

HELIAIR

Por Leigh Bishop y Dr. Geraint Ffoulkes-Jones. El artículo completo aparece en el 990 Vol. 1 N° 4. Traducción libre por Delfin.

§1. INTRODUCCION

Heliair es exactamente lo que su propio nombre indica: una mezcla de gases compuesta por Helio y AIRE, integrado éste último a su vez por Oxígeno y nitrógeno. Los tres mismos componentes se encuentran también en la mezcla llamada Trimix, diferenciándose sólo en la forma de mezclar los gases.

Mientras que el Trimix se realiza en un mezclado de tres fases (primero trasvasando Helio y Oxígeno a la botella y finalmente rellenando con aire mediante un compresor convencional), el Heliair se mezcla simplemente llenando la botella con la cantidad deseada de Helio y rellenando después con aire. Como el Trimix, el Heliair se usa habitualmente como mezcla para reducir la narcosis a un nivel aceptable cuando se bucea profundo. Las prácticas buceando con Heliair son exactamente las mismas que para el Trimix, ofreciendo de todas formas varias ventajas significativas.

§2. VENTAJAS DEL TRIMIX SOBRE EL HELIAIR

Si se conoce la profundidad de la inmersión, se puede realizar la mezcla a medida para fijar la pO₂ máxima segura (normalmente 1.4 para el gas de fondo), así como el nivel narcótico personal. Añadir la cantidad óptima de Oxígeno reduce el nivel de Helio y nitrógeno a un mínimo seguro, no sólo reduciendo la END (Profundidad Narcótica Equivalente), sino también los tiempos de descompresión. De todas formas, la reducción de tiempo de descompresión es un porcentaje pequeño comparado con una mezcla de Heliair equivalente, normalmente de unos pocos minutos.

Las agencias de enseñanza ofrecen cursos para usar Trimix.

§3. VENTAJAS DEL HELIAIR SOBRE EL TRIMIX

Analizar Heliair es mucho más sencillo, ya que **puede realizarse directamente midiendo el contenido reducido de Oxígeno con un analizador**. Esto es posible porque el cambio en el contenido de Oxígeno viene causado únicamente por el efecto reductor de añadir Helio. Cuanto más Helio se añade, el contenido de Oxígeno continúa descendiendo de acuerdo a una relación matemática fija. En cambio, al añadir Oxígeno para mezclar Trimix, no es posible decir con certeza qué causa el cambio de la lectura, si el Helio añadido o el Oxígeno añadido.

La cantidad de Oxígeno que hay que añadir mezclando Trimix es normalmente pequeña (p.e. 12 bar para una presión final de 250 bar). En la práctica, es difícil añadir estas cantidades tan pequeñas de Oxígeno de forma precisa.

Cualquier error añadiendo el Oxígeno durante el mezclado de Trimix imposibilitará inevitablemente el poder determinar correctamente el contenido de Helio, porque

ya no nos es conocido, mientras que la lectura de Oxígeno tomada se debe a la dilución del Helio o el Oxígeno añadidos.

Dado que nos debe sobrar al menos 1/3 del gas tras una inmersión y el Helio es caro, sería deseable reutilizar tanto como sea posible. Como el Heliair siempre puede ser analizado con precisión, **no hay límite en el número de veces que podemos rellenar la mezcla sobrante con aire y Helio para generar la misma**, o incluso otra mezcla. Normalmente no se considera buena idea rellenar una mezcla de Trimix más de una vez debido a los problemas para su correcto análisis [Nota: antes que nada, en usuario debe informarse sobre la perfusión del He y la posibilidad de que la fN2 haya aumentado al almacenar botellas cargadas].

Como no se añade Oxígeno puro a las botellas de Heliair, **no existen requerimientos de limpieza para Oxígeno**. Esto tiene la ventaja adicional de que las griferías no requieren un mantenimiento constante a causa de la descomposición y la cristalización de las grasas compatibles con Oxígeno. Esto reduce claramente los riesgos asociados a la manipulación de Oxígeno puro.

Comparado con el Trimix, mezclar Heliair es menos engorroso, más rápido, y muchísimo más adecuado para grandes expediciones, donde el gasto de gases es elevado.

Los programas de enseñanza de Trimix enseñan todo lo que se requiere para bucear de forma segura con Heliair.

Como no se añade Oxígeno, la pO2 en el fondo es siempre menor que la óptima para una END dada. En consecuencia, los buceos de exploración se pueden extender más allá de su profundidad máxima prevista con seguridad, dentro de unos márgenes de exposición al Oxígeno y de narcosis aceptables. Por ejemplo, una buena mezcla para una profundidad de -65m. es Heliair 14/33 (14% Oxígeno, 33% Helio), que nos ofrece una pO2 en el fondo de 1.05 y una END de 40m. Aun así, si se desea, se puede continuar la exploración hasta los -85m. manteniendo la pO2 en 1.33 (dentro del margen de seguridad de 1.4) y la END en unos aceptables -54m. Esto nos da mucho alcance para realizar cambios sobre la marcha en la planificación de la inmersión, como es típico en las inmersiones de exploración.

En inmersiones muy largas o profundas, la toxicidad del Oxígeno sobre el sistema nervioso central (CNS%) puede exceder los límites de seguridad, debido principalmente a las mezclas ricas en Oxígeno empleadas para la descompresión. Una pO2 reducida por el Heliair en el fondo, puede representar una ventaja.

S4. FORMULAS PARA HACER HELIAIR

Las siguiente sencillas fórmulas se pueden emplear para determinar qué Heliair utilizar en una inmersión concreta.

Fórmula 1 – Para determinar el contenido de Helio (como fracción) dada una profundidad máxima prevista (metros) y la END deseada (metros).

$$\text{Fracción de He} = 1 - [(END+10)/(p.max. + 10)]$$

Ejemplo 1 – Una inmersión planificada a 65m. con una END deseada de 40m.

$$f_{He} = 1 - [(40+10)/(65+10)]$$

$$f_{He} = 1 - 0,667$$

$$f_{He} = 0,333$$

Por tanto, el contenido de Helio del Heliar deseado es del 33%.

Fórmula 2 – Para determinar el contenido de Oxígeno (como fracción) dada una profundidad máxima prevista (metros) y la END deseada (metros).

$$f_{O2} = (END+10)/(p.max. + 10) * 0,21$$

Ejemplo 2 – Se desea un contenido de Helio del 33% con una presión final en la botella de 232 bar.

$$f_{O2} = (40+10)/(65+10) * 0,21$$

$$f_{O2} = 0,667 * 0,21$$

$$f_{O2} = 0,140$$

Por tanto, el contenido de Oxígeno del Heliar deseado es del 14%.

Fórmula 3 – Para determinar la presión parcial de Oxígeno a la máxima profundidad prevista (metros).

$$PpO2 = f_{O2} * (p.max. + 10) / 10$$

Ejemplo 3 – Se empleará el anteriormente determinado Heliar 14/33 en una inmersión a 65 metros.

$$PpO2 = 0,14 * (65+10) / 10$$

$$PpO2 = 1,05 \text{ bar}$$

Fórmula 4 – Dada una mezcla concreta de Heliar, cuál es su END a una profundidad determinada.

$$END = (1 + f_{He}) * (p.max. + 10) - 10$$

Ejemplo 4 – Se empleará el anteriormente determinado Heliar 14/33 en una inmersión a 65 metros.

$$END = (1-0,33)*(65+10)-10$$

$$END = (0,67*75)-10$$

$$END = 40 \text{ metros}$$

Para mayor comodidad, los resultados de las anteriores fórmulas para la END (Profundidad Narcótica Equivalente, en metros) y presiones parciales de Oxígeno (bar) se han calculado para la mezclas de Heliar más comúnmente usadas en un amplio rango de profundidades y se presentan en la tabla que sigue de END y ppO₂ para Heliar.

§5. MEZCLANDO HELIAR

El proceso de mezclado de Heliar, en contraposición al Trimix, es relativamente sencillo. El contenido de Helio requerido para una mezcla concreta de Heliar se puede calcular utilizando las dos simples fórmulas siguientes.

Fórmula 5 – Para determinar el contenido de Helio de la mezcla deseada (en bar).

$$P_{He} = f_{He} * P$$

Ejemplo 5 – Se desea un contenido de Helio del 33% con una presión final de 232 bar.

$$P_{He} = 0,33 * 232$$

$$P_{He} = 77 \text{ bar}$$

Por tanto, se deberían trasvasar 77 bar de Helio a una botella vacía y después rellenar con aire hasta 232 bar.

Fórmula 6 – Para calcular el contenido de Oxígeno esperado en la mezcla final.

$$f_{O2} = (1-f_{He}) * 0,21$$

Ejemplo 6 – Oxígeno contenido en un Heliar con un 33% de Helio.

$$f_{O2} = (1-0,33) * 0,21$$

$$f_{O2} = 0,141 = (14,1\%)$$

Por tanto, el contenido esperado de Oxígeno durante el análisis sería del 14.1%.

Como ya se dijo, una de las ventajas principales del Heliair es que el contenido sobrante de cualquier botella se puede emplear para la siguiente mezcla en lugar de vaciar cualquier resto antes de volver a mezclar, como es el caso del Trimix. Este proceso se realiza fácilmente calculando el Helio que queda en la botella empleando la anterior fórmula 5. De nuevo, empleando la fórmula 5, se calcula el contenido de Helio de la nueva mezcla deseada, añadiendo simplemente la diferencia.

Ejemplo 7 – Se empleó Heliair 14/33 en una inmersión anterior, quedando 80 bar.

$$P_{He} = 0,33 * 80$$

$$P_{He} = 26 \text{ bares de sobra}$$

La siguiente inmersión es menos profunda y sólo requiere un Heliair 16/24, con una presión de llenado de 232 bar.

$$P_{He} = 0,24 * 232 \text{ desde vacío}$$

$$P_{He} = 56 \text{ bares desde vacío}$$

Por tanto, la cantidad de Helio a añadir es de 30 bar. Rellenar la botella desde 80 a 110 bar con Helio y termina con aire a 232 bar.

Ejemplo 8 – Se desea emplear la misma mezcla sobrante en ejemplo 7 en una inmersión mucho más profunda que requiere un Heliair 10/52, de nuevo con una presión final de 232 bar.

$$P_{He} = 0,52 * 232 \text{ desde vacío}$$

$$P_{He} = 121 \text{ bar desde vacío}$$

Esta vez, la cantidad de Helio a añadir es de 95 bar, lo que requiere rellenar la botella desde 80 a 175 bar con Helio para terminar con aire hasta 232 bar.

Aunque el ejemplo 8 es teóricamente posible, a menos que se empleen rampas de Helio de alta presión o se disponga de bombas booster (p.e. Haskel), puede ser imposible lograr presiones elevadas de Helio. Por ello, puede ser necesario reducir la presión original de la botella a un nivel (posiblemente vacío) donde la presión de Helio deseada sea alcanzable.

Ejemplo 9 – Se empleó Heliair 10/52 en una inmersión previa quedando un contenido de 120 bar en la botella. Una segunda inmersión requiere sólo Heliair 17/19 a una presión final de 232 bar.

$$P_{He} = 0,52 * 120 \text{ bares restantes}$$

$$P_{He} = 63 \text{ bares restantes}$$

$$P_{He} = 0,19 * 232 \text{ bares desde vacío}$$

$$P_{He} = 44 \text{ bares desde vacío}$$

Esta vez, el Helio a añadir es de -19 bar (44-63). Esto es claramente imposible. Una alternativa es purgar la botella hasta un nivel donde contenga 44 bar de Helio (85 bar en este ejemplo) y entonces llenarla con aire. Como el Helio purgado se pierde, puede ser mejor usar una mezcla más fuerte y beneficiarse de una END menor, a costa de sufrir una descompresión algo más larga. Muchos de los buceadores de mezclas tienen varios juegos de botellas en un intento de malgastar innecesariamente el Helio.

Una vez más, los resultados de los anteriores cálculos se han resumido en la siguiente tabla de llenado de Heliair. Los ejemplos anteriores demuestran que la mayoría de los cálculos suponen el uso de la fórmula 5 para calcular la cantidad de Helio requerida para mezclar o que está presente a una presión dada en una mezcla de Heliair concreta. La única tarea restante era restar dos números de contenido de Helio cuando se rellena una botella parcialmente llena. La tabla de llenado de Heliair simplemente da el contenido de Helio (bar) presente en una mezcla concreta de Heliair, dados los porcentajes de Oxígeno y Helio en la columna de la izquierda para las diferentes presiones de llenado en la primera fila.

S6. FÓRMULAS BÁSICAS DE NITROX EMPLEADAS EN LA PLANIFICACIÓN DE DESCOMPRESIÓN CON MEZCLAS GASEOSAS

Abreviaturas:

f GAS = fracción de gas en la mezcla (como valor decimal entre 0 y 1)

pp GAS = presión parcial del gas en la mezcla (bar)

P GAS = presión absoluta de un gas (bar)

P final = presión final de llenado de una botella (bar)

p.max. = profundidad máxima operativa (metros) de un gas basada en su pO₂

prof. = profundidad de operación (metros)

Para hallar la profundidad máxima para una mezcla dada

$$p.max = [(ppO_2/fO_2) * 10] - 10$$

Ejemplo – La profundidad máxima para el aire a una ppO₂ de 1.6 es:

$$p.\text{max.} = [(1,6/0,21)*10]-10 = 66 \text{ metros}$$

Para hallar la presión parcial de un gas a una determinada profundidad

$$Pp \text{ GAS} = [f \text{ GAS} * (\text{prof.} + 10)]/10$$

Ejemplo – La presión parcial del Oxígeno en el aire a 66 metros es:

$$ppO_2 = [0,21*(66+10)]/10 = 1,596 \text{ bar}$$

Para hallar la fracción de Oxígeno dada la pO₂

$$fO_2 = (ppO_2 * 10) / (\text{prof.} + 10)$$

Ejemplo – el Nitrox óptimo para empezar a descomprimir a 40 metros dada una pO₂ máxima segura de 1.6 es:

$$fO_2 = (1,6*10)/(40+10) = 0,32 \text{ (32\%)}$$

Para hallar la cantidad de Oxígeno a añadir a una botella vacía para hacer un Nitrox dado

$$P O_2 = [P*(fO_2-0,21)]/0,79$$

Ejemplo – la cantidad de Oxígeno requerida para llenar a 232 bar una botella de Nitrox 50 desde vacío rellenando con aire es:

$$P O_2 = [232*(0,50-0,21)]/0,79 = 85 \text{ bar de } O_2 \text{ a añadir}$$

Antes de bucear con cualquier mezcla de Heli-air es obligatorio que el contenido de la botella se haya dejado enfriar, mezclar y se haya analizado cuidadosamente para asegurar que se han alcanzado los contenidos deseados correctamente. Como el Helio sufre un cierto grado de compresión durante el trasvase, si el tiempo lo permite, es mejor dejar sin llenar del todo de aire y luego añadir más aire una vez que la botella se haya enfriado y se haya realizado un primer análisis. No olvides etiquetar todos los contenidos en las botellas con mezclas gaseosas. Las etiquetas de Trimix son adecuadas para las botellas de Heli-air.

Sobre los autores: Leigh Bishop y Geraint Ffoulkes-Jones son reconocidos buceadores de pecios en el Reino Unido y son miembros del equipo internacional de buceo en pecios Starfish Enterprise. Se les puede contactar en britannic98@lineone.net

Octubre 2002

