con la infusión de cristaloides, la ecocardiografía podría ayudar a decidir sobre el uso de agentes inotrópicos o vasopresores²⁹. Sin embargo, tampoco existe evidencia específica sobre el uso de estos fármacos en este contexto; deben seguirse las premisas generales para pacientes críticos, monitorizando cuidadosamente su uso en caso de hipotermia.

Los trastornos del ritmo, especialmente las arritmias supraventriculares, son frecuentes en víctimas de ahogamiento y se resuelven habitualmente al corregir la hipoxia y la acidosis. Además, en víctimas hipotérmicas, pueden presentarse alteraciones electrocardiográficas (alargamiento del PR, ensanchamientos del QRS, descenso del ST o elevación del punto J), generalmente inespecíficas y transitorias.

Coagulación intravascular diseminada

Aunque se trata de una complicación habitual en el paciente ahogado, no ha sido estudiada en profundidad. Se cree que es inducida por hipoxia, que promueve la liberación del activador tisular del plasminógeno. Este trastorno se manifiesta con altas concentraciones de dímero D y anticuerpos antiplasmina, baja concentración de fibrinógeno y alargamiento de los tiempos de coagulación⁶³. A efectos de monitorización, no existe un patrón tromboelastométrico característico.

Insuficiencia renal aguda

Pueden presentarse anomalías analíticas en plasma y orina, así como tasas de filtrado glomerular bajas durante las primeras 72 horas. El fallo renal agudo es relativamente infrecuente, más habitual en casos graves de ahogamiento y en hombres. Su origen es multifactorial, por lesión tubular aguda por hipoxia, sobrecarga osmótica abrupta en el túbulo distal, vasoconstricción renal, rhabdomiólisis e hipotermia. Suele ser reversible y raramente requiere terapia sustitutiva renal⁶⁴.

Trastornos electrolíticos

La variación de electrolitos por aspiración/ingestión tanto de agua dulce como salada se han estudiado en modelos animales. Sin embargo, su importancia clínica real es limitada, dado que la redistribución de líquidos en el organismo restaura rápidamente el equilibrio electrolítico³⁰.

Hipotermia

El manejo de la temperatura del paciente es un aspecto crítico que puede determinar el pronóstico³⁹. Debe medirse la temperatura corporal lo antes posible, ya que la hipotermia espontánea en el momento de la admisión del paciente en UCI es un fuerte predictor de pronóstico desfavorable. El recalentamiento de la víctima ahogada debe ser progresivo, evitándose las medidas agresivas³⁹. Respecto a la hipotermia terapéutica, las recomendaciones son extrapolaciones de estudios de asfixia y PCR de origen cardíaco³⁹, ya que debido a la escasa literatura publicada sobre este procedimiento en el ahogado, no pueden concretarse recomendaciones específicas⁶⁵. Una recomendación práctica es mantener una temperatura central de 32 a 34 °C y permitir que la temperatura corporal se establezca después de un periodo de 12-72 horas de cuidados intensivos. El recalentamiento debe ser progresivo a un máximo de 0,5 °C/h³⁹. Durante todo el cuidado deben evitarse tanto los escalofríos como la hipertermia (> 37 °C).

Conclusiones

El ahogamiento es un problema de salud pública en el que las instituciones deberían asumir mayores responsabilidades destinando recursos y financiación, velando por un mayor rigor en el registro y la elaboración de estadísticas. La elaboración de informes más precisos favorecerá la implementación de medidas preventivas eficaces en cada contexto, así como la realización de estudios que evalúen su efectividad en términos de mortalidad. Actualmente, se consideran efectivas la instalación de barreras que restrinjan el acceso al agua, la enseñanza en la escuela de habilidades en el medio acuático y socorrismo, la capacitación en socorrismo y RCP a toda la población y el establecimiento de normativas de seguridad para la navegación. El factor pronóstico clave en el ahogamiento es el tiempo de sumersión. La lesión pulmonar aguda y la hipoxia constituyen el cuadro predominante y objetivo del manejo terapéutico. Sin embargo, son necesarias más investigaciones para poder ofrecer el mejor tratamiento a estos pacientes.

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener conflictos de interés en relación al presente artículo.

Contribución de los autores: Los autores han confirmado su autoría en el documento de responsabilidades del autor, acuerdo de publicación y cesión de los derechos a EMERGENCIAS.

Financiación: Los autores declaran la no existencia de financiación en relación al presente artículo.

Artículo no encargado por el Comité Editorial y con revisión externa por pares

Agradecimientos: Queremos agradecer sus contribuciones y revisiones críticas al Dr. Rodríguez-Núñez A, al Dr. Rodríguez-Ruiz E y a la Dra. González-Gómez LM. También a la Dra. Varela-Casal C por su ayuda en el rediseño de las figuras.

Bibliografía

- World Health Organization. Global report on drowning. Ginebra: World Health Organization; 2014.
- Stark DE, Shah NH. Funding and publication of research on gun violence and other leading causes of death. *JAMA*. 2017;317:84-6.
- Szpilman D, Webber J, Quan L, Bierens J, Morizot-Leite L, Langendorfer SJ, et al. Creating a drowning chain of survival. *Resuscitation*. 2014;85:1149-52.
- Suárez-García I, Sethi D, Hutchings A. Mortality due to injuries by place of occurrence in the European region: analysis of data quality in the WHO mortality database. *Inj Prev*. 2009;15:275-7.
- Lu TH, Lunetta P, Walker S. Quality of cause-of-death reporting using ICD-10 drowning codes: a descriptive study of 69 countries. *BMC Med Res Methodol*. 2010;10:30.
- Puigdefàbregas Serra A, Freitas Ramírez A, Gispert Magarolas R, Castellà García J, Vidal Gutiérrez C, Medallo Muñoz J, et al. Las muertes con intervención judicial y medicolegal y su impacto en la estadística de causas de muerte en Cataluña. *Rev Esp Med Legal*. 2017;43:13-9.
- Escuela Segoviana de Socorrismo, Asociación Española de Técnicos en Salvamento Acuático y Socorrismo. Ahogamiento en España. Informe provisional año 2018 (datos al 30/12/2018). (Consultado 11-01-2019) Disponible en: <https://goo.gl/wcYcZz>
- Fundación MAPFRE y Equipo multidisciplinar de investigadores y profesores de Universidad de A Coruña, Universidad de Santiago de Compostela, Universidad de Vigo y Asociación Española de Técnicos en Salvamento Acuático y Socorrismo. Estudio sobre los ahogamientos y otros eventos de riesgo vital en el entorno acuático-marino. (Consultado 20-12-2018) Disponible en: <https://goo.gl/3yfq2o>.
- Panzino F, Quintillá JM, Luaces C, Pou J. Ahogamientos por inmersión no intencional. Análisis de las circunstancias y perfil epidemiológico de las víctimas atendidas en 21 servicios de urgencias españoles. *An Pediatr*. 2013;78:178-84.
- Irish Water Safety. Irish Water Safety data report on drowning in the Republic of Ireland 1988-2012. Galway: Irish Water Safety, 2013.
- Clemens T, Tamim H, Rotondi M, Macpherson AK. A population based study of drowning in Canada. *BMC Public Health*. 2016;16:559.
- Lunetta P, Smith GS, Penttilä A, Sajantila A. Unintentional drowning in Finland 1970-2000: a population-based study. *Int J Epidemiol*. 2004;33:1053-63.
- Mahony AJ, Peden AE, Franklin RC, Pearn JH, Scarr J. Fatal, unintentional drowning in older people: an assessment of the role of pre-existing medical conditions. *Healthy Aging Res*. 2017;6:7.
- Bain E, Keller AE, Jordan H, Robyn W, Pollanen MS, Williams AS, et al. Drowning in epilepsy: A population-based case series. *Epilepsy Res*. 2018;145:123-6.
- Vignac E, Lebihain P, Soulé B. Tracking fatal drownings in public swimming pools: A retrospective multiscale investigation within France. *Int J Aquat Res Educ*. 2015;9:184-200.
- Idris AH, Bierens JLLM, Perkins GD, Wenzel V, Nadkarni V, Morley P, et al. 2015 revised Utstein-style recommended guidelines for uniform reporting of data from drowning-related resuscitation: An ILCOR advisory statement. *Resuscitation*. 2017;118:147-58.
- World Health Organization. Preventing drowning. An implementation guide. Ginebra: World Health Organization; 2017.
- Brenner RA, Saluja G, Smith GS. Swimming lessons, swimming ability and the risk of drowning. *Inj Control Saf Promot*. 2003;10:211-6.
- Abächerli R. "Water Safety at School". How water safety became part of Switzerland's national syllabus and how it is being taught. World Conference on Drowning Prevention. Libro de resúmenes. Vancouver, 2017.
- Rahman F, Bose S, Linnan M, Rahman A, Mashreky S, Haaland B, et al. Cost-effectiveness of an injury and drowning prevention program in Bangladesh. *Pediatrics*. 2012;130:1621-8.
- Franklin RC, Pearn JH. Drowning for love: the aquatic victim-instead-of-rescuer syndrome: drowning fatalities involving those attempting to rescue a child. *J Paediatr Child Health*. 2011;47:44-7.
- Turgut A. A study on multiple drowning syndromes. *Int J Inj Contr Saf Promot*. 2012;19:63-7.
- Zhu Y, Jiang X, Li H, Li F, Chen J. Mortality among drowning res-

- cuers in China, 2013: a review of 225 rescue incidents from the press. *BMC Public Health*. 2015;15:631.
- 24 Venema AM, Groothoff JW, Bierens JJ. The role of bystanders during rescue and resuscitation of drowning victims. *Resuscitation*. 2010;81:434-9.
 - 25 Matthews BL, Franklin RC. Examination of a pilot intervention program to change parent supervision behaviour at Australian public swimming pools. *Health Promot J Aust*. 2018;29:153-9.
 - 26 Pajunen T, Vuori E, Vincenzi FF, Lillsunde P, Smith G, Lunetta P. Unintentional drowning: Role of medicinal drugs and alcohol. *BMC Public Health*. 2017;17:388.
 - 27 Stempksi S, Schiff M, Bennett E, Quan L. A case-control study of boat-related injuries and fatalities in Washington State. *Inj Prev*. 2014;20:232-7.
 - 28 Van Beeck EF, Branche CM, Szpilman D, Modell JH, Bierens JJLM. A new definition of drowning: towards documentation and prevention of a global public health problem. *Bull World Health Organ*. 2005;83:853-6.
 - 29 Szpilman D, Bierens JJLM, Handley AJ, Orlowski JP. Drowning. *N Engl J Med*. 2012;366:2102-10.
 - 30 Bierens JJLM, Lunetta P, Tipton M, Warner DS. Physiology of drowning: a review. *Physiology*. 2016;31:147-66.
 - 31 Lunetta P, Modell JH, Sajantila A. What is the incidence and significance of "dry-lungs" in bodies found in water? *Am J Forensic Med Pathol*. 2004;25:291-301.
 - 32 Liu Z, Zhang B, Wang XB, Li Y, Xi RG, Han F, et al. Hypertonicity contributes to seawater aspiration-induced lung injury: Role of hypoxia-inducible factor 1 α . *Exp Lung Res*. 2015;41:301-15.
 - 33 Jin F, Li C. Seawater-drowning-induced acute lung injury: From molecular mechanisms to potential treatments. *Exp Ther Med*. 2017;13:2591-8.
 - 34 Modell J. Pre-hospital treatment: Aspiration. En: Bierens JJLM, editor. *Drowning. Prevention, rescue, treatment*. Heidelberg: Springer; 2014. p. 561-4.
 - 35 Grmec S, Strnad M, Podgorsek D. Comparison of the characteristics and outcome among patients suffering from out-of-hospital primary cardiac arrest and drowning victims in cardiac arrest. *Int J Emerg Med*. 2009;2:7-12.
 - 36 Shattock MJ, Tipton MJ. 'Autonomic conflict': a different way to die during cold water immersion? *J Physiol*. 2012;590:3219-30. (<http://doi.org/10.1113/jphysiol.2012.229864>).
 - 37 Tipton M. Cold water immersion. En: Tipton M, Wooler A, editores. *The science of beach lifeguarding*. Boca Raton, FL: Taylor & Francis Group; 2016. p. 87-98.
 - 38 Kenny D, Martin R. Drowning and sudden cardiac death. *Arch Dis Child*. 2011;96:5-8.
 - 39 Topjian AA, Berg RA, Bierens JJLM, Branche CM, Clarke RS, Friberg H, et al. Brain resuscitation in the drowning victim. *Neurocrit Care*. 2012;17:441-67.
 - 40 Golden F. Mechanisms of body cooling in submersed victims. *Resuscitation*. 1997;35:107-9.
 - 41 Truhlář A, Deakin CD, Soar J, Khalifa GE, Alfonso A, Bierens JJLM, et al. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2015: Section 4. Cardiac arrest in special circumstances. *Resuscitation*. 2015;95:148-201. (<http://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2015.07.017>).
 - 42 Schmidt AC, Sempstrott JR, Hawkins SC, Arastu AS, Cushing TA, Auerbach PS. Wilderness medical society practice guidelines for the prevention and treatment of drowning. *Wilderness Environ Med*. 2016;27:236-51.
 - 43 Winkler BE, Eff AM, Eff S, Ehrmann U, Koch A, Kähler W, et al. Efficacy of ventilation and ventilation adjuncts during in-water-resuscitation--A randomized cross-over trial. *Resuscitation*. 2013;84:1137-42.
 - 44 Barcala-Furelos R, Abelairas-Gomez C, Palacios-Aguilar J, Rey E, Costas-Veiga J, Lopez-Garcia S, et al. Can surf-lifeguards perform a quality cardiopulmonary resuscitation sailing on a lifeboat? A quasi-experimental study. *Emerg Med J*. 2017;34:370-5.
 - 45 Adelborg K, Dalgas C, Grove EL, Jørgensen C, Al-Mashhadi RH, Løfgren B. Mouth-to-mouth ventilation is superior to mouth-to-pocket mask and bag-valve-mask ventilation during lifeguard CPR: a randomized study. *Resuscitation*. 2011;82:618-22.
 - 46 Hood N, Webber J. Pre-hospital treatment: airway management skills and equipment for aquatic first responders. En: Bierens JJLM, editor. *Drowning. Prevention, rescue, treatment*. Heidelberg: Springer; 2014. p. 613-9.
 - 47 Baker PA, Webber JB. Failure to ventilate with supraglottic airways after drowning. *Anaesth Intensive Care*. 2011;39:675-7.
 - 48 Michelet P, Bouzana F, Charmensat O, Tiger F, Durand-Gasselin J, Hraiech S, et al. Acute respiratory failure after drowning: a retrospective multicenter survey. *Eur J Emerg Med*. 2017;24:295-300.
 - 49 Abelairas-Gómez C, Romo-Pérez V, Barcala-Furelos R, Palacios-Aguilar J. Efecto de la fatiga física del socorrista en los primeros cuatro minutos de la reanimación cardiopulmonar posrescate acuático. *Emergencias*. 2013;25:184-90.
 - 50 Barcala-Furelos R, Abelairas-Gómez C, Romo-Pérez V, Palacios-Aguilar. Influence of automatic compression device and water rescue equipment in quality lifesaving and cardiopulmonary resuscitation. *Hong Kong J Emerg Med*. 2014;21:291-9.
 - 51 Kieboom JK, Verkade HJ, Burgerhof JG, Bierens JJLM, van Rheenen PF, Kneyber MC, et al. Outcome after resuscitation beyond 30 minutes in drowned children with cardiac arrest and hypothermia: Dutch nationwide retrospective cohort study. *BMJ*. 2015;350:418. (<http://doi.org/10.1136/bmj.h418>).
 - 52 Ballesteros MA, Gutiérrez-Cuadra M, Muñoz P, Miñambres E. Prognostic factors and outcome after drowning in an adult population. *Acta Anaesthesiol Scand*. 2009;53:935-40.
 - 53 Claesson A, Lindqvist J, Herlitz J. Cardiac arrest due to drowning--Changes over time and factors of importance for survival. *Resuscitation*. 2014;85:644-8.
 - 54 Tobin JM, Ramos WD, Pu Y, Wernicki PG, Quan L, Rossano JW. Bystander CPR is associated with improved neurologically favourable survival in cardiac arrest following drowning. *Resuscitation*. 2017;115:39-43.
 - 55 Nitta M, Kitamura T, Iwami T, Nadkarni VM, Berg RA, Topjian AA, et al. Out-of-hospital cardiac arrest due to drowning among children and adults from the Utstein Osaka Project. *Resuscitation*. 2013;84:1568-73.
 - 56 Tipton MJ, Golden FS. A proposed decision-making guide for the search, rescue and resuscitation of submersion (head under) victims based on expert opinion. *Resuscitation*. 2011;82:819-24. (<http://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2011.02.021>).
 - 57 Perkins GD. Rescue and resuscitation or body retrieval--The dilemmas of search and rescue efforts in drowning incidents. *Resuscitation*. 2011;82:799-800.
 - 58 Quan L, Mack CD, Schiff MA. Association of water temperature and submersion duration and drowning outcome. *Resuscitation*. 2014;85:790-4.
 - 59 Quan L, Bierens JJ, Lis R, Rowhani-Rahbar A, Morley P, Perkins GD. Predicting outcome of drowning at the scene: A systematic review and meta-analyses. *Resuscitation*. 2016;104:63-75.
 - 60 Forler J, Carsin A, Arlaud K, Bosdure E, Viard L, Paut O, et al. Respiratory complications of accidental drowning in children. *Arch Pediatr*. 2010;17:14-8.
 - 61 Tomicic V, Fuentealba A, Martínez E, Graf J, Batista Bares, J. Fundamentos de la ventilación mecánica en el síndrome de distress respiratorio agudo. *Med Intensiva*. 2010;34:418-27.
 - 62 Burke CR, Chan T, Brogan TV, Lequier L, Thiagarajan RR, Rycus PT, et al. Extracorporeal life support for victims of drowning. *Resuscitation*. 2016;104:19-23.
 - 63 Schwameis M, Schober A, Schörgenhofer C, Sperr WR, Schöchl H, Janata-Schwartzek K. Asphyxia by drowning induces massive bleeding due to hyperfibrinolytic disseminated intravascular coagulation. *Crit Care Med*. 2015;43:2394-402.
 - 64 Gorelik Y, Darawshi S, Yaseen H, Abbasi Z, Heyman SN, Khamaisi M. Acute renal failure following near-drowning. *Kidney Int Rep*. 2018;3:833-40.
 - 65 Suen KF, Leung R, Leung LP. Therapeutic Hypothermia for asphyxial out-of-hospital cardiac arrest due to drowning: a systematic review of case series and case reports. *Ther Hypothermia Temp Manag*. 2017;7:210-21.