Últimos hallazgos sobre ED y Fisiología del Buceo (1ª parte)

Las burbujas que causan los *bents* en los buceadores o son responsables de la denominada Enfermedad por Descompresión (ED), son conocidas por cualquier buceador. El gas responsable de la formación de dichas burbujas es, generalmente, nitrógeno, un gas inerte. La ED es una enfermedad relacionada con el buceo que puede causar erupciones en la piel o dolores en las articulaciones si es leve, pero también parálisis permanente o la muerte, si se manifiesta con gravedad. Cuando un gas inerte que ha saturado los tejidos del cuerpo durante una exposición a un aumento de la presión ambiente, se descomprime demasiado rápido, puede formar burbujas circulantes o burbujas en los tejidos orgánicos, que pueden bloquear los vasos sanguíneos, especialmente los pequeños capilares del cuerpo humano. Si eso ocurre en el cerebro, la médula espinal o el corazón, las consecuencias pueden ser graves e incluso catastróficas. Una mejor comprensión y la prevención juegan un papel fundamental en evitar este tipo de riesgos y mitigar las posibles consecuencias.

En 2009, un grupo de 14 investigadores dedicados, iniciaron un proyecto, llamado PHYPODE (PHYsioPathology Of Decompression), que fue financiado por la Unión Europea, dentro del marco de la Marie Curie Initial Training Networks, y tenía el objetivo de investigar la ED más allá de sus procesos físicos puros.

Ahora, 4 años más tarde, el proyecto ha llegado a su fin. Con el fin de presentar los resultados de la investigación, DAN (Divers Alert Network Europe) organizó la conferencia "La Ciencia del Buceo", en ISEK, Bruselas, Bélgica, el 20 de diciembre 2014.

Suposiciones de los científicos

Debido a que algunos casos de ED parecen ocurrir inmerecidamente y no pueden ser sólo explicados por la sobresaturación de los tejidos, se supone que los modelos actuales de descompresión, usados en los ordenadores de buceo contemporáneos, no son lo suficientemente seguros y necesitan una revisión. Además, se supone que la ED no es sólo un suceso puramente físico, sino también un proceso fisiopatológico complejo, influenciado y / o desencadenado por varios factores que pueden variar de persona a persona. Esto conduce a la suposición de que existe un riesgo individual de sufrir una ED para cada buceador. Por lo tanto, el desarrollo de la más avanzada, tecnología de inmersión en tiempo real será el alcance de la futura investigación en este campo. El resultado ideal sería la creación de un "super ordenador de buceo" con un nuevo algoritmo, capaz de monitorear en tiempo real los datos médicos de la inmersión (antes, durante y después de bucear), por lo que el futuro buceador será una especie de "Bionic Diver" o "buceador biónico".

Las presentaciones de los investigadores

Se necesita un enfoque multifactorial con el fin de entender mejor los mecanismos que intervienen y los muchos factores fisiológicos. Cualquier investigación en este campo que ayude a aumentar el conocimiento de los mecanismos exactos y los procesos que conducen a la ED es un paso valioso en la promoción de la seguridad del buceo, que siempre ha formado parte de la misión de DAN. Esta es la razón por la que DAN creó el DSL (Diving Safety Laboratory) en 1994, con el objetivo de recoger la mayor cantidad de datos posible sobre inmersiones reales, incluidos los accidentes de buceo. Bajo la dirección del Prof. A. Marroni, Presidente de DAN Europe y uno de los principales científicos que participan en PHYPODE, esos datos han sido analizados con un enfoque epidemiológico para identificar a los factores de riesgo y

sus marcadores.

Hasta el año 2014, la base de datos del DSL había recogido 39.944 inmersiones, realizadas por 2.615 buceadores (2.176 hombres y 439 mujeres, en un grupo de edad promedio entre 33-51 años).

Se utilizó la técnica de ultrasonidos Doppler para detectar producción de burbujas circulantes. Los científicos pudieron probar que las burbujas se detectan entre 30 y 75 minutos después de la llegada del buceador a la superficie pero cesan después de 1,5 horas. Se encontró que la producción de la burbuja aumenta con la edad, pero no está influenciada por el sexo del buceador.

También se presentaron nuevos descubrimientos interesantes que tratan del **vuelo después de bucear**. Se realizaron eco-cardiografías durante el vuelo a buceadores que regresaban de un viaje de buceo de una semana, mostrando que los buceadores normalmente producen burbujas de alta calidad después de sus inmersiones y que pueden tener que esperar más (36 a 48 horas en lugar de sólo 24 horas) después de su última inmersión, antes de embarcar en un vuelo comercial.

En cuanto a otros riesgos relacionados con el buceo, hay buenas noticias para los **buceadores diabéticos**. De hecho, el desarrollo de nuevas tecnologías ha hecho posible recientemente la monitorización continua de la glucosa en sangre (GS), mientras se bucea. Las pruebas se realizaron por medio de monitores estancos, con sensores colocados debajo del traje de neopreno.

La investigación sobre el **edema pulmonar inducido por la apnea** trajo también algunas ideas sobre una predisposición genética que también podría facilitar el desarrollo de una ED en los buceadores. Según varios estudios recientes, ciertos genotipos producen una enzima llamada e-NOS y que contiene ácido glutámico en lugar de ácido aspártico, conduciendo a una mayor producción de óxido nítrico (NO), lo que puede tener un mayor efecto protector contra la ED.

Conocemos mucho acerca de las burbujas en general; sin embargo, el mecanismo preciso de su formación ha permanecido bastante oculto hasta hace muy poco. C. Balestra, profesor a tiempo completo y Jefe del Laboratorio de Fisiología Integrativa en la Haute Ecole-Paul Henri Spaak de Bruselas, Bélgica, investiga sobre la formación de burbujas en la descompresión hiperbárica, es decir, la formación de burbujas de gas nitrógeno en el sistema vascular de un buceador después de bucear, y los procesos interactivos relacionados con la física y la fisiología.
Con el fin de hacer que el crecimiento de la burbuja y la densidad fueran visibles y explorar el mecanismo preciso de su formación , Balestra utilizó un montaje experimental para la grabación óptica. A continuación, observó a dos tipos diferentes de superficies de tejido, los hidrófilos frente a los hidrófobos, es decir, el músculo con relación al tejido graso, y encontró significativamente más burbujas en el tejido adiposo (hidrófobo) que en el tejido muscular (hidrófilo). Se consideraba que esto dependía de los llamados puntos nucleicos hidrofóbicos, en los que pueden formarse burbujas. La edad parece tener una influencia en el aumento del número de estas manchas hidrófobas en el sistema vascular humano, lo que puede explicar, no tan sólo el mayor riesgo de sufrir una ED relacionado con la edad, sino también el mayor riesgo de enfermedades como la enfermedad de Alzheimer, la enfermedad celíaca, las alergias, la diabetes, y el cáncer. Por lo tanto, las manchas hidrófobas que pueden ser generadas durante una fase gaseosa en la cara interna de los vasos, son de una importancia interdisciplinaria trascendental y los resultados de esta investigación pueden beneficiar no sólo a los buceadores.

Peter Germonpré (Director Médico del Centro de Terapia de Oxigenación Hiperbárica del Hospital Militar de Bruselas, Bélgica), destacó la importancia del llamado **Pre-Acondicionamiento**, aquellas intervenciones que cada buceador puede hacer para reducir el riesgo de ED. En general, se supone que hay dos posibles mecanismos para reducir la formación de burbujas: una bioquímica, es decir, influyendo en la reducción de

la reacción que produce la inflamación oxidativa derivada de la presencia de burbujas de descompresión en el cuerpo, y otro mecánico, es decir, disminuyendo el número de núcleos ("simientes") de formación de burbujas en los vasos sanguíneos. Con el fin de reducir las burbujas, las intervenciones recomendadas antes de bucear son: el ejercicio, el calor, la hidratación, oxígeno para respirar, la vibración y el consumo de alimentos antioxidantes.
La embolia gaseosa venosa o vascular (**EGV**) durante mucho tiempo ha sido considerada como una causa, y también un indicador, para la ED. Cuántas más burbujas estén presentes en la sangre, mayot probabilidad de desarrollar síntomas de descompresión. Como hemos aprendido antes, las burbujas se originan a partir de los puntos nucleicos hidrófobos en la superficie del interior de los vasos sanguíneos. Consecuentemente, el mantenimiento de un sistema vascular propio en buenas condiciones y mantenerse uno mismo en buena forma física, puede reducir el riesgo de ED.

Básicamente, **el ejercicio** aumenta la ventilación y sacude a las burbujas. El estrés por calor producirá proteínas de protección térmica que pueden impedir la formación de burbujas, Una suficiente **hidratación** tiene un conocido efecto preventivo, pero la condición de hidratación necesita estar presente desde mucho antes de bucear para que el agua pueda llegar a los tejidos del cuerpo. Beber mucha agua inmediatamente antes de una inmersión no ayudará; sólo aumentará el volumen de líquido en los vasos, lo que lleva a la pérdida repentina de volumen de líquido durante la inmersión, aumentando así el riesgo de ED. La **vibración** mecánica externa de todo el cuerpo disminuirá el riesgo de ED, posiblemente por sacudir y eliminar las microburbujas preexistentes. Por eso, algunos operadores de buceo a menudo optan por ir a los sitios de buceo con un barco rápido. No obstante, el sistema linfático también tiene un papel importante en la eliminación de la formación de micronúcleos mediante el drenaje linfático de las burbujas, y esto también se ve reforzado por la vibración pre-inmersión. Y por último, pero no menos importante, respirar **oxígeno** al 100% antes de la inmersión es una manera eficaz de eliminar el nitrógeno del sistema.

Como se ve, el ejercicio suave antes de bucear tiene un efecto protector conocido, pero el **ejercicio intenso** en combinación con el buceo es considerado como un factor de riesgo importante para el desarrollo de la ED debido a su efecto inflamatorio en los vasos sanguíneos. El efecto de diferentes intensidades de ejercicio antes, después y entre inmersiones fueron investigados por Z. Dujić de la Escuela de Medicina de la Universidad de Split, Croacia.
El ejercicio después de bucear puede provocar arterialización – la apertura de pasajes, lo que facilita el paso de burbujas, desde la sangre venosa a la circulación arterial – un fenómeno también llamado derivación o *shunt*, que se asocia con un aumento del riesgo relativo de ED. La arterialización es individualmente diferente. En algunos, el simple ejercicio de natación en superficie o llevar el equipos después de una inmersión puede ser lo suficientemente intenso como para cruzar el umbral de la arterialización.

Se encontró que la arterialización durante el ejercicio se puede prevenir respirando O_2 al 100%. El O_2 es un vasoconstrictor y puede cerrar las derivaciones. Esto puede también explicar el mecanismo responsable de los resultados positivos asociados con la respiración de O_2 como un tratamiento de primeros auxilios para la ED.
En dos estudios comparativos, marcha aeróbica pre-inmersión y ciclismo anaeróbico ciclismo tenían un efecto protector y de reducción de micropartículas (es decir, las semillas-núcleo para la formación de burbujas). Sin embargo, el ejercicio después de bucear mostró derivaciones abiertas y por lo tanto arterialización, en el 50% de los casos. En conclusión, los buceadores que son "formadores de altos niveles de burbujas" y de "derivación fácil", están en un riesgo muy alto de sufrir una ED.

Otros interesantes resultados de la investigación, como el papel desempeñado por el endotelio vascular en la ED, la toxicidad del oxígeno, y el concepto del "Buceador Biónico o Bionic Diver", serán presentados en la segunda parte del artículo, y publicado en el próximo número de Alert Diver.

Publicaciones Destacadas

“The Science of Diving, Things your instructor never told you”

Publicado por Lambert Academic Publishing, que se puede comprar online aquí, o se puede pedir a través de cualquier librería usando el número ISBN 978-3-659-66233-1. El libro se vende a 49,90 €, y todos los beneficios de la venta se donan a la EUBS, para promover aún más la investigación en la medicina del buceo.

Recursos Educativos: una ventaja de la afiliación a DAN

Los afiliados a DAN reciben regularmente información y se les invita a interesantes conferencias, seminarios y eventos centrados en la seguridad en el buceo. Los descuentos en el precio de la entrada o la libre participación en este tipo de eventos, es sólo uno de los numerosos beneficios que proporciona la afiliación a DAN.

Para mantenerte al día con eventos similares a la conferencia PHYPODE, por favor registrate en la web de DAN Europe. Recibirás periódicamente nuestros boletines y valiosa información sobre las oportunidades de formación en primeros auxilios, planes de seguro de buceo, seminarios *online*, y mucho más.