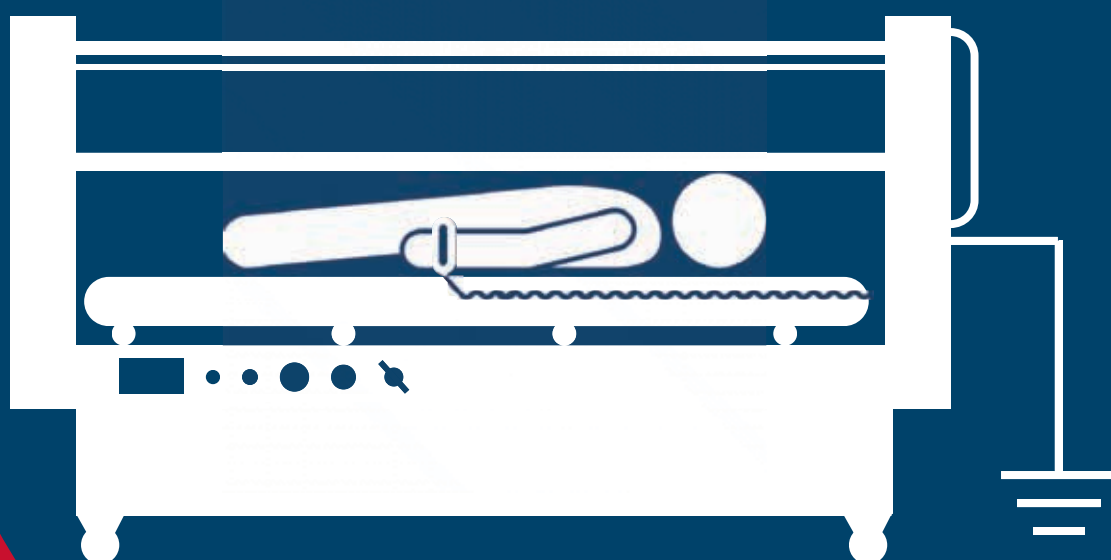




BOLETÍN DEL RCN

Boletín de la Red de Cámaras de Recompresión de DAN

CONTENIDO:

2 CARTA DE BIENVENIDA DE RCN

Francois Burman, PE, MSC and the DAN RCN Team

3 INFORMACIÓN DEL CONTACTO

4 MANEJO DE PACIENTES CON ENFERMEDAD POR DESCOMPRESIÓN EN INDONESIA

Bayu Wardoyo

6 INFORME DE CASO: BUZO CON SÍNTOMAS NEUROLÓGICOS EN UNA UBICACIÓN REMOTA

Manuel Preto CHT, DMT, ECHSM and Eli Silva, MD

10 ¿ES FACTIBLE Y APROPIADO UTILIZAR CÁMARAS DE RECOMPRESIÓN MÉDICAMENTE REMOTAS PARA LA ADMINISTRACIÓN DE OXIGENOTERAPIA HIPERBÁRICA CLÍNICA?

Dick Clarke CHT-ADMIN

12 SEGURIDAD ELÉCTRICA EN LAS INSTALACIONES HIPERBÁRICAS

Francois Burman, PE, MSC

15 EMERGENCIAS EN CÁMARA HIPERBÁRICA: BAROTRAUMA OTOLÓGICO Y PULMONAR

Sheryl Shea, RN, CHT

19 TRATAMIENTO HIPERBÁRICO PARA BUCEADORES EN CANADÁ

Sherri Ferguson, MSC

21 CASO CLÍNICO: BAROTRAUMA PULMONAR EN UNA BUCEADORA JUNIOR POR ASCENSO INCONTROLADO

Dr Matias Nochetto

23 PREGUNTAS FRECUENTES

24 ACERCA DE LOS AUTORES

CARTA DE BIENVENIDA DE RCN

Comenzamos el año 2025 con una tragedia: una fatalidad en una cámara monoplaza en Detroit, Michigan (EE.UU.) el 31 de enero. Circularon muchas versiones de lo sucedido en la prensa, en línea y durante las audiencias judiciales. La atención inmediata se centró en el personal de la instalación, y entendemos que probablemente habrá consecuencias legales significativas. Aunque las causas reales y los factores que permitieron que esto ocurriera probablemente no se conozcan hasta finales de este año, consideramos oportuno llamar su atención sobre la necesidad de conectar a tierra a los pacientes en cámaras monoplaza.

Nuestra sección de Preguntas Frecuentes en esta edición se enfoca en este tema, ya que desde el accidente, muchas instalaciones con cámaras monoplaza nos han pedido que expliquemos por qué es necesario conectar a tierra al paciente y cómo asegurarse de que se haga correctamente.

DAN tiene representación tanto en el comité de cámaras hiperbáricas de la NFPA 99(Norma de la Asociación Nacional de Protección contra Incendios sobre Instalaciones de Atención Médica.) como en los comités de ASME PVHO (Comité de la Sociedad Estadounidense de Ingenieros Mecánicos sobre Recipientes a Presión para

Uso Humano), y podemos informarles que las normas sobre conexión a tierra cambiarán próximamente.

Estén atentos a la próxima edición de la Guía de Evaluación de Riesgos de DAN para Instalaciones de Recompresión (5.^a edición, 2025), que se publicará gratuitamente en línea antes de fin de año. Puede encontrar la edición actual y futuras aquí:

<https://dan.org/safety-prevention/chamber-operation-safety/safety-resources-chamber-operators/>

A medida que la tecnología avanza, aprendemos de los accidentes y trabajamos para mejorar la seguridad, esta guía de referencia para la industria debe contener la información más actual y relevante.

Esta edición incluye artículos sobre tratamientos para afecciones distintas a las lesiones por buceo, ya que sabemos que existen otras necesidades en muchas ubicaciones donde operan instalaciones hiperbáricas. También contiene un fascinante informe de caso sobre un tratamiento realizado en una cámara monoplaza transportable, además de una variedad de temas técnicos, operativos y médicos. También compartimos información sobre la disponibilidad y el funcionamiento de cámaras en Indonesia y Canadá.

CARTA DE BIENVENIDA DE RCN

Hemos estado ocupados impartiendo capacitaciones operativas en lugares donde existe una gran necesidad. Estas han sido de gran ayuda para los equipos locales y han contribuido significativamente a aumentar la confianza al manejar casos complejos.

Las cámaras de nuestra red están distribuidas por todo el mundo, en todas las zonas horarias, desde el extremo norte hasta

el extremo sur. Esto nos permite encontrar instalaciones adecuadas para tratamiento dondequiera que haya buzos activos. Por supuesto, las instalaciones varían considerablemente en tamaño y capacidad. Sin embargo, cada una de sus instalaciones es invaluable para DAN, y les agradecemos sinceramente su apoyo y disponibilidad para asistir a buzos en apuros.

**-Francois Burman, PE, MSC
y el equipo de DAN RCN**

INFORMACIÓN DEL CONTACTO

Divers Alert Network +1-919-684-2948

RCN Asistencia técnica y operativa rcn@dan.org

DAN Recompression Chamber Assistance Program rcap@dan.org

Preguntas médicas medic@dan.org

Preguntas generales de seguridad en buceo riskmitigation@dan.org

Portal de Seguridad Operativa [chamber-operational-safety](#)
en Cámaras Hiperbáricas

Manejo de pacientes con enfermedad por descompresión en Indonesia

Bayu Wardoyo

ARCHIPIÉLAGO DE INDONESIA

Indonesia, con su extensa costa y sitios de buceo, es un destino popular para buceadores de todo el mundo. Sin embargo, esta popularidad también implica que los casos de enfermedad por descompresión no son infrecuentes.

El manejo de pacientes con EDC en Indonesia implica una red de instalaciones con cámaras de recompresión, cada una con sus propios desafíos. Uno de los obstáculos más importantes para brindar servicios de seguridad adecuados es la vasta y diversa topografía del país. Muchos de los destinos de buceo más populares de Indonesia, como Raja Ampat, Banda y Wakatobi, se encuentran en zonas remotas y de difícil acceso. Las largas distancias de viaje a los centros médicos más cercanos dificultan aún más el manejo de accidentes de buceo.



EVALUACIÓN DEL PACIENTE

Dado que los sitios de buceo en Indonesia están muy dispersos, un problema importante es el limitado número de médicos con experiencia en medicina de buceo en las zonas clave. Para abordar esta brecha de conocimiento, Divers Alert Network (DAN) estableció la Academia DAN de Medicina del Buceo en Bali en 2023. El programa invitó a médicos y enfermeros de todo el país y ofreció becas a quienes se encontraban en zonas remotas. En total, 50 profesionales de la salud completaron el programa. Estos médicos y

enfermeros sirven como una extensión del equipo médico de DAN y mejoran las capacidades de diagnóstico sobre el terreno. Es evidente que estos médicos y paramédicos capacitados son fundamentales en situaciones en las que un médico de buceo no puede estar presente para ayudar al equipo de DAN con el diagnóstico. Como es bien sabido, el diagnóstico temprano influye significativamente en el curso de acción necesario para tratar la EDC.

COORDINACIÓN Y LOGÍSTICA

La gestión de accidentes de buceo en Indonesia presenta importantes desafíos. El vasto territorio de Indonesia, con una costa de 54.700 kilómetros, dificulta la prestación de servicios de rescate adecuados y provoca largos tiempos de respuesta ante emergencias.

En noviembre de 2019, recibimos una llamada de emergencia que nos alertaba de un buceador con enfermedad descompresiva tipo 2 (EDC) en Raja Ampat. Cuando intentamos derivarlo a la cámara hiperbárica más cercana en la isla de Waisai, descubrimos que estaba en reparación. Dado que el equipo médico recomendó tratamiento inmediato, organizamos el tratamiento en la cámara operativa más cercana, que estaba en Bali, a casi 2000 km de distancia. DAN Travel Assist coordinó una evacuación médica aérea; sin embargo, la ambulancia aérea tenía base en Yakarta. La aeronave voló cuatro horas hasta Sorong para recuperar al paciente y tres horas más para llegar a

Bali, donde finalmente pudo comenzar el tratamiento.

TRANSPORTE Y EVACUACIÓN

Dado que el centro de evacuación aérea está en Yakarta, la distancia representa un desafío. Por ejemplo, se necesitan al menos dos horas para volar sin escalas de Yakarta a Bali. Los helicópteros equipados para la evacuación aérea solo están disponibles en unas pocas ciudades importantes y su alcance operativo es limitado.

En otro incidente ocurrido en octubre de 2024, recibimos una solicitud de evacuación marítima desde la isla de Nusa Penida a Bali. Un buzo sufrió un accidente y no había ninguna cámara hiperbárica disponible en la isla. Si bien la tarea en sí no fue particularmente difícil en condiciones normales, la situación se tornó tensa al tener que completarla de noche con mal tiempo. Nos aseguramos de que el barco estuviera en condiciones de navegar y de que la tripulación conociera bien las condiciones locales. Este heroico esfuerzo nos mantuvo en vilo hasta que recibimos la confirmación de que el paciente había llegado sano y salvo al hospital a las 2:00 a. m.

DISPONIBILIDAD DE LA CÁMARA DE RECOMPRESIÓN

En ocasiones, una cámara hiperbárica puede no estar disponible debido a fallas en el equipo, cambios de personal o necesidades de mantenimiento. Por lo tanto, todas las cámaras existentes deben mantenerse listas para su uso.

La cámara más cercana suele ser la opción más adecuada, especialmente en Indonesia, donde las condiciones de evacuación pueden ser difíciles. Sin embargo, esta situación ideal no siempre es posible. Es fundamental que la Red de

Cámaras de Recompresión de DAN se mantenga actualizada. Hemos identificado varias cámaras recién inauguradas en Indonesia que aún no se han registrado en el RCN, muchas de las cuales están ubicadas estratégicamente cerca de sitios de buceo populares.

En los últimos dos años, hemos conseguido nueve cámaras recién operativas ubicadas estratégicamente en toda Indonesia como socios del RCN. Esta expansión permite un despacho más eficaz de pacientes desde el lugar del incidente más cercano.

RETOS Y SOLUCIONES

Otro reto para la gestión de cámaras hiperbáricas en Indonesia es la barrera lingüística. Si bien el bahasa indonesio es el idioma oficial, el país cuenta con 718 idiomas regionales diferentes, muchos de los cuales no son mutuamente inteligibles. La mayoría de las instalaciones de cámaras hiperbáricas se encuentran en zonas remotas donde la población local puede no hablar bahasa indonesio con fluidez.

Por eso, el apoyo de DAN como enlace es esencial. A menudo necesitamos transmitir instrucciones del equipo médico de DAN en el extranjero de forma que los médicos locales puedan comprenderlas. En algunos casos, incluso solicitamos la ayuda de traductores locales para facilitar una comunicación clara.

CONCLUSIÓN

El manejo eficaz de los pacientes con EDC en Indonesia requiere una coordinación eficaz entre los centros de cámaras de recompresión, los profesionales médicos y los operadores de buceo. Mediante la capacitación continua, la evaluación y la expansión de la red de cámaras de recompresión, Indonesia está mejorando su capacidad para brindar un tratamiento eficaz a los buceadores.

Informe de Caso: Buzo con síntomas neurológicos en una ubicación remota

Manuel Preto CHT, DMT, ECHSM and Eli Silva MD

Este informe de caso se publica con el permiso de los autores.

INTRODUCCIÓN

El tratamiento de la enfermedad por descompresión se describió por primera vez durante trabajos con cajones neumáticos en el siglo XIX, utilizando en ese momento una cámara multiplaza.

El código 99 de la National Fire Protection Association (NFPA) clasifica los recipientes para ocupación humana en tres categorías: Clase A (cámara multiplaza), Clase B (cámara monoplaza) y Clase C (cámara para animales o investigación).

Las cámaras de esclusa múltiple constan de dos o más compartimentos, lo que permite el ingreso de personal, pacientes y equipos, manteniendo la presión en el compartimento principal. Están diseñadas para alojar a dos o más personas, incluyendo un acompañante.

En cambio, las cámaras monoplaza son compartimentos únicos, diseñadas para una sola persona, y no permiten el acceso directo al paciente durante el tratamiento.

Tanto las cámaras de Clase A como las de Clase B se han utilizado con seguridad en entornos clínicos.

Dada la duración de la tabla de tratamiento 6 de la Marina de los EE. UU. (USN TT6), que es la tabla estándar para el tratamiento de la enfermedad por descompresión, con una duración mínima de 285 minutos sin extensiones, no sorprende que las cámaras

multiplaza ofrezcan mayores ventajas. Estas cámaras pueden mejorar la comodidad del paciente y aumentar la seguridad al permitir la presencia de un acompañante que gestione emergencias de forma inmediata y brinde una evaluación continua. Por otro lado, este tipo de cámaras requiere un sistema más complejo y personal con experiencia técnica.

Las cámaras monoplaza también se han utilizado con éxito para tratar a buzos, con tasas de complicaciones similares.

La elección del sistema hiperbárico debe basarse en su uso previsto, el espacio y las condiciones de instalación disponibles, así como en los requisitos técnicos del equipo.

Presentamos el caso de un buzo que fue tratado con éxito por enfermedad por descompresión con síntomas neurológicos, utilizando una cámara monoplaza SOS Hyperlite_1® durante una expedición de buceo en una zona remota.

INFORME DEL CASO

Se obtuvo el consentimiento informado por escrito del paciente para la presentación de los detalles de su historial clínico y fotografías anónimas.

Se trata de un buzo experimentado de 60 años, con más de 1000 inmersiones

registradas, sin antecedentes médicos relevantes ni eventos previos relacionados con el buceo.

Participó en una expedición científica de buceo a bordo de una goleta con mástil, originalmente un barco pesquero de bacalao.



La expedición se desarrolló en la dorsal de Gorringe, en el océano Atlántico, a aproximadamente 110 millas náuticas de tierra firme.

El plan de buceo consistía en dos inmersiones diarias, ajustadas según los perfiles previos. Las condiciones del mar eran moderadas en cuanto a corrientes, y la temperatura del agua oscilaba entre los 20 y 21 °C.

En el momento del accidente, el paciente llevaba tres días consecutivos de buceo, con un total de seis inmersiones en circuito abierto.

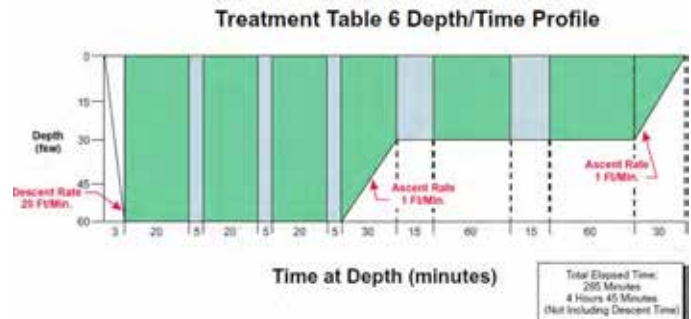
El tercer día realizó una primera inmersión a 53 metros de profundidad (msw) durante 73 minutos, seguida de una segunda inmersión ese mismo día, tras un intervalo en superficie de 4 horas y 52 minutos, a 51 msw durante 73 minutos.

Al salir a la superficie, el paciente refirió dolor bilateral en los hombros y en el codo derecho, así como debilidad

muscular en el brazo derecho, y tuvo dificultades para subir a la balsa inflable. No se reportaron otros síntomas.

Inmediatamente después de ser subido a la embarcación de apoyo, se le administró oxígeno normobárico a través de una mascarilla sin reinhalación. El paciente refirió mejoría de los síntomas en 5 minutos. Fue trasladado a la embarcación principal, donde fue evaluado por el oficial médico de buceo aproximadamente 10 minutos después de emerger.

Dado el perfil de inmersión y el cuadro clínico, se decidió iniciar tratamiento con oxígeno hiperbárico, utilizando la tabla USN TT6, en la hora siguiente al inicio de los síntomas. Se recomendó al paciente aumentar la ingesta de líquidos por vía oral y se le proporcionó una vejiga de hidratación de 2 litros (Camelback®) dentro de la cámara.



una ubicación remota durante una expedición científica.

Como preparación para el proyecto, y considerando el plan de buceo, las características de los sitios, las condiciones de mar abierto y la considerable distancia a tierra firme, se decidió instalar una cámara hiperbárica a bordo.

La selección de una cámara presurizada adecuada para ocupación humana (PVHO) fue una tarea compleja.

El buque principal, originalmente un pesquero de bacalao, fue adaptado con este fin, pero presentaba varias limitaciones, incluyendo restricciones de peso y espacio, debido a una cubierta históricamente preservada que debía mantenerse intacta.

Se descartaron las cámaras multiplaza por limitaciones de espacio, y se procedió a evaluar las cámaras monoplaza según la viabilidad de instalación y los requisitos técnicos.

En comparación con las multiplaza, las cámaras monoplaza ofrecen la ventaja de requerir menos espacio operativo y mayor portabilidad.

Sin embargo, el proceso de instalación en el barco, junto con la rigidez estructural, representó un desafío particular para esta operación.

Aunque existían varias opciones comerciales de cámaras blandas, ninguna estaba certificada para presiones superiores a 2 ATA ni contaba con aprobación bajo la norma PVHO-1, un requisito para su uso clínico.

El único fabricante que cumplía con todas las especificaciones fue SOS Hyperlite®. Se eligió el modelo Hyperlite_1® por sus ventajas: portabilidad (aproximadamente 50 kg), operación silenciosa, facilidad de uso, eficiencia espacial, instalación rápida y rentabilidad.

Un factor clave fue la capacidad de realizar Transferencia Bajo Presión (TUP) en caso de evacuación, lo que permite continuar el tratamiento sin interrupciones durante el traslado o transferencia a una cámara clínica. Esta capacidad consolidó aún más la elección del Hyperlite_1® como solución óptima para esta operación.

El paciente se encontraba clínicamente estable para ser tratado en una cámara monoplaza. Se tomaron medidas para asegurar un entorno confortable respecto a ansiedad, temperatura, hidratación y micción.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a toda la tripulación de la SMM, a los investigadores de campo, a los departamentos científicos y a los buzos por su apoyo y la información proporcionada.



REFERENCIAS

1. Stewart J Jr, Corning JL. *Exploring the History of Hyperbaric Chambers, Atmospheric Diving Suits and Manned Submersibles: The Scientists and Machinery*. Bloomington, IN: Xlibris; 2011. p. 68.
2. ASME PVHO-1-2023 (revisión de ASME PVHO-1-2019, Norma de seguridad para recipientes a presión destinados a ocupación humana). Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos; 2023.
3. Manual de Buceo de la Armada de EE. UU., Revisión 7. EE. UU.: Comando de Sistemas Navales; 2016. Disponible en:
https://www.navsea.navy.mil/Portals/103/Documents/SUPSALV/Diving/US%20DIVING%20MANUAL_REV7.pdf?ver=2017-01-11-102354-393
4. Vann RD, Butler FK, Mitchell SJ, Moon RE. Decompression illness. *Lancet*. 2011;377:153–64. doi: 10.1016/S0140-6736(10)61085-9. PMID: 21215883.

¿Es factible y apropiado utilizar cámaras de recompresión médicamente remotas para la administración de oxigenoterapia hiperbárica clínica?

Dick Clarke CHT-ADMIN

La cámara hiperbárica tiene casi 200 años de historia (1832) y es posiblemente la tecnología médica más antigua que aún opera prácticamente sin cambios en su forma y función. Su uso inicial fue especulativo e inútil, pero a finales del siglo XIX, la enfermedad por descompresión (EDC) se convirtió en su primera indicación bien establecida. Esto proporcionó a los trabajadores de cajones de puentes y túneles de transporte público que trabajaban bajo condiciones de aire comprimido un acceso vital al alivio de las lesiones por descompresión resultantes. A principios del siglo XX, las cámaras se incorporaron a la atención de buzos accidentados. Este tratamiento de "recompresión" con respiración de aire se basaba completamente en la relación inversa presión-volumen caracterizada por la Ley de Boyle. Durante la década de 1930, se empleó la respiración de oxígeno, ya que ofrecía varias ventajas distintivas. Todas estas cámaras de recompresión estaban ubicadas en el lugar de trabajo, alejadas de los centros de salud tradicionales. Fue este concepto de respiración con oxígeno hiperbárico lo que impulsó la investigación sobre otros posibles usos de la cámara, y para finales de la década de 1960 se habían identificado varios efectos terapéuticos adicionales. Esto marcó el inicio de la era de la oxigenoterapia hiperbárica, y las cámaras se incorporaron cada vez más al sistema de atención médica.

¿Se puede utilizar la cámara de soporte de

buceo médicamente remota para tratar estas otras afecciones?

Es posible en las circunstancias adecuadas e incluso podría ser conveniente en ausencia de una cámara clínica cercana. Sin embargo, hay varios factores que deben considerarse para garantizar que dicho uso sea seguro y eficaz.

En primer lugar, las personas responsables de la toma de decisiones médicas (diagnóstico formal; análisis de riesgo-beneficio; consentimiento informado; órdenes de dosificación hiperbárica) deberían recibir formación en medicina hiperbárica más allá de sus aspectos relacionados con el buceo. A continuación, se consideraría qué indicaciones clínicas serían apropiadas. La práctica de la medicina hiperbárica incluye tanto entornos hospitalarios como ambulatorios. Los pacientes hospitalizados suelen estar más enfermos y con frecuencia requieren una monitorización biomédica compleja y apoyo médico simultáneo. Es poco probable que estas necesidades de los pacientes sean fácilmente transferibles a la cámara médicamente remota. Más probables son varias de las indicaciones ambulatorias, donde los pacientes suelen ser ambulatorios y no requieren apoyo hospitalario.

Un ejemplo destacado es la lesión tisular por radiación tardía, que incluye la

osteorradionecrosis en estadio 1 (definida como hueso alveolar expuesto) y, en esencia, todas las localizaciones anatómicas de tejidos blandos (piel, vejiga, recto, colon, cuello uterino y laringe). La lesión tisular por radiación tardía es posiblemente el uso más común de la medicina hiperbárica y recientemente se ha convertido en el estándar de atención para las localizaciones de tejidos blandos. Las úlceras del pie diabético son otro uso ambulatorio común. Sin embargo, el oxígeno hiperbárico es un complemento a la atención estándar y requiere una prueba de oxígeno transcutáneo para optimizar el cuidado de la cámara. Esto requiere la confirmación de la presencia de hipoxia localmente reversible. No utilizar esta tecnología de detección suele resultar en un tratamiento fallido y un gasto innecesario en atención médica y para el paciente. Esta tecnología es costosa de adquirir si no está disponible para los pacientes en su entorno de atención médica habitual. Otras posibles afecciones ambulatorias que no requieren medidas adicionales de soporte en la cámara son la oclusión de la arteria central de la retina, la hipoacusia neurosensorial súbita, las infecciones óseas crónicas y las formas menos graves de intoxicación por monóxido de carbono.

Por lo tanto, es factible considerar el uso de la cámara remota médica para afecciones específicas, además de los accidentes de descompresión. Además de aportar posibles beneficios para la salud a una población más amplia de pacientes, ofrecería una valiosa experiencia práctica y mantenimiento de habilidades para el equipo de operaciones de la cámara. Existirían algunos gastos adicionales, principalmente el uso de oxígeno (con cuidado de garantizar que haya un suministro disponible para la llegada repentina de un buzo lesionado).

NOTA DEL EDITOR

Aunque el uso de la monitorización transcutánea de oxígeno (TCOM) es ideal para evaluar la oxigenación tisular y, por lo tanto, el potencial de curación en casos de úlcera del pie diabético (UPD), la HBO se utiliza como terapia complementaria para tratar las UPD en lugares donde no hay TCOM y donde el costo de la HBO es razonable, en algunos casos de posible pérdida de extremidades debido a amputación.

SEGURIDAD ELÉCTRICA EN LAS INSTALACIONES HIPERBÁRICAS

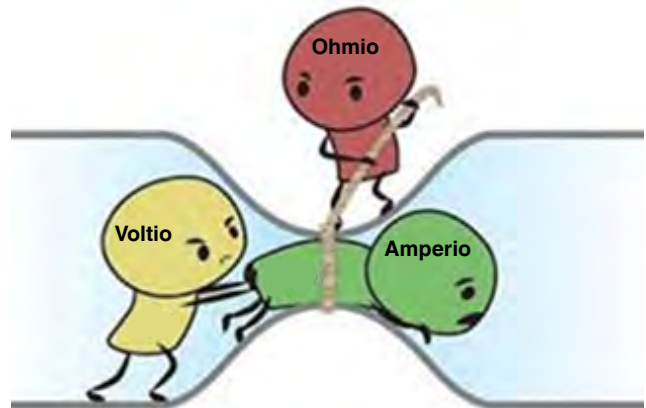
Francois Burman, PE, MSC

Todas las instalaciones de cámaras hiperbáricas dependen de la energía eléctrica para sus compresores, unidades de aire acondicionado, iluminación, sistemas de comunicación y otros equipos. No podemos prescindir de ella, ya sea suministrada desde el exterior o mediante un generador. Sin embargo, al escuchar la palabra electricidad, algunos se quedan vidriosos, otros se muestran nerviosos y muchos simplemente la ignoran como algo que simplemente está ahí.

Sabemos que los peligros eléctricos son reales y que la electricidad puede ser mortal, por lo que necesitamos comprenderla para usarla de forma segura y garantizar la protección de nuestro personal y pacientes.

Este artículo no pretende explicar cómo ni por qué funciona. En cambio, se centrará en los conceptos básicos, explicará algunos de los peligros y aspectos importantes de seguridad, y quizás responderá algunas preguntas específicas de nuestro entorno.

Para comprender la terminología que utilizamos, comencemos con los elementos que definen la energía eléctrica. El voltaje es el conductor de la corriente a través de un circuito. Podemos usar analogías en el entorno de nuestra cámara con respecto a la presión (voltaje o voltios), el flujo (corriente o amperios) y la apertura de la válvula (resistencia u ohmios). Cuanta más corriente eléctrica (o, por ejemplo, flujo de aire) necesitemos, mayor será el voltaje (presión) necesario y menor la resistencia al flujo (la válvula deberá abrirse más). Estos tres términos se utilizan para determinar la seguridad en la cámara.



Otro elemento importante a tener en cuenta es la ubicación en el mundo. En América y en algunos otros países, el sistema eléctrico está configurado a 110-120 voltios (60 Hz) para la mayoría de los equipos que rodean o están cerca de la cámara. En el resto del mundo, está configurado a 220-240 voltios (50 Hz). El hercio (Hz) es otra medida de corriente que puede utilizarse con corriente alterna (CA). Los equipos deben ajustarse a la configuración de la fuente de alimentación y no deben asumirse como compatibles en todas partes. La mayoría de nosotros hemos visto cómo los calentadores de agua y los secadores de pelo de viaje se queman por un mal funcionamiento.

El siguiente paso es comprender cómo se distribuye la energía eléctrica a nuestros equipos. Necesitamos saber dónde se realiza esto para poder apagarlos en caso de emergencia.

Todos sabemos qué es un interruptor, pero en los sistemas eléctricos existen tres tipos. El seccionador de red (o disyuntor principal) suele estar en el punto donde la energía entra al edificio o instalación. Generalmente, solo se activa y desactiva manualmente. A partir de ahí, se divide en varias líneas o

circuitos separados para dar servicio a cada parte de la instalación, generalmente dentro o en un cuadro de distribución. Cada línea tiene su propio disyuntor, un interruptor diseñado para cerrarse si se consume demasiada corriente, lo cual es una medida de seguridad esencial. Finalmente, existen interruptores individuales para luces, dispositivos eléctricos y, por supuesto, controles de cámaras. Estos generalmente no tienen protección incorporada a menos que se instale un fusible, diseñado para proteger los circuitos del exceso de corriente.

Dado que tratamos con personas, cableado y equipos de alto voltaje, agua y otros fluidos alrededor o dentro de las cámaras (especialmente en las instalaciones de tratamiento de buzos), contamos con un dispositivo de seguridad conocido como interruptor de circuito por falla a tierra (GFCI). En otros países, se le conoce como interruptor de circuito por fuga a tierra (ELCB). Estos dispositivos están diseñados para proteger a las personas de la electrocución al exponerse a un conductor o superficie con corriente.



Dado que planteamos el problema de la electrocución (daños causados por fallas del sistema eléctrico), podemos considerarlo en tres categorías: incendio, daños al equipo y lesiones.

Podemos comenzar a detectar la electrocución a partir de aproximadamente 0,005 amperios (0,5 mA). A partir de este valor, depende de la cantidad y el tipo de corriente (alterna - CA o continua - CC). Los riesgos humanos de la electrocución incluyen tétanos (contracción muscular que impide soltar), paro respiratorio (pulmones y diafragma), arritmias cardíacas como fibrilación ventricular o asistolia, y quemaduras. El punto en el que comienza el tétanos es sorprendentemente bajo: 15 mA para corriente alterna. Una quemadura térmica significativa requiere 10 amperios donde la corriente fluye a través del cuerpo.

Para ilustrar el punto de las zonas húmedas y la protección contra fallas a tierra, si usted se encuentra en el agua, su resistencia total al flujo de corriente es de 1000 ohmios. Si el lugar está seco, es de hasta 10 millones de ohmios. Si se usan suelas de goma y guantes, la resistencia es de hasta 20 millones de ohmios. Un GFCI detecta cualquier corriente que nos atravesase hasta la tierra y desconecta la corriente principal cuando esta supera los 5 mA (es decir, 0,005 amperios) en 100 milisegundos (0,1 segundos). Incluso con la menor resistencia total que supone estar en el agua, esto es suficiente para protegerle de la electrocución.

Además de no tocar ningún equipo eléctrico cuando se encuentre cerca de una superficie húmeda, hay algunas reglas que se deben seguir para garantizar la seguridad eléctrica. Estas son algunas de las recomendaciones:

Aisle siempre la corriente antes de abrir o tocar cualquier cosa. Nota: Un interruptor y un disyuntor normal no son aisladores. A menos que sepa qué tipo de disyuntor tiene, debe aislar la alimentación en el interruptor principal (el disyuntor manual).

Si no puede hacerlo, debe comprobar que la alimentación esté desconectada con un multímetro; esto garantiza que no se obtenga una lectura de voltaje entre los puntos de fase y neutro de la toma de corriente.

No realice ningún trabajo en un sistema con tensión, por muy cuidadoso que crea ser. El trabajo con tensión requiere una licencia o permiso especial.

No se permiten modificaciones en los circuitos eléctricos a menos que el manual del equipo lo indique (como, por ejemplo, conectar el dispositivo a la corriente).

Asegúrese siempre de que haya señales de advertencia adecuadas en los lugares donde pueda producirse cualquier daño eléctrico. Si puede restringir el acceso a estos puntos de peligro, mucho mejor.



En caso de una emergencia por electrocución, apague la alimentación antes de tocar a la persona, inicie la RCP y utilice un DEA si es necesario, y llame a los servicios de emergencias médicas. Si no puede desconectar la corriente, utilice un objeto seco y no conductor, como un ipalo de madera, para alejar a la persona de la fuente de electricidad.

Un paso esencial para garantizar la seguridad eléctrica es la inspección y el mantenimiento regulares. Esto puede ser tan simple como buscar cables dañados

(pinchazos o rozaduras), y no olvide que a los roedores les encanta el aislamiento. Asegúrese de que las conexiones y los conectores de la carcasa de la cámara estén siempre bien apretados, mantenga todos los equipos eléctricos alejados del agua (o mejor aún, mantenga el agua alejada de los equipos eléctricos) y, muy importante, pruebe su GFCI (ELCB) mensualmente pulsando el botón de prueba del disyuntor. El botón de prueba está ahí precisamente para este propósito. Revise la conexión a tierra de la cámara; algunos lo hacen a diario y otros mensualmente. Las alarmas contra incendios y de seguridad, y los detectores como los de monóxido de carbono, humo, llamas y calor, deben probarse al menos una vez al año.

La conexión a tierra del paciente no funcionará si la cámara no está conectada a tierra. Debe comprobar la conexión a tierra del paciente antes de cada sesión en una cámara presurizada con un gas que contenga más del 23,5 % de oxígeno. Una última advertencia sobre cualquier equipo eléctrico que se introduzca en la cámara. Nuestra principal preocupación aquí es el fuego. La norma NFPA 99 y la Guía de Evaluación de Riesgos de DAN proporcionan información sobre cómo garantizar la seguridad cuando se permite el uso de equipos dentro de la cámara. Estos incluyen linternas, otoscopios y cualquier otro dispositivo alimentado por batería.

No debemos ser demasiado precavidos, y tenemos el deber de cuidar a nuestro personal, a nuestros pacientes y al público en general. El desconocimiento de los sistemas eléctricos de la cámara no exime de la responsabilidad de garantizar la seguridad. Seguir las directrices básicas de este artículo le ayudará a tomar decisiones más informadas al manipular cualquier sistema eléctrico.

Emergencias en Cámara Hiperbárica: Barotrauma Otológico y Pulmonar

Sheryl Shea, RN, CHT

En el último artículo del boletín sobre emergencias en cámara, abordamos la toxicidad por oxígeno. En este número, abordamos el barotrauma otológico y pulmonar.

El barotrauma otológico es preocupante porque es relativamente común y la incapacidad de equilibrar los oídos puede impedir o retrasar el inicio del tratamiento. Si no se trata, puede causar lesiones auditivas, incluyendo pérdida auditiva permanente. El barotrauma pulmonar en la cámara, aunque poco frecuente, es una emergencia potencialmente mortal que requiere atención médica.

Tenga en cuenta que estos son solo resúmenes. Su cámara debe contar con planes de acción de emergencia (PAE) para el manejo de emergencias médicas, individualizados teniendo en cuenta las características específicas de su instalación, como la proximidad a un hospital, el nivel de capacitación médica del personal, la disponibilidad de equipos de emergencia y diagnóstico, y el tipo de cámara (monoplaza o multiplaza). Las emergencias médicas en la cámara incluyen, entre otras, las mencionadas anteriormente, pero también pueden incluir paro cardíaco, descompresión omitida del paciente o del acompañante, claustrofobia/ansiedad, paciente agresivo o poco cooperativo, hipoglucemia.

BAROTRAUMA DE OÍDO

El barotrauma de oído, a veces llamado bloqueo o compresión del oído, puede

ocurrir cuando el paciente o el acompañante no pueden compensar la presión de sus oídos durante los cambios de presión en la cámara. Generalmente ocurre durante el descenso a la profundidad de tratamiento, pero también puede ocurrir durante el ascenso, lo que se denomina bloqueo inverso. Comienza con mayor frecuencia en los primeros 10 metros de compresión de la cámara.

Dado que el oído medio es una cavidad llena de aire, se aplica la Ley de Boyle. Esta ley describe cómo el volumen de un gas disminuye cuando la presión aumenta y, a la inversa, el volumen del gas aumenta cuando la presión disminuye. El oído medio se ventila a la presión circundante a través de las trompas de Eustaquio, que normalmente están cerradas excepto al bostezar y tragar. Las técnicas para abrir las trompas de Eustaquio deben practicarse activamente para permitir la compensación. De lo contrario, la presión desigual dentro del oído medio y el entorno puede provocar dolor y lesiones.

Los buceadores reciben formación en técnicas de compensación auditiva durante su formación en aguas abiertas, por lo que la mayoría puede compensar sus oídos fácilmente. Sin embargo, algunos buceadores tienden a tener dificultades con la compensación auditiva, y de hecho, cualquier buceador, incluido el personal de la cámara, puede tener dificultades con la compensación auditiva si presenta inflamación o

congestión de las trompas de Eustaquio, como en el caso de alergias o infecciones respiratorias. Un buceador también podría tener un barotraumatismo auditivo previo, sufrido durante el accidente, que requirió tratamiento en la cámara, como un ascenso incontrolado.

Los síntomas son sensación de presión, dolor que puede ser intenso, tinnitus, sensación de plenitud causada por la acumulación de sangre o líquido en el oído medio, vértigo y pérdida auditiva. Puede producirse una rotura de la membrana timpánica, lo que permitiría una rápida compensación de la presión y, por lo tanto, una disminución de la misma, pero debe evitarse debido al riesgo de infección y podría afectar futuras inmersiones.

La preparación del paciente antes del descenso de la cámara es esencial. Pregúnteles sobre la capacidad de compensación auditiva y sus antecedentes de barotraumatismo auricular. Explíqueles que la compensación auditiva dentro de la cámara puede sentirse diferente a la compensación subacuática. Generalmente, se requiere una compensación más temprana y frecuente. Enseñe las técnicas de compensación si es necesario y explique la señal para detener el descenso o ascenso de la cámara si no se puede compensar.

Una vez iniciada la presurización, el operador y el asistente deben observar al paciente atentamente. Descienda lentamente y detenga el cambio de presión inmediatamente si el paciente indica dificultades de compensación. Si no puede compensar con su técnica habitual, puede ser útil bostezar, tragar,

beber líquidos o usar una técnica de compensación diferente. Se debe evitar la compensación forzada, ya que puede causar lesiones. El operador podría tener que descomprimir ligeramente la cámara para permitir la compensación. A veces, se requiere mucha paciencia, incluyendo varias descompresiones leves y tiempo para que se produzca la compensación. De no ser posible, el médico puede recetar un spray nasal descongestionante. En el caso de una cámara monoplaza o de un paciente con dificultades conocidas de compensación auditiva, se podría considerar la medicación antes de comenzar el tratamiento.

En el peor de los casos, se podría realizar una miringotomía; sin embargo, en realidad, esto rara vez se requiere y probablemente implique retirar al paciente de la cámara para someterlo al procedimiento. En pacientes comatosos, se puede considerar una miringotomía profiláctica antes del tratamiento. La atención minuciosa, la orientación, la paciencia del personal de la cámara y, en ocasiones, la medicación funcionan en casi todos los casos de dificultad para la compensación.

BAROTRAUMA PULMONAR

El barotrauma pulmonar, a veces llamado lesión por sobreexpansión pulmonar, ocurre cuando la presión del aire en los pulmones se expande más allá de su capacidad de absorción, como durante un ascenso rápido después de una inmersión o debido al atrapamiento de aire en una ampolla o un broncoespasmo. Esto puede causar una ruptura alveolar en los pulmones, lo que puede provocar un neumotórax.

No se colocaría a sabiendas a una persona en la cámara con barotrauma pulmonar, pero si la ruptura pulmonar es pequeña y

la sintomática, puede pasar desapercibida, incluso con una radiografía de tórax, hasta que la persona se encuentre en la camilla. Es menos probable que el barotrauma pulmonar se origine dentro de la cámara en buceadores, ya que generalmente están sanos y se someten a exámenes médicos. Sin embargo, podría ocurrir si hay una descompresión rápida y repentina, atrapamiento de aire estructural pulmonar o retención de la respiración durante el ascenso, que podría ocurrir durante una convulsión por toxicidad por oxígeno. El neumotórax es la acumulación de aire fuera del pulmón, pero dentro de la cavidad pleural. Se produce cuando el aire se acumula entre las pleuras parietal y visceral dentro del tórax. Esta acumulación de aire puede ejercer presión sobre el pulmón y provocar su colapso.

En la cámara hiperbárica, esta peligrosa situación se complica por los principios de la Ley de Boyle: el volumen de gas aumenta al disminuir la presión. Esto significa que el aire en la cavidad pleural se expandirá al descomprimirse la cámara, lo que puede causar un neumotórax a tensión que puede provocar un colapso cardiopulmonar. El neumotórax a tensión se produce cuando la acumulación de aire alcanza un tamaño suficiente como para comprimir el mediastino y empujarlo hacia el lado opuesto, junto con la tráquea. La compresión de los grandes vasos afecta el retorno venoso y el gasto cardíaco, lo que provoca hipotensión y colapso circulatorio. Esto puede provocar rápidamente un paro cardíaco si no se realiza una descompresión torácica de emergencia. Si se sospecha, se debe detener el ascenso hasta que se aborde

la afección. La presentación clínica depende del grado de colapso pulmonar, con signos y síntomas que pueden incluir:

- Dolor torácico repentino, agudo y punzante en el lado afectado
- Respiración dificultosa y rápida
- Movimiento torácico anormal en el lado afectado
- Ruidos respiratorios disminuidos, ausentes o desiguales
- Taquicardia
- Cianosis
- Hipotensión

Si el paciente presenta síntomas de neumotórax, detenga inmediatamente el ascenso (descompresión) de la cámara, llame urgentemente al médico tratante y prepárese para bloquear al médico y el equipo de emergencia dentro de la cámara. Si el buzo está estable, mantenga la presión actual mientras se evalúa al paciente y se puede tomar la decisión sobre el tratamiento. Si se sospecha un neumotórax a tensión, la cámara puede recomprimirse a mayor profundidad.



El manejo de emergencia puede incluir la descompresión con aguja. Requiere la colocación de un catéter a través de un catéter Angio conectado a una válvula unidireccional, como una válvula de Heimlich, en el segundo espacio intercostal en la línea medioclavicular por encima de la costilla por parte de una persona capacitada. El objetivo de la descompresión con aguja es proporcionar un procedimiento rápido y

emergente realizado para aliviar un neumotórax a tensión, prevenir su reaparición y permitir que el pulmón colapsado comience a reexpandirse.

La inserción de un tubo torácico (tubo de toracostomía) es un procedimiento definitivo para el neumotórax. Sin embargo, en una cámara remota básica típica, el espacio reducido, la asistencia limitada y la iluminación insuficiente requieren más tiempo para completarse, y el mayor riesgo de infección puede hacer que esta sea una opción poco práctica en la mayoría de los casos hasta que el paciente salga de la cámara. También se coloca en pacientes con neumotórax diagnosticado antes del tratamiento hiperbárico necesario. Conocer su funcionamiento y evaluar su correcto funcionamiento antes de entrar en la cámara es un requisito de habilidad del personal de enfermería.

Una vez ventilado el neumotórax, puede comenzar el ascenso a la superficie. Cuando la cámara alcanza la superficie, se debe continuar con el manejo del neumotórax, mientras se monitoriza al paciente y, posiblemente, al personal de

enfermería para detectar síntomas de DCS.

En la cámara monoplaza, no es posible tratar el neumotórax dentro de la cámara debido a la falta de acceso al paciente. La única opción es detener la descompresión, permanecer con oxígeno, reunir rápidamente al personal y el equipo de emergencia en la cámara y luego reiniciar la descompresión, ajustándose a la tolerancia del paciente. Si se produce dificultad respiratoria grave, las cámaras monoplaza permiten una descompresión rápida, con un promedio de 60 a 90 segundos. Una vez que el paciente se encuentra en la superficie, el neumotórax puede tratarse de inmediato como medida de emergencia.

En cualquier situación en la que se deba modificar la mesa de tratamiento debido a una emergencia en una cámara multiplaza, recuerde siempre reevaluar las necesidades de oxígeno del personal de enfermería.

Existen otros tipos de barotrauma, como el dental y el gastrointestinal. Se abordarán en una próxima edición.

Consulte estas referencias para obtener más información y recursos para sus EAP:

Los oídos y el buceo

<https://dan.org/health-medicine/health-resource/dive-medical-reference-books/>

Actualización sobre barotrauma del oído medio después de la terapia de oxígeno hiperbárico: Perspectivas sobre fisiopatología

<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4297009/>

Manejo médico y quirúrgico del neumotórax en buceo y cámaras hiperbáricas. Undersea Hyperb Med. 2024, primer trimestre; 51(1):17-28.

Tratamiento de la enfermedad por descompresión con cámara monoplaza: Revisión y comentarios

<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7755460/>

<https://www.sammedical.com/products/sam-thorasite>

Neumotórax: Guía práctica – Statpearls Publishing, NIH.gov

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK441885/>

Neumotórax a tensión: Guía práctica - Statpearls Publishing, NIH.gov

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK559090/>

Ejemplo de equipo de emergencia para neumotórax Tratamiento:

<https://us.myteleflex.com/en/USD/All-Categories/Interventional-Cardiology-%26-Radiology/Interventional-Radiology-%26-Peripheral-Interventions/Centesis%2C-Drainage%2C-and-Procedure-Trays/Arrow%C2%AE-Pneumothorax/p/Al-01500-E>

Tratamiento hiperbárico para buceadores en Canadá

Sherri Ferguson, Msc

Canadá cuenta con muy pocas cámaras hiperbáricas para el tratamiento de buceadores, a pesar de tener la costa más extensa del mundo (202 080 kilómetros). Esta costa bordea los océanos Atlántico, Pacífico y Ártico.

La medicina hiperbárica en Canadá no es una ley médica restringida, lo que permite el funcionamiento de centros de tratamiento hiperbárico para afecciones de salud alternativas, más allá de las indicaciones reconocidas publicadas por la Sociedad Médica Submarina e Hiperbárica (UHMS).

Actualmente, Canadá cuenta con 43 centros hiperbáricos, de los cuales solo nueve son hospitalarios y están disponibles las 24 horas del día, los 7 días de la semana, para el tratamiento de buceadores. De los 34 centros independientes, no hospitalarios, 21 operan sin un médico que supervise o prescriba el tratamiento.

El tratamiento de la enfermedad por descompresión está cubierto por el sistema de salud canadiense para los ciudadanos cuando es prescrito y supervisado por un médico colegiado.

DISTRIBUCIÓN DE LAS INSTALACIONES HIPERBÁRICAS

Las instalaciones que ofrecen tratamiento 24/7 para buceadores, atendidas por médicos colegiados con experiencia, se encuentran distribuidas por todo el país. La mayoría (cuatro) se encuentran en el centro de la provincia de Ontario, donde reside el 34% de la población. Estas incluyen:

- Cámaras multiplaza en hospitales de Hamilton, Toronto y Ottawa
- Una cámara multiplaza en una clínica de Tobermory, afiliada a un hospital, pero no dentro de él. Tobermory es el centro de buceo más popular de Ontario. Sin embargo, el futuro de esta instalación es incierto, ya que su Director Médico está a punto de jubilarse. La comunidad de buceadores mantiene la esperanza de que un nuevo médico hiperbárico ocupe el puesto.

En la provincia de Quebec, existen instalaciones multiplaza tanto en Montreal como en la ciudad de Quebec.

En la Costa Este, se encuentran:

- Nueva Escocia: cámara multiplaza en un hospital de Halifax
- Terranova: dos cámaras monoplasa en St. John's, cuya sustitución está prevista para 2026 por una nueva instalación multiplaza.
- St. John's también alberga la única instalación hiperbárica receptora en la Costa Este de Norteamérica para buceadores de saturación en alta mar.

En el oeste de Canadá:

- Alberta: tres cámaras monoplasa en Edmonton
- Columbia Británica: Cámara multiplaza en Vancouver

La Armada Canadiense opera tres cámaras hiperbáricas para uso exclusivo de sus miembros en caso de emergencia:

- Unidad de Buceo de la Flota del Pacífico en Esquimalt, Columbia Británica
- Unidad de Buceo de la Flota del Atlántico en Halifax, Nueva Escocia
- Un centro de investigación en Toronto, Ontario

instalaciones hiperbáricas en Halifax y St. John's.

En el oeste, Saskatchewan y Manitoba suelen enviar buzos a Estados Unidos para recibir tratamiento, ya que a veces es más accesible que llegar a Ontario o Alberta.

DESAFÍOS EN ZONA REMOTAS

Varias provincias y territorios de Canadá carecen por completo de instalaciones hiperbáricas, entre ellas Nunavut, el Yukón y los Territorios del Noroeste. En estas zonas, los tiempos de vuelo a ciudades más grandes con cámaras hiperbáricas pueden ser largos, y las operaciones de evacuación médica se retrasan con frecuencia debido a las condiciones climáticas.

En el este, Nuevo Brunswick y la Isla del Príncipe Eduardo dependen de las

REGULACIONES E INNOVACIONES

Las regulaciones canadienses exigen que las operaciones de buceo comercial en zonas remotas cuenten con cámaras hiperbáricas in situ, pero estas regulaciones varían según la provincia.

El uso de camillas de evacuación hiperbárica, que permiten iniciar el tratamiento durante el trayecto a un centro, se introdujo por primera vez en Quebec y ahora se utiliza cada vez más en todo Canadá.



CASO CLÍNICO: Barotrauma Pulmonar en una Buceadora Junior por Ascenso Incontrolado

Dr Matias Nochetto

ANTECEDENTES

Una buceadora de 13 años sufrió un barotrauma pulmonar durante una inmersión recreativa de entrenamiento en aguas abiertas, realizada bajo supervisión profesional como parte de un programa de certificación para jóvenes. Había completado todas las sesiones en aguas confinadas y una inmersión en aguas abiertas con éxito antes del incidente.

PERFIL Y CONDICIONES DE LA INMERSIÓN

La inmersión se realizó en un arrecife tropical, con una profundidad máxima de 10 metros. La visibilidad era moderada, la temperatura del agua era de 25 °C y la corriente era insignificante. El grupo de buceo estaba compuesto por cuatro participantes: dos buceadores junior y dos adultos. El equipo de supervisión estaba compuesto por un instructor de buceo y un divemaster. Los menores fueron emparejados y ubicados cerca del instructor durante toda la inmersión.

DESCRIPCIÓN DEL INCIDENTE

Aproximadamente a los 20 minutos de iniciada la inmersión, mientras el grupo se encontraba estacionario sobre un fondo arenoso a 8 metros de profundidad, una de las buceadoras junior inició un ascenso rápido e imprevisto. No se observó ninguna señal de socorro previa. El instructor intentó intervenir, pero no logró alcanzarla antes de que emergiera. Al salir a la superficie, la buceadora reportó opresión torácica, dificultad respiratoria y una sensación crepitante en el cuello.

Se le administró oxígeno de emergencia en la embarcación y fue trasladada a un servicio de urgencias local para su evaluación.

EVALUACIÓN MÉDICA

La paciente estaba alerta pero presentaba dificultad respiratoria leve. Se observó enfisema subcutáneo en la región supraclavicular. Las imágenes confirmaron neumomediastino y enfisema subcutáneo, compatibles con barotrauma pulmonar. No hubo evidencia de neumotórax ni compromiso neurológico. Fue tratada de forma conservadora con oxígeno de alto flujo y recibió el alta tras 48 horas con resolución completa de los síntomas.

FACTORES CONTRIBUYENTES

No se identificaron fallos del equipo ni condiciones médicas preexistentes. Una revisión del incidente sugirió que los factores conductuales fueron probablemente el detonante. La buceadora había estado participando en interacciones lúdicas poco antes del ascenso, sin mostrar signos de pánico o angustia. Se presume que un cambio súbito en la percepción o una sensación abrumadora bajo el agua provocó la decisión abrupta de ascender, omitiendo el protocolo estándar.

Este patrón coincide con los hallazgos de una revisión reciente de DAN sobre 149 lesiones menores de buceo, donde aproximadamente dos tercios de los casos de barotrauma pulmonar se asociaron a ascensos rápidos, muchas

veces precedidos por episodios de ansiedad o desregulación emocional. Las directrices de SPUMS 2024 subrayan que los buceadores menores pueden reaccionar de manera impredecible ante desafíos subacuáticos reales o percibidos, debido a su etapa de desarrollo y limitada capacidad para regular su comportamiento bajo estrés.

CONSIDERACIONES DE SUPERVISIÓN Y SEGURIDAD

Aunque la buceadora estaba bajo supervisión profesional cercana, el caso revela que los modelos tradicionales de emparejamiento entre compañeros y grupos dirigidos por un instructor pueden no ofrecer márgenes suficientes de seguridad para buceadores jóvenes y noveles. SPUMS recomienda que los buceadores menores, especialmente durante la fase inicial del entrenamiento y el período inmediatamente posterior a la certificación, permanezcan siempre al alcance físico de un adulto supervisor. Idealmente, este adulto debe conocer íntimamente al menor (por ejemplo, un padre o hermano) y estar en condiciones de detectar señales sutiles y actuar con antelación.

La familiaridad no solo refuerza la seguridad, sino que también proporciona una presencia tranquilizadora, reduciendo la probabilidad de respuestas impulsivas o inadecuadas frente a la incomodidad o confusión transitoria bajo el agua. Con el tiempo, y solo cuando el comportamiento del buceador joven se vuelva constante y predecible, podrá relajarse progresivamente la proximidad de la supervisión.

DISCUSIÓN

Este caso resalta los desafíos asociados a la seguridad en el buceo pediátrico.

Aunque la buceadora estaba en buen estado físico y había completado exitosamente la capacitación técnica, su respuesta ante una situación rutinaria fue impredecible, lo que resultó en una lesión. La transición desde entornos controlados hacia aguas abiertas introduce variables emocionales, ambientales y cognitivas que pueden sobrepasar fácilmente a buceadores noveles, particularmente a los menores de edad.

La imprevisibilidad conductual, incluso en condiciones tranquilas, sigue siendo un riesgo importante en esta población. Los programas estructurados para jóvenes deben tener esto en cuenta, aplicando protocolos de supervisión más estrictos, seleccionando cuidadosamente los sitios de inmersión y asegurando que los supervisores estén capacitados para anticipar y gestionar desviaciones repentinas del comportamiento esperado.

CONCLUSIÓN

El barotrauma pulmonar en buceadores menores suele deberse a fallos conductuales más que técnicos. Este caso respalda la necesidad de una supervisión constante, cercana y familiar durante las fases iniciales del entrenamiento de buceo y el período post-certificación. La supervisión debe ser proactiva, no reactiva, y los buceadores deben mantenerse al alcance físico hasta que demuestren un comportamiento tranquilo, constante y predecible bajo el agua. Un enfoque conservador y gradual para aumentar la independencia es esencial para garantizar la seguridad a largo plazo de los buceadores jóvenes.

¿TE INTERESA APRENDER MÁS?

Lecturas adicionales sobre este tema se encuentran al final de este boletín.

PREGUNTAS FRECUENTES

¿Los pacientes en cámaras multiplaza también requieren conexión a tierra?

Tras el incendio de la cámara en Michigan a principios de este año, donde leímos que el centro no utilizó cintas de conexión a tierra para descargar la electricidad estática, ¿deberían todos los ocupantes de la cámara estar conectados a tierra? ([Artículo de CBC News](#))

Esta es una pregunta muy válida que requiere tanto la referencia a la norma NFPA 99 como una explicación.

La norma NFPA 14.3.1.6.3.2 (edición de 2024) establece: En las cámaras de Clase A y Clase B con atmósferas que contienen más del 23,5 % de oxígeno por volumen, la conexión a tierra eléctrica del paciente se garantizará mediante la provisión de una vía conductora de alta impedancia en contacto con la piel del paciente.

Comencemos explicando cómo se clasifican las cámaras para ocupación humana. No tiene nada que ver con los gases utilizados para la presurización. Una cámara de Clase A es una cámara para múltiples ocupantes, conocida como multiplaza; Una cámara de Clase B es una cámara de ocupación individual, denominada monoplaza.

En cualquier cámara donde se pretenda que el ambiente tenga un contenido de oxígeno superior al 23,5 %, todos los ocupantes deberán estar conectados a tierra. Este requisito no incluye las cámaras con gases de tratamiento que se suministran y descargan a través de un sistema BIBS de circuito cerrado.

En la práctica, rara vez se ven cámaras multiplaza presurizadas con gases enriquecidos con oxígeno, excepto la Perry Sigma 40-II, que admite dos pacientes dentro de la cámara y puede presurizarse con oxígeno. En este caso, ambos pacientes deben estar conectados a tierra.

Es fundamental tener en cuenta que una carga eléctrica estática en un ocupante, especialmente en un entorno con muy baja humedad, puede alcanzar de 10 000 a 15 000 voltios (10 kV a 15 kV). Al descargarse, la energía es más que suficiente para encender materiales con baja energía de ignición que puedan estar dentro de una cámara. Estos podrían incluir pelusas de algodón y polvo. Excluimos específicamente cualquier vapor inflamable dentro de la cámara, pero es posible que haya polvo y pelusas de la ropa y la ropa de cama.

La conexión a tierra de un paciente en una cámara con un ambiente interno superior al 23,5 % (donde presurizamos la cámara con gas enriquecido con oxígeno) es un requisito de seguridad esencial, y la conexión a tierra tanto de los ocupantes como de la propia cámara debe garantizarse en todo momento.

ACERCA DE LOS AUTORES

Bayu Wardoyo (Indonesia)

Bayu bucea desde 1993 y se convirtió en instructor en 1999. Fundó el Indonesia Divers Rescue Team (IDRT), un grupo voluntario especializado en búsqueda y rescate submarino, y lideró operaciones de recuperación en los accidentes de AirAsia, Lion Air y Sriwijaya Air. En 2022, codirigió una evaluación nacional con el Ministerio de Turismo de Indonesia que llevó a la creación de la Academia de Medicina del Buceo de DAN en Bali. Es el Director Nacional de DAN en Indonesia y sigue activo en formación, educación y promoción de la seguridad del buceo en todo el país.

Elisabete Silva, MD (Portugal)

La Dra. Elisabete Silva conoció la Medicina Hiperbárica y del Buceo en 2007, durante su residencia en Anestesiología en Portugal. Desde entonces, se ha dedicado plenamente a esta especialidad, completando su formación en Portugal y posteriormente ingresando al programa de beca ANZCA en Medicina del Buceo y Hiperbárica. Ha sido Directora Clínica de baroOdyssey y ha participado en numerosas expediciones de buceo recreativo y comercial. También trabaja como consultora de formación en cursos de Medicina del Buceo e Hiperbárica, con un enfoque constante en difundir evidencia científica y mejorar la seguridad del buceo en distintos entornos.

Manuel Preto, CHT, DMT, ECHSM (Portugal)

Licenciado en Gestión Deportiva y formador certificado de instructores en buceo recreativo y técnico. Desde 2006, se ha especializado en medicina hiperbárica, desempeñándose como instructor y consultor técnico en la instalación y operación de cámaras. Actualmente reside en los Emiratos Árabes Unidos, donde colabora con la Policía de Dubái como Gerente de Proyecto Hiperbárico y es Vicepresidente de EBAss. Se unió a DAN Europe en 2008 y sigue desempeñando funciones como formador de instructores y gerente de área, participando activamente en los Comites de Seguridad y Formación.

ACERCA DE LOS AUTORES

Dick Clarke CHT-ADMIN (EE. UU.)

Dick Clarke cuenta con más de 50 años de experiencia combinada en medicina submarina e hiperbárica. Sirvió en la Marina Real Británica en la década de 1960 y luego fue director de programa en la Sociedad Internacional de Exploradores Subacuáticos en la isla Gran Bahama. Posteriormente se unió al programa de vida submarina de la NOAA (Administración Nacional Oceánica y Atmosférica), donde vivió y trabajó en hábitats del fondo marino, tanto en regiones subtropicales como bajo el hielo canadiense.

Durante 25 años, fue docente del curso de formación de oficiales médicos de buceo de la NOAA. Entre 1976 y 1985, trabajó para Oceaneering International como superintendente de buceo de saturación en campos petrolíferos. En ese período, fue parte del equipo que desarrolló el programa de formación para médicos de buceo y su proceso de certificación.

De 1985 a 2022, centró su trabajo en el apoyo operativo, la formación y la investigación en medicina hiperbárica y del buceo en el Hospital Richland de la Facultad de Medicina de la Universidad de Carolina del Sur. Más de 8 000 profesionales de la salud se capacitaron a través de este programa.

Fundó la Baromedical Research Foundation, un laboratorio de ciencias básicas que luego se convirtió en el centro de un consorcio internacional de ensayos clínicos. Uno de sus estudios fue el primer ensayo clínico aleatorizado, doble ciego y controlado que demostró la eficacia de la medicina hiperbárica en la cicatrización deficiente de heridas. Su investigación actual se centra en la sensibilización a la radiación con oxígeno hiperbárico en carcinomas escamosos de cabeza y cuello recientemente diagnosticados.

Dick desempeñó un papel clave en el desarrollo del programa de Certificación en Tecnología Hiperbárica (CHT) y aún preside su organismo certificador: la Junta Nacional de Tecnología Médica en Buceo e Hiperbárica. Ha publicado numerosos artículos científicos y técnicos revisados por pares, ha escrito capítulos en libros de texto sobre medicina submarina y oxigenoterapia hiperbárica, y ha sido revisor del Manual de Buceo de la Marina de los EE. UU., así como de revistas como Anesthesiology, Undersea Biomedical Research, Undersea and Hyperbaric Medicine, Diving and Hyperbaric Medicine, Lancet Oncology y British Medical Journal.

Desde 1996, ha trabajado con Divers Alert Network (DAN) en la resolución de reclamaciones por accidentes de buceo, supervisando la implementación y operación de la red internacional de cámaras afiliadas a DAN. También actúa como experto para aseguradoras, incluyendo Medicare y otras compañías comerciales líderes.

ACERCA DE LOS AUTORES

Francois Burman, PE, MSC (EE. UU.)

Ingeniero profesional colegiado, Vicepresidente de Servicios de Seguridad en DAN, con sede en Durham, Carolina del Norte. Autor de la Guía de Evaluación de Riesgos para Instalaciones de Recompresión (2001), ha realizado más de 150 evaluaciones in situ. Tiene más de 35 años de experiencia en diseño, fabricación, instalación y capacitación en cámaras hiperbáricas. Trabaja en DAN desde 1996 y participa activamente en formación y apoyo técnico.

Sheryl Shea, RN, CHT (México)

Enfermera registrada y tecnóloga clínica hiperbárica certificada. Trabaja en el Departamento Médico de DAN. Con experiencia como operadora y asistente de cámara, ha capacitado personal, trabajado en centros de buceo y realizado evaluaciones de seguridad. Es especialista en recursos médicos y consultas sobre medicina del buceo.

Sherri Ferguson, MSC (Canadá)

Científica canadiense especializada en fisiología hiperbárica y del buceo. Fue Directora de la Unidad de Medicina y Fisiología Ambiental (EMPU) en la Universidad Simon Fraser por 18 años. Es presidenta de Shanfe Research & Consulting Ltd., vicepresidenta del comité Z275 de la CSA, y miembro activo de múltiples comités internacionales, incluyendo UHMS. Fue la primera canadiense en recibir el Premio Paul C. Baker por excelencia en seguridad de la oxigenoterapia hiperbárica.

Dr. Matias Nochetto (EE. UU.)

Vicepresidente de Servicios y Programas Médicos de DAN. Médico egresado de la Universidad de Buenos Aires (2001), realizó una beca clínica e investigativa de tres años en medicina hiperbárica y del buceo en la UNAM (México). Actualmente dirige el Departamento de Servicios Médicos de DAN, supervisando la línea de emergencias, consultas médicas y la implementación de programas médicos a nivel global.

A review of 149 Divers Alert Network emergency call records involving diving minors

Elizabeth T Helfrich¹, Camilo M Saraiva¹, James M Chimiak¹, Matias Nochetto¹

¹ Divers Alert Network, Durham (NC), USA

Corresponding author: Dr Matias Nochetto, Vice President, Medical Services, Divers Alert Network, Durham NC, USA
mnochetto@dan.org

Keywords

Arterial gas embolism; Children; Decompression illness; Pulmonary barotrauma; Scuba diving

Abstract

(Helfrich ET, Saraiva CM, Chimiak JM, Nochetto M. A review of 149 Divers Alert Network emergency call records involving diving minors. Diving and Hyperbaric Medicine. 2023 March 31;53(1):7–15. [doi: 10.28920/dhm53.1.7-15](https://doi.org/10.28920/dhm53.1.7-15). PMID: 36966517.)

Introduction: Minors have been scuba diving for decades, and while the initial concerns about potential long-term complications related to bone development appear to be unfounded, the incidence of scuba diving injuries among them has been poorly studied.

Methods: We reviewed 10,159 cases recorded in the DAN Medical Services call center database from 2014 through 2016 and identified 149 cases of injured divers younger than 18 years. Records were analysed for case categorisation on the most common dive injuries. Information about demographics, level of training, risk factors, and relevant behavioural aspects were collected when available.

Results: While the most common reason for the call was to rule out decompression sickness, the majority of cases pertained to ear and sinus issues. However, 15% of the dive-related injuries involving minors had a final diagnosis of pulmonary barotrauma (PBT). While no reliable data is available on the incidence of PBT in adult divers, the authors' impression based on personal experience suggests that the number of cases of PBT in minors trends higher than in the general diving population. The narratives on some relevant records describe unmanageable levels of anxiety leading to panic.

Conclusions: Based on the results and narratives on these cases, it is reasonable to infer that psychological immaturity, suboptimal management of adverse situations, and inadequate supervision might have led to severe injuries among these minor divers.

Introduction

Minors between 8 and 18 years old have been scuba diving for decades, but data on participation numbers and incidence of injuries are unavailable. When recreational scuba diving began in the 1950s, it was primarily reserved for relatively young, physically fit men. Over the following decades, recreational scuba expanded to include more women with both sexes of varying ages and fitness and, more recently, children. Training agencies have developed programs issuing special certifications for children as young as ten. Once the junior diver turns 15 years old, upgrading to a full certification is an administrative process. Some agencies have gone beyond, developing programs that allow participants as young as eight years old to breathe from a compressed gas source, although these usually involve only surface water activities and close supervision.

Most outdoor recreational activities involve managing inherent risks. Scuba diving requires special equipment and training to survive a hostile environment and physical and mental capacity to manage its risks. Diving can be psychologically stressful for those new to the sport or practicing it in challenging conditions. The most common

cause of death in child divers is drowning, whilst the major contributor is panic.¹

During childhood, dramatic changes happen in the brain. The prefrontal cortex and amygdala mature, giving us tools to perfect decision-making processes, regulate emotions, detect threats, and activate appropriate fear-related behaviours in response to threatening or dangerous stimuli.² Psychological immaturity can prevent minors from reacting to emergencies underwater with the same capacity as adults.³ Panic can lead to uncontrolled rapid ascents, increasing the risk of pulmonary barotrauma.⁴ Alternatively, children can lose focus within routine dives and make mistakes such as holding their breath or losing buoyancy control, similarly leading to an increased probability of injury.⁵ Scuba diving requires a specific set of skills and physical coordination that may be poorly developed in minors. Demonstration of these skills in a highly controlled environment such as a swimming pool may not readily transfer to the open water environment.⁶

There have been concerns about the potentially harmful effects of compressed gas diving on growth rates. Epiphyseal growth plates have an increased blood supply, and there

was concern that under these unique conditions, scuba diving could impose a higher inert gas load and higher decompression stress than on most other body compartments, potentially impairing long-bone development. However, after decades of extensive diving by minors, including long-term follow-ups on cases of the bends, there does not seem to be any evidence to support this theory.^{7,8}

Patent foramen ovale (PFO) is more common in children and can be found in up to 36% of individuals.⁹ However, the incidence of decompression sickness does not seem to be higher than adults, possibly due to the depth restrictions commonly imposed on young divers.

Asthma with associated bronchoconstriction, air trapping phenomena, and reduced exercise tolerance is frequent in children. Its prevalence diminishes with age, demonstrating that the respiratory system is often still developing until teenagers become young adults. A child breathing from a compressed gas source in a swimming pool only two metres deep may not be at risk of decompression sickness (DCS), but is certainly at risk of pulmonary barotrauma (PBT) and arterial gas embolism (AGE).¹⁰

The Eustachian tube is not fully developed until approximately 12–13 years of age. The shorter and horizontalised Eustachian tubes, and often hypertrophic adenoids, tend to hinder normal middle ear ventilation, possibly making them prone to middle ear infections. These characteristics expose children to a higher risk of otic barotrauma.^{11–13} Adults often experience difficulty with the concept of ear equalisation techniques, and instructors and parents must be convinced the minor comprehends the importance of this skill and is physically capable of performing these techniques effectively and efficiently without hurting themselves.

Temperature loss is higher in children due to the higher body surface area to mass ratio. Poor fit of neoprene wetsuits can increase conductive and convective heat loss, increasing the risk of hypothermia and forcing a high metabolic compensation to mitigate the energy consumption.

The World Recreational Scuba Training Council (WRSTC), a self-governing body with the primary goal of developing minimum standards for training recreational diving worldwide, has determined that a minor may not be deemed fully certified as an autonomous entry-level diver until age 15.¹⁴ The council, however, does not define the minimum criteria to enrol a candidate in training. The council's standards also state that "*students under the minimum age may qualify for a special certification that allows them to dive under the supervision of an adult who has, as a minimum, an entry-level scuba certification.*"¹⁴

While the incidence of diving injuries among recreational divers has been the focus of many studies, very few investigations focus on diving injuries of minors.^{15,16} One

retrospective study described 22 dive accidents in minors who were treated for AGE (six cases) and DCS (16 cases).¹⁷

Our study represents a retrospective analysis of diving injuries involving minors assisted through the emergency line of DAN's Medical Services Call Centre (MSCC) and recorded in a database between January 2014 and December 2016. The MSCC is open to all divers in need and professionals managing diving injuries. In general, more than half of users are non-DAN members and thus MSCC data provides a snapshot of injuries in the entire population of active recreational scuba divers.

Methods

The study was approved by the Institutional Review Board at the Divers Alert Network (Approval 020-15020).

This was a retrospective analysis of records stored in MSCC database, in the period from 2014 to 2016 inclusive.

SOURCE OF DATA

MSCC digital records contain case notes of incidents reported to DAN. Some records contain audio files and documents shared by the calling party, like medical notes, diagnostic studies, images, and dive profile logs.

A record usually starts as a transcribed narrative of the first interaction between a caller to the DAN Hotline and the DAN hotline agent (a diver medic, a nurse, or a physician) on call who interviewed the caller. The agent leads the call, gathering the minimally necessary information before recommending the best course of action.

The caller is interrogated about the reason for the call (usually documented as a chief complaint), the events leading to the injury or incident, and the subjective description of symptoms. Recommendations are offered once the hotline agent has enough information to have a reasonably good idea of what might be going on. After the initial contact, DAN Medics remain engaged with the case as it progresses through all phases: during case management while the diver is in the field, offering expert consultation once the injured diver is admitted to a medical facility, and monitoring the patient's progress with frequent follow-up calls after the diver is discharged. The result is usually a reasonably good recollection of events and outcomes.

IDENTIFYING CASES INVOLVING MINORS

In the observed period, there were 10,159 emergency case records involving divers of all ages. The injured diver's age or date of birth was not being explicitly recorded or provided by callers. Thus, we used a query written in Transact Structured Query Language (T-SQL) SQL Server Management Studio (SSMS) to search through four text

fields (chief complaint, history of present illness, initial assessment, recommendations) for the keywords suggesting the victim was a minor (e.g., identifiers for ages < 18 years old, child, daughter, son, boy, girl, etc.).

After identifying 2,269 cases, further review rejected 2,020 false-positive cases not involving minors. Out of the remaining 249 cases, 35 were not diving-related. Of the remaining 214 cases, only 106 cases had explicitly stated the diver's age; these cases were confirmed to fit the study criteria. One hundred and eight cases were ambiguous and required further investigation.

For an ambiguous case to be included, there had to be an abundance of indicators that the case referred to involved a minor. Some of the indicators of a minor were a parent calling on behalf of their child, the injured diver being a member of Boy Scouts, or enrolment in high school. Exclusion information for potential adults included enrolment in college or university, completing a divemaster course, or being in military service. With further review, 65 records were excluded as the divers were positively identified as older than 18 years of age at the time of the incident. From the remaining 43 records, 34 divers were positively identified as minors with a confirmed age, and nine divers were confirmed minors at the time of the incident but did not have confirmed ages. All 43 cases, in addition to the previous 106 cases, were included in the 149 cases in this study.

CASE CATEGORISATION

The included cases were classified using a protocol with inclusion criteria for each category. The categories, based on the most common dive injuries, were as follows: arterial gas embolism (AGE); anxiety; decompression sickness (DCS); ear, nose and throat injuries (ENT); hazardous marine life injury (HMLI); immersion pulmonary oedema (IPO); musculoskeletal; other; pulmonary barotrauma (PBT); caller 'uncertain'; unrelated; and unrelated infectious gastroenteritis. Each case was categorised twice, once for 'reason for call' and once for 'final diagnosis category'. The reason for call was determined from the caller's concerns or chief complaint (see Table 1). The final diagnosis category used for this study was determined by a senior physician at DAN after reviewing all case notes (see Table 2). When available, a treating physician diagnosis (TMD) was cross-matched with DAN's final diagnosis category.

SUBSAMPLE VALIDATION

The final sample of cases was validated with subsample validation. Three hundred and fifty cases were randomly selected from the original 2,269 cases and independently verified by a second reviewer with 100% match for both confirmed and suspected minors.

The categorisation of 'reason for call' and 'final diagnosis category' was also confirmed via subsample validation

Table 1

Reason for call classification descriptions; AGE – arterial gas embolism; DCS – decompression sickness; HMLI – hazardous marine life injury

Reason for call	Description
Arterial gas embolism	Caller suspected AGE. Chief complaint was acute onset of focal neurological deficit, severe headaches associated with vomiting and seeking hyperbaric treatment options.
Anxiety	Caller's chief complaint was minor's anxiety
Decompression sickness	Caller suspected DCS. Chief complaint related to joint pains, fatigue, decompression injuries.
Ear nose and throat	Complaints related to ears and sinuses including problems equalising and headaches.
HMLI	Injury from hazardous marine life.
Other dive related	Non-emergent dive-related injury including 'fin foot', trauma, and eye irritation.
Respiratory	Complaints related to respiratory system including shortness of breath, difficulty breathing, non-cardiac chest pain, dyspnoea, coughing, suspected pulmonary barotrauma including pneumothorax, immersion pulmonary oedema.
Uncertain	Caller suspected something was wrong with child but was 'uncertain' regarding cause. Caller was seeking any connection between child's complaints and diving.

Table 2

Final diagnosis classification descriptions; DCS – decompression sickness; HMLI – hazardous marine life injury

Final diagnosis category	Description
Arterial gas embolism	Confirmed focal neurological deficit in direct association with a dive exposure. Unlikely if onset greater than 15 minutes after surfacing.
Anxiety	Treating physician diagnosed minor with anxiety or anxiety-related issue; no other injuries.
Decompression sickness	Signs and symptoms highly compatible with DCS in association with a moderate to significant dive exposure. No other compelling explanation for symptoms. Recompression therapy, normobaric oxygen, or simply time (mild/marginal cases) resolved the case. Unlikely if symptom onset more than 6 hours after surfacing. Very unlikely if symptom onset more than 24 hours after surfacing.
Ear nose and throat	Signs and symptoms compatible with ear or sinus barotrauma, and/or ear infection (troubles equalising, dizziness, nausea, vomiting, headaches, pain in sinus regions, or as diagnosed by a physician).
HMLI	Injury reported as being caused by direct or indirect contact with hazardous marine life species.
Musculoskeletal	Musculoskeletal ailments not compatible with DCS. Symptoms can often be explained by recent, normal movements associated with diving such as carrying a tank.
Other, dive related	Non-emergent dive-related injuries. Included fin foot, dehydration, trauma, exhaustion, suit squeeze, contact dermatitis, unknown rash (non-HMLI and non-DCS), eye irritation, and swallowed water.
Pulmonary barotrauma	Signs and symptoms compatible with a form of extra-alveolar air (pneumothorax, pneumomediastinum, subcutaneous emphysema).
Non-diving related	Signs and symptoms, or symptom latency is incompatible with a diving injury; or examining physician ruled out a diving injury. Patient had unrelated illness or infectious gastroenteritis that is not a result of diving.

with a second independent reviewer, with 100% match of categorisation following criteria in Tables 1 and 2.

Results

Among 10,152 cases in the database for the observed period, we positively identified 149 records (1.5%) involving minors with a suspected diving injury, 100 of which were finally diagnosed with dive-related injuries.

A concern about DCS was the primary reason for calls involving minors, accounting for 38% of all calls, followed by ENT-related complaints (26%). Pulmonary barotrauma was suspected in 12 cases (8%), and AGE was suspected in six cases (4%). However, the final diagnosis was more often ENT-related with 32% of all injuries, 15% musculoskeletal issues, 12% gastrointestinal issues, 9% PBt without AGE, 1% PBt with AGE, and 6% DCS, with other diving and non-dive related cases accounting for 25% of all calls (see Table 3).

DECOMPRESSION SICKNESS

Decompression sickness was indicated as a reason for a call in 56 cases. However, the diagnosis was confirmed in only

nine, representing 16% of suspected DCS cases, 6% of all calls, and 9% of all diving injuries. Based on manifestations, four cases were neurological DCS, four were mild DCS (three with musculoskeletal pain and one with rash), and one case was inner ear decompression sickness (IEDCS). Only one minor diagnosed with DCS reported having decompression obligations during the dive.

Of the remaining 47 cases initially suspected to be DCS, the final diagnosis was musculoskeletal issues in 22 cases; gastrointestinal issues in 12 cases; four cases of ENT barotrauma; one case of PBt, one anxiety, and one HMLI. Five cases were classified as ‘other, dive related’, two being dehydration, one physical exhaustion, one case of contact dermatitis, one fin-foot, and one suit squeeze.

EAR AND SINUS BAROTRAUMA

Similarly to adults, ENT issues were minors’ most common diving-related injuries ($n = 47$, 32%). Ear nose and throat injuries were suspected early on 39 calls, and in all those cases, ENT injuries were confirmed, validating the general assumption that ENT barotraumias can usually be self-diagnosed by laypeople. Of the remaining eight cases, ENT issues were not initially suspected. Four called for concerns

Table 3

Reason for call vs final diagnosis category; AGE – arterial gas embolism; DCS – decompression sickness; ENT – ear, nose and throat; GI – gastrointestinal issues; HMLI – hazardous marine life injury; IPO – immersion pulmonary oedema; PBt – pulmonary barotrauma

Condition	Reason for call		Final diagnosis		
	Cases (n)	% of all calls	Cases (n)	% of all calls	% of diving diagnoses
DCS	56	38%	9	6%	9%
Respiratory (unspecified)	12	8%	–	–	–
PBt (without AGE)	–	–	13	9%	13%
PBt and AGE	6	4%	2	1%	2%
Anxiety	1	1%	3	2%	3%
ENT	39	26%	47	32%	47%
HMLI	12	8%	12	8%	12%
IPO	1	1%	0	0%	0%
Other dive related	5	3%	14	9%	14%
Caller uncertain	17	11%	–	–	–
Sub-total diving	149	100%	100	68%	100%
GI issues	–	–	18	12%	–
Musculoskeletal	–	–	23	15%	–
Other non-diving	–	–	8	5%	–
Sub-total non-diving	–	–	49	32%	–
Total:	–	–	149	100%	–

about DCS, two called suspecting AGE, one called for PBt, and one caller was ‘uncertain’ about what was going on with the minor but knew there was something wrong. Eleven minors with ENT injuries were relatively inexperienced divers, 10 being entry-level students.

PULMONARY BAROTRAUMA AND ARTERIAL GAS EMBOLISM

Fifteen minors were diagnosed with PBt, 13 without neurological findings, and two exhibited signs compatible with AGE. Concerns about PBt was a reason for the call on 12 occasions, and among those the diagnosis was confirmed in eight instances. Of the remaining four, two were diagnosed with non-dive-related issues, one with an ENT barotrauma and one with a musculoskeletal ailment. Of those finally diagnosed with PBt, only one caller was initially concerned about AGE with PBt being the culprit. Three callers did not seem to have any red flags about the type of injury possibly sustained, and one called for concerns about DCS.

Possibly contributing factors associated with PBT were identified in 11 cases (73%); there was insufficient evidence to determine a cause of PBt in the remaining four cases (27%). In seven cases (64%), there were confirmed reports of rapid ascents; of these seven cases, six (86%) had rapid ascents due to confirmed or highly suspected anxiety. One child became anxious after practicing a controlled emergency swimming ascent (CESA) during training; another reported

an anxiety attack underwater that led to breath-hold and a rapid ascent. A child freediver planned a dive to 15 feet (4.6 m), then extended to 35 feet (10.7 m) for unknown reasons. This child then had ‘seizure-like’ activity underwater, right leg weakness upon surfacing, and a final diagnosis of AGE from the treating physician. It is unreported if the child breathed from compressed air at depth, although likely given the symptomology and treating physician diagnosis. Three more minors likely became anxious at depth, leading to rapid, unplanned ascents and consequent PBt. The final case with rapid ascent did not confirm or deny any anxiety from the child, although both the child and their dive buddy were diagnosed with PBt by their physician.

Of the remaining four instances of PBt (36%), an event happened at depth that likely led to accidental breath-hold and PBt. Two of these cases (50%) were caused by issues with equipment; one child reported a free-flowing regulator, while another reported being overweighted. It is likely this diver attempted to assist ascent by increasing lung volumes with deep inspiration and breath-holding. Of the other two cases, one diver had an ‘enormous belch’ during ascent, which suggested considerable aerophagia. In the final case, the minor stated they simply laughed ‘uncontrollably’ underwater. Also of interest is two young divers in this cohort (13%) who noticed chest pain after the first dive but continued to dive for the day. It is unclear whether that might have contributed to the severity of the initial injury.

Concerns have been raised about weight belts slipping off and causing uncontrolled ascents,² but incidents of this nature were not seen in this group. Regarding their level of training, five of the injured children were students completing a junior open water diver or open water diver program. Level of training was not available in the remaining cases.

ANXIETY

Anxiety seems to have played a significant role as the trigger in at least one third of the cases of PBt, but anxiety was also the final diagnosis in three minors (2%) with post-dive symptoms. Only one caller considered anxiety as the potential culprit for the child's manifestations. In this case, the treating physician considered anxiety the most likely cause of symptoms. Still, there was a discrepancy between treating physicians and DAN regarding whether recompression and hyperbaric oxygen treatment (HBOT) would be recommended as a precautionary approach. In another case, the Coast Guard evacuated a minor for suspected DCS, but the final diagnosis was 'hyperventilation syndrome'. In the third case, the initial working diagnosis was 'possible IPO' due to an unprovoked sudden onset of coughing while at depth. However, a timely medical evaluation did not reveal any objective findings or abnormalities to substantiate this suspicion and diagnosed the case as being due to a panic attack. Later, the novice diver admitted to feeling too anxious underwater due to limited visibility and wanting to end the dive.

Discussion

The number of injured minors recorded in the MSCC represents only 1.5% of all reports. The most remarkable finding of this study is that despite having significantly more calls for suspicion of DCS, pulmonary barotrauma was more common. The low number of DCS cases is possibly the result of less provocative dives being done by minors.

Although anxiety was rarely the reason for a call or a final diagnosis, different levels of anxiety are woven throughout various case narratives. Panic is a known trigger leading to dangerous scenarios in diving.¹⁸ A recent study suggests a major difference between minor and adult divers is developmental difference in executive function, leading to issues with response inhibition, sustained attention and cognitive flexibility.¹⁹ This conclusion is in line with our observations; in one third of the cases of PBt, narratives describe high levels of anxiety and even panic. These minors were accompanied by an adult diver, which might have prevented an even more severe outcome.

Physiological, psychological, and behavioural differences between minors and adults support the notion that their challenges also differ. A difference in diving injuries, especially between instances of DCS and PBt, is also

consistent with DAN's observations with adult callers on the DAN Hotline – a future extension on this study would compare injury incidence between adults and minors.

ASSESSMENT OF MEDICAL, PHYSICAL, AND PSYCHOLOGICAL FITNESS TO DIVE

Minor diver candidates are often referred to physicians for assessments for fitness to dive. Medical fitness to dive is well-covered on dedicated forms available online on the World Recreational Scuba Training Council's (WRSTC) website, on the Undersea and Hyperbaric Medical Society's (UHMS) Recreational Diving Medical Screening System, and by the South Pacific Underwater Medicine Society's (SPUMS) Diving Medical.^{14,20,21} Physical and psychological fitness can be challenging to assess and are often left to the discretion of a clinician who may not have training in diving medicine or any diving experience. However, such assessments have limitations even when conducted by appropriately trained physicians. Provided there are no medical or physical contraindications, psychological fitness might be better gauged as a candid discussion between the physician, the candidate's legal guardians, and the scuba instructor,²² with the candidate present if deemed appropriate.

Assuming the minor has the body mass and strength to cope with and overcome potentially adverse situations (currents, drifting, or rescue of an adult-sized diver) and has no medical contraindications, perhaps the most critical aspect of diving fitness is reviewing the candidate's psychological maturity, as this is the most important factor in accepting and managing unseen risks, and predicting behaviour in adverse circumstances. Children often have a well-developed sense of adventure and a poorly developed sense of mortality.⁵ Chronological age is a poor predictor of maturity in minors. Albeit more cryptic and admittedly rather impractical, perhaps reflection on the intersection between biological, psychological, and social age could more accurately predict the physiological and psychological response of a person making use of life-support equipment to survive a hostile environment.

Remarks for clinicians

A physician assessing fitness to dive should only do so if being fully cognisant of the nature of the activity, the type of equipment to be used, the environment in which it is to take place, and the physiological and psychological effects of the underwater environment on the diver.

When assessing a minor's fitness to dive, clinicians must remember that the candidate's guardians and dive instructor might offer a valuable perspective on the candidate's psychological maturity.

Diving can impose a wide variety of challenges on those practicing it. As an aquatic recreational activity, diving can lead to musculoskeletal strain, which can be, and often is, misdiagnosed as DCS. While some risks are inherent to diving physiology, others might be related to psychological stress, practicing physical activity, or traveling (for example, fatigue, gastrointestinal issues, dehydration, among others). Divers often experience non-diving injuries during or around the diving activity and are misdiagnosed due to a recent history of diving. Conversely, dive-related injuries can often be missed by a clinician without knowledge of diving medicine. If a physician is unsure of the proper course of action, the DAN hotline is available 24/7 for consultations in diving medicine.

Remarks for the industry

Minor divers are a special population. These individuals face different challenges than adult divers and pose different challenges for dive professionals.

When training individuals in vulnerable populations, no other group generates more polarisation than young divers. Those with a favourable view are often seduced by the child's joy, lack of fear, and the rewarding feeling of witnessing the development of aquaticity in a short time. Those sceptical often base their position on mental maturity, rudimentary understanding of physics, anatomy, and physiology necessary to understand mechanisms of injury and accept risks, or simply question the physical strength of a young diver to rescue an adult in an adverse situation. Solid arguments can be made both against and in favour.

Perhaps dive professionals should have specialised training to teach young divers and lead them during open water dives. Such training should focus on their individual needs and unique behavioural aspects that seem to make them more prone to incidents and injuries. Minor divers should always be at an arms-length distance from an adult diver who needs to monitor them closely, especially with regards to comfort and air consumption. As the diver matures emotionally and their response to stress becomes more predictable, this distance could be gradually relaxed.

Safety enhancements can also be made regarding the standard operating procedures in open water dives. Recreational scuba divers are encouraged to adopt the 'buddy system' for mutual support and monitoring stress reactions in adverse circumstances. Under this arrangement, two individuals are paired and operate together as a single unit throughout the dive. They are encouraged to stay close and communicate regularly. The more they dive together, the more they know each other, and the more efficient they become. The concept has proven to work well in many disciplines, including diving. However, minor divers may not be reliable dive buddies due to their smaller body size, reduced strength,

lesser maturity, and often unpredictable response to threats. WRSTC standards state that "*students under the minimum age may qualify for a special certification that allows them to dive under the supervision of an adult who has, as a minimum, an entry-level scuba certification*".¹⁴ An argument could be made that when the team involves pairing an adult and minor where there is a significant body size or strength dissymmetry, the safety of both could be unacceptably compromised if the adult is depending on the minor for assistance in an emergency. In these cases, a team of three seems to be a more prudent minimum.

Modifying the dive plan and standard safety protocols is logical when leading dive groups containing young divers with inherent limitations. In the same way that a dive professional must hold certifications in wreck diving to teach wreck diving or to lead a group on a wreck, specific dive training should be available for dive professionals to teach and guide minor divers before working with them. This training should include an extensive explanation of minors' different challenges and how to manage them.

Instructors should be knowledgeable about the signs of anxiety and be confident in recommending to the candidate and their parents that the candidate might not be yet mentally mature enough to be a safe diver without fear of being accused of discrimination. Each minor is physically and psychologically different, and pre-existing physical, behavioural, and emotional limitations can compound the anxiety minors are more likely to experience.²³

LIMITATIONS

This study has limitations worth emphasising. As with most epidemiological studies in diving medicine, the primary limitation to the generalisation of results is the lack of a denominator. This limitation, and a relatively small sample size, prevents us from inferring the possible prevalence of diving injuries among minors and making sensible comparisons with adult diving populations. A future study design would be to look at adult diver injury incidence from the DAN Hotline and compare to minor divers.

Another limitation concerns the methodology used. As this retrospective study was waived from consent, we did not contact any party to gather more information about these incidents. Instead, we worked with the documentation available: written narratives, call recordings, medical records shared by calling parties, and any public domain records when available. Re-interviewing the parties involved in these cases could provide much more data than we could gather by retrospectively reviewing existing records.

The role of anxiety as a trigger and root cause of an injury is likely underrepresented. This could be partly due to the subjective nature of anxiety, a possible behavioural bias from

minors not always accepting and verbalising their fears, and inherent defects in the quality of the data captured and its completeness.

Due to inherent limitations in telecommunications, the final diagnosis category of 'anxiety' as the explanation of all manifestations was at the discretion of the evaluating physician and could be underestimated as well. We have since updated our standard operating procedures and tools to better capture anxiety as a differential diagnosis and risk factor.

Conclusions

Dive-related emergencies involving minor divers are rare. Our data suggest that lung over-expansion injuries seem more common than DCS. During the three years we analysed, 10% of the calls involving a minor with a suspected diving injury had a final diagnosis of PBt, making up to 15 percent of the diving injuries in minors during that period.

Factors contributing to PBt in minors might be associated with fitness and immaturity. Qualified fitness to dive evaluation, improved training, and closer adult supervision might help mitigate the risks of injuries in minor divers.

Dealing with diving accidents is extremely stressful at the best of times, but it is far more so if the victim is a minor, due to the additional emotional pressures, which should not be underestimated.

References

- Edmonds C. Children and diving: a review of SPUMS articles. *SPUMS Journal*. 2003;33:206–11. [cited 2022 Nov 29]. Available from: https://www.dhmjournal.com/images/IndividArticles/33Dec/Edmonds_dhm.33.4.206-211.pdf.
- Fuster JM. Frontal lobe and cognitive development. *J Neurocytol*. 2002;31(3–5):373–85. doi: 10.1023/a:1024190429920. PMID: 12815254.
- Kendrick D, Barlow J, Hampshire A, Stewart-Brown S, Polnay L. Parenting interventions and the prevention of unintentional injuries in childhood: systematic review and meta-analysis. *Child Care Health Dev*. 2008;34:682–95. doi:10.1111/j.1365-2214.2008.00849.x.
- Tsung JW, Chou KJ, Martinez C, Tyrrell J, Touger M. An adolescent scuba diver with 2 episodes of diving-related injuries requiring hyperbaric oxygen recompression therapy: a case report with medical considerations for child and adolescent scuba divers. *Pediatr Emerg Care*. 2005;21:681–6. doi: 10.1097/01.pec.0000181415.26235.0e. PMID: 16215475.
- Walker R. How old is old enough? *SPUMS Journal*. 2003;33:78–80. [cited 2022 Nov 29]. Available from: https://www.dhmjournal.com/images/IndividArticles/33June/Walker_dhm.33.2.78-80.pdf.
- Edmonds C, Lowry C, Pennfather J, Walker R. *Diving and subaquatic medicine*. 5th ed. Boca Raton: CRC Press; 2015. p. 736.
- Mitchell S. Children in diving: how young is too young? *SPUMS Journal*. 2003;33:81–3. [cited 2022 Nov 29]. Available from: https://www.dhmjournal.com/images/33/DHM_Vol33_No2.pdf.
- Mitchell S. Is age an issue? *Undersea J*. 1999;4:88–92.
- Hagen PT, Scholz DG, Edwards WD. Incidence and size of patent foramen ovale during the first 10 decades of life: an autopsy study of 965 normal hearts. *Mayo Clin Proc*. 1984;59:17–20. doi: 10.1016/s0025-6196(12)60336-x. PMID: 6694427.
- Le Guen H, Halbert C, Gras Le Guen C, Coulange M. Serious pulmonary barotrauma in a child after first-time scuba dive. *Arch Pediatr*. 2012;19:733–5. doi: 10.1016/j.arcped.2012.04.014. PMID: 22682518.
- Minovi A, Dazert S. Diseases of the middle ear in childhood. *GMS Curr Top Otorhinolaryngol Head Neck Surg*. 2014;13:Doc11. doi: 10.3205/cto000114. PMID: 25587371.
- Vergison A, Dagan R, Arguedas A, Bonhoeffer J, Cohen R, Dhooze I, et al. Otitis media and its consequences: beyond the earache. *Lancet Infect Dis*. 2010;10(3):195–203. doi: 10.1016/S1473-3099(10)70012-8. PMID: 20185098.
- Klingmann C, Praetorius M, Baumann I, Plinkert PK. Otorhinolaryngologic disorders and diving accidents: an analysis of 306 divers. *Eur Arch Oto-Rhino-Laryngol*. 2007;264:1243–51. doi: 10.1007/s00405-007-0353-6. PMID: 17639445.
- World Recreation Scuba Training Council. Minimum course content for open water diver certification [Internet]. World Recreation Scuba Training Council; 2004. [cited 2019 Nov 21]. Available from: <https://wrstc.com/downloads/03%20-%20Open%20Water%20Diver.pdf>.
- Buzzacott P, Mease A. Pediatric and adolescent injury in aquatic adventure sports. *Res Sports Med*. 2018;1(26):20–37. doi: 10.1080/15438627.2018.1438281. PMID: 30431355.
- Buzzacott P, Chimiak J, Nochetto M, Denoble P. Paediatric scuba-related morbidity at US Emergency Departments. *Ann Epidemiol*. 2017;27:539. doi: 10.1016/j.annepidem.2017.07.082.
- Smerz R. Epidemiology and treatment of decompression illness in children and adolescents in Hawaii, 1983–2003. *SPUMS Journal*. 2005;35:5–10. [cited 2022 Nov 21]. Available from: https://www.dhmjournal.com/images/IndividArticles/35March/Smerz_dhm.35.1.5-10.pdf.
- Vann R, Lang M. Recreational diving fatalities. *Undersea Hyperb Med*. 2011;38:257–60. PMID: 21877554.
- Buwalda M, Querido AL, van Hulst RA. Children and diving, a guideline. *Diving Hyperb Med*. 2020;50:399–404. doi: 10.28920/dhm50.4.399-404. PMID: 33325022. PMID: 33325022.
- Undersea and Hyperbaric Medical Society. Recreational diving medical screening system. Undersea and Hyperbaric Medical Society [Internet]. [cited 2022 Jun 30]. Available from: <https://www.uhms.org/resources/recreational-diving-medical-screening-system.html>.
- South Pacific Underwater Medical Society. The SPUMS diving medical [Internet]; 2020. [cited 2022 Jun 30]. Available from: https://spums.org.au/sites/default/files/SPUMS%20Diving%20Medical%20Forms_2020.pdf.
- Desola J. SCUBA diving in children. Physiological requirements and fitness criteria. *Apunts Sports Med*. 2006;41(149):34–8.

- 23 Spence S. A measure of anxiety symptoms among children. *Behav Res Ther.* 1998;36:545–66. doi: [10.1016/s0005-7967\(98\)00034-5](https://doi.org/10.1016/s0005-7967(98)00034-5). PMID: 9648330.

Acknowledgements

The authors would like to thank Petar J Denoble, Senior VP of Global Research, Divers Alert Network and Frauke Tillmans PhD, Director of Research, Divers Alert Network, for helping with the tedious task of professionally and objectively reviewing

many challenging case records and calls, and for reviewing and contributing to the preparation of this manuscript.

Conflicts of interest and funding: nil

Submitted: 1 July 2022

Accepted after revision: 8 December 2022

Copyright: This article is the copyright of the authors who grant *Diving and Hyperbaric Medicine* a non-exclusive licence to publish the article in electronic and other forms.

Advertising in *Diving and Hyperbaric Medicine*

Commercial advertising is welcomed within the pages of *Diving and Hyperbaric Medicine*. Companies and organisations within the diving, hyperbaric medicine and wound-care communities who might wish to advertise their equipment and services are welcome. The advertising policy of the parent societies – EUBS and SPUMS is available for download on [Diving and Hyperbaric Medicine](#) website.

Further information can be obtained by contacting our Editorial Manager, Nicky Telles.

Email: editorialassist@dhmjournal.com

Guidelines

South Pacific Underwater Medicine Society (SPUMS) position statement regarding paediatric and adolescent diving

Elizabeth Elliott¹, David Smart¹, John Lippmann^{2,3}, Neil Banham⁴, Matias Nochetto⁵, Stephan Roehr⁶

¹ Department of Diving and Hyperbaric Medicine, Royal Hobart Hospital, Hobart, Australia

² Australasian Diving Safety Foundation, Melbourne, Australia

³ Department of Public Health and Preventive Medicine, Monash University, Melbourne, Australia

⁴ Department of Hyperbaric Medicine, Fiona Stanley Hospital, Perth, Australia

⁵ Divers Alert Network (DAN), Durham NC, USA

⁶ Department of Hyperbaric Medicine, Townsville University Hospital, Townsville, Australia

Corresponding author: Dr Elizabeth Elliott, Department of Diving and Hyperbaric Medicine, Royal Hobart Hospital, Liverpool St, Hobart, Tasmania 7000, Australia

ORCID: [0009-0005-3679-621X](https://orcid.org/0009-0005-3679-621X)

elizabeth.elliott@ths.tas.gov.au

Keywords

Adolescents; Children; Fitness to dive; Medicals – diving; Recreational divers; Risk assessment; Scuba diving

Abstract

(Elliott E, Smart D, Lippmann J, Banham N, Nochetto M, Roehr S. South Pacific Underwater Medicine Society (SPUMS) position statement regarding paediatric and adolescent diving. *Diving and Hyperbaric Medicine*. 2024 20 December;54(4):338–343. doi: [10.28920/dhm54.4.338-343](https://doi.org/10.28920/dhm54.4.338-343). PMID: [39675742](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39675742/).)

This paediatric diving position statement was developed from a targeted workshop at the 51st Annual Scientific Meeting of the South Pacific Underwater Medicine Society (SPUMS) on 8 June 2023. It highlights the factors that SPUMS regards as important when undertaking health risk assessments for diving by children and adolescents (defined as aged 10 to 15 years). Health risk assessments for diving should be performed by doctors who are trained in diving medicine and who are familiar with the specific risks which result from breathing compressed gas in the aquatic environment. Undertaking a diver health risk assessment of children and adolescents requires a detailed history (including medical, mental health, psychological maturity), a comprehensive diver medical physical examination and evaluation of all relevant investigations to exclude unacceptable risks. In addition, assessment of the individual's motivation to dive and reported in-water capability should occur, whilst engaging with their parent /guardian and instructor, where appropriate, to ensure that safety for the child is optimised. The guideline applies to all compressed air diving including scuba and surface supply diving provided in open and contained bodies of water.

Introduction

This paediatric and adolescent diving position statement was formulated through expert consensus from a targeted workshop at the 51st Annual Scientific Meeting (ASM) of the South Pacific Underwater Medicine Society (SPUMS) on 8 June 2023. Ten statements were developed and accepted in principle by workshop participants. Final editing and referencing were by the SPUMS Paediatric Diving Working Group. During this process, the age range was reclassified as paediatric and adolescent, and an additional statement was added (11 statements in total) that enhanced certain salient points to consider when assessing and consenting these prospective divers.

The society published its first guidelines for paediatric divers in 1990, setting a minimum age of 16 years before medical

health risk assessments would be undertaken on prospective open water divers. This was revised in 1992 to a minimum age of 14 years, taking into consideration the level of psychological maturity, physical capability, and confidence for the candidate in managing the underwater environment.¹ It was also consistent with the now retired Australian Standards: Training and certification of recreational divers. Part 1: Minimum entry-level SCUBA diving. 4005.1(2000).²

The June 2003 edition of SPUMS Journal (Volume 33, Issue 2) was dedicated to children in diving. Many experts in the field weighed in and continued the discussion in that and subsequent journal issues that year.^{1–7} The two decades since the 2003 publication have seen substantial increases in diving course options for children by training organisations. Children as young as 10 years have been completing diving courses allowing open water diving with well-established

training organisations around the world, albeit with defined restrictions and limits. Some of these commenced prior to 2000, with even younger participants.⁷ It is noted also, that children aged 8–10 years can access introductory experiences using scuba equipment, directly supervised by instructors and confined to a pool environment.⁸

Evidence-based medical practice should be focused on the health and wellbeing of the prospective candidate and not the commercial interests of industry. It is widely acknowledged that a child's chronological age doesn't necessarily correspond to their physical, psychological, emotional, or intellectual level of development.^{3,9}

The latest version of the SPUMS Recreational Dive Medical was published in 2020, with updated cardiovascular health guidelines.^{10,11} At that time, SPUMS did not update the guidelines on medical health risk assessment of prospective child and adolescent divers.

Other medical societies, such as the Dutch Society for Diving and Hyperbaric Medicine and German Society for Diving and Hyperbaric Medicine recently revised their recommendations for this unique subset of the population.^{12–14} There is a paucity of quality evidence regarding current best practice for assessment of children and adolescents seeking to undertake compressed gas diving, and the advice provided to them and their parents or guardians. Most information consists of case reports, retrospective event analysis, prospective cohort studies, and expert opinion. The South Pacific Underwater Medicine Society acknowledged that its existing guidelines required updating to support health risk assessment of children and adolescent prospective divers.

Definitions

In developing this current position statement, SPUMS has adopted the following definitions:

Paediatric (adjective) – refers to describing children from birth to 17 years of age.

Child or Children (nouns) – refers to individuals or groups including infancy through to puberty (puberty is achieved when the child reaches reproductive maturity: this includes a range of ages and is different according to the sex of the individual).

Adolescent (noun or adjective) – defined by the World Health Organisation as 10–19 years of age.¹⁵

It is also recognised that there may be individuals from the above descriptor groups for whom this SPUMS position statement is not relevant. The terms will be used in the text to refer to a narrower range of age groups defined in Statement 1.

Whilst acknowledging limited data in this field, it appears that diving amongst children and adolescents is relatively safe. This is likely due to experienced medical assessment, consent alongside their legal guardian, and engagement with a supportive and skilled instructor through a training organisation with appropriate, established procedures. Vandenhoven's retrospective study demonstrated that children had a high rate of medical issues incompatible with diving when medically assessed prior to diving.⁷ One in eight children were excluded from diving on medical grounds.⁷ Available evidence also suggests that even after medical clearance, children still have a high rate of ear, nose and throat (ENT) issues, specifically middle ear barotrauma.^{4,7,9,12,16} Training organisations which vet their paediatric and adolescent divers by establishing pool skills and optimising ear equalisation techniques before proceeding to open water environments, appear to have a high degree of success with safe diving practices in their young trainees.⁷

Fatalities are infrequent in children and adolescents compared to adult recreational divers, although participant rates are far lower.⁹ The Australasian Diving Safety Foundation data from 1966 to 2020 revealed five out of 531 scuba deaths (1%) were in children and adolescents (aged 8–15 years).¹⁷ One series from DAN North America reported that children (defined as aged 12–17 years) made up 1.9% of all deaths reported between 2012–2015.¹⁸ These data did not permit incidence to be calculated. Although infrequent, any child or adolescent diver death is unacceptable.^{19–23} The cause of most paediatric deaths was arterial gas embolism from pulmonary barotrauma.¹⁸ Anxiety and/or panic was a common precedent to rapid ascent in children and adolescent divers, which in turn resulted in pulmonary barotrauma.^{9,22} Pulmonary barotrauma and subsequent arterial gas embolism can occur in water depths as shallow as one metre.²⁴ Asthma may also result in pulmonary barotrauma.^{12,25} Decompression sickness was a less commonly confirmed diagnosis in one paediatric population.⁹ Depth restrictions and less provocative diving may have reduced incidence of decompression sickness in this series. Fortunately, recompressing children with hyperbaric oxygen for decompression sickness under the current adult guidelines appears safe.²²

Disclaimer

The advice contained in this SPUMS Position Statement is applicable to medical health risk assessment of children and adolescents aged 10–15 years who are seeking to undertake compressed air diving including scuba diving and surface supplied compressed air (e.g., 'hookah' diving).

The statements do not constitute a 'Standard'. The statements are based on analysis of available published evidence and expert opinion. They are expected to provide guidance to medical practitioners when undertaking health risk assessments on children and adolescent prospective divers.

The document should be used on a case-by-case basis utilising information on individual circumstances and as broad guidance for doctors. The society recommends engagement with the child or adolescent, their parent(s) / legal guardians, and the dive instructor when assessing 'fitness to dive' of the applicant. From the age of 15 years, adult guidelines apply.

Statement 1

The definition of a paediatric/adolescent diver for SPUMS diving medical assessment is from attaining the age of 10 years to less than 15 years of age.*⁴

* The society recognises that there is considerable individual variability of physical and emotional maturity in this age range, which needs to be taken into account by the assessing doctor. See Statement 11 for additional recommendations. The society also recognises that there are other definitions and published age ranges for this population.^{12,18,22}

Statement 2

It is the society's position that all prospective children and adolescent divers should be medically assessed for health risks that may be incompatible with diving before commencing scuba diving training. It is recommended that doctors who perform diving medical assessments on children and adolescents have undertaken additional professional development in diving medicine and are up to date with specific risks for this population. Where there is doubt or the child has complex health issues, additional specialist (or specialist centre) advice should be sought.

For children (and those who are legally minors), such a medical assessment would also include consent from the parent(s) / legal guardian to confirm appropriate education regarding risk has been covered, understood and accepted by both parties.^{1,4,23} The doctor should determine the reason why the child wishes to dive and their motivation and should be mindful of any excessive coercion from care givers.^{4,6,12,16,23,25}

Statement 3

Dive medical assessments should be performed:

- prior to initial training for any compressed air diving, including scuba and surface supply diving, provided in open and contained bodies of water (from 10 years of age), and
- following any significant health event.

Statement 4

In addition to adult contraindications which preclude diving, children or adolescents should not dive if they have any of the following medical conditions:

- Epilepsy (any type including absence seizures);¹⁰
- Combined anxiety disorder and panic disorder;^{7,9,12,22,23}
- Attention deficit hyperactivity disorder;^{12,16,26,27}
- Asthma (including well controlled and exercise induced), cystic fibrosis, and other chronic respiratory tract illness;^{6,7,10,12,16,22,23,27,28}
- Congenital heart disease despite correction;^{10,12,27}
- Insulin dependent diabetes mellitus;¹⁰
- Migraine with aura;¹⁰
- Tympanostomy tubes present in either or both ears;
- Hereditary or acquired bleeding disorders;
- Any medical condition that could cause sudden incapacity.¹⁰

This list is not exhaustive and detailed specialist advice should be sought regarding any specific medical conditions which are identified in children and adolescents who seek to dive.

Statement 5

There is evidence of increased potential risk from diving in children / adolescents compared with adults, particularly relating to:

- cognitive and emotional maturity, attention and focus, and antecedent risk for panic underwater;^{5,7,9,12,22,28}
- attention deficit and hyperactivity disorder and associated potential risks;²⁶
- risk of ear nose and throat and respiratory tract infections;^{7,16,28–30}
- immaturity of the paediatric airway;^{6,7,12,22,27,28,31}
- risk of persistent (patent) foramen ovale (PFO);^{6,7,9,12,16,27,28}
- risk of hypothermia;^{5,6,12,16,25,27,28}
- limited physical capabilities.^{3–5,9,12,25,32}

Statement 6

The assessing diving doctor needs to pay careful attention to the child or adolescent's:

- past medical history;
- psychological maturity and executive function*;^{3–5,7,9,12,16,22,25,32}
- physical maturity;^{3–5,9,12,25,32}
- ear nose and throat assessment;^{5–7,9,12,16,23,25,27,28,32}
- asthma risk;^{9,12,23,27}
- risk of PFO;^{6,9,12,16,27}
- hypothermia risk;^{5–7,9,12,16,23,25,27,28}
- reported in-water and swimming capability**;^{6,7,8,33}
- motivation for diving including whether the child perceives they are under pressure to dive.^{4,6,12,16,23,25}

Physical examination should include a comprehensive medical assessment as performed for an adult diving medical examination, including pulmonary function testing and audiogram.¹⁰

* Where this is unable to be assessed accurately at interview, the assessing physician should seek further information from reliable third-party sources (e.g., other clinicians, allied health personnel, teachers).

**If a child is unable to swim, then they should not dive.

Statement 7

The society considers that for a diving doctor to form an opinion about medical risk for children and adolescents intending to scuba dive, the discussion with the candidate, legal guardian/s, and diving instructor must include:

- the child's / adolescent's swimming ability / in-water capability;⁷
- assessment of their level of maturity and understanding of the risks involved with diving;²²
- assessment of their physical capabilities;^{3-5,9,12,25,32}
- additional acceptance of risk by the legal guardian/s;⁷
- consideration of Gillick competency (determining whether a child / adolescent diver is functionally competent to provide informed consent).³⁴

Statement 8

Recommendations for child / adolescent diver safety during subaquatic activities should include:

- emphasis of the need for physical and psychological fitness during their training;^{1,4,5,23}
- emphasis of the need for accessory diving skills, including snorkelling and buoyancy control;^{4,23}
- counselling regarding the risk of pulmonary barotrauma and resultant arterial gas embolism and the avoidance of panic;
- ensuring that the child / adolescent and their parents / guardians are complicit in this understanding and sign the acceptance of risk on the SPUMS Statement of Health for Recreational Diving;^{1,4,5,10,23}
- determining that the child / adolescent is complicit in the decision to dive and not being coerced;^{4,6,12,16,23,25}
- where possible, include the dive instructor in the decision making;^{1,7,27}
- when diving, ensure:
 - » that a minimum of two adult certified, competent divers accompany the child or adolescent when diving; one of whom knows them well (e.g., parent or sibling);⁹
 - » the focus of the adults is as supervisors to the child or adolescent only;³⁻⁵
 - » the child or adolescent should be within arms-length distance from the adult and in direct view at all times;⁹

» that the child or adolescent diver is not expected to rescue their adult supervisor(s).^{3-5,9,12,25,32}

- encouragement for training agencies to develop specialised training modules (including on-line) to teach young divers and lead them on open water dives;⁹
- in addition to limitations in Statement 6, child or adolescent divers should not dive in hazardous marine environments as defined in AS/NZS 2815.6 (2013) Section 1.1.4 (a)–(g), listed in [Appendix 1](#).³⁵

These recommendations are best managed by training agencies who have a special interest in child and adolescent divers and can provide individualised support for the specific needs and unique behavioural aspects of this population.

Statement 9

Regarding garments and equipment for the child / adolescent diver, these should:

- be appropriately sized and fit;^{7,16}
- be appropriate thickness of wetsuit for thermal protection in the planned water temperatures*;³³
- be of a weight that the child can carry when walking;
- preferably have integrated weights in the buoyancy compensator device**.¹²

* Hypothermia is a greater risk in children due to higher surface area to volume ratio.

** This avoids the need for a weight belt which could more easily slip off a child, leading to a rapid ascent with subsequent pulmonary barotrauma / arterial gas embolism.

Statement 10

The society recognises that there is limited evidence of harm to children and adolescents who have undergone medical risk assessment by a doctor who has training in diving medicine, and who undertake compressed air diving in a controlled, supervised environment within current training systems.^{7,9,18,20-22,27} However, available studies also provide limited evidence of safety and do not permit accurate assessment of risk or incidence of harm in the child / adolescent population of divers. The negative impact of fatalities and episodes of significant injury in children is of such magnitude that a conservative approach is warranted when providing health risk advice.

Statement 11

The society supports, in-principle, the position of other medical societies and experts to stratify children or adolescents by age, when considering the diving activity,

* **Footnote:** Appendix 1 can be found on the DHM Journal website: <https://www.dhmjournal.com/index.php/journals?id=346>

environment, water temperature and limitations on depth of diving, and number of supporting certified diving adults (minimum of 2), when the child / adolescent is diving.^{4-7,12,16,28,33,36}

Recommendations

This guideline was based on expert opinion from SPUMS clinician members present at the 51st SPUMS Annual Scientific Meeting, Cairns, Australia, June 2023. Their expert opinion is based on lived experience and currently available literature, which is limited to expert consensus, case studies, prospective cohort studies, and retrospective analyses.

Conclusions

Children and adolescents are an important group within the diving population who have development-specific considerations. Close attention needs to be placed on the medical history and assessment of the ear, nose and throat, and respiratory systems, in-water capabilities, and neurodevelopmental evaluation due to antecedent risks in the subaquatic environment.

References

- Walker RM. Assessing children's fitness for scuba diving. *Med J Aust.* 2002;176:450. doi: 10.5694/j.1326-5377.2002.tb04474.x. PMID: 12057003.
- Standards Australia. Training and certification of recreational divers. Part 1. Minimum entry-level SCUBA diving. Second edition. AS 4005.1(2000). ISBN 0 7337 3268 2.
- Cvitanovich A, Langton P. Children and diving: a paediatric perspective. *SPUMS Journal.* 2003;33:74–5. [cited 2024 Sep 20]. Available from: https://www.dhmjournal.com/images/IndividArticles/33June/Cvitanovich_dhm.33.2.74-75.pdf.
- Edmonds C. Children and diving: a review of SPUMS articles. *SPUMS Journal.* 2003;33:206–11. [cited 2023 Aug 27]. Available from: https://www.dhmjournal.com/images/33/DHM_Vol33_No4.pdf#page=28.
- Mitchell S. Children in diving: how young is too young? *SPUMS Journal.* 2003;33:81–3.
- Richardson D. Children and diving: the recreational-diving training perspective. *SPUMS Journal.* 2003;33:83–9. [cited 2023 Aug 27]. Available from: https://www.dhmjournal.com/images/33/DHM_Vol33_No2.pdf#page=25.
- Vandenhoven G, Collard F, Schamp E. Children and diving: medical aspects. Eight years' sports medical follow-up of the first scuba diving club for children in Belgium. *SPUMS Journal.* 2003;33:70–3. [cited 2023 Aug 27]. Available from: https://www.dhmjournal.com/images/IndividArticles/33June/Vandenhoven_dhm.33.2.70-73.pdf.
- Professional Association of Diving Instructors (PADI). Courses. Youth: bubblemaker program. Australia. [Internet]. [cited 2023 July 17]. Available from: <https://www.padi.com/courses/bubblemaker>.
- Helfrich ET, Saraiva CM, Chimiak JM, Nohetto M. A review of 149 Divers Alert Network emergency call records involving diving minors. *Diving Hyperb Med.* 2023;53:7–15. doi: 10.28920/dhm53.1.7-15. PMID: 36966517. PMCID: PMC10318175.
- SPUMS Medical 5th edition. SPUMS Full Medical. South Pacific Underwater Medicine Society (SPUMS). 2020. [PDF document]. [cited 2023 July 17]. Available from: <https://www.spums.au/index.php/diving-medicals/spums-full-medical>.
- Jepson N, Rienks R, Smart D, Bennett MH, Mitchell SJ, Turner M. South Pacific Underwater Medicine Society guidelines for cardiovascular risk assessment of divers. *Diving Hyperb Med.* 2020;50:273–7. doi: 10.28920/dhm50.3.273-277. PMID: 32957130. PMCID: PMC7819720.
- Buwalda M, Querido AL, van Hulst RA. Children and diving, a guideline. *Diving Hyperb Med.* 2020;50:399–404. doi: 10.28920/dhm50.4.399-404. PMID: 33325022. PMCID: PMC8026229.
- Bulwalda M, Querido AL, van Hulst RA. Guideline children and diving (in concept). Nederlandse Vereniging voor Dulkgeneeskunde. [Internet]. [cited 2023 Aug 28]. Available from: <https://duikgeneeskunde.nl/wp-content/uploads/2020/04/guideline-diving-and-children-.pdf>.
- German Society for Diving and Hyperbaric Medicine (GTÜEM) [Gesellschaft für Tauch- und (Ü)berdruckmedizin (GTÜM)] Tauchsportärztliche Untersuchung bei Kindern und Jugendlichen. 2021. German. [Internet]. [cited 2023 Aug 28]. Available from: https://www.gtuem.org/images/download/2021_11_gtum_ttu_fur_kinder-jugendliche_2-0_ausfullbar.pdf.
- World Health Organisation. Adolescent health. 2024. [Internet]. [cited 2024 August 31]. Available from: https://www.who.int/health-topics/adolescent-health#tab=tab_1.
- Cilveti R, Osona B, Peña JA, Moreno L, Asensio O. Scuba diving in children: physiology, risks and recommendations. *An Pediatr (Barc).* 2015;83:410–6. Spanish. doi: 10.1016/j.anpedi.2015.03.011. PMID: 26022420.
- Lippmann J. Australasian Diving Safety Foundation. Diving-related fatality database and cumulative register. 2024. Australia. [cited 2024 Aug 18]. Available from: <http://www.adsf.org.au>. (data available only to authorised internal researchers).
- Buzzacott P, Trout B, Caruso J, Nelson C, Denoble PJ, Nord D, et al. DAN Annual Diving Report 2012–2015 edition. Durham (NC): Divers Alert Network; 2015. [cited 2024 July 14]. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK344435/>.
- Ascencio-Lane JC, Smart D, Lippmann J. A 20-year analysis of compressed gas diving-related deaths in Tasmania, Australia. *Diving Hyperb Med.* 2019;49:21–9. doi: 10.28920/dhm49.1.21-29. PMID: 30856664. PMCID: PMC6526051.
- Lippmann J, Fock A, Arulanandam S. Cerebral arterial gas embolism with delayed treatment and a fatal outcome in a 14-year-old diver. *Diving Hyperb Med.* 2011;41:31–4. PMID: 21560983. [cited 2023 Aug 27]. Available from: https://www.dhmjournal.com/images/IndividArticles/41March/Lippmann_dhm.41.1.31-34.pdf.
- Lippmann J, Stevenson C, Taylor D McD. Scuba diving fatalities in Australia, 2001 to 2013: diver demographics and characteristics. *Diving Hyperb Med.* 2020;50:105–14. doi: 10.28920/dhm50.2.105-114. PMID: 32557411. PMCID: PMC7481108.
- Smerz R. Epidemiology and treatment of decompression illness in children and adolescents in Hawaii, 1983–2003.

- SPUMS Journal. 2005;35:5–10. [cited 2023 Aug 28]. Available from: https://www.dhmjournal.com/images/IndividArticles/35March/Smerz_dhm.35.1.5-10.pdf.
- 23 Walker R. How old is old enough? SPUMS Journal. 2003;33:78–80. [cited 2023 July 17]. Available from: https://dhmjournal.com/images/IndividArticles/33June/Walker_dhm.33.2.78-80.pdf.
 - 24 Lindblom U, Tosterud C. Pulmonary barotrauma with cerebral arterial gas embolism from a depth of 0.75–1.2 metres of fresh water or less: a case report. Diving Hyperb Med. 2021;30:51:224–6. doi: 10.28920/dhm51.2.224-226. PMID: 34157741. PMCID: PMC8349688.
 - 25 Richardson D, Taylor Sanders J, Alexander L, Smith B, Shreeves K, Kinsella J, et al. Children and scuba diving: a resource guide for instructors and parents. International PADI Inc; 2006. [cited 2024 Oct 7]. Available from: <https://www.scubadiving.co.nz/wp-content/uploads/Children-and-SCUBA-diving-for-Instructors-and-Parents.pdf>.
 - 26 Querido AL, van Hulst RA. Diving and attention deficit hyperactivity disorder. Diving Hyperb Med. 2019;49:41–7. doi: 10.28920/dhm49.1.41-47. PMID: 30856666. PMCID: PMC6526049.
 - 27 Winkler BE, Muth CM, Tetzlaff K. Should children dive with self-contained underwater breathing apparatus (SCUBA)? Acta Paediatrica. 2012;101:472–8. doi: 10.1111/j.1651-2227.2011.02589.x. PMID: 22212048.
 - 28 Rossi A, Schiavon M. DAN – Children and diving: medical aspects. Original article edited from Pneumologia Pediatrica. 2000;15:1–15. [cited 2023 Apr 30]. Available from: https://www.researchgate.net/publication/233916809_DAN_Alert_Diver_2004_Children_and_Diving.
 - 29 Bylander-Groth A, Stenström C. Eustachian tube function and otitis media in children. Ear Nose Throat J. 1998;77:762–4, 766, 768–9. PMID: 9787519.
 - 30 Gouloumis AK, Gkorpa M, Athanasopoulos M, Athanasopoulos I, Gyftopoulos K. The Eustachian tube dysfunction in children: anatomical considerations and current trends in invasive therapeutic approaches. Cureus. 2022;14:e27193. doi: 10.7759/cureus.27193. PMID: 36039214. PMCID: PMC9395912.
 - 31 Davies G, Reid L. Growth of the alveoli and pulmonary arteries in childhood. Thorax. 1970;25:669–81. doi: 10.1136/thx.25.6.669. PMID: 5533319. PMCID: PMC472209.
 - 32 Mallen JR, Roberts DS. SCUBA Medicine for Otolaryngologists: Part II. Diagnostic, treatment, and dive fitness recommendations. Laryngoscope. 2020;130:59–64. doi: 10.1002/lary.27874. PMID: 30776095.
 - 33 Confederation Mondiale Des Activités Subaquatiques (CMAS). World Underwater Federation. Children's diving standards (2003). Version 2008/01. [Internet]. [cited 2023 Aug 27]. Available from: <https://archives.cmas.org/document?fileId=2138>.
 - 34 Griffith R. What is Gillick competence? Hum Vaccin Immunother. 2016;12:244–7. doi: 10.1080/21645515.2015.1091548. PMID: 26619366. PMCID: PMC4962726.
 - 35 Standards Australia. Standards New Zealand. Training and certification of occupational divers. Part 6. Restricted Occupational Scuba Diver. AS/NZS 2815.6(2013). ISBN 978 1 74342 597 8.
 - 36 Geyer L, Brockmeier K, Graf C, Kretzschmar B, Schmitz KH, Webering F, et al. Bubble formation in children and adolescents after two standardised shallow dives. Int J Sports Med. 2019;40:31–7. doi: 10.1055/a-0777-2279. PMID: 30458551.

Acknowledgements

The authors would like to acknowledge and thank Ian Gawthrop, Cathy Meehan, John Parker, Bridget Devaney, Charlotte Barbosa and Rachel Allard for their contributions to this workshop.

Conflicts of interest and funding: nil

Submitted: 23 September 2024

Accepted: 18 October 2024

Copyright: This article is the copyright of the authors who grant *Diving and Hyperbaric Medicine* a non-exclusive licence to publish the article in electronic and other forms.