

¿Son reales los tiempos de hemisaturación de los tejidos?

En las conversaciones de los buceadores sobre la descompresión es habitual escuchar que «no existe un tiempo de hemisaturación fisiológica de los tejidos, se trata solamente de un concepto matemático ». Nada más lejos de la realidad: los tiempos de hemisaturación, o semivida, son procesos reales que se utilizan para hacer cálculos tan dispares como la antigüedad de un hueso de dinosaurio o el tiempo que permanece un medicamento en el organismo. Una de las numerosas sustancias que nuestro organismo elimina con un patrón de semivida es el nitrógeno acumulado durante una inmersión.

Algunos tiempos de semivida reales

Radioactividad. Las sustancias radioactivas tardan un tiempo concreto en perder la mitad de su masa o su radioactividad y, durante un periodo equivalente, conservan el 50% restante. Una forma sencilla de expresar la unidad de tiempo correspondiente a la mitad de dicho periodo es la semivida (en radioactividad, también se habla de periodo de semidesintegración). No es posible predecir el tiempo que tarda en desintegrarse un determinado núcleo, pero sí puede determinarse de forma precisa la velocidad con que se produce este fenómeno, es decir, la semivida de desintegración. Las velocidades de desintegración de los radioisótopos son muy dispares: algunos de los fabricados artificialmente tienen una semivida de microsegundos, mientras que en los naturales, puede ser de miles de millones de años. Las semividas de los radioisótopos naturales son útiles para calcular la antigüedad de restos arqueológicos o la edad geológica de los fósiles, las rocas o la propia Tierra. Este proceso se denomina datación radiométrica.

Medicamentos. El metabolismo de los fármacos también sigue este mismo patrón: el tiempo que nuestro cuerpo tarda en eliminar la mitad de una dosis determinada también se denomina, en farmacología, semivida. El término hemisaturación también se utiliza para expresar este concepto. Aunque este valor varía según la persona, pueden determinarse intervalos generales; por ejemplo, el diazepam tiene una semivida de unas 44 horas en una persona joven, y es más prolongada en los ancianos y más corta en determinadas personas. Ello significa que, 24 horas después de haber tomado una dosis de 5 mg, quedan en el organismo 2,5 mg. Cuando una persona toma diariamente este medicamento, las concentraciones del fármaco van aumentando hasta que la cantidad absorbida diariamente es igual a la capacidad del cuerpo para eliminarlo, alcanzándose unas concentraciones de equilibrio. Estos valores empiezan a descender cuando la persona deja de tomar el fármaco, y dicha disminución produce unos síntomas característicos. Además, cada parte del organismo tiene una afinidad distinta por los fármacos y tarda tiempos distintos en alcanzar el estado de equilibrio (es decir, en acumular niveles hasta que no se pueden almacenar más) y en eliminar la mitad de la dosis. En general, las concentraciones en el plasma y la sangre suelen aumentar y disminuir con mayor rapidez que las de la grasa. Por eso se escucha a muchos buceadores decir que la grasa del cuerpo puede dificultar la descompresión porque retiene más nitrógeno. Sin embargo, también es cierto que tarda más en absorberlo que otras partes del cuerpo; es decir, tras el mismo tiempo de inmersión, habrá acumulado menos nitrógeno porque su hemisaturación es más baja. También se suele decir que el tejido cicatricial es problemático porque puede impedir la salida del gas. En cualquier caso, debe tenerse en cuenta que también es difícil que el nitrógeno penetre en él debido a la hemisaturación lenta de este tejido. Por el momento, no se ha determinado si esta característica puede causar o prevenir un problema relacionado con los gases respirados.

¿Cuál es el tiempo de hemisaturación del nitrógeno?

Si quisiésemos ver la evolución de la radioactividad de una sustancia o del diazepam en nuestro organismo, tendríamos que ir marcando puntos en una gráfica cada vez que la radioactividad o la

concentración del fármaco se redujesen a la mitad: este intervalo es, como ya sabemos, su semivida. Si uniésemos dichos puntos, obtendríamos la curva característica de la semivida, que sigue una ecuación exponencial. ¿Qué ocurriría si quisiésemos hacer la misma prueba con el nitrógeno que va eliminando un buceador?

La hemisaturación real del nitrógeno. Si recogemos periódicamente el aire espirado por un buceador en una bolsa, un tubo o un aparato y determinamos su contenido en nitrógeno, estaremos siguiendo el mismo procedimiento que se utiliza para calcular cantidad total de nitrógeno eliminado del organismo. Al representar estas determinaciones en una gráfica, obtendríamos una curva correspondiente a la suma de varias ecuaciones exponenciales.

Tiempo de hemisaturación en los distintos tejidos. Las curvas de eliminación total, como la mayoría de parámetros compuestos, no proporcionan detalles sobre los distintos factores que las forman. Por ejemplo, no permiten saber la cantidad de nitrógeno que entra o sale en diferentes partes del cuerpo. Sin embargo, sabemos que, en cada una de ellas, la velocidad de absorción y de eliminación de este gas es distinta, y que las diferentes presiones de nitrógeno en cada tejido tienen cierta importancia. Algunas partes del cuerpo contienen relativamente poco nitrógeno, pero las presiones demasiado elevadas de este gas en otros tejidos, que se alcanzan al bucear a demasiada profundidad o durante un tiempo excesivo o al salir a la superficie demasiado rápido, pueden dar lugar a un problema de descompresión.

Pruebas experimentales y teóricas. En investigaciones realizadas en torres de escape submarinas y en estudios de inmersiones normales con aire comprimido en que se han hecho descompresiones experimentales más largas se ha observado que algunos tejidos eliminan nitrógeno con mayor velocidad que otros, por lo que han podido clasificarse las distintas partes del cuerpo en función de su hemisaturación.

Las distancias a las que difunde el gas son cortas en la mayoría de los tejidos; cuando dichas distancias de difusión entre capilares son pequeñas, se dice que el tejido está bien «agitado» y el intercambio de gases se ajusta al perfil descrito de hemisaturación. Además, se ha observado que la adición de más tiempos de hemisaturación correspondientes a diferentes partes del cuerpo permite aumentar la precisión de los márgenes de seguridad en las tablas de descompresión y acercarla a los datos reales. La mayoría de los modelos de descompresión actuales no utilizan un solo tiempo de hemisaturación para todo el cuerpo.

No se trata solamente de cifras

Las tablas de la Armada estadounidense reducen el elevado número de posibles tiempos de hemisaturación agrupándolos en múltiplos de minutos; por ejemplo, en grupos de 5, 10, 20, 40, 60, 80, 90, 100 y 120 minutos. Existen otros modelos que emplean otras formas de distribuir la hemisaturación, pero siempre se basan en intervalos de minutos. Por tanto, es cierto que los tiempos de hemisaturación son cifras, pero estos cálculos matemáticos reflejan lo que está sucediendo realmente en el organismo. Si no pudiésemos utilizar estos valores, tendríamos que basarnos en datos biológicos para prevenir los problemas de descompresión, lo cual sería muy complejo. Además, emplear estos valores resulta mucho más útil que andar detrás de un buceador e ir marcando puntos en un papel.

Desaturación en paralelo. Podría parecer que el transporte de nitrógeno en los tejidos se ajusta a un patrón matemático simple pero, ¿es siempre así? No todos los sistemas absorben o eliminan componentes de forma exponencial. Además, aunque sabemos que el nitrógeno se comporta de este modo bajo determinadas condiciones, existen situaciones y factores que, en la práctica, modifican estos valores durante una inmersión. Se cree que el riego sanguíneo es el principal factor que determina el tiempo de hemisaturación tisular, si bien la solubilidad del gas en la sangre o los tejidos también es importante. El esfuerzo físico y los cambios de temperatura durante la inmersión afectan considerablemente al riego sanguíneo, y la temperatura también influye en la solubilidad.

La desaturación simultánea de varias partes del organismo se denomina «desaturación en paralelo». Es muy probable que no todo el gas se difunda al mismo tiempo desde todos los compartimentos del cuerpo

al torrente circulatorio para que se produzca su desaturación al espirar. Cuando un área con una presión elevada de nitrógeno está en contacto con otra zona de menor presión, el nitrógeno fluye de la primera a la segunda dando lugar a una desaturación secuencial de uno a otro tejido, un fenómeno que ya se ha observado con medicamentos. Además, los tejidos no eliminan las sustancias con la misma velocidad con que las han absorbido.

Pero lo que echa por tierra todos los cálculos posibles es el hecho de que muchos buceadores hagan una interpretación muy laxa de las normas y las recomendaciones para la práctica de su actividad y se expongan a condiciones que afectan al transporte ordenado y predecible de nitrógeno. Cualquier conducta que no respete las normas básicas de seguridad reviste importancia en la práctica.

Importancia práctica. Los tiempos de hemisaturación sirven para hacer cálculos sobre los límites del tiempo de inmersión basándose, entre otros parámetros, en el nitrógeno absorbido por el cuerpo que está siendo eliminado, no en el que se ha transformado de nuevo en gas antes de ser espirado. Una vez que se han formado las burbujas, el intercambio de nitrógeno ya no se rige por semividas: es a partir de este momento cuando la mayoría de los modelos sobre descompresión empiezan a fallar. En ocasiones, las burbujas pueden ayudar a eliminar el nitrógeno, pero en otras pueden obstruir su salida a través de fenómenos mecánicos y químicos.

¿Qué puede hacerse para reducir o prevenir la formación de burbujas?

1. Ascender más lentamente.
2. Realizar paradas de seguridad.
3. Mantener una buena salud cardiovascular.
4. Limitar la exposición total al nitrógeno.

En conjunto, estas medidas pueden permitir la desaturación del nitrógeno antes de que se transforme en burbujas y evitar que nuestro cuerpo se llene de «granadas» de gas inerte.

¡Los tiempos de hemisaturación son reales!

¿Podemos afirmar que tenemos compartimientos de 5, 60 o 120 minutos? Sí, es muy probable que algunas partes de nuestro organismo acumulen o eliminen la mitad de su nitrógeno en esos tiempos pero, evidentemente, no se trata de órganos enteros como el corazón o el estómago, sino de estructuras similares distribuidas por todo el cuerpo. Tal vez no dispongamos todavía de un sistema que pueda explicar el modo en que el nitrógeno entra y sale del cuerpo y que nos permita, por ende, prevenir una enfermedad por descompresión, pero de lo que no cabe duda es de que los tiempos de hemisaturación son fenómenos reales.