

Incursión en la Seguridad del Buceo Profundo

Por Richard L. Pyle. Traducción por Jordi Viñas

§1. ABSTRACTO

Durante los últimos quince años, los buceadores deportivos han estado desarrollando y experimentando con equipos y técnicas avanzadas de buceo. Este llamado "Buceo Técnico" incluye un amplio abanico de actividades de buceo, pero se basa sobre todo en inmersiones profundas usando múltiples mezclas de gases, con tiempos de fondo que van de los pocos minutos a varias horas, y profundidades de 60-150 metros o incluso más.

Durante estos años, un gran número de observaciones anecdóticas han desvelado interesantes descubrimientos, y sugieren posibles líneas para la investigación hiperbárica futura. Estrategias de descompresión específicas desarrolladas por el colectivo del buceo técnico que incluyen paradas de descompresión profundas y un lento ascenso final a la superficie. Un conjunto de cuatro factores que coinciden con el final de una típica inmersión (reducción súbita de la presión ambiente, disminución súbita de la presión parcial de oxígeno inspirada, aumento súbito del esfuerzo físico, y cambio súbito de virtual ingravidez en inmersión a gravidez) pueden actuar juntos de disparador para la aparición de los síntomas de la enfermedad de descompresión (DCS - Decompression Sickness). La técnica de la recompresión en el agua (IWR - In-Water Recompression) ha sido adoptada por los componentes del colectivo del Buceo Técnico, que tienen una mayor necesidad de ello, y al mismo tiempo están mejor preparados para realizarla correctamente. Diversos síntomas fisiológicos inusuales han sido observados por los Buceadores Técnicos, incluyendo Miopía inducida por el Oxígeno, Narcosis por Oxígeno, HPNS "a poca profundidad", el uso satisfactorio del Heliox para la descompresión, y la posibilidad de la inducción del oxígeno a la DCS. El colectivo del Buceo Técnico tiene mucho que aportar a las investigaciones hiperbáricas existentes, y debe mantenerse la colaboración entre estos dos colectivos.

Palabras clave: Buceo Técnico, Mezcla de gases, Descompresión, DCS, Recompresión en el agua, Narcosis, HPNS.

§2. INTRODUCCION

Hasta la mitad de la década de los 80, el uso del helio en las mezclas de gases para buceo estaba limitada casi exclusivamente a usos comerciales y militares, frecuentemente asociado a perfiles de inmersión de saturación. Hacia 1985, un intrépido grupo de buceadores civiles, para extender la profundidad alcanzable en sus actividades de buceo (principalmente recreativas), empezaron experimentando con helio en sus mezclas de gases de buceo. La llegada de este llamado Buceo Técnico está bien documentada por la aparición de diversas revistas y libros publicados a principios de los años 90, y continúa en la actualidad. Aunque el Buceo Técnico abarca una diversidad de equipos como los "rebreathers" de circuito cerrado, los propulsores subacuáticos, y otras tecnologías, así como cada vez más cantidad de técnicas y prácticas adaptadas a entornos y regímenes de buceo específicos, las actividades más comunes incluyen inmersiones profundas. Es decir inmersiones con tiempos de fondo que van de los pocos minutos a varias horas,

profundidades de 60 a 150 metros, usando varias mezclas de gases (principalmente con helio).

Con varias de las principales agencias de formación de buceo ofreciendo hoy en día cursos avanzados de buceo profundo con mezclas de gases y descompresión, el número de buceadores certificados relacionados con este tipo de actividades de buceo ha crecido a miles, y el número de experiencias alcanza probablemente decenas de miles de inmersiones. Mientras que la rigurosa investigación científica sobre estas prácticas de buceo en este colectivo de buceadores sigue siendo casi inexistente, el gran número de inmersiones realizadas ha llevado a la recopilación de observaciones relacionadas con la descompresión y otros aspectos de la fisiología del buceo. Aunque la naturaleza anecdótica de estas observaciones limita su valor científico, varios patrones observados son suficientemente consistentes con una amplia muestra de inmersiones y de buceadores, lo cual incita a formarse una idea sobre los posibles fenómenos subyacentes, y sugieren temas para las futuras investigaciones científicas.

Las tres áreas sobre las que se centra este artículo son: Estrategias de Descompresión; Recomprimión En el Agua; y Síntomas Inusuales relacionados con la Fisiología del Buceo.

§3. ESTRATEGIAS DE DESCOMPRESION

Con la cantidad de inmersiones profundas con descompresión que realizan el colectivo de Buceadores Técnicos, es sorprendente que la mayoría de las estrategias de descompresión se basen en experimentación a base de prueba-error. En general, las planificaciones de descompresión son habitualmente preparadas con programas de descompresión de ordenadores de sobremesa, o en algunos casos con ordenadores de buceo en tiempo real preparados para mezclas de gases. Aparte de raras excepciones en la historia del Buceo Técnico, estas planificaciones de descompresión han sido basadas en alguno de los distintos modelos de descompresión basados en compartimentos ("neo-Haldanianos"); en particular el modelo ZH-L16 de Bühlmann. Debido a que estos modelos son ampliamente extrapolados para usarlos en los rangos de profundidad y mezclas de gases del buceo técnico, no han sido (y no es sorprendente) del todo afortunados en la supresión de los síntomas patentes de Enfermedad de Descompresión (DCS), o síntomas post-descompresión no considerados habitualmente como DCS, sino como debidos probablemente al estrés general de la descompresión (p.ej. fatiga). A través de una experimentación ad-hoc y de la observación de los incidentes, los Buceadores Técnicos han empezado a incorporar diversas estrategias que parten de las prácticas convencionales, pero que han aportado mejoras cualitativas al éxito de las descompresiones.

§4. PARADAS PROFUNDAS DE DESCOMPRESION

La primera y quizás la más destacable observación aportada por la comunidad del Buceo Técnico es el soporte empírico de las llamadas "Paradas Profundas de Descompresión". Empecé primero esta práctica hace 15 años, cuando hacía regularmente inmersiones con aire a 60 metros en busca de ejemplares de peces (1, 2). Mis perfiles de buceo consistían habitualmente en unos 15 minutos de tiempo de fondo, seguidos de un plan de descompresión calculado por un ordenador de descompresión en tiempo real basado en el típico algoritmo de

descompresión tipo Bühlmann. En la mayoría de los casos, en estas inmersiones, la primera parada de descompresión requerida por el ordenador era a una profundidad de 12,5 m. En alguna de estas inmersiones durante las horas posteriores a la inmersión solía sentir mucha fatiga, pero en cambio en otras ocasiones me sentía perfectamente. Finalmente me di cuenta que me encontraba bien, sobretodo, después de las inmersiones en que había capturado ejemplares de peces, y cansado cuando no había cogido ninguno. Cuando capturaba peces, debía pararme unos minutos durante mi ascenso inicial para deshinchar la vejiga natatoria de los peces, usando una aguja hipodérmica. Esto tenía el efecto de añadir una parada profunda alrededor de los 30-40 m (Fig. 2). Entonces empecé insertando esta parada profunda de descompresión adicional en todas mis inmersiones, independientemente de si había capturado ejemplares de peces o no ; ya no sentí más fatigas insólitas.

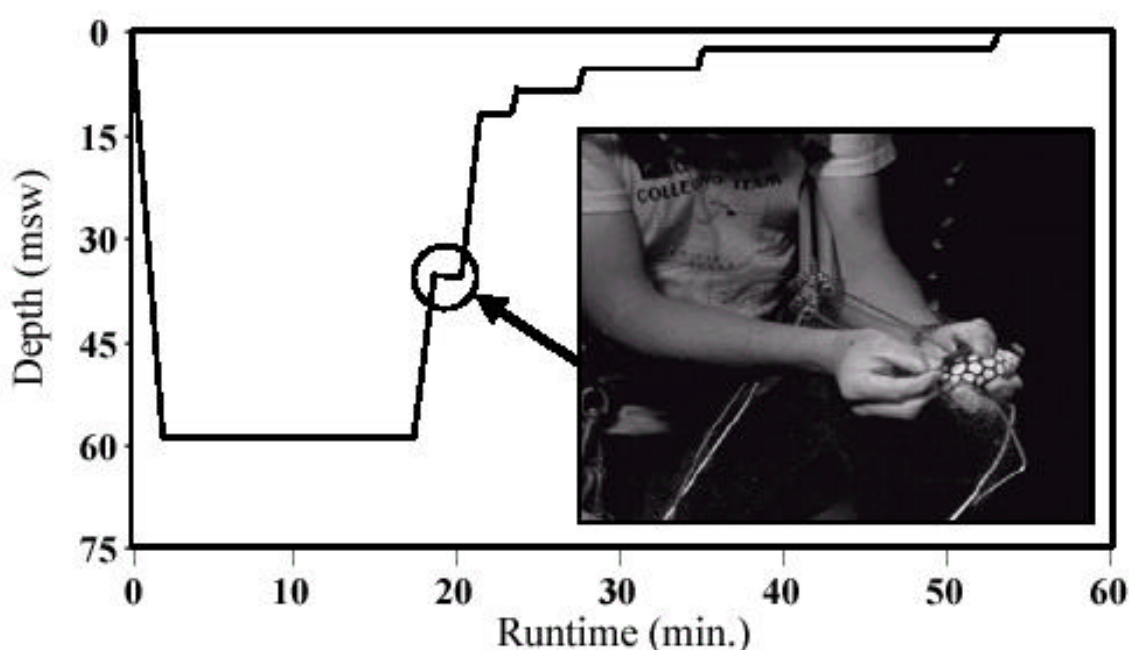


Fig. 2. Plan de descompresión con aire típico, modificado con paradas profundas de descompresión adicionales para poder deshinchar la vejiga natatoria de los peces capturados.

Experiencias similares han sido compartidas por muchas personas del colectivo de Buceadores Técnicos; tanto que se han desarrollado una diversidad de métodos informales para insertar estas llamadas 'paradas profundas'. Este patrón deducido de la observación es particularmente interesante porque estas 'paradas profundas' coinciden con frecuencia con los perfiles de ascenso inicial sugerido por el nuevo modelo de descompresión basado en la teoría de burbujas (3, 4, 5), y pueden en efecto constituir al menos parcialmente un soporte empírico en favor de estas estrategias de descompresión.

S5. ASCENSO FINAL LENTO

Otra estrategia de descompresión que el colectivo de Buceadores Técnicos está solo empezando a adoptar es un protocolo para un ascenso final a la superficie muy

lento. Es una práctica habitual entre los Buceadores Técnicos realizar la última parada de descompresión, que se suele realizar a 3 metros respirando 100% de oxígeno a -6m. Como la mezcla que se respira es oxígeno puro, la descompresión prevista en la planificación por los modelos basados en compartimientos no está afectada por consumir este tiempo de los -3m a los -6m, y la profundidad extra durante los últimos estadios de la descompresión se considera que aumenta la seguridad al mantener una presión ambiente superior. Sin embargo, esto duplica la distancia recorrida durante el ascenso final a la superficie, y hay generalmente una fuerte tendencia después de completar una larga inmersión con descompresión en ascender inmediatamente a la superficie al terminar la parada de descompresión final.

La experiencia de muchos buceadores técnicos sugiere que un ascenso final inmediato puede incrementar dramáticamente la probabilidad de los síntomas de DCS justo después de la inmersión. Aunque no esté ampliamente publicado o investigado con experimentos rigurosos, el patrón se muestra consistente y extendido. Para mitigar este problema, muchos Buceadores Técnicos han empezado a prolongar mucho el tiempo de ascenso final, llegando incluso a consumir tiempos de 10 a 20 minutos. Los primeros indicios son que esta ralentización del ascenso final ha reducido la incidencia de DCS, y otros síntomas aparentemente relacionados con el estrés descompresivo.

S6. "CUADRUPLE INFORTUNIO"

Un calro patrón que ha aflorado al contrastar las experiencias de buceo técnico, es que cuando se dan síntomas de la Enfermedad de Descompresión éstos se manifiestan por lo general justo después de la llegada del buceador a la superficie. Ocasionalmente estos síntomas han aparecido mucho tiempo de después de de la inmersión y prácticamente nunca han ocurrido durante el periodo de descompresión. Por lo tanto, el patrón parece ser que la aparición de los síntomas está desencadenado por la finalización de la inmersión.

Hay cuatro variables potencialmente importantes que ocurren prácticamente de forma simultánea al finalizar la inmersión. La primera de ellas está descrita más arriba – la relativamente dramática y súbita caída de la presión ambiente al ascender desde la parada de descompresión de -6m.

El segundo factor es que el buceador cambia bruscamente de respirar oxígeno a -6 m, con una presión parcial inspirada de oxígeno de 1,6 atm, a respirar aire en superficie, con una presión parcial inspirada de oxígeno de 0,2 atm. Debido al efecto vasoconstrictor del oxígeno inspirado a presión parcial elevada, este dramático y súbito cambio tendrá probablemente efectos en el sistema circulatorio durante el periodo de tiempo inmediatamente posterior a la llegada a la superficie.

El tercer factor es el súbito cambio de un periodo de relajación y sedentarismo en la descompresión a una elevada actividad física. Este esfuerzo es debido a salida del agua con equipos de buceo muy pesados, o por la lucha contra las olas. Esta actividad muscular puede tener una serie de efectos en el cuerpo relacionados con el accidente de descompresión, sien do quizás el más significativo la formación de un gran número de micro núcleos de burbujas. (6, 7).

El cuarto y último factor tiene que ver con el posible efecto de la gravedad en la distribución de la sangre después de largos periodos de inmersión total del cuerpo. Una súbita transición de virtual ingravidez a una situación de gravedad puede

provocar el desplazamiento de la sangre de la parte central del cuerpo hacia las extremidades inferiores.

Cuando estos cuatro factores se combinan simultáneamente; uno involucrando un cambio súbito de la presión ambiente, otro involucrando la producción aumentada de micro núcleos, y dos involucrando efectos potencialmente profundos en el sistema circulatorio, puede representar la receta perfecta para un desastre descompresivo. Con esto en mente, algunos buceadores técnicos han empezado activamente a intentar mitigar estos cuatro factores, de manera que no ocurran todos simultáneamente. Por ejemplo, un buceador puede realizar un ascenso muy lento después de la parada de descompresión final como se ha tratado anteriormente, luego seguir respirando oxígeno puro mientras permanece en el agua durante unos 10-15 minutos, luego respirar aire durante unos minutos más en superficie antes de salir del agua, y finalmente ir paso a paso para evitar el esfuerzo físico después de salir del agua, durante quizás 30 minutos más.

Las experiencias "de campo" preliminares son que estas acciones para desbaratar el "Cuádruple Infortunio" están reduciendo la incidencia de DCS y síntomas afines al DCS. De estos cuatro factores, el último –el efecto de la inmersión en la distribución de la sangre– puede ser quizás el menos reconocido. Aparte de otras consideraciones, puede tener importantes implicaciones para la práctica de la recompresión en el agua (ver más adelante).

S7. UMBRAL EN LAS DESCOMPRESIONES PROFUNDAS

Aunque un número creciente de Buceadores Técnicos están realizando de forma activa y rutinaria inmersiones a profundidades de hasta unos 100 m, relativamente pocos buceadores bajan regularmente a profundidades de 120 m o más. Algunos proyectos específicos han implicado inmersiones a estas profundidades, pero no con la suficiente frecuencia y regularidad para que hayan empezado a emerger patrones obvios de este colectivo en su conjunto. Al ir aumentando mi propia experiencia en inmersiones de más de 110 m, un patrón está empezando a aparecer con una consistencia alarmante: un aparente "umbral" en el efecto de la descompresión para inmersiones con profundidad máxima de los 110-115 m aproximadamente.

Durante los últimos 5 años, todas mis actividades de buceo profundo han sido realizadas con un rebreather Cis-Lunar MK-5P de circuito cerrado preparado para mezcla de gases y controlado electrónicamente. Este modelo de rebreather incluye una redundancia triple de ordenadores de descompresión en tiempo real, basados en el modelo DCAP desarrollado por Bill Hamilton. Mi estrategia global de descompresión ha seguido los perfiles sugeridos por este modelo de ordenador, modificada generalmente con un ascenso lento (unos 10 m/min) inicial y paradas profundas consistentes y estructuradas (1, 2). El rebreather MK-5P guarda registro electrónico detallado de los eventos de cada inmersión, y una base de datos con estos registros de la mitad aproximadamente de mis propias inmersiones profundas con rebreather, junto con inmersiones adicionales de otros buceadores usando el mismo modelo de rebreather y la misma estrategia de descompresión, es representativa de un conjunto más amplio de varios centenares de inmersiones con mezclas de gases a profundidades máximas de entre 60 y 150 m aproximadamente.

Esta base de datos incluye 194 inmersiones registradas a profundidades de más de 60 m, de las cuales 24 inmersiones fueron realizadas a profundidades superiores a

110 m. De las 170 inmersiones a profundidades inferiores a 110 m, que cubren diversas profundidades y diversas condiciones, no hubo ni un solo incidente de DCS o síntoma similar al DCS. En cambio, de las 24 inmersiones a profundidades superiores a 110 m, hubo 3 casos de *Cutis Marmorata*, 2 casos de dolor articular, y 3 casos de síntomas ambiguos similares al DCS (excesivo malestar, fatiga, etc.) probablemente relacionados con el estrés descompresivo (Fig. 3). A pesar de patrones muy similares de hidratación, esfuerzo, estrategia general de descompresión, y otros, existe una profunda divergencia entre 0% de incidentes en inmersiones de menos de 110 metros (n=170), y el 33% de incidentes en inmersiones de más de 110 m (n=24).

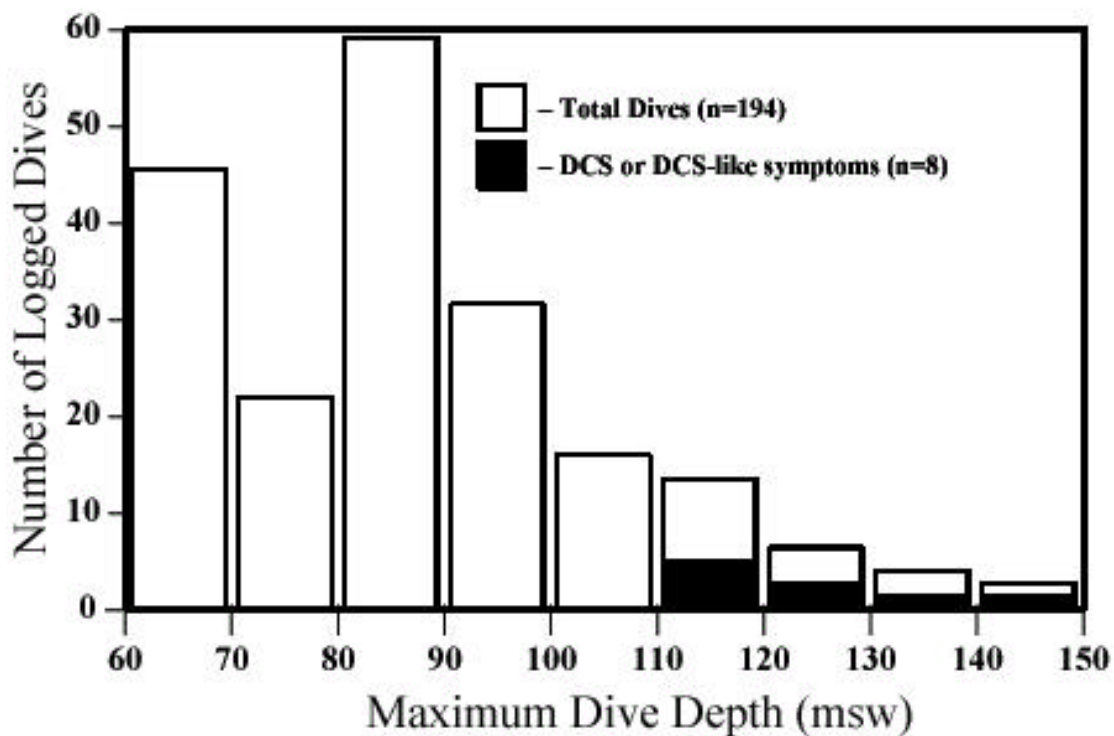


Fig. 3. Inmersiones registradas a profundidades máximas superiores a 60 m, mostrando la incidencia de DCS y de síntomas tipo DCS.

Aunque no sea científico, y reconociendo la falta de controles rigurosos, este patrón anecdótico pero muy empírico es tal que, siendo todos los demás factores similares (incluyendo la estrategia básica de descompresión), parece haber un agudo incremento en la probabilidad de DCS en inmersiones a profundidades superiores a los 110 m.

S8. RECOMPRESION EN EL AGUA

La recompresión en el agua (IWR) se define aquí como el intento de tratar los síntomas de DCS, a través de la reinmersión del buceador afectado. La comunidad de Buceadores Técnicos no ha inventado esta práctica, sino que ha sido desarrollada independientemente por los buceadores comerciales recolectores repartidos por todo el mundo, sobretodo en Australia y en Hawaii. Esta práctica ha sido discutida en varios artículos de revistas, tanto en términos generales (8-17), como en referencia específica al colectivo de Buceadores Técnicos (18, 19).

Han sido publicados cuatro métodos formales de IWR. El más viejo es el "Método Australiano", que consiste en un descenso a 10 m respirando 100% de oxígeno, durante un intervalo de 30 a 90 minutos dependiendo de la gravedad de los síntomas, seguido de un lento ascenso de vuelta a la superficie y subsiguientes intervalos de oxígeno en superficie (13). El segundo método es conocido como el "Método Hawaiano". Es similar al Método Australiano, excepto en que incluye una punta profunda adicional mientras se está respirando aire, a una profundidad que no debe exceder de los 50 m (11). El tercer método aparece en el Manual de Buceo de la U.S. Navy, y es similar al método Australiano excepto en que se realizan paradas de descompresión a -3m y -6m en lugar de un ascenso lento, directo, y continuo a la superficie (10). El cuarto método, algunas veces referido como el "Método Pyle", fue una adaptación de los métodos Australiano y Hawaiano para ser usado específicamente por los Buceadores Técnicos (19).

La práctica de la recompresión en el agua ha sido generalmente desaconsejada, cuando no totalmente condenada, por la tendencia principal del colectivo médico hiperbárico durante muchos años, y por muy buenas razones. Son muchas las potenciales complicaciones de devolver al agua a un buceador afectado de DCS: riesgo de absorber más nitrógeno (si se está usando aire), toxicidad aguda por oxígeno (si se está usando oxígeno), ambiente no controlado, ahogo, hipotermia, comunicación dificultosa, y seres vivos marinos peligrosos entre otros. La única teórica ventaja real del IWR es la inmediatez con que el buceador afectado puede ser recomprimido. Este teórico desequilibrio no se sostiene y el registro actual de los intentos de IWR ha dibujado una imagen bien distinta.

Datos de un estudio realizado por Frank Farm y colaboradores (11) muestran un porcentaje sorprendentemente elevado de éxitos entre los intentos de IWR de los pescadores submarinos (Fig. 4a). Datos de posteriores intentos de IWR (19), tanto desde dentro como desde fuera del colectivo de Buceadores Técnicos muestran una tendencia similar (fig. 4b). En respuesta a este éxito empírico, el colectivo de Buceadores Técnicos han aceptado de más buena gana el IWR como respuesta planificada inmediata a la aparición de síntomas de accidente de descompresión.

Hay buenas razones por las cuales el Buceo Técnico se presta al uso de los protocolos de IWR. En primer lugar, hay un mayor potencial de crecimiento en la necesidad de utilizar esta práctica, debido a que los perfiles de buceo tienden a ser relativamente extremos, y se realizan frecuentemente en lugares muy remotos lejos de instalaciones para el tratamiento hiperbárico. En segundo lugar, los Buceadores Técnicos están quizá mejor preparados para realizar procedimientos IWR, dado su uso rutinario del oxígeno como mezcla para la descompresión, la habitual disponibilidad de Nitrox para usar durante una punta, y otros factores varios en relación con los equipos y técnicas generales del buceo técnico.

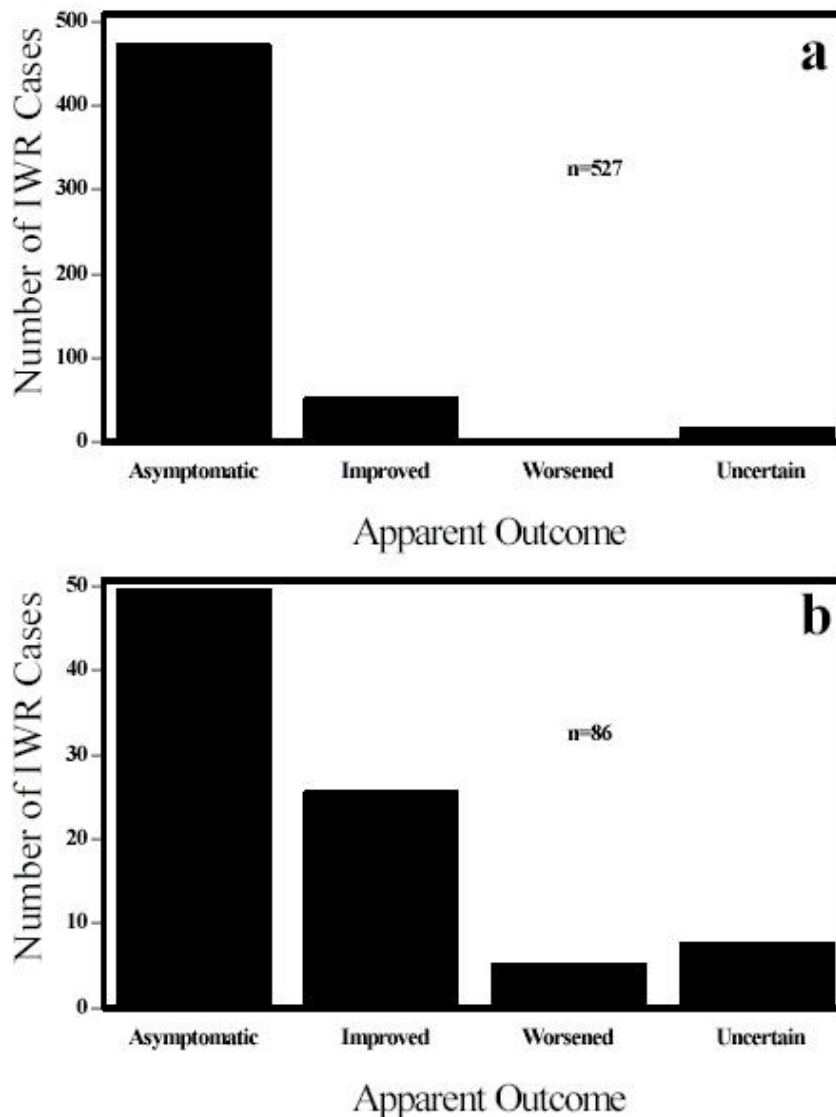


Fig. 4. Porcentaje de éxito en acciones de Recompresión En el Agua: a, datos de Farm et al. (9); b, datos de Pyle (17).

S9. INMERSION SIN RECOMPRESION

Muchas preocupaciones relacionadas con la práctica de la recompresión húmeda quedan sin resolver. Sin embargo merece ser considerado un factor adicional. Tal como se mencionó antes, los efectos de la inmersión en la distribución de la sangre pueden tener efectos profundos sobre los síntomas de descompresión y su aparición.

Uno de los aspectos más sorprendentes sobre el porcentaje de éxito de la Figura 4 es que casi todos estos casos de IWR usaron aire como única mezcla respirable, y no han seguido ningún protocolo establecido. En efecto, el éxito general de IWR (20) con solo aire es difícil de explicar en un contexto de recompresión. Quizás no

haya sido la recompresión en estos casos la que haya aportado los beneficios, sino más bien, que el beneficio haya podido venir de la reinmersión, y el consiguiente efecto de redistribución de la sangre. Motivados por esta idea, desarrollamos un plan de emergencia para DCS durante una expedición de buceo profundo a bordo del barco de la NOAA, Townsend Cromwell en el 2000, implicando el uso de un depósito de agua a bordo (21, 22). Rellenamos los 3 m de altura del depósito con agua para usarlo como tanque de inmersión en caso de DCS. Este sistema hubiera permitido la inmersión completa del cuerpo en un entorno controlado, mientras el barco se dirigía hacia una instalación hiperbárica terrestre. Aunque no tuvimos la necesidad de utilizar este sistema, este enfoque podría representar un compromiso útil entre, recompresión en el agua, y oxígeno en superficie; quizás aportando lo mejor de estas dos técnicas.

S10. SINTOMAS INUSUALES RELACIONADOS CON LA FISIOLÓGIA DEL BUCEO

El colectivo del Buceo Técnico ha hecho otras observaciones relacionadas con la fisiología del buceo, alguna de las cuales pueden sugerir líneas de investigación para el futuro. De entre las mejor documentadas está la Miopía inducida por Hiperoxia (23). Algunos buceadores técnicos han encontrado de forma independiente síntomas moderados a severos de Miopía después de exposiciones crónicas prolongadas a elevadas presiones parciales de oxígeno. Típicamente, esto ocurre después de varios días o semanas consecutivos de inmersiones de larga duración utilizando rebreathers de circuito cerrado (24). El alcance de la miopía varía de un buceador a otro, y puede ser reducida disminuyendo la media de presión parcial de oxígeno a la que el buceador se expone. Normalmente solo se manifiesta después de varias semanas de buceo diario, y los síntomas generalmente disminuyen semanas o meses después de la finalización de la exposición crónica, aunque en algunos casos parece tener un efecto dañino permanente. Aunque no representa un fenómeno fisiológico nuevo, observaciones del colectivo de Buceadores Técnicos muestran no obstante las potenciales implicaciones fuera del contexto del tratamiento en cámara hiperbárica. Dado que cada vez más buceadores utilizan tecnología de rebreather de circuito cerrado en escenarios de múltiples días de buceo de larga duración, (p.ej. en estancias en barco dedicadas al buceo) la miopía inducida por hipoxia puede convertirse en más habitual.

Mucho menos documentado, pero igualmente descrita, es la aparición de narcosis por oxígeno. Algunas experiencias anecdóticas de buceadores técnicos sugieren que elevadas presiones parciales de oxígeno pueden exacerbar dramáticamente los síntomas de la narcosis por nitrógeno. (25) el efecto parece ser complejo, involucrando tanto oxígeno como nitrógeno de una forma sinérgica, y solo cuando la presión parcial de oxígeno inspirado excede las 1,8 atmósferas. Por esta razón, es principalmente una cuestión de interés académico, aunque interesante en cualquier caso.

Otra observación interesante realizada por buceadores técnicos es la aparición de síntomas sutiles pero inequívocos y consistentes de naturaleza similar a un suave Síndrome Nervioso de Altas Presiones (HPNS – High Pressure Nervous Syndrome). Los síntomas, que incluyen miedo, nerviosismo y deterioro de la coordinación muscular solo parecen manifestarse cuando el Heliox es respirado a profundidades superiores a los -80m. Aunque este fenómeno aparece mucho menos profundo que en el HPNS clásico, los síntomas pueden ser eliminados introduciendo concentraciones limitadas de nitrógeno en la mezcla a respirar. Quizás el descenso

extremadamente rápido realizado por los Buceadores Técnicos lleva a una aparición inusualmente poco profunda de los verdaderos síntomas del HPNS.

Una práctica que está ganando apoyo entre algunos buceadores de rebreather de circuito cerrado es el uso de Heliox o Trimix en las mezclas para respirar durante toda la inmersión, incluyendo la descompresión. Mientras que las creencias convencionales consideran una ventaja el hecho de cambiar a una mezcla de aire enriquecido Nitrox en la descompresión tan pronto como la profundidad lo permite, algunos buceadores que utilizan rebreathers con presiones parciales de oxígeno constante están optando por renunciar totalmente a este cambio de gas. El aval teórico para esta práctica viene dado por los algoritmos de descompresión basados en burbujas (5).

Finalmente algunas observaciones realizadas por Buceadores Técnicos abren la cuestión de si el oxígeno puede contribuir a la enfermedad de descompresión, incluso cuando es respirado a concentraciones relativamente seguras (<1,7atm). Los síntomas observados parecen ocurrir solo después de inmersiones con paradas de descompresión muy largas con oxígeno puro, y normalmente implican algunos dolores agudos articulares que surgen en los primeros minutos en superficie y disminuyen casi igual de rápido. La hipótesis de que estos síntomas están causados por burbujas de oxígeno es sugerida por la naturaleza aguda del dolor (en contraste con el típico dolor sordo causada por burbujas que no son de oxígeno, que pueden ser en parte enmascaradas por hipoxia localizada alrededor de los tejidos nerviosos – una situación que podría ser mitigada si las burbujas que inducen el problema contienen concentraciones relativamente altas de oxígeno). Es más, la súbita disminución de los síntomas puede ser explicado por el rápido vaciado del oxígeno de las burbujas en los tejidos circundantes, en caso de circulación dificultosa. De forma amenazante, estos síntomas tienden a anunciar la aparición de los síntomas mucho más siniestros de la *Cutis Marmorata*.

§11. DISCUSION

He hecho en este artículo un esfuerzo especial en evitar la pretensión de que estas intuiciones y observaciones constituyan descubrimientos sujetos a la investigación científica. No obstante, el colectivo del Buceo Técnico, en sus esfuerzos por llegar al límite, por decirlo de alguna forma, puede ofrecer informaciones interesantes en varios aspectos de la fisiología del buceo. Con el elevado número de este tipo de inmersiones realizadas, la consistencia de los patrones observados descritos aquí aportan evidencia racional para una investigación más científica. Dado que están frecuentemente dispuestos a realizar pruebas para la exploración de cuestiones fisiológicas, tal como la experimentación de nuevos protocolos de descompresión, la comunicación activa entre los Buceadores Técnicos y el colectivo de investigadores académicos hiperbáricos debe mantenerse.

Muchos de los ordenadores y rebreathers más avanzados permiten el registro detallado de los parámetros de la inmersión. En buenas manos, estos datos pueden proporcionar una abundante información sobre varios aspectos de la fisiología del buceo. El colectivo de buceadores técnicos y el colectivo académico dedicado a la fisiología del buceo tienen mucho que ofrecerse los unos a los otros. Futuras colaboraciones entre estos dos colectivos solo pueden reforzar el progreso de nuestro conocimiento.

S12. REFERENCIAS

1. Pyle RL. Editorial: The Importance of Deep Safety Stops: Rethinking Ascent Patterns From Decompression Dives. DeepTech 1996;5: 64.
2. Pyle RL. The Importance of Deep Safety Stops: Rethinking Ascent Patterns From Decompression Dives. SPUMS J 1997; 27: 112-115.
3. Yount DE. Chapter 6. Theoretical considerations of Safe Decompression. In: Lin YC, Niu AKC, eds. Hyperbaric Medicine and Physiology. San Pedro: Best Publishing Co., 1988; 69-97.
4. Wienke BR. Technical Diving in Depth. Flagstaff: Best Publishing, 2001; 428.
5. Wienke BR. New looks and decompression algorithms. Models, comparison, and statistics. Proc. 16th UJNR 2001; 131-142.
6. Conkin J, Powell MR. Strict adynamia reduces the risk of hypobaric decompression sickness. Undersea Hyperb Med. 1999; 26 (Suppl): 56.
7. Conkin J, Powell MR. Lower body adynamia as a factor to reduce the risk of hypobaric decompression sickness. Aviat. Space Environ. Med. 2001; 72, 202-214.
8. Knight J. In-water oxygen recompression therapy for decompression sickness. SPUMS J 1984; 14: 32-34.
9. Sullivan P, Vrana A. Trial of in-water oxygen recompression therapy in Antarctica. SPUMS J 1992; 22: 46-51.
10. U.S. Navy Diving Manual, Volume 1, revision 1, NAVSEA 0994-LP-001-9010 June 1985.
11. Farm FP Jr., Hayashi EM, Beckman EL. Diving and decompression sickness treatment practices among Hawaii's diving fishermen. Sea Grant Technical Paper UNIHI-SEAGRANT-TP-86-01. University of Hawaii Sea Grant College Program, Honolulu, HI. 1986.
12. Knight J. Diver rescue, decompression sickness and its treatment underwater using oxygen. SPUMS J 1987; 17:147-154.
13. Edmonds C, Lowry C, Pennefather J. Diving and Subaquatic Medicine. 3rd Edition. Butterworth Heinemann, Stoneham, MA 1991; 565 pp.
14. Pyle RL. In-Water Recompression: The Hawaiian Experience. AquaCorps 1993; 5:50.
15. Pyle RL, Youngblood DA. The case for in-water recompression. AquaCorps 1995; 11: 35-46.
16. Pyle RL, Youngblood D. In-water recompression as an emergency field treatment of decompression illness (Revised). SPUMS J 1997; 27: 154-169.

17. Kay E, Spencer MP, eds. In-Water Recompression: The Forty Eighth Workshop of the undersea and Hyperbaric Medical Society. Undersea and Hyperbaric Medical Society and Diver's Alert Network 1999; 1-108.
18. Edmonds, C. In-Water Oxygen Recompression: A potential field treatment option for technical divers. AquaCorps 1993; 5: 46-49.
19. Pyle RL. Keeping up with the times: application of technical diving practices for in-water recompression. In: Kay E, Spencer MP, eds. In-Water Recompression: The 48th Workshop of the undersea and Hyperbaric Medical Society. Undersea and Hyperbaric Medical Society and Diver's Alert Network 1999; 74-88.
20. Pyle RL. In-water recompression (Letter to the Editor). SPUMS J 1997; 27: 143.
21. Parrish F, Pyle RL. Surface Logistics and consumables for open-circuit and closed-circuit deep mixed-gas diving operations. Proceedings of the MTS/IEEE Oceans 2001 Conference 2001; 3: 1735-1737.
22. Parrish, FA, Pyle RL. Field comparison of open-circuit scuba to closed-circuit rebreathers for deep mixed-gas diving operations. Mar. Tech. Soc. J. 2002; 36: 13-22.
23. Palmquist BM, Phillipson B, Barr PO. Nuclear cataract and myopia during hyperbaric oxygen therapy. Br J Ophthalmol 1984; 68: 113-117.
24. Butler, FK Jr, White E, Twa M. Hyperoxic myopia in a closed-circuit mixed-gas scuba diver. Undersea Hyperbaric Med 1999; 26: 41.
25. Pyle RL. High PO₂ symptoms - my experiences. Nitrox Australasia 1995; 2: 3-4, 6.

Artículo original "Lin, Y.-C. 2002. Proceedings of the 16th Meeting of United States-Japan Cooperative Program on Natural Resources (UJNR), 1-3 November 2001, East-West Center, Honolulu, Hawaii". Ictiología, Bishop Museum.

Documento de origen para la Traducción:

<http://www2.bishopmuseum.org/PBS/DiveData/Pyle-UJNR.pdf>

Octubre 2002.

Traducción autorizada a la BUEX 21/8/02