

Volar después de bucear: finalmente, los hechos (no sólo la teoría)

El estudio de los datos recogidos en la primera campaña de investigación del proyecto del DAN Europe's Diving Safety Laboratory (DSL) "Flying after Diving", ha concluido. Los resultados son tan sorprendentes que han merecido ser publicados en *Aviation Space and Environmental Medicine*, una venerada revista científica.

Distintas teorías

Hemos visto lo que sucede antes, lo que sucede durante, y ahora ... no habrá un "¿qué sucede después?". En el mundo de los vuelos después de bucear, el proyecto "Flying bubbles", de DAN, marca la división entre la teoría y la realidad.

Antes de este proyecto, hubo variadas recomendaciones acerca de cuánto tiempo se debe esperar después de una inmersión para poder volar, con el fin de evitar el riesgo de problemas de descompresión causados por la despresurización de la cabina. Sin embargo, todo eso se basaba sólo en la teoría: en el caso de DAN, la duración del periodo de espera se estableció mediante el control de las situaciones reales de la enfermedad por descompresión, mientras que en otros casos, se basó en la suposición de que "hasta ahora no ha habido muchos problemas, así que vamos a seguir haciendo lo que estamos haciendo".

Los que han utilizado las viejas tablas de la Marina estadounidense probablemente tienen vagos recuerdos de tener que pertenecer al Grupo "D", antes de volar. En algunos casos, ¡incluso era posible volar de inmediato! Posteriormente, se añadieron intervalos fijos (24 o 48 horas), dependiendo de si la última inmersión era una sola o era repetitiva, y si se había efectuado dentro de la curva o fuera de ella. Incluso entre los buceadores profesionales y los buzos militares, los tiempos de espera antes de abordar un avión comercial varía entre 2 y 24 horas.

En 1989, se realizó el primer taller "Flying After Diving"; organizado por la Undersea and Hyperbaric Medical Society. Las directrices previstas en el taller, según DAN, no eran muy restrictivas y se llevaron a cabo para mejorar la seguridad en el buceo. Sin embargo, muchos de los propietarios de los centros de buceo protestaron, diciendo que dicha aplicación dañaría sus intereses comerciales en las islas.

Desde 1992 a 1999, DAN llevó a cabo experimentos en el Laboratorio Frank Gregory Hall, del Centro Médico de la Universidad de Duke, tales como el seguimiento a más de 500 sujetos en 800 simulaciones de vuelo. Eran simulaciones porque estos "vuelos" se llevaron a cabo en una cámara hiperbárica. DAN investigó más a fondo la relación entre el riesgo de enfermedad por descompresión y el intervalo de superficie antes de volar, en un estudio de casos controlados, realizando un análisis de eventos pasados, hubieran habido incidentes o no.

Sin embargo, en muchas áreas de la medicina, los estudios de laboratorio han producido, y pueden producir, resultados que difieren de los obtenidos en "el campo". Además, algunos fenómenos no se pueden replicar en el laboratorio. Puedes encontrar evidencias de esta discrepancia en un artículo publicado por *Alert Diver* (Edición Europea, 3/2006) por el Dr. R. Vann: "Volar o subir a gran altura después de un período de varios días realizando múltiples buceos, no puede ser objeto de estudio en un laboratorio (cámara hiperbárica)."

En 2011, cuando regresaban de un viaje de investigación en las Maldivas, el Dr. Danilo Cialoni y Massimo

Pieri, ambos integrantes de nuestro departamento de investigación (Laboratorio de Seguridad en el Buceo), tuvieron una fascinante idea, que implicaría al departamento de Investigación de DAN Europe (en particular, al Prof. Alessandro Marroni y al Prof. Costantino Balestra): un proyecto de investigación que sonaba como un desafío ... obtener eco-cardiografías directamente, durante un vuelo procedente de un crucero de buceo.



EcoCardiograma en vuelo

La realización de tal desafío era difícil, casi imposible, sobre todo el superar todos los trámites burocráticos. En este apartado, la ayuda de dos socios de DAN, Albatros Top Boat y Neos Air, fueron fundamentales. Con el fin de obtener el certificado EMI (Interferencia Electromagnética) necesario para utilizar el eco durante el vuelo, los técnicos e investigadores de DAN Europe tuvieron que pasar muchas horas, durante la noche, en el aeropuerto de Milán Malpensa. Al final, el reto fue superado, y por primera vez, fuimos capaces de ver lo que realmente sucede en el cuerpo de un buceador durante el vuelo.

En tan sólo la primera semana de la investigación en las Maldivas, se registraron más de 4.000 archivos, los cuales, obviamente, fueron seguidos por un largo y preciso análisis.

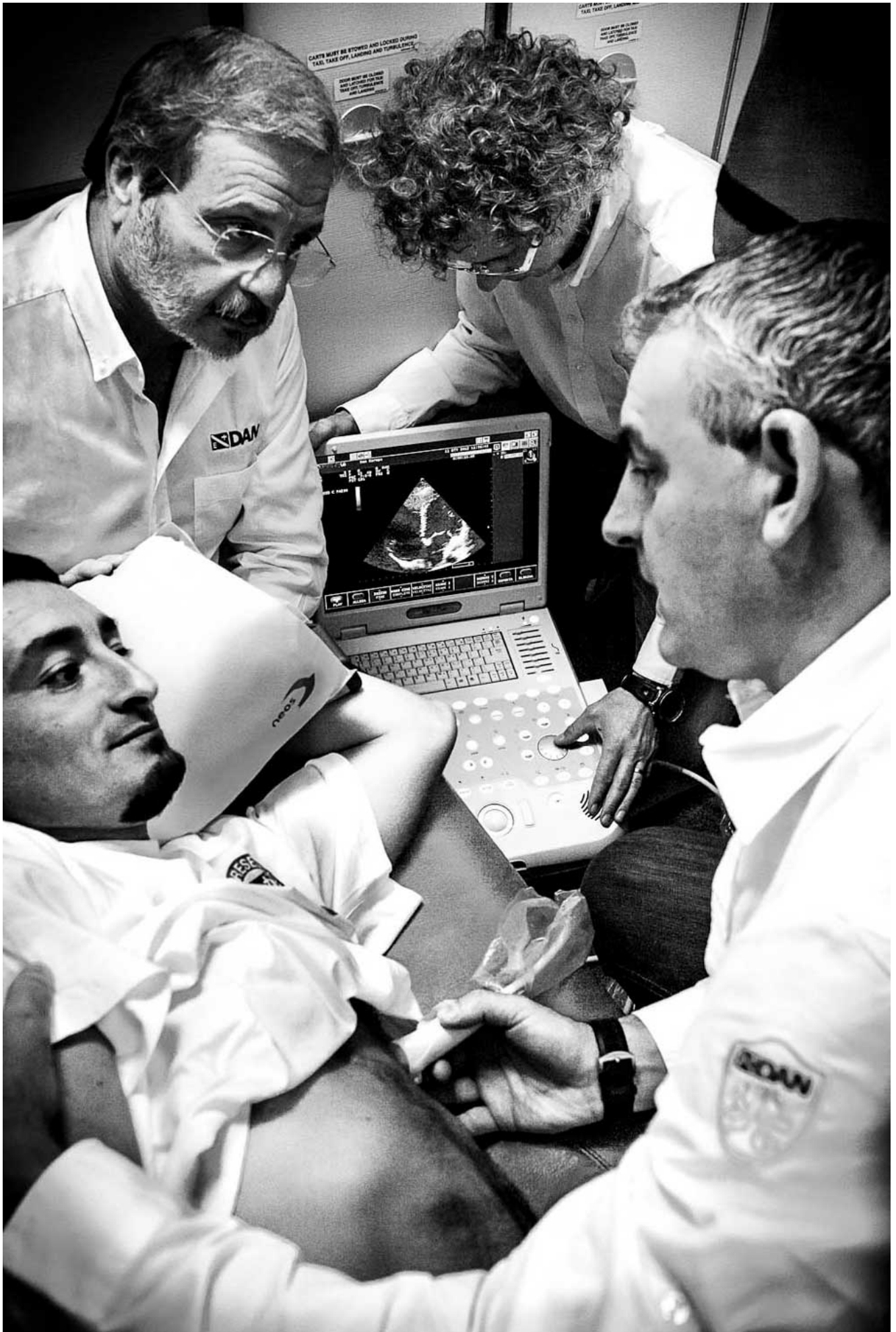
La metodología de monitorización de los ecocardiogramas constó de cuatro fases de control. La primera tuvo lugar durante el vuelo de salida, cuando el buceador no había realizado ninguna inmersión en, por lo menos, 48 horas. Estas primeras pruebas son útiles para tener datos que aún no han estado influidos por la exposición hiperbárica, y determinar lo que en la jerga médica se conoce como la "ventana ecocardiográfica." Se realizó el registro de la medición precisa de la presión en cabina cada 15 minutos, utilizando un ordenador de buceo "iDive Pro", fabricado por Dive System, miembro de DAN Europe y del DSL.

En la segunda fase, se efectuaron ecocardiografías y otras pruebas, después de cada inmersión, durante el período de una semana, a bordo de un crucero de buceo. Semanas de investigación específica se convirtieron en parte del ritmo regular diario, a bordo de la hermosa nave "Duke of York", un crucero de buceo que no difiere mucho de un crucero normal de las Maldivas, excepto por la existencia de una importante rutina científica: Cada vez que un buceador regresaba a la superficie, él / ella debía ir al *spa*, que, para la ocasión, se había transformado en una "sala de la investigación" y centro de atención médica, dónde eran sometidos a diversas pruebas.

Los perfiles de las inmersiones se comprobaban en el ordenador y descargados para las siguientes pruebas. Todas las inmersiones se realizaron dentro de la curva de seguridad, ascendiendo a la superficie a la velocidad correcta, y realizando una parada de seguridad de 3 minutos a unos 5 metros de profundidad, que siempre se respetó. Ninguno de los buceadores había sufrido nunca una enfermedad por descompresión.

La tercera fase de control se llevó a cabo en el aeropuerto, donde se realizaron eco-cardiógramas a los buceadores, justo antes de embarcar en el avión, después de una espera de 24 horas.

Y la fase final, durante el vuelo de regreso, todos los buceadores fueron monitoreados con el eco doppler cardíaco, a los 30, 60, y 90 minutos exactamente, después de que el avión hubiese alcanzado su altitud de crucero.



Análisis de los Datos

El proyecto de investigación fue presentado en 2013 en las conferencias de la [EUBS](#) (European Underwater and Baromedical Society), y recibió el [premio Zetterström](#) a la mejor presentación científica.

Algunos de los datos recogidos son fáciles de entender. Por ejemplo, durante el examen en el vuelo de salida no se observaron burbujas en ninguno de los buceadores participantes en el estudio. Aunque parece un resultado obvio, esta prueba tenía que hacerse, ya que si se detectaba la existencia de burbujas después, durante el vuelo de regreso, éstas no habrían sido causadas por el vuelo en sí, sino por el efecto combinado del buceo y posterior despresurización en vuelo.

Otros datos revelados por el estudio fueron inesperados. Por ejemplo, siempre se ha creído que un vuelo de larga duración supone un riesgo mayor con respecto a un vuelo de duración media; pues sucede que es exactamente lo contrario. Esto es más probable debido a la altitud de la presurización de la aeronave, unos 1500-1800 metros sobre el nivel del mar para el viaje a las Maldivas, y unos 2400 metros sobre el nivel del mar (el máximo permitido) para los viajes a destinos más cercanos.

El examen de los buceadores en el aeropuerto antes del viaje de vuelta, en el que no se observaron burbujas, nos permitió estimar que un intervalo de 24 horas, cuando se permanece a nivel del mar, supone un tiempo de espera suficiente para que no puedan formarse burbujas.

Obviamente, algunos buceadores desarrollan más burbujas que otros, incluso en aquellos con perfiles de inmersión muy similares. Los exámenes durante la semana en el crucero permitió dividir a los participantes en tres categorías: los que no desarrollan burbujas, los que en ocasiones desarrollan burbujas, y los buceadores "propensos a tener burbujas" que desarrollan las burbujas después de cada inmersión. Para obtener una comparativa consistente, los perfiles de inmersión deben tener poca influencia en la "categorización" (es obvio que un perfil más agresivo puede mostrar más burbujas que uno de suave).

El análisis en vuelo reveló que la mayoría de los buceadores no desarrollaron burbujas durante el vuelo de regreso, tras un intervalo de 24 horas después de la última inmersión, pero los buceadores "propensos a tener burbujas" lo hicieron. Por lo tanto, es recomendable que las personas que forman parte de esta categoría deberían alargar aún más su tiempo de espera antes de volar. Durante la semana, dos de los sujetos mostraron ser "súper propensos a desarrollar burbujas", y se les aconsejó no hacer su última inmersión, por lo que su tiempo de espera antes de volar fue de 36 horas. Es importante destacar que ninguno de los buceadores desarrollaron burbujas durante el vuelo. Para aquellos que desarrollan fácilmente burbujas, parece adecuado esperar más de 24 horas para volar. Alternativamente, el departamento de Investigación de DAN sugiere la respiración de oxígeno normobárico como medida preventiva.

Los más altos niveles de burbujas se observaron 30 minutos después de alcanzar la altitud de crucero y, a continuación, fueron disminuyendo durante el período de 60 minutos a 90 minutos; básicamente, imitando el modo en que se regresa a superficie después de una inmersión. Por otro lado, la despresurización actúa como el regreso a la superficie y produce los mismos efectos. A medida que pasa el tiempo a esa altura (presión de cabina), se desaturan los tejidos corporales y las burbujas disminuyen. Hay otra posible explicación: las pequeñas burbujas ya están presentes en la sangre, pero son tan pequeñas que no pueden ser observadas con un ecocardiograma normal. La despresurización podría aumentar sus dimensiones y hacerlas más visibles.

¿Qué futuros resultados podría suponer este estudio para los buceadores? Según lo declarado por el Prof.

Alessandro Marroni, "Nos dirigimos directamente hacia un futuro donde el componente individual puede influir en el modelo matemático, poniendo mayor énfasis en la aplicación práctica de la investigación en seguridad en el buceo. Hasta hoy, al estudiar la fisiología del cuerpo humano al bucear, hemos aplicado las matemáticas, con sus algoritmos presentes, pero hoy estamos iniciando un nuevo y fascinante camino que ayudará a incorporar parámetros fisiológicos sencillos a las matemáticas, haciendo que esos algoritmos se adapten mejor a nuestro organismo. El futuro nos alcanza, y DAN Europe ha decidido afrontarlo de la mejor manera posible, con la ayuda de los buceadores; haciendo que tomen conciencia de los avances actuales y futuros".

