

# Del espacio interior al exterior, un camino hacia el éxito

¿De dónde debería seleccionar la NASA o la industria privada a su siguiente generación de astronautas? Necesitan personas con ansias de aventuras, minuciosas y meticulosas, y con un gran entusiasmo por la exploración.

La mejor elección para los nuevos astronautas se encuentra en las profundidades del océano. Los astronautas y aquanautas (NAUTAS) son muy parecidos, y ya existe relación entre los dos grupos. En un año de excedencia de la NASA, el astronauta de la Marina de los E.E.U.U. Scott Carpenter trabajó en el proyecto “Man In the Sea” (“Hombre en el agua”) como líder de equipo en 1965, donde dirigió a un equipo de buceadores. Se requieren muchas de las características comunes de los exploradores del mundo submarino y del espacio para que tengan éxito.

## De las estrellas de la noche a las estrellas de mar

Se podría impulsar en gran medida la exploración espacial, y a la vez reducir el tiempo necesario para la formación, si los aquanautas desempeñasen papeles de astronauta y se transfiriesen los hábitos convenientes. Además, algunas de las medidas de precaución y rescate usadas en el buceo con reciclador y el buceo de exploración podrían ser de utilidad para la exploración espacial.

También existen diferencias entre estas dos subculturas. Los astronautas de hoy en día van en un gran cohete (dos mil toneladas) al espacio, orbitando la tierra a 8 kilómetros por segundo en altitudes de entre 180 y 650 kilómetros. Los aquanautas descienden en una campana presurizada, como buceadores en nado libre o en una cámara, a profundidades de entre 10 y 600 metros de agua de mar (metros de agua marina, “msw” por sus siglas en inglés) a un ritmo de entre 3 y 40 metros por minuto y se mantienen en esa alta presión ambiental hasta que se someten a descompresión.

Sin embargo, incluso las diferencias tienen similitudes. Cuando los buceadores descienden, la presión parcial de los gases que respiran (oxígeno, helio o nitrógeno) aumenta de acuerdo con la Ley de Dalton. Esta ley gobierna el delicado balance de la respiración de los gases dentro de una cámara de saturación hiperbárica. Mientras que la Estación Espacial Internacional (EEI) y la lanzadera actual (orbitador) mantienen el contenido de oxígeno normal a presiones del nivel del mar la mayoría del tiempo, la Ley de Dalton regula la cámara de presión del cohete acelerador. El tamaño de la cámara de quema de combustible viene dado por el requisito de que la combustión debe hacer balance. La ley de Dalton determina la relación entre la presión y otras variables. Ambos equipos se regulan por muchas de las mismas leyes aunque no son manipulados de la misma manera.

Tanto los astronautas como los aquanautas suelen ser grupos pequeños de personas muy unidas, altamente calificadas y con una preparación en equipo muy intensiva. Ambos diseñan, practican y memorizan procedimientos de emergencia, y los dos requieren un gran apoyo en sus misiones, tanto de personal como de equipo técnico. El entrenamiento logístico es un gran componente de cada misión, y todos los vuelos espaciales e inmersiones a saturación requieren una planificación y una práctica considerables.

Ambos tipos de NAUTAS deben vivir en módulos aislados durante periodos que pueden ir desde los cinco días hasta los seis meses. Ninguno de los equipos tiene percepción alguna del día o la noche, y la luz del sol casi nunca penetra en las profundidades de una inmersión a saturación. Incluso la escasa luz que

penetra en las profundas aguas pierde sus tonos rojizos, naranjas y amarillos, y sin luz externa, todo parece verde y azul. Por el contrario, los astronautas presencian 32 amaneceres y atardeceres cada día ya que giran alrededor de la tierra a más de 6 kilómetros por segundo.

### **La flexibilidad es un factor clave**

Los NAUTAS son como los típicos peces de pecera, que ven a través de portales y observan la expansibilidad del mundo a medida que avanzan. Cuando uno se encuentra en este tipo de entorno tan difícil, sin embargo, es esencial que los papeles de liderazgo que desempeñe cada uno estén bien definidos, al igual que las áreas específicas de responsabilidad. De todos modos, todo el mundo tiene la posibilidad de actuar como ingeniero, ictiólogo, geólogo, aparejador, o también como conserje, lavandero o cocinero. Las personas que pueden realizar diversas tareas al mismo tiempo son muy apreciadas.

Debido al medio especial para viajar en el espacio o bajo el agua, es necesario producir un perfil psicológico para todos los NAUTAS: se deben juntar a las personas compatibles para que haya la máxima capacidad de comunicación entre los miembros del equipo. El estrés físico de un medio alterado, las pautas de la luz del día alteradas que provocan una posible pérdida de sueño, el programa de trabajo intensivo y el escaso espacio habitable hacen que el llevarse bien sea algo absolutamente esencial. No puedes solucionar un problema saliendo fuera a dar un paseo para despejar la mente cuando estás kilómetros arriba o abajo del nivel del mar: todos los miembros del equipo deben dejar a un lado sus objetivos personales y apuntar hacia las metas que tiene el grupo.

El agua es el mejor medio y más rentable que hay para entrenar a un astronauta para la ingravidez. Para practicar las tareas, los astronautas se hacen neutralmente flotantes en sus trajes espaciales y se sumergen en un laboratorio de flotabilidad neutral. Antes de que intenten hacer una maniobra o un trabajo en el espacio, lo simulan bajo el agua.

Los astronautas de la NASA se están entrenando actualmente para procedimientos médicos remotos en cámaras de saturación. La naturaleza puramente remota y compacta de las cámaras de saturación imita las condiciones que existen en la Estación Espacial Internacional o en el orbitador, donde el técnico médico tiene un espacio limitado. Los astronautas tienen una cantidad limitada de suministros médicos tanto por encima de la atmósfera como por debajo del agua, por lo que el entrenamiento simula fielmente las condiciones reales.

Mientras se encuentran en la cámara de saturación, el médico que simula estar a miles de kilómetros de distancia en la "tierra" les explica a los astronautas no afectados los diferentes procedimientos médicos. Este entrenamiento beneficia tanto a la comunidad de buceo a saturación como a los astronautas, y demuestra aún más las similitudes entre estas dos comunidades.

Para misiones de una duración prolongada, los astronautas también son aclimatados en estas cámaras de saturación. El "Extreme Environment Mission Operations" (NEEMO) de la NASA es un programa donde los astronautas pueden adquirir una introducción exhaustiva acerca de las técnicas y tecnologías que pueden ayudar a los viajeros del espacio cuando realizan el decreto presidencial y viajan a la luna o más lejos.

Bucean en una cámara de saturación en la costa de Cayo Largo, donde experimentan un medio que es en muchos sentidos tan hostil como el espacio u otros planetas. En seis misiones submarinas como esta, los astronautas también han probado el equipo que será lanzado al espacio. Por primera vez en mucho tiempo, la investigación en fisiología humana se está realizando en estas inmersiones NEEMO. Los miembros del equipo de astronautas señalan con frecuencia las similitudes entre trabajar bajo el agua y en el espacio.

Las expediciones NEEMO no son las primeras pruebas de la NASA queriendo obtener conocimientos del

fondo marino. En 1969, dos días antes del despegue del Apolo 11, la NASA lanzó el PX-15 Ben Franklin, que transportaba a un equipo de 6 personas en una travesía bajo el agua de 30 días para estudiar la corriente del Golfo y los efectos prolongados en los humanos de vivir en un medio aislado. La NASA quería estudiar el entorno a bordo de un submarino como versión análoga de la vida a bordo de una estación espacial.

Los datos de esta misión iban a ser incorporados a las misiones de exploración de la NASA, pero los plazos tan ajustados y la exigencia de un trabajo minucioso descartaron la finalización de esta misión antes del alunizaje del Apolo 11. Debido al momento en el que se realizó, los logros que los NAUTAS consiguieron en esta misión fueron eclipsados por los americanos que miraban hacia el cielo mientras otro grupo de exploradores iban en pos de aterrizar en la luna. La información suministrada por el equipo del Ben Franklin todavía se utiliza como guía a seguir para cualquier expedición.

Los NAUTAS comparten sus preocupaciones con el personal de apoyo y gestión. En ambos escenarios el NAUTA tiene muy poca autonomía, reconociendo así la necesidad de apoyo por parte de tierra o de la superestructura, donde hay disponibles una más amplia gama de expertos. Cada momento del día, desde la hora de trabajar hasta la hora de acostarse, está organizado y coordinado por personas que no están en el lugar propiamente dicho. La delicada dinámica de coordinarse con un director que no se encuentra en el lugar lleva dominarla un tiempo considerable. Los aquanautas ya se han acostumbrado a la gestión fuera del lugar de operaciones y lo llevan muy bien.

Sin embargo, todos los NAUTAS prefieren resolver los problemas por ellos mismos. Al otorgarles el poder para resolver problemas individualmente o por equipos, se les ofrece una valiosa experiencia para manipular su propio medio y equipamiento y se les ayuda a construir un equipo mucho más autosuficiente.

Una comparación de los módulos de vivienda La atmósfera se puede controlar, por lo que no se necesitan trajes especiales en los confines del EEI, el orbitador, o de una cámara de saturación. Los muros de metal mantienen la presión dentro del EEI o el orbitador (en el vacío del espacio) o fuera de la cámara de saturación (en el agua más densa que el aire). Debido a que las atmósferas dentro de los confines de los módulos de vivienda disponen de todos los servicios necesarios, se deben mantener de forma adecuada para que mantengan vida.

Los mamíferos son incapaces de sobrevivir si respiran cualquier otro medio que no sea combinaciones gaseosas que contengan por lo menos un 16% de oxígeno. La atmósfera se mantiene de la misma manera en el EEI y el orbitador que en una cámara de saturación. En sistemas cerrados, la concentración de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>, el subproducto del oxígeno del metabolismo) durante un periodo de 10 minutos podría aumentar el nivel más que la tolerancia humana de aproximadamente 6% por volumen.

Para resolver este problema en vehículos que orbitan, una serie de ventiladores hacen circular el aire y lo llevan a través de "limpiadores" que eliminan el CO<sub>2</sub>. Estos limpiadores se unen químicamente al CO<sub>2</sub> y producen como resultado vapor de agua, vaho y caliza. El agua eliminada se envía al subsistema de gestión de agua y recuperación. Los limpiadores a menudo contienen una capa de carbón para absorber y reducir los olores.

Otros sistemas añaden y homogeneizan el oxígeno para que no se generen bolsas. El control de la temperatura y la humedad ayuda a que el aire circule, se elimine la humedad y se mantenga al EEI y al orbitador en un campo similar a la presión del nivel del mar y contenido de oxígeno normal.

El control del calor es crucial para el EEI y el orbitador, dados los cambios significativos de temperatura en

el vacío del espacio. No existe una atmósfera que mantenga el calor constante cada 90 minutos cuando pasan del día a la noche y de nuevo cuando están orbitando.

Debido al aislamiento completo en el espacio, el reciclaje de agua es importantísimo. Mientras que las cámaras de saturación normales no incluyen este nivel de complejidad o necesidad de recolectar agua, desempeñan el lavado con CO<sub>2</sub>, deshumidificación, calentamiento y eliminación de olores de la misma manera. El calentamiento es muy importante en una cámara de saturación porque el agua que le rodea transporta calor 25 veces más rápido que el aire.

Las cámaras de saturación se mantienen normalmente a una presión constante (profundidad de almacenamiento), sin importar la profundidad a la que los buceadores tienen que trabajar para su misión. Si se requiriese una inmersión a saturación a una profundidad máxima de 12 metros de agua marina (más de 13 veces la presión al nivel normal del mar), la profundidad de almacenamiento sería de alrededor de 90 metros de agua marina. La atmósfera en la cámara de saturación estaría compuesta de una mezcla de tres gases (trimix) de helio, oxígeno y nitrógeno. El helio se utiliza para compensar los posibles efectos narcóticos del nitrógeno.

La presión parcial del oxígeno (PPO<sub>2</sub>) debe limitarse a 0.5% (el equivalente a respirar un 50% de oxígeno en una presión de superficie normal) para que los buceadores no experimenten síntomas de toxicidad pulmonar por oxígeno. La toxicidad pulmonar por oxígeno es la "quemadura" de alveolos debido a la exposición prolongada a altas concentraciones de oxígeno y se manifiesta mediante la irritación debajo del esternón, dolor en la inspiración, y capacidad vital reducida. A menudo estos síntomas son precedidos por una tos seca y un cosquilleo en la parte de atrás de la garganta.

Los medios de respiración en la cámara de saturación no se cambian generalmente hasta que la inmersión ha terminado y los buceadores están siendo descompresados. La presión, por consiguiente, desciende durante la descompresión hasta que los buceadores son traídos de vuelta a presiones de superficie normales.

Durante la estancia en estas "casas fuera de casa" por un periodo largo, la higiene es un factor importante. Los NAUTAS producen desperdicios. Para la sanidad y comodidad de los habitantes, el almacenamiento y eliminación de estos productos es muy importante. En el espacio, el excremento es succionado por un compartimento en el que se elimina el líquido, que se echa por la borda, y el resto de la materia se almacena en bolsas al vacío evitando que se desprendan olores.

Algunas cámaras de saturación tienen un sistema de cañerías cerrado que permite que los ocupantes utilicen las instalaciones casi con tanta facilidad como en unos servicios normales, aunque las tuberías del sistema deben reforzarse para sostener la presión más alta. La mayoría de las cámaras de saturación utilizan recipientes portátiles, y los desechos líquidos pueden ser echados por la borda inmediatamente. Los restos deben ser embolsados y llevados a la superficie o almacenados. Debido al entorno aislado, no se suele optar por la última opción.

Debido a la completa inmersión de la cámara de saturación y a la naturaleza del trabajo, la eliminación de la humedad en el medio de respiración resulta complicada. La elevada humedad, junto con el incremento de la presión y las fuentes de luz no natural fomenta un lugar de reproducción para las bacterias ideal. Para reducir el riesgo de infecciones de oído, los buceadores a saturación necesitan aplicarse una solución antihongos/antibacteriana como precaución. Ya que el equipo puede rozar ciertas partes de la piel, los NAUTAS también están expuestos a un riesgo mayor de contraer dermatitis. Aunque los astronautas no experimentan el incremento de la humedad y de los niveles de presión, deben mantener la diligencia para evitar abrir heridas o infecciones.

Los NAUTAS normalmente están en forma para combatir las fuerzas de la gravedad y el estrés de la descompresión. Generalmente, mantienen su forma física mientras se encuentran de misión. Para los astronautas, la falta de ejercicio podría desencadenar en un debilitamiento de los músculos hasta el punto que no podrían ponerse de pie o caminar cuando regresasen al entorno con gravedad de la tierra. Además, si el músculo del corazón no se ejercita, podría debilitarse. Por otra parte, los huesos están biológicamente hechos para absorber impactos. La falta de impacto hace que los huesos se vuelvan menos densos liberándose del calcio. Si no se ejercitan, los huesos pueden volverse más quebradizos y romper cuando se reintroducen en un entorno con gravedad.

Como consecuencia del ejercicio, los NAUTAS transpiran. Para los aquanautas, este ejercicio se añade al ya existente alto nivel de humedad, pero generalmente no es un problema. Los astronautas no tienen gravedad para ayudarles a eliminar el sudor. Mover aire de un conducto y el uso de toallas ayudan a la transpiración seca. Si este aire que se mueve no secase al astronauta, el sudor se pegaría a la piel y se haría más denso.

El agua fresca es muy importante para los dos grupos de NAUTAS. No hay duchas en el orbitador o el EEI, y los astronautas utilizan toallitas o esponjas con un tipo especial de jabón que se elimina con una toalla. En una cámara de saturación, los NAUTAS se duchan principalmente en agua salada, y utilizan el agua dulce para un último aclarado.

Requieren un jabón especial que no se rompa con el agua salada. Toda el agua gris (que no sea fresca) se echa por la borda.

Al no tener nada que fuerce el agua a ir hacia abajo, una ducha en el espacio hace que el agua vuele a su aire. Dada la cantidad de aparatos electrónicos en el EEI y el orbitador, el agua podría dañar los equipos. Debido a la imposibilidad de reabastecer los tanques de almacenamiento en el espacio, un subsistema de gestión y recuperación de agua recupera y recicla el agua de los lavabos, orina, las pilas de combustible del orbitador y el vapor del aliento de los astronautas. Un procesador de agua potable convierte el agua gris en agua potable. La calidad del agua se monitoriza minuciosamente en otro sistema.

El fuego es uno de los mayores peligros en el espacio o en los hábitats submarinos, por lo que se toman medidas para mitigar el riesgo de combustión. Los cuatro elementos del tetraedro del fuego necesarios para la combustión son el calor, el combustible, el oxígeno y la reacción química. Cuando uno o más de estos elementos se acentúan, el riesgo de combustión incrementa de manera significativa.

Quizás la parte más peligrosa de cualquier vuelo especial sea la reentrada. La temperatura de las baldosas puede alcanzar los 938°C, y el eje de la cabeza de las alas puede alcanzar los 1.371°C. Esta subida de temperatura puede ser problemática si se da el combustible correcto y suficiente oxígeno.

De la misma manera, durante la última parte de la descompresión, los buceadores a inmersión experimentan un riesgo importante de combustión. Para minimizar el tiempo de descompresión, se eleva el PPO2 a niveles tan altos como un 1,2%. Eso equivale a un 120% de ambiente de oxígeno. Todos los otros elementos del tetraedro del fuego disminuyen consiguientemente o se invalidan para disminuir el riesgo de fuego.

### **Similitudes al abandonar el hábitat**

Cuando un buceador sale de la cámara de profundidad de almacenamiento se le llama excursión. El requisito de descompresión para una excursión viene dado por la cantidad de gas inerte en el medio de respiración. La única manera para disminuir el contenido de gas inerte es incrementar el contenido de oxígeno en el medio de respiración. Los buceadores a inmersión utilizan recuperadores o sistemas de

recirculación de aire exhalado para recircular su medio de respiración en lugar de expulsarlo al agua.

Los sistemas de recirculación de aire exhalado capturan el gas, le quitan el CO<sub>2</sub> y añaden oxígeno al igual que los sistemas dentro de los módulos de vivienda, aunque a menor escala. Los buceadores necesitan una concentración mayor de oxígeno en su medio de respiración mientras trabajan.

Durante las excursiones extravehiculares para astronautas no se requieren grandes cambios en sus trajes. Para combatir el alto vacío de oxígeno molecular del espacio de órbita terrestre baja (LEO, por sus siglas en inglés), los astronautas llevan un traje de presión total llamado traje de actividad extravehicular (EVA, por sus siglas en inglés).

Estos trajes proporcionan oxígeno para respirar y también para mantener la presión alrededor del cuerpo para mantener a los fluidos en su estado líquido. Este traje es parecido a los sistemas de recirculación de aire exhalado de alta tecnología que utilizan los buceadores.

Un traje especial tiene la función añadida de proteger contra los pequeños meteoroides y de aislar al astronauta de las temperaturas extremas del espacio con un sistema de calentamiento y enfriamiento activo. Sin la atmósfera para filtrar los rayos del sol, la parte del traje que esté de cara al sol puede llegar a calentarse hasta 115°C, mientras que la otra parte, expuesta al espacio, puede enfriarse y llegar a una temperatura de -155°C.

Los requisitos de presión del traje EVA son diferentes de la presión a nivel del mar del EEI o el orbitador. Si un traje EVA se llenase con presión del nivel del mar normal mientras estuviese en el vacío, el astronauta no podría moverse. (Un buceador que haya rellenado alguna vez un traje seco sabe incluso lo difícil que es moverse.) El traje estaría demasiado rígido; los brazos y pies no se podrían doblar y los astronautas no podrían trabajar. Un traje de baja presión (casi 1/3 de la presión a nivel del mar normal) posee ventajas porque ofrece más flexibilidad y movilidad durante un EVA. Debido a la Ley de Dalton, una bajada de presión resulta en una reducción de la cantidad total de oxígeno en el espacio de respiración; por lo tanto, se necesita un incremento del PPO<sub>2</sub> para mantener vida.

El aumento de riesgo de fuego es un riesgo aceptable dentro del traje EVA ya que no tiene ningún componente electrónico. Sin embargo, el EEI y el orbitador tienen muchos componentes electrónicos y el riesgo de fuego podría ser mayor si los niveles de oxígeno fuesen mayores de lo normal.

El buceador a saturación necesita ser protegido de los elementos a los que podría ser expuesto con un traje húmedo, seco, o de agua caliente. Principalmente, esto protege al buceador del frío y del enfriamiento evaporativo del agua del mar que lo rodea. En la mayoría de lugares del mundo, la luz del sol no penetra en las profundidades de una inmersión a saturación; por consiguiente, el agua a esa profundidad puede llegar a los -2°C. Al contrario que en el vacío del espacio, los aquanautas pueden estar expuestos al agua sin un traje de exposición, aunque sólo durante un corto período. Para los buceadores, la mayor preocupación es un medio de respiración.

El riesgo de separación de los módulos de vivienda es importante. Los astronautas llevan bien este problema porque normalmente utilizan dos puntos de conexión mientras realizan un paseo espacial y se mueven tirando de una mano tras la otra o empujando.

Los astronautas no pueden moverse con aletas o nadando porque no hay nada en el espacio para empujarse. El riesgo de separación en una cámara de saturación también es real. Los buceadores a saturación de hoy en día que no estén encadenados a su hábitat deben tener especial cuidado para no desorientarse.

Una diferencia importante es que los astronautas sólo son expuestos a la ingravidez cuando sus cuerpos están en el agua, mientras que los astronautas son ingravidos hasta que vuelven a tierra. Si los astronautas están en una misión planetaria puede que tengan gravedad parcial.

### **Similitudes en fisiología**

Cuando aún están dentro del EEI o el orbitador antes de un paseo especial, los astronautas deben prerrespirar oxígeno debido a la gran diferencia de presión entre los módulos de vivienda y el traje EVA. Si no se realiza la prerrespiración (o un ajuste de la presión de la cabina antes del paseo especial) podría ocurrir una transferencia de nitrógeno disuelto de los tejidos al torrente sanguíneo del astronauta. Debido al rápido descenso en la presión, se formarían en la sangre burbujas de nitrógeno. Después de haber sido atacados por fagocitos (células que consumen cuerpos extraños), los leucocitos acompañantes los tratarían como materia extraña (glóbulos blancos).

En resumen, el astronauta podría sufrir la enfermedad de descompresión. Los síntomas suelen ocurrir durante o después de un EVA y en casos difíciles podría ser fatal. El procedimiento de prerrespiración es parecido al de prerrespirar utilizando un reciclador de oxígeno. La prerrespiración se realiza inhalando de una mascarilla aislada dentro de los módulos de vivienda. Esto asegura que sólo el astronauta, y no toda la nave, sea expuesto a este alto porcentaje de oxígeno. Durante este proceso, el nitrógeno absorbido en los tejidos es reducido hasta tal punto que el riesgo de enfermedad de descompresión es minimizado. Un cambio en la presión atmosférica resultaría en una disminución del tiempo requerido para la prerrespiración.

Aunque no hay informes sobre la “enfermedad de descompresión en el espacio (DCS, por sus siglas en inglés)”, la NASA opina que existe un alto índice de incidencia de DCS en las pruebas de tierra en cámaras de saturación. Sin embargo, tienen unos criterios de aceptación muy conservadores antes de utilizar el protocolo de prerrespiración en el espacio. Se incorpora un gran margen de seguridad adicional antes del vuelo. Los índices metabólicos en el traje mientras se prerrespira oxígeno son un poco más altos que en un sujeto de prueba en descanso.

¿Por qué? Eso es debido a que el astronauta se va moviendo y trabaja contra un traje presurizado. Las investigaciones realizadas por el Dr. Michael Gernhardt (astronauta de la NASA, director del Laboratorio de Psicología Medioambiental e Investigador Principal del Programa de Reducción de la Prerrespiración, Centro Johnson Space) en la NASA han demostrado que incluso los índices metabólicos ligeramente elevados pueden aumentar la eliminación de nitrógeno y reducir el estrés de la descompresión. Por consiguiente, los astronautas utilizan el ejercicio durante la prerrespiración de oxígeno para aumentar la eliminación de nitrógeno. Este plan funciona muy bien pero tienen que ser unos ejercicios muy específicos. Mezclar ejercicios de alta intensidad con ejercicios de baja intensidad fue la mejor solución para reducir las burbujas de hidrógeno.

Surgen preocupaciones similares sobre el DCS cuando un buceador a saturación realiza “excursiones”. Los buceadores que aumentan la profundidad (de manera significativa) como resultado de la actividad requerida por debajo de la profundidad de almacenamiento se encuentran con la necesidad de realizar de nuevo la descompresión en los módulos de vivienda. Además, todos los buceadores necesitan descomprimir de cada inmersión sin importar la profundidad. Esta descompresión se realiza normalmente en forma de ritmo de ascensión controlado.

Cuando los buceadores se dirigen al fondo de una inmersión a saturación profunda, deben estar al corriente de los síntomas del síndrome neurológico de alta presión (HPNS, por sus siglas en inglés). Este se manifiesta en los humanos por medio de mareos, náuseas, vómitos, temblores posturales o de intención,

fatiga y somnolencia, sacudidas, retortijones, empeoramiento del rendimiento intelectual y psicomotor, empobrecimiento del sueño con pesadillas, incremento del sueño de onda lenta y disminución del sueño MOR medido por un electroencefalograma.

Aunque el origen exacto se desconoce, se cree que el HPNS es causado por altas presiones externas y agravado por la elección del medio de respiración y ritmo de descenso. Por ejemplo, algunos buceadores experimentan una forma débil de HPNS llamada "temblores de helio" en descensos rápidos mientras respiran mezclas de oxígeno y helio a poca profundidad, como por ejemplo a 92 metros de agua marina. Más allá de ciertas presiones (profundidades), la eficacia del buceador se vuelve muy limitada.

Por el contrario, cuando los astronautas aceleran pasando de los 6 kilómetros por segundo y comienzan la caída de órbita constante, muchos de ellos experimentan el síndrome de adaptación espacial (SAS, por sus siglas en inglés), que es parecido al mareo. Los síntomas pueden variar, desde unas náuseas leves, desorientación, o vómito, hasta un malestar intenso. Los dolores de cabeza y las náuseas suelen presentarse en diferentes grados. Se dice que este malestar dura de dos a cuatro días. Mientras que las pastillas para el mareo podrían reducir la severidad de los síntomas, las consecuencias de esta medicación podrían volver al astronauta somnoliento.

Aunque los astronautas generalmente no sufren dolencias de inmersiones a saturación, como podrían ser las necrosis asépticas (muerte del hueso causada por el gas inerte disuelto en el hueso que lo destruye), experimentan pérdida de huesos debido a que viven en condiciones de micro gravedad. Los astronautas tienen pocas tensiones en los huesos, pero la falta de gravedad provoca que los huesos se descalcifiquen. Existen máquinas de ejercicios especiales para aumentar su resistencia. Para la actividad cardiovascular y para disminuir la pérdida de huesos, los astronautas se ponen sujeciones y hacen ejercicio durante 15 minutos diarios en misiones de 7 a 14 días y durante 30 minutos diarios en misiones de 30 días.

Los buceadores técnicos y con reciclador ven síntomas referidos comúnmente como "otitis debido al oxígeno", o síndrome de absorción de oxígeno del oído medio, que ocurre tras respirar un gas enriquecido en oxígeno durante una inmersión. El oído medio puede estar todavía lleno de oxígeno, y los tejidos que rodean el área metabolizan el oxígeno.

El volumen de gas disminuye lentamente a medida que el oxígeno es metabolizado, creando un desequilibrio de presión entre el oído externo y el oído medio. Generalmente, los buceadores pueden continuar compensando esta diferencia de presión tras la inmersión sin ningún problema. Los astronautas a menudo experimentan la "otitis debido al oxígeno" por las mismas razones. La mayoría de las veces ocurre tras sus vuelos de entrenamiento en el T-38 o en paseos espaciales.

Los aquanautas y astronautas ejemplifican el espíritu humano de exploración. El equipo principal de la NASA sólo incluye dos buceadores profesionales: el Dr. Michael L. Gernhard, un antiguo buceador comercial (mencionado arriba); y el Capt. (de élite) Heidemarie M. Stefanyshyn-Piper, un oficial submarinista de la Marina.

El equipo principal de astronautas actual de la NASA muestra que más del 50% son nadadores experimentados o buceadores civiles cualificados que "se divierten con el submarinismo" como deporte. El consenso preponderante parece ser que la adaptabilidad acuática es un prerrequisito para tener éxito como astronauta. No hay persona que posea todas las características necesarias para ser el "perfecto astronauta". Algunos aquanautas son mejores en el montaje y pueden maniobrar sin esfuerzo en el agua, mientras que otros son más diestros con la pesca de red. Al mismo tiempo, algunos astronautas son mejores en el paseo espacial y otros son mejores operando el orbitador.

La clave parece estar en la combinación correcta de personas que se contrarresten los puntos fuertes y



débiles para formar un equipo con “todo lo bueno”. Los aquanautas son el grupo mejor equipado para descender las profundidades del océano y ascender a las alturas del espacio. Escoger a aquanautas para misiones de vuelos espaciales es un camino mucho más emocionante hacia el éxito y aumenta las posibilidades de obtener un equipo triunfador.