

Artículo especial

Consideraciones cardiovasculares para la práctica de buceo recreativo con escafandra autónoma. Documento de consenso de SEC-Asociación de Cardiología Clínica/SEC-GT Cardiología del Deporte



Antonio Tello Montoliu^{a,b,*}, Agustín Olea González^{b,c}, Ángel Pujante Escudero^b,
María Martínez del Villar^d, Fernando de la Guía Galipienso^{e,f,g}, Leonel Díaz González^{h,i},
Rosa Fernández Olmo^j, Román Freixa-Pamias^k y David Vivas Balcones^l

^a Servicio de Cardiología, Hospital Clínico Universitario Virgen de la Arrixaca, Murcia, España

^b Cuerpo de Sanidad, Centro de Buceo de la Armada, Armada Española, Cartagena, Murcia, España

^c Jefatura de Apoyo Sanitario de Cartagena, Armada Española, Cartagena, Murcia, España

^d Servicio de Pediatría, Hospital Vega Baja, Orihuela, Alicante, España

^e Servicio de Cardiología, Policlínica Glorieta Denia, Denia, Alicante, España

^f Clínica Rehabilitación Marina Alta (REMA)/Cardiología Deportiva Denia, Denia, Alicante, España

^g Hospital Clínica Benidorm (HCB), Benidorm, Alicante, España

^h Servicio de Cardiología, Hospital Universitario La Paz, Madrid, España

ⁱ Clínica CEMTRO, Madrid, España

^j Servicio de Cardiología, Hospital Universitario de Jaén, Jaén, España

^k Servicio de Cardiología, Complex Hospitalari Moisès Broggi, Sant Joan Despí, Barcelona, España

^l Servicio de Cardiología, Hospital Clínico San Carlos, Madrid, España

Historia del artículo:

Recibido el 2 de octubre de 2023

Aceptado el 11 de enero de 2024

On-line el 20 de enero de 2024

Palabras clave:

Enfermedad cardiovascular

Buceo

Medicina subacuática

RESUMEN

La práctica del buceo recreativo con escafandra autónoma se ha incrementado en todo el mundo, y son millones de personas al año quienes lo hacen. El ambiente acuático es un medio hostil, al que la fisiología humana debe adaptarse sufriendo una serie de cambios que suponen un estrés para el organismo. Por ello, el estado físico y el control de los factores de riesgo cardiovascular son primordiales para la práctica de este deporte. La evaluación médica no es obligatoria para realizar este deporte, y solo se exige cuando lo aconseje un cuestionario de salud establecido a dicho fin. Sin embargo, la importancia de la enfermedad cardiovascular hace que las consultas a cardiología sean cada vez más frecuentes. El objetivo del presente documento de consenso es describir los cambios fisiológicos cardiovasculares ocurridos durante la práctica del buceo, centrándonos en las enfermedades de índole cardiovascular relacionadas, su abordaje y tratamiento, y en las recomendaciones de seguimiento de estas. Además, se aborda la evaluación y control de la persona que practica buceo con enfermedad cardiovascular previa. Este documento, avalado por la Asociación de Cardiología Clínica de la Sociedad Española de Cardiología (SEC) y por el Grupo de Trabajo de Cardiología del Deporte de la Asociación de Cardiología Preventiva de la SEC, tiene como finalidad ayudar no solo a los cardiólogos en la evaluación de los pacientes, sino también a otros especialistas dedicados a las evaluaciones para la práctica del buceo.

© 2024 Sociedad Española de Cardiología. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

Cardiovascular considerations on recreational scuba diving. SEC-Clinical Cardiology Association/SEC-Working Group on Sports Cardiology consensus document

ABSTRACT

The practice of recreational scuba diving has increased worldwide, with millions of people taking part each year. The aquatic environment is a hostile setting that requires human physiology to adapt by undergoing a series of changes that stress the body. Therefore, physical fitness and control of cardiovascular risk factors are essential for practicing this sport. Medical assessment is not mandatory before participating in this sport and is only required when recommended by a health questionnaire designed for this purpose. However, due to the significance of cardiovascular disease, cardiology consultations are becoming more frequent. The aim of the present consensus document is to describe the cardiovascular physiological changes that occur during diving, focusing on related cardiovascular diseases, their management, and follow-up recommendations. The assessment and follow-up of individuals who practice diving with previous cardiovascular disease are also discussed. This document,

Keywords:

Cardiovascular disease

Diving

Underwater and hyperbaric medicine

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: atellomont@hotmail.com (A. Tello Montoliu).

endorsed by the Clinical Cardiology Association of the Spanish Society of Cardiology (SEC) and the SEC Working Group on Sports Cardiology of the Association of Preventive Cardiology, aims to assist both cardiologists in evaluating patients, as well as other specialists responsible for assessing individuals' fitness for diving practice.

© 2024 Sociedad Española de Cardiología. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

Abreviaturas

CC: cardiopatías congénitas
 ED: enfermedad descompresiva
 EPI: edema pulmonar de inmersión
 FOP: foramen oval permeable
 HTA: hipertensión arterial

INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN DEL TEMA

Desde su aparición, la práctica del buceo recreativo en cualquiera de sus formas se ha incrementado en todas las partes del mundo. En particular el buceo con escafandra autónoma ha aumentado de forma rápida, y son millones de personas al año quienes lo practican¹. El buceo recreativo es un deporte no competitivo que, como características principales, tiene una profundidad límite de 40 metros bajo el nivel del mar y el uso como mezclas gaseosas respirables del aire o el Nitrox (aire enriquecido de oxígeno)².

El problema principal es que el medio acuático es un medio hostil, donde la fisiología humana debe adaptarse sufriendo una serie de cambios que suponen un estrés para el organismo. Por todo ello, el estado físico es primordial para la práctica de este deporte. Además, el buceo conlleva una serie de enfermedades propias por influencia de este medio hostil sobre la fisiología humana, frecuentemente de causa cardiológica y algunas de ellas mortales^{3,4}. Por tanto, la revisión cardiológica cobra una vital importancia para la identificación de personas no aptas para el buceo que pueden desarrollar complicaciones derivadas de esta actividad.

Por todo ello, creemos necesaria la creación de este documento, avalado por la Asociación de Cardiología Clínica de la Sociedad Española de Cardiología (ACC-SEC) y por el Grupo de Trabajo de Cardiología del Deporte de la Asociación de Cardiología Preventiva de la SEC (ACP-SEC), que aúna conocimientos de cardiólogos y especialistas en medicina subacuática para intentar trazar una senda común que pueda llevar a una correcta y rápida evaluación de las personas, así como servir de guía en el tratamiento de las enfermedades derivadas con repercusión en el sistema cardiovascular.

FÍSICA Y FISIOLOGÍA DEL BUCEO CON ESCAFANDRA AUTÓNOMA. CAMBIOS CARDIOVASCULARES

Es imposible intentar entender los cambios que se producen en la fisiología humana y principalmente en la cardiovascular sin tener claros los principios físicos básicos que regirán las condiciones del cuerpo humano en inmersión⁵. Es imprescindible entender las leyes generales de los gases, entre las que destacaremos la ley de Boyle-Mariott, la de Henry y la de Dalton. En el material adicional se explican con más detalle los cambios producidos.

ENFERMEDAD DESCOMPRESIVA Y EMBOLIA ARTERIAL GASEOSA. PAPEL DEL FORAMEN OVAL PERMEABLE

La enfermedad descompresiva (ED) se define como los signos y síntomas producidos por la formación y presencia de burbujas de gas inerte (nitrógeno si se respira aire o Nitrox) en los tejidos y la sangre como consecuencia de la disminución de la presión ambiental^{6,7}. Esta enfermedad presenta un amplio rango de manifestaciones, que van desde formas triviales hasta un desenlace fatal^{7,8}.

El foramen oval permeable (FOP) clásicamente se ha relacionado con la ED⁹. De hecho, es bien conocido que la incidencia de FOP es mayor en individuos que han padecido una ED (hasta el 97% de ellos), principalmente las formas cutánea y neurológica¹⁰⁻¹³. Cuando se identifica algún error en la descompresión o cuando más de dos factores de riesgo para ED coexisten, no se recomienda la búsqueda de este defecto¹⁴⁻¹⁶. Para el diagnóstico de este defecto se debe remitir a la persona a un servicio de cardiología de referencia.

El abordaje del paciente portador de FOP tras su detección depende del tamaño del defecto, del tipo de inmersiones que se vayan a realizar y de las preferencias individuales de la persona (figura 1). Algunos estudios han sugerido que el hecho de adoptar medidas que reducen la formación de burbujas de gas inerte es suficiente para evitar un nuevo episodio de ED¹⁴⁻¹⁷ (tabla 1). Si la persona no adopta estos perfiles de buceo más conservadores o por preferencias personales, se puede optar por el cierre percutáneo del FOP. Estudios observacionales han mostrado una reducción de los episodios de ED después del cierre del defecto^{14,17-19}. En este caso, se debe informar a los pacientes de las posibles complicaciones de esta técnica, además de que solo aquellos con defectos completamente sellados son aptos para volver a la práctica del buceo (recomendada al menos tres meses tras el cierre). Es imprescindible recordar que existe ED sin necesidad de presentar un FOP^{18,20}.

Las actuales guías de actuación^{14,18} resaltan que existe una alta incidencia de este defecto en la población general ($\approx 25\%$), mientras que la incidencia de las ED es mucho menor ($\approx 0,005-0,08\%$ de las inmersiones). Por lo tanto, afirman que no es efectivo el cribado primario de este defecto en el buceo recreativo^{14,18}. No obstante, estudios recientes sugieren que el cribado de este defecto y la aplicación de tratamiento o perfiles de buceo conservadores podrían reducir la incidencia de la ED²¹.

EDEMA PULMONAR DE INMERSIÓN

El edema pulmonar de inmersión (EPI) es una forma de edema pulmonar descrita en nadadores y buceadores comúnmente infradiagnosticada^{22,23}. Es responsable de aproximadamente el 10% de los accidentes de buceo y presenta hasta un 1% de la mortalidad²⁴. Afecta a individuos sanos y su evolución es habitualmente benigna²⁵, aunque en ocasiones puede poner en peligro la vida de la persona. Es más frecuente en el sexo femenino, y es recurrente en casi el 30% de los casos²⁶.

La fisiopatología del EPI es compleja y no totalmente conocida. Intervienen múltiples factores predisponentes (presión, frío,

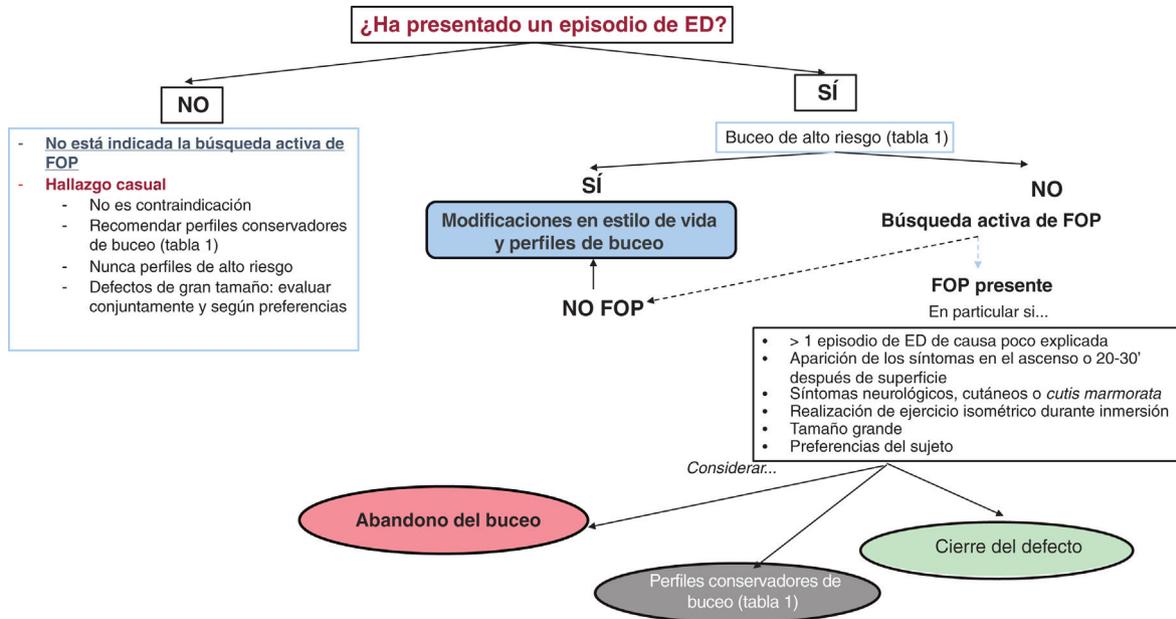


Figura 1. Algoritmo de decisión en la detección y tratamiento del foramen oval permeable (FOP). ED: enfermedad descompresiva. Adaptada de Pristipino et al.¹⁴.

incremento del trabajo respiratorio, estrés, esfuerzo físico, etc.^{25,27} que provocan cambios en la fisiología cardiopulmonar, a los que se les añade la redistribución vascular desde zonas declives provocada por la inmersión, sobrecargando la circulación central con aumento de poscarga y precarga, y incrementando la presión en la circulación pulmonar²⁸⁻³⁰. El ejercicio físico intenso constituye un factor predisponente de primer orden²⁷ que también favorece el aumento de la presión arterial sistémica y pulmonar³¹. Además, existe un predominio de la sobrecarga ventricular derecha en su génesis^{32,33}. La coexistencia de una enfermedad cardiovascular previa incrementa enormemente el riesgo de EPI.

Los síntomas comienzan en el fondo o durante el retorno a superficie, y son superponibles a los del edema agudo pulmonar de otra etiología. Ocasionalmente tiene un desenlace mortal y puede desencadenar otras serias complicaciones, como ahogamiento, y en menor medida, sobreexpansión pulmonar y ED. En caso de

apreciar síntomas compatibles, el buceador debe cesar toda actividad física, incrementar la renovación de gas en el circuito respiratorio y ascender pasivamente a la superficie (intentando respetar la descompresión prevista).

La ecografía torácica es muy útil en el diagnóstico precoz, ya que la visualización del artefacto en «cola de cometa» correlaciona bien con la presencia de líquido a nivel alvéolo-intersticial³⁴. Los síntomas mejoran rápidamente con oxígeno normobárico, y la administración de diuréticos y nitritos debe ser conservadora, teniendo en cuenta la deshidratación propia de la inmersión. Se han propuesto también fármacos que reduzcan la presión pulmonar, como el sildenafil³⁵, aunque su uso no está extendido. Tras un episodio de EPI, la reanudación de la actividad subacuática resulta controvertida ante el riesgo de recurrencia. Se realizará un reconocimiento médico extraordinario.

ESTADO FÍSICO, FACTORES DE RIESGO Y BUCEO

El estado físico del buceador es determinante para su práctica con seguridad⁴. No obstante, no debe considerarse un mal estado físico una contraindicación absoluta para el buceo recreativo, siempre que el buceador actúe de forma razonable³⁶. El objetivo es determinar no solo el estado físico, sino la posible aparición de factores de riesgo o enfermedades concomitantes (figura 2).

La enfermedad cardiovascular es responsable del 26% de las lesiones incapacitantes y del 13% de las muertes en el buceo, principalmente en buceadores > 60 años^{37,38}. Hay registros específicos que han puesto de manifiesto no solo la proporción de personas de edad media (> 50 años), sino también el alto porcentaje de prevalencia de factores de riesgo cardiovascular en esta población^{24,39}.

Según datos derivados de la base de datos anual de la *Diving Alert Network*²⁴, la causa más frecuente de muerte súbita en buceadores es la enfermedad coronaria, y el pico de incidencia, entre los 50 y 60 años. Por lo tanto, el cribado de enfermedad coronaria es importante en personas > 45 años con factores de riesgo para evitar que, ante el estrés, desarrollen un episodio, y también para buscar isquemia silente (incluyendo angiotomografía coronaria, test de esfuerzo con imagen o prueba de esfuerzo

Tabla 1

Perfiles conservadores de buceo

Reducir el tiempo de inmersión. Siempre dentro de los límites no descompresivos
Aumentar el intervalo de superficie (en caso de 2 inmersiones)
Realizar solo 1 inmersión al día
Limitar la profundidad de las inmersiones a 15 m (utilizando aire)
Utilizar preferentemente Nitrox*
Alargar las paradas de descompresión (en caso de requerir)
Evitar los ejercicios vigorosos/isométricos al menos hasta 4 h después (mejor 12 h)

Nitrox: aire enriquecido en oxígeno (*enriched-air nitrox* o EAN, en inglés). El porcentaje de oxígeno variará en función de la mezcla empleada, que será siempre > 21% y estará detallado en el exterior de la botella (por ejemplo, EAN 30% significa el 30% del O₂ en lugar del 21% del aire). Intervalo de superficie es el intervalo desde la salida a la superficie hasta el inicio de la siguiente inmersión. En función de este intervalo, se calculará el nitrógeno residual de la primera inmersión con el que el buceador parte en la segunda inmersión. Las paradas de descompresión son paradas a profundidad y tiempo establecido en función de la profundidad alcanzada y tiempo de fondo, y vienen detalladas en las tablas de descompresión para buceo con aire comprimido.

* Otra recomendación con el uso de Nitrox es dejar el ordenador de buceo en modo «aire» para mayor seguridad. Se deberá vigilar la profundidad máxima operativa.

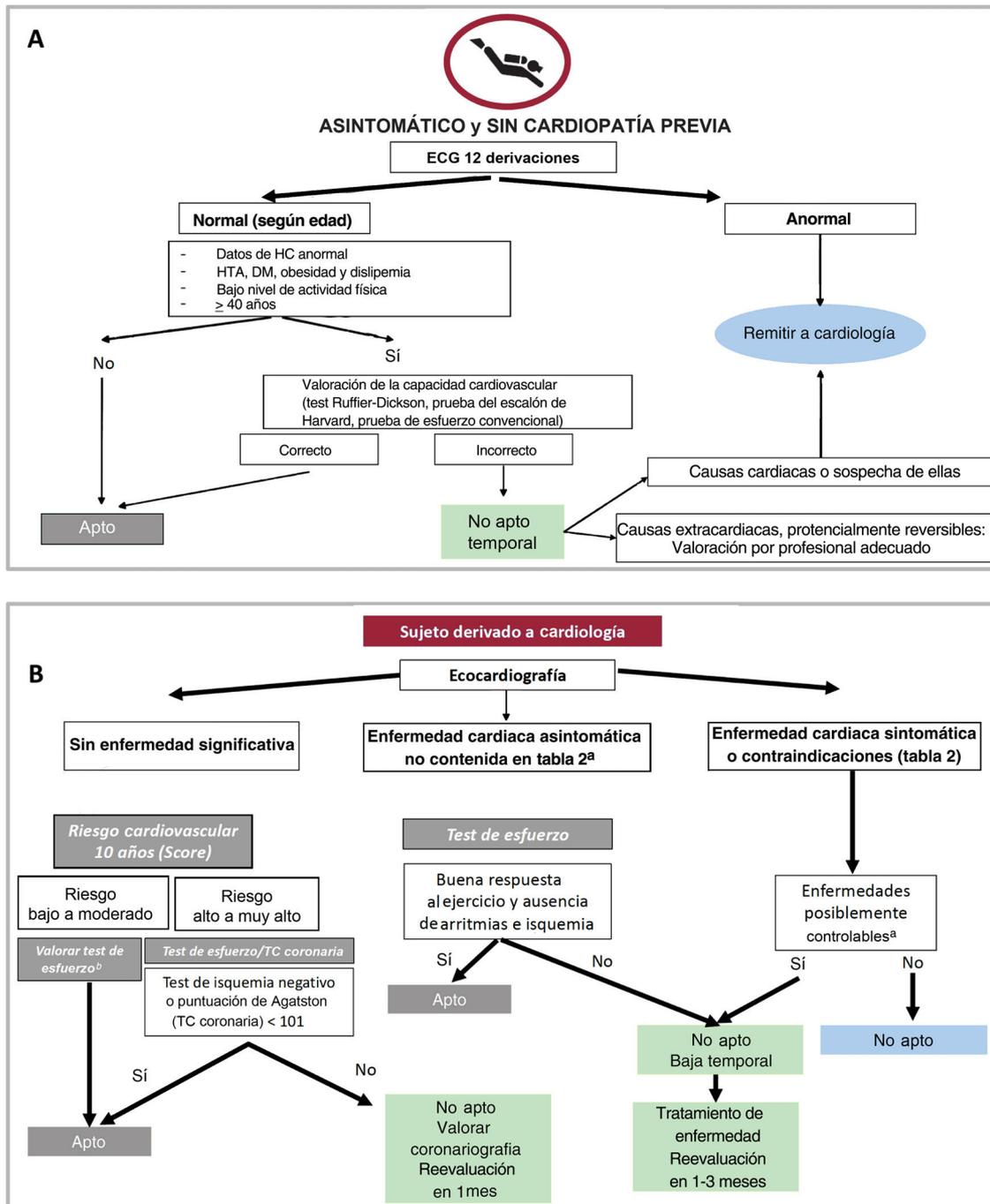


Figura 2. Figura central. Algoritmo de abordaje de la revisión para aptitud para el buceo con escafandra autónoma. A: personas asintomáticas sin enfermedad cardiovascular previa. B: personas remitidas a cardiología (síntomas, nuevos hallazgos y enfermedad previa conocida). Inicialmente el especialista en medicina subacuática puede evaluar a las personas asintomáticas y sin historia previa cardiológica, remitiendo a cardiología solamente los indicados en el panel A, después de realizar los pasos descritos. Cardiología evaluará a las personas con enfermedad cardiovascular previa conocida y a las que hayan presentado datos anormales en la evaluación previa (panel A), en función de lo expuesto en el panel B. En todas las personas evaluadas en el panel B, es conveniente realizar una ecocardiografía (ECG) para evaluación de estructura y función cardíaca. En función de los resultados, se dictaminará el «apto» para la práctica del buceo, o el «no apto» o «no apto temporal». La diferencia entre estos últimos es que el no apto temporal viene marcado por una situación corregible y por tanto susceptible de ser apto en el futuro (véase el texto). DM: diabetes mellitus; HC: historia clínica; HTA: hipertensión arterial; TCA: tomografía computarizada.

^a Descarte de enfermedades que figuren en las contraindicaciones (tabla 2).

^b Valoración de la capacidad al ejercicio mediante ergometría simple.

convencional)^{4,40}. Esta última, aunque es relativamente insensible a la enfermedad coronaria temprana, tiene la ventaja de demostrar la capacidad de ejercicio y puede modificarse para probar un ejercicio sostenido (20-30 min) a un mínimo de 6 MET, que es una expectativa plausible para un buceador recreativo, aunque es recomendable alcanzar cargas más elevadas ante una mayor

necesidad durante el buceo⁴. En particular, el hecho de alcanzar una carga de 12-13 MET es un buen indicativo de carga de esfuerzo suficiente para sobrellevar las posibles contingencias del buceo recreativo⁴⁰. En este sentido, si es posible, sería recomendable realizar una prueba de esfuerzo con consumo de gases o ergoespirometría por su mayor sensibilidad y especificidad.

El principal riesgo asociado a la diabetes mellitus es la pérdida de consciencia debido a hipoglucemia, principalmente en pacientes que requieren insulina, considerando que la inmersión asocia más este tipo de riesgo^{4,41}. Clásicamente, la diabetes era una contraindicación para el buceo. Sin embargo, en los últimos años, varias sociedades de medicina subacuática comienzan a ser más permisivas en cuanto a la aceptación de pacientes diabéticos para la práctica del buceo. Es indispensable que el paciente tenga un buen control de su diabetes, no haya cambiado de medicación en el último mes, y realice un control pre- y posinmersión. Además, se aconseja perfiles de buceo más conservadores e ir acompañado de un buceador no diabético⁴².

La hipertensión arterial (HTA) con un control adecuado y en ausencia de otros factores de riesgo que indiquen posibilidad de coronariopatía es aceptable para el buceo, independientemente de que se reciba tratamiento. La HTA grado 2 ($\geq 160/100$ mmHg) es una contraindicación para el buceo hasta que se investigue y se trate⁴³.

Asimismo, hay que indicar otros factores relacionados con la inmersión y la HTA. En primer lugar, el aumento temporal de la presión arterial central por inmersión por factores fisiológicos antes explicados^{41,43}. Sin embargo, tras la inmersión, la presión arterial sistémica no cambia en comparación con los valores previos a la inmersión. Otro efecto relacionado es la alta prevalencia de HTA en personas que presentan EPI (hasta el 25%)⁴⁴. La presencia de HTA se relaciona con una mayor probabilidad de recurrencia posterior^{26,45}, y las personas normotensas que padecieron EPI tuvieron más probabilidades de desarrollar HTA posteriormente²².

La obesidad disminuye la aptitud física general y puede aumentar el riesgo de sufrir ED, pues determina una mayor captación de nitrógeno. Debe examinarse exhaustivamente buscando una probable cardiopatía subyacente⁴.

ENFERMEDAD CARDIOVASCULAR Y BUCEO

Enfermedad coronaria

En deportistas profesionales (> 35 años) en general, la presentación de la enfermedad coronaria va desde la muerte súbita durante el ejercicio hasta las formas asintomáticas^{46,47}. No obstante, la presentación con angina sigue siendo la más frecuente. Aunque este deporte no aparenta grandes cargas de trabajo, ya que la natación requerida es muy ligera, en determinadas ocasiones (muchas inesperadas), como temperatura fría del agua, corrientes y oleaje, puede incrementar notablemente el grado de esfuerzo, lo que se convertiría en un episodio muy estresante⁴⁰. Las personas con antecedentes de enfermedad coronaria previa deben estar libres de síntomas, con tratamiento óptimo y con su riesgo evaluado mediante prueba de esfuerzo^{4,40}. Los sujetos que acaban de sufrir un síndrome coronario agudo, después de un tiempo de baja variable, pueden retomar su práctica del buceo si están revascularizados, con tratamiento óptimo y prueba de esfuerzo no solo sin isquemia inducible, sino con buena respuesta al ejercicio. En este contexto, en la prueba de isquemia serían aceptables cargas menores de ejercicio, siempre y cuando se recomiende al buceador planificar inmersiones en ambientes menos estresantes (temperaturas cálidas, sin corrientes y sin gran oleaje)⁴⁰. Se le deberá recomendar una mejora de su capacidad de esfuerzo si es baja, en cuyo caso la adherencia a programas de rehabilitación cardiaca ayudará de forma definitiva. Aunque no existe una evidencia dedicada a la práctica del buceo, parece lógico que se lleve a cabo el abordaje normal de cualquier paciente tras un episodio coronario, y reevaluarlo con una prueba de esfuerzo entre uno y tres meses después de dicho episodio. Se recomienda reconocimientos médicos periódicos de aptitud para el buceo^{4,36,40}.

Cardiomiopatías y valvulopatías

Es importante identificar a los pacientes con miocardiopatías, puesto que el medio acuático puede desencadenar en ellos síntomas de forma no predecible^{4,36}. No obstante, no se considera una miocardiopatía contraindicación *per se* para la práctica del buceo, a excepción de las miocardiopatías familiares, que sí lo son de entrada, pero en casos seleccionados y tras la valoración experta, se puede conceder la aptitud consensuada para el buceo recreacional conservador con la aceptación del riesgo por las partes implicadas. Esta valoración experta evaluará la capacidad al ejercicio, así como el fenotipo y carga arrítmica de cada persona de forma particular, y se revisará la aptitud para el buceo de forma más frecuente. Las guías de práctica del deporte consideran que personas con fracciones de eyección > 50% o ligeramente reducida (40-59%) adecuadamente tratadas, estables en síntomas y con buena clase funcional de la *New York Heart Association* (NYHA I) pueden practicar deportes incluso competitivos⁴⁸. En el buceo, se establece el punto de corte de la fracción de eyección > 50% para ser incluido en esta actividad. Clásicamente se ha contraindicado el deporte acuático en los pacientes con disfunción cardiaca por el aumento de precarga en la inmersión, aunque existe ya literatura que va a favor de su práctica^{49,50}. En estas personas se recomendaría al menos revisión anual para comprobar el tratamiento y los síntomas, así como prueba de ejercicio para ver la capacidad funcional, y la inducción de hipotensión y arritmias^{4,36}. Especial atención deben tener aquellos pacientes que ya han desarrollado una miocardiopatía de estrés previamente, dado que existe un riesgo de recidiva ante situaciones estresantes.

No existiría contraindicación para aquellas personas a quienes se les detecte alguna valvulopatía ligera⁴⁸. En caso de las valvulopatías moderadas, existe controversia, aunque las personas con insuficiencias sin repercusión hemodinámica asintomáticas con fracción de eyección > 50% y con buena clase funcional que no presentan arritmias ni isquemia en el ejercicio podrían considerarse aptas. Las insuficiencias graves y las estenosis de moderadas a graves representan una contraindicación absoluta^{4,40}.

Arritmias y síndrome de QT largo. Dispositivos implantados

En personas con arritmias o sustratos potenciales, se debe considerar dos aspectos: riesgo de muerte súbita, y grado de control por el riesgo de presentar síncope o síntomas limitantes (peor tolerancia al ejercicio) durante la inmersión. Recordemos que el ambiente acuático puede producir un empeoramiento del control y, por tanto, la aparición de síntomas^{48,51}. Si clasificamos por arritmias ventriculares y supraventriculares, las primeras son normalmente de peor pronóstico y están ligadas a daño estructural, por lo que es importante su identificación y tratamiento⁴⁸. Las arritmias supraventriculares son de mejor pronóstico en general, pero deben controlarse por la posibilidad de síncope o limitación a la capacidad de ejercicio que puede complicar gravemente la inmersión^{4,36}. En estas, estaría recomendado realizar una prueba de esfuerzo para comprobar el grado de control y la tolerancia al ejercicio utilizando los umbrales antes descritos en el epígrafe «Estado físico, factores de riesgo y buceo». Además, el estrés producido por el medio puede producir la pérdida del control de la arritmia durante la inmersión^{14,17,18}. Se debe recalcar que, en la actualidad, muchas arritmias (particularmente supraventriculares) pueden corregirse de forma eficaz mediante procedimientos invasivos, por lo que los pacientes podrían volver a la práctica del buceo tras nueva valoración cardiológica.

Diferente es el caso de las canalopatías, y en especial de los síndromes de QT largo, que representan contraindicación absoluta a la práctica del buceo^{4,36,51,52}. El «conflicto autonómico» está

reconocido como desencadenante de episodios en personas con sustrato arritmógeno^{14,17,18}. Además, un clásico desencadenante de arritmias en el síndrome de QT largo tipo 1 es la inmersión en agua y la natación⁴⁸. Un tratamiento común es el implante de dispositivos intracardiacos, como marcapasos y desfibriladores. Estos últimos están formalmente contraindicados en personas que sean portadoras y quieran practicar buceo. Se ha estudiado la respuesta a los aumentos de presión en marcapasos por la posibilidad de daño o malfunción a partir de presiones > 4,0 atm (30 m de profundidad)⁵³.

Cardiopatías congénitas del adulto

Debido al aumento de supervivencia de los pacientes con cardiopatías congénitas (CC) y la buena calidad de vida que la mayoría presentan al llegar a edad adulta, se ha incrementado el número de personas con CC que quieren iniciarse en la práctica del buceo. Existe gran diversidad en las CC, por lo que no todas suponen una contraindicación para el buceo en la actualidad. Toda persona con CC que quiera iniciarse en la práctica del buceo se debe revisar anualmente en un centro de referencia de CC, para la evaluación de la anatomía, historia quirúrgica y lesiones residuales. Son importantes el ecocardiograma y la ergometría (con consumo de gases), en la que independientemente del tipo de cardiopatía, la persona debe tener una capacidad de ejercicio mínima de 8 MET (volumen de oxígeno máximo recomendable en varones > 40 ml/kg/min y en mujeres de 35 ml/kg/min). Las consideraciones específicas sobre cada cardiopatía se detallan en la [tabla 1 del material adicional](#)⁵⁴.

VALORACIÓN CARDIOLÓGICA PARA EL BUCEO

Es recomendable la obtención de un certificado médico que confirme el buen estado físico y de salud del buceador. Según el Boletín Oficial del Estado, todo buceador es responsable de que su estado de salud sea el adecuado, siendo únicamente necesario en el caso del buceo recreativo una declaración responsable sobre su estado de salud, que se llevará a cabo cumplimentando un cuestionario. La puesta de manifiesto de alguna afección que pueda afectar la seguridad del buceador o en la que sea notorio que su estado físico no es el adecuado determinará que no se le permita la práctica del buceo si no se acredita la superación de un reconocimiento médico de carácter anual².

Lo recomendable sería que todo candidato que se exponga al medio acuático, y en especial aquellos con una edad > 45 años, deba realizar un reconocimiento médico que determine su aptitud para el buceo⁴. Estará enfocado no solo a hábitos de salud (actividad deportiva evaluando el nivel de intensidad y la frecuencia semanal), sino también al cribado de antecedentes patológicos ([tabla 2](#) y [tabla 1 del material adicional](#))⁴. Debe incluirse un electrocardiograma de reposo de 12 derivaciones en todos los candidatos, puesto que es inicio o continuidad de una actividad deportiva⁵⁵. La valoración física del candidato se puede obtener mediante pruebas que determinen la resistencia aeróbica y la capacidad de recuperación cardiaca (test de Ruffier), o con prueba de esfuerzo cuando se evidencie alguna limitación física, en personas > 40 años con obesidad o en presencia de problemas cardiovasculares^{55,56} ([figura 2](#)).

El resultado del reconocimiento médico será «apto», «no apto» o «no apto temporal» cuando la enfermedad sea potencialmente reversible o pueda controlarse con medicación apta para uso subacuático. La periodicidad del reconocimiento médico cardiovascular se puede establecer en función de la edad y de las enfermedades. Hasta los 40 años y sin enfermedad, se recomienda una revisión cada dos años. En el caso de edades > 40 años o

Tabla 2

Contraindicaciones para la práctica del buceo (no aptos)

Enfermedad coronaria no tratada o sintomática
Disfunción ventricular izquierda de cualquier causa. Los buceadores con disfunción ventricular izquierda bien tratada o recuperada con buena fracción de eyección (especialmente con fracción de eyección > 50%) serían generalmente aceptables si hubiera buena capacidad de ejercicio y las causas subyacentes estuvieran tratadas
Miocardiopatías familiares ^a
Insuficiencia cardiaca congestiva
Hipertensión pulmonar
Síndrome de QT largo u otras canalopatías iónicas inductoras de arritmias
Arritmias paroxísticas que provoquen pérdida de conciencia o deterioro de la capacidad de ejercicio
Valvulopatías graves, estenosis moderada a grave ^b
Cardiopatías congénitas complejas ^c
Portadores de un desfibrilador cardiaco implantable
Síncope recurrente
Anticoagulación (incluidos warfarina, inhibidores directos de la trombina [p. ej., dabigatrán] e inhibidores del factor Xa [p. ej., rivaroxabán, apixabán, edoxabán] o similares; esto no incluye el tratamiento antiagregante plaquetario único, por ejemplo, el ácido acetilsalicílico) ^d

Modificada de Jepson et al.⁴.

^a Véase el epígrafe «Valoración cardiológica para el buceo».

^b Se podría considerar aptos para la práctica del buceo a las personas con insuficiencias moderadas sin repercusión hemodinámica sin síntomas con FE > 50% y con buena clase funcional sin presentar arritmias ni isquemia en el ejercicio

^c Estos defectos tienen que ser evaluados por un médico especialista en buceo y un cardiólogo antes de ser autorizados a bucear. Véase la [tabla 1 del material adicional](#).

^d Algunos expertos permiten el tratamiento anticoagulante en determinadas circunstancias. Esta cuestión sigue siendo controvertida y hay falta de pruebas fiables que respalden una u otra postura. Lo mismo pasaría con la doble antiagregación después del implante de *stent*, aunque la lógica es esperar a que se pueda suspender y dejar monoterapia.

enfermedades cardiacas, sería anual o incluso cada seis meses; todo esto a criterio del cardiólogo examinador.

FÁRMACOS CARDIOVASCULARES Y BUCEO

La información sobre el comportamiento de los fármacos en el medio acuático es muy reducida^{57–60}; algunos estudios se realizan en ambiente seco (cámara hiperbárica), lo que limita el resultado, ya que no se contemplan los efectos propios de la inmersión, la hipotermia, y el efecto físico del aleteo y del manejo de los equipos de buceo⁵⁸. Esto determina que, ante un candidato que refiera la toma de medicamentos de efecto cardiovascular, debemos enfocar su aptitud teniendo en cuenta varios factores. El buceo disminuye los valores de glucosa, y favorece los cuadros de deshidratación y acidosis^{57,61}. Es importante detectar la tolerancia de la persona al fármaco, la presencia de efectos indeseables, que, aunque sean mínimos en superficie, pueden llegar a ser importantes bajo el agua⁵⁷, la posibilidad de potenciar cuadros tóxicos al interactuar con los gases respirados⁵⁷ y, finalmente, la determinación del posible efecto arritmógeno del fármaco en un medio en el que, de por sí, ya se favorecen las alteraciones del ritmo cardiaco^{60,62}. Es más limitante la enfermedad del candidato que la medicación empleada⁶¹.

Teniendo en cuenta los factores anteriores, surgen varias posiciones: los que recomiendan la no aptitud para el buceo de aquellos pacientes con enfermedad cardiaca y medicación para su control⁵⁷, y los que presentan una actitud más tolerante⁴¹. En este último caso, surgen varias posibilidades: cambiar el fármaco o dosis⁶¹, o recomendar protocolos de buceo más conservadores ([tabla 1](#)); informar al paciente de los riesgos y las medidas de prevención; saber reconocer los signos de un EPI, abortando la inmersión al menor signo

Tabla 3
Fármacos frecuentes y su relación con la práctica del buceo

Grupo farmacológico	Efectos secundarios relacionados	Observaciones
IECA	Pueden producir tos seca, que se confundiría con ED pulmonar	Bien tolerado y con poca interacción con el medio acuático. Estudios animales confirman que el uso de enalapril protege de forma significativa de padecer ED.
ARA-II	No producen tos	Bien tolerado y con pocos efectos indeseables
Antagonistas del calcio	Destacan los fenómenos ortostáticos. Vasodilatación	Pueden ocasionar caídas bruscas de tensión al revertir los efectos fisiológicos del buceo (acúmulo central de sangre). Evitar en caso de mala adaptación
Diuréticos	Deshidratación	Su uso se contraindica para el buceo, ya que pueden favorecer la aparición de ED debido a sus efectos. Sin embargo, se puede recomendar el uso de tiazídicos con la hidratación correcta y valores de electrolitos adecuados
Bloqueadores beta	Efectos cronotrópicos negativos. La inhibición de los receptores beta 2 bronquiales	Pueden predisponer a cuadros de barotrauma pulmonar y su asociación con la aparición de EPI
Bloqueadores alfa adrenérgicos	Vasodilatación periférica que puede favorecer la hipotensión ortostática como por la tendencia a la hipotermia	Contraindicados para la práctica del buceo
Estatinas	Mialgias	No interfieren con la práctica del buceo (tolerancia adecuada). Podrían añadir un efecto protector para prevenir la ED, aunque su evidencia es limitada
Anticoagulantes	Múltiples situaciones del buceo, como barotrauma de oído, senos o incluso pulmonar, se pueden agravar con la toma de estos fármacos por hemorragia	Contraindicados para la práctica del buceo
Antiagregantes plaquetarios	Pueden agravar los barotraumas por hemorragia, aunque el riesgo es menor	Se ha sugerido que podrían prevenir la ED al inhibir la agregación plaquetaria

ARA-II: antagonistas de receptor de la angiotensina II; ED: enfermedad descompresiva; EPI: edema pulmonar de inmersión; IECA: inhibidor de la enzima de conversión de la angiotensina.

de alerta⁴³, y evitar los buceos en aguas frías o sin la adecuada protección térmica. En la [tabla 3](#) se detallan los grupos farmacológicos más frecuentemente utilizados en cardiología.

CONCLUSIONES

La práctica del buceo recreativo cada vez tiene más aficionados en todo el mundo; los rangos de edad son muy amplios, así como las enfermedades previas y, sobre todo, el estado de forma física. La enfermedad cardiovascular es la primera causa de accidente relacionado con la práctica del buceo, tanto mortal como discapacitante, por lo que resulta necesaria una buena identificación de las personas, así como el tratamiento y abordajes adecuados de su dolencia para evitar cualquier accidente. No obstante, en cuanto a enfermedad cardiovascular y buceo, la literatura es escasa, y se necesita registros prospectivos donde basar los tratamientos para tratar de homogeneizar las actuaciones de todos los profesionales implicados en el proceso de la evaluación y tratamiento de la enfermedad cardiovascular en la práctica del buceo.

FINANCIACIÓN

Ninguna.

DECLARACIÓN SOBRE EL USO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL

No se ha empleado inteligencia artificial en el desarrollo de este artículo.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

A. Tello Montoliu, A. Olea González, A. Pujante Escudero, M. Martínez del Villar, F. de la Guía Galipienso y L. Díaz González se

encargaron del diseño del manuscrito, de su redacción y de la revisión del texto. R. Fernández Olmo y R. Freixa-Pamias se encargaron de la revisión del texto. D. Vivas Balcones se encargó del diseño del manuscrito y de la revisión del texto.

CONFLICTO DE INTERESES

Ningún autor presenta conflicto de intereses en el presente artículo.

ANEXO. MATERIAL ADICIONAL

Se puede consultar material adicional a este artículo en su versión electrónica disponible en <https://doi.org/10.1016/j.recesp.2024.01.004>.

BIBLIOGRAFÍA

- Krzyzak J, Korzeniewski K. Medical assessment of fitness to dive. Part 1. *Int Marit Health*. 2021;72:36-45.
- Real Decreto 550/2020, de 2 de junio, por el que se determinan las condiciones de seguridad de las actividades de buceo. Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. BOE 177.(26 junio 2020).
- Buzzacott P, Anderson G, Tillmans F, Grier J, Denoble P, Appendix C. Research Highlight: Cardiac Health in Diving. Tillmans F, ed. *DAN Annual Diving Report*. Durham, NC: Divers Alert Network; 2020: 85-86.
- 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;50:273-277.
- Bennett & Elliott's. *Physiology and medicine of diving*. 5.^a ed. Edimburgo: Saunders; 2002.
- Bert P. *Barometric pressure: researches in experimental physiology*. Columbus: Book Co.; 1943. Reprinted by the Undersea Medical Society, Bethesda, MD, 1978.
- Desola Alà J. Diving accidents (1). Decompression sickness. *Med Clin (Barc)*. 1990;95:147-156.
- Pujante Escudero AP, Inoriza Belzunce JM, Viqueira Caamaño A. 121 cases of decompression disease. *Med Clin (Barc)*. 1990;94:250-254.
- Etzlaff K, Muth CM. Right-to-left shunts and risk of decompression illness. *Crit Care Med*. 2003;31:2083.

10. Moon RE, Camporesi EM, Kisslo JA. Patent foramen ovale and decompression sickness in divers. *Lancet*. 1989;1:513–514.
11. Germonpré P, Dendale P, Unger P, Balestra C. Patent foramen ovale and decompression sickness in sports divers. *J Appl Physiol*. 1998;84:1622–1626.
12. Gempp E, Louge P, Blatteau JE, Hugon M. Risks factors for recurrent neurological decompression sickness in recreational divers: a case-control study. *J Sports Med Phys Fitness*. 2012;52:530–536.
13. Wilmshurst PT, Pearson MJ, Walsh KP, Morrison WL, Bryson P. Relationship between right-to-left shunts and cutaneous decompression illness. *Clin Sci*. 2001;100:539–542.
14. Pristipino C, Germonpré P, Toni D, et al. European position paper on the management of patients with patent foramen ovale. Part II – Decompression sickness, migraine, arterial deoxygenation syndromes and select high-risk clinical conditions. *EuroIntervention*. 2021;17:e367–e375.
15. Klingmann C, Rathmann N, Hausmann D, Bruckner T, Kern R. Lower risk of decompression sickness after recommendation of conservative decompression practices in divers with and without vascular right-to-left shunt. *Diving Hyperb Med*. 2012;42:146–150.
16. Honěk J, Šrámek M, Sefc L, et al. Effect of conservative dive profiles on the occurrence of venous and arterial bubbles in divers with a patent foramen ovale: a pilot study. *Int J Cardiol*. 2014;176:1001–1002.
17. Smart D, Mitchell S, Wilmshurst P, Turner M, Banham N. Joint position statement on persistent foramen ovale (PFO) and diving: South Pacific Underwater Medicine Society (SPUMS) and the United Kingdom Sports Diving Medical Committee (UKSDMC). *Diving Hyperb Med*. 2015;45:129–131.
18. Billinger M, Zbinden R, Mordasini R, et al. Patent foramen ovale closure in recreational divers: effect on decompression illness and ischaemic brain lesions during long-term follow-up. *Heart*. 2011;97:1932–1937.
19. Honěk J, Šrámek M, Šefc L, et al. Effect of catheter-based patent foramen ovale closure on the occurrence of arterial bubbles in scuba divers. *JACC Cardiovasc Interv*. 2014;7:403–408.
20. Balestra C, Germonpré P, Rocco M, Biancofiore G, Kot J. Diving physiopathology: the end of certainties? Food for thought. *Minerva Anestesiol*. 2019;85:1129–1137.
21. Honěk J, Šrámek M, Honěk T, et al. Screening and Risk Stratification Strategy Reduced Decompression Sickness Occurrence in Divers With Patent Foramen Ovale. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2022;15:181–189.
22. Wilmshurst PT, Nuri M, Crowther A, Betts JC, Webb-Peploe MM. Forearm vascular responses in subjects who develop recurrent pulmonary edema when scuba diving: a new syndrome. *Br Heart J*. 1981;45:349.
23. Wilmshurst PT. Immersion pulmonary oedema: a cardiological perspective. *Diving Hyperb Med*. 2019;49:30–40.
24. Buzzacott P, ed. *DAN Annual Diving Report 2017 Edition*. Durham (NC): Drivers Alert Network; 2017.
25. Boussuges A, Ayme K, Chaumet G, Albier E, Borgnetta M, Gavarry O. Observational study of potential risk factors of immersion pulmonary edema in healthy divers: exercise intensity is the main contributor. *Sports Med Open*. 2017;3:35.
26. Wilmshurst PT, Nuri M, Crowther A, Betts JC, Webb-Peploe MM. Recurrent pulmonary edema in scuba divers; prodrome of hypertension: a new Syndrome. *Underwater Physiol*. 1984;8:327–339.
27. West JB. Vulnerability of pulmonary capillaries during exercise. *Exerc Sport Sci Rev*. 2004;32:24–30.
28. Castagna O, Gempp E, Poyet R, et al. Cardiovascular Mechanisms of Extravascular Lung Water Accumulation in Divers. *Am J Cardiol*. 2017;119:929–932.
29. Corriol J. *Laplongee en apnee*. Paris: Masson; 1993.
30. Martínez-Villar M, Tello-Montoliu A, Olea A, et al. Global longitudinal strain assessment of cardiac function and extravascular lung water formation after diving using semi-closed circuit rebreather. *Eur J Appl Physiol*. 2022;122:945–954.
31. Castagna O, de Maistre S, Schmid B, Caudal D, Regnard J. Immersion pulmonary oedema in a healthy diver not exposed to cold or strenuous exercise. *Diving Hyperb Med*. 2018;48:40–44.
32. Castagna O, Regnard J, Gempp E, et al. The Key Roles of Negative Pressure Breathing and Exercise in the Development of Interstitial Pulmonary Edema in Professional Male SCUBA Divers. *Sports Med Open*. 2018;4:1.
33. MacIver DH, Clark AL. The vital role of the right ventricle in the pathogenesis of acute pulmonary edema. *Am J Cardiol*. 2015;115:992–1000.
34. Agricola E, Bove T, Oppizzi M, et al. Ultrasound comet-tail images: a marker of pulmonary edema. *Chest*. 2005;127:1690–1695.
35. Moon RE, Martina SD, Peacher DF, et al. Swimming-Induced Pulmonary Edema: Pathophysiology and Risk Reduction With Sildenafil. *Circulation*. 2016;133:988–996.
36. Tso J, Powers JM, Kim JH. Cardiovascular considerations for scuba divers. *Heart*. 2022;108:1084–1089.
37. Buzzacott P, Schiller D, Crain J, Denoble PJ. Epidemiology of morbidity and mortality in US and Canadian recreational scuba diving. *Public Health*. 2018;155:62–68.
38. Denoble PJ, Caruso JL, Dear GL, Pieper CF, Vann RD. Common causes of open-circuit recreational diving fatalities. *Undersea Hyperb Med*. 2008;35:393–406.
39. Buzzacott P, Edelson C, Bennett CM, Denoble PJ. Risk factors for cardiovascular disease among active adult US scuba divers. *Eur J Prev Cardiol*. 2018;25:1406–1408.
40. Bove A. The cardiovascular system and diving risk. *Undersea Hyperb Med*. 2011;38:261–269.
41. Lippmann J, Taylor DMD, Stevenson C, Williams J, Mitchell SJ. Diving with pre-existing medical conditions. *Diving Hyperb Med*. 2017;47:180–190.
42. Pollock NW, Ugucioni DM, Dear GL. Diabetes and recreational diving: guidelines for the future. *Diving Hyperb Med*. 2006;36:29–34.
43. Westerweel PE, Rienks R, Sakr A, Taher A. Diving with hypertension and antihypertensive drugs. *Diving Hyperb Med*. 2020;50:49–53.
44. Peacher DF, Martina SD, Otteni CE, Wester TE, Potter JF, Moon RE. Immersion pulmonary edema and comorbidities: case series and updated review. *Med Sci Sports Exerc*. 2015;47:1128–1134.
45. Gempp E, Demaistre S, Louge P. Hypertension is predictive of recurrent immersion pulmonary edema in scuba divers. *Int J Cardiol*. 2014;172:528–529.
46. Marijon E, Uy-Evanado A, Dumas F, et al. Warning symptoms are associated with survival from sudden cardiac arrest. *Ann Intern Med*. 2016;164:23–29.
47. Nehme Z, Bernard S, Andrew E, Cameron P, Bray JE, Smith K. Warning symptoms preceding out-of-hospital cardiac arrest: do patient delays matter? *Resusc*. 2018;123:65–70.
48. Pelliccia A, Sharma S, Gati S, et al. ESC Scientific Document Group. 2020 ESC Guidelines on sports cardiology and exercise in patients with cardiovascular disease. *Rev Esp Cardiol*. 2021;74:545.e1–545.e73.
49. Tei C, Horikiri Y, Park JC, et al. Acute hemodynamic improvement by thermal vasodilation in congestive heart failure. *Circulation*. 1995;91:2582–2590.
50. Adsett JA, Mudge AM, Morris N, Kuys S, Paratz JD. Aquatic exercise training and stable heart failure: a systematic review and meta-analysis. *Int J Cardiol*. 2015;186:22–28.
51. Heidbuchel H. The athlete's heart is a proarrhythmic heart, and what that means for clinical decision making. *EP Europace*. 2018;20:1401–1411.
52. Zipes DP, Link MS, Ackerman MJ, et al. Eligibility and Disqualification Recommendations for Competitive Athletes With Cardiovascular Abnormalities: Task Force 9: Arrhythmias and Conduction Defects. *Circulation*. 2015;132:e315–e325.
53. Medtronic. Medical Procedure and EMI Warnings, Precautions, and Guidance for implanted pacemakers and defibrillators. Disponible en: https://www.medtronic.com/content/dam/emanuals/crdm/M987654A001B_view_d1651596205262.pdf. Consultado 1 May 2023.
54. Kauling RM, Rienks R, Cuypers JAAE, Jorstad HT, Roos-Hesselink JW. SCUBA Diving in Adult Congenital Heart Disease. *J Cardiovasc Dev Dis*. 2023;10:20.
55. Manonelles Marqueta P, Franco Bonafonte L. Reconocimientos médicos para la aptitud deportiva. Documento de consenso de la sociedad española de medicina del deporte (SEMED-FEMEDE). *Arch Med Deporte*. 2017;Extra1:10–30.
56. Rusoke-Dierich O. Assessment for diving fitness for recreational divers. *Diving Medicine*. Cham: Springer; 2018. Disponible en: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-73836-9_30. Consultado 1 May 2023.
57. Pace T, Mifsud J, Cali-Corleo R, Fenech AG, Ellul-Micallef R. Medication, recreational drugs and diving: a review of the effects of drugs in the hyperbaric environment. *Malta Med J*. 2005;17:9–15.
58. Hoencamp E, Van Dongen TT, Van Ooij PJA, et al. Systematic review on the effects of medication under hyperbaric conditions: consequences for the diver. *Diving Hyperb Med*. 2019;49:127–136.
59. Taylor S, Taylor D, O'Toole KS, Ryan CM. Medications taken daily and prior to diving by experienced scuba divers. *SPUMS Journal*. 2002;32:129–135.
60. Vincenzi FF. Drug-induced long QT syndrome increases the risk of drowning. *Med Hypotheses*. 2016;87:11–13.
61. Cronjé FJ, Meintjes WAJ. Medication and diving. En: *2011 DAN Medical (Alert Diver)*; 2011. p. 12–16.
62. Schaller C, Fümam A, Bachmann S, et al. Heart rate profiles and heart rate variability during scuba diving. *Swiss Med Weekly*. 2021;151:w30039.