

# Actualización de los Primeros Auxilios con Oxígeno

## Fundamentos de la física de los gases de buceo

En un artículo anterior, hablamos de la física básica de los gases de buceo. En resumen, llegamos a la conclusión de que el oxígeno que respiramos, más el nitrógeno (que se supone que juega un papel clave en el desarrollo de la enfermedad descompresiva, o ED) se "lavan" fuera de los tejidos.

Recordemos que los pulmones poseen una gran superficie: extendidos, ocuparían aproximadamente la superficie de una pista de tenis. Sólo una única capa delgada de células separa la sangre del aire que respiramos, permitiendo el importante intercambio de gases.

Cuando efectuamos una descompresión adecuadamente, el nitrógeno se desplaza desde los tejidos del cuerpo por el torrente sanguíneo hacia el corazón y los pulmones, cruzando las células de las delgadas paredes pulmonares de los sacos aéreos (alveólos) y exhalado sin que uno siquiera se dé cuenta. Si hay suficientes moléculas alrededor, algunas moléculas de nitrógeno se unen para convertirse en burbujas. Estas burbujas son frecuentemente detectadas (usando la tecnología de ultrasonidos) en el torrente sanguíneo. En Duke vemos estas burbujas, de forma rutinaria, durante los estudios de investigación, estando presentes algunas veces incluso después de realizar buceos poco profundos.

Ya en 1990, el Dr. RD Eckenhoff y sus colegas de la Universidad de Pennsylvania informaron que se podría esperar detectar burbujas venosas en el 56 % de los buceadores que habían pasado 48 horas a la poca profundidad de -5 metros en el mar (1). Sin embargo, este perfil de saturación (48 horas a -5 metros) es mucho más largo de lo que el buceador recreativo promedio podría experimentar. Además, inmersiones cortas y poco profundas presentarían mucha menor probabilidad de formar burbujas detectables que una exposición de 48 horas.

Sin embargo, éste fue un descubrimiento significativo porque, antes de eso, pocos especialistas en medicina del buceo creían que las burbujas eran tan frecuentes. Con raras excepciones, todas estas burbujas son simplemente filtradas por los pulmones antes de que tengan la oportunidad de cruzar a la circulación arterial, donde sí podrían producir una lesión al obstruir el flujo sanguíneo.

Las burbujas de nitrógeno se pueden minimizar durante la descompresión utilizando oxígeno al 100%. Éste disminuye la posibilidad de la formación de burbujas de nitrógeno patológicas en cantidades apreciables. Aunque las burbujas de oxígeno puro siguen su camino en la circulación arterial, se consideran menos molestas que las burbujas de nitrógeno porque el oxígeno es un gas metabólico, es decir, es como un combustible que se consume, a diferencia de la burbuja de nitrógeno, inerte. Cualquier burbuja de oxígeno razonablemente pequeña, incluso las que van al cerebro, va a ser finalmente consumida.

Ésta es una de las pocas veces que se puede alabar el insaciable apetito del cerebro por el oxígeno. (Consume más oxígeno por unidad de peso que cualquier otro órgano, y el pulmón consume muy poco). Nota de seguridad: bajo el agua, para minimizar el riesgo de toxicidad del oxígeno sobre el sistema nervioso central, no se respira oxígeno al 100% a una profundidad mayor de -6 metros en agua salada. En una cámara de descompresión, como el riesgo de toxicidad por el oxígeno es menor cuando el buceador está en reposo, el oxígeno 100% se utiliza hasta una presión equivalente a una profundidad de -18 metros en agua salada.

## Los Resultados

Cambiando de marcha, me gustaría resumir nuestras conclusiones iniciales, mientras intercalo algunos comentarios y una explicación.

Nos fijamos en 2.231 casos de ED guardados en la base de datos de DAN sobre lesiones en el buceo (de 1998-2003) y encontramos que la media de tiempo desde la llegada a la superficie y el inicio de los síntomas fue de 2,2 horas para todo tipo de ED y posibles combinaciones. "Media" se refiere al tiempo promedio entre los valores más altos y los más bajos. En general se cree que casi todos (95%) de los síntomas de ED se producen dentro de las primeras seis horas en superficies, por lo que 2,2 horas no es irrazonable.

Cuando se sospechaban síntomas de ED, un 47% de los buceadores lesionados fueron tratados con Primeros Auxilios con oxígeno (OFA). Creo que la comunidad de buceadores aún tiene mucho margen de mejora aquí, y sospecho que el número es más alto ahora, teniendo en cuenta la mejor formación de los buceadores actuales.

El tipo de ED que tendía a ser tratado con los OFA también era interesante. Esos buceadores con los síntomas más dramáticas, como los que presentaron complicaciones cardiopulmonares o graves trastornos neurológicos (por ejemplo, parálisis) fueron los más propensos a recibir OFA.

Un hallazgo interesante vino de los buceadores aquejados de signos de ED en la piel que, en sí mismo, no es una forma potencialmente mortal de la ED: a los buceadores les fueron administrados los OFA más rápidamente que cualquier otro tipo. Su tiempo medio de OFA fue de 18 minutos. Este rápido inicio de la aplicación de los OFA puede deberse a que las manchas en la piel son fácilmente visibles por todos los que lo rodean y con frecuencia presentan escandalosas erupciones cutáneas. Nos sorprendimos al saber que la espera media para los buceadores con graves síntomas neurológicos como debilidad en las piernas, parálisis o disminución del nivel de conciencia, para recibir los OFA fue de 54 minutos desde el inicio de los síntomas.

Este punto vale la pena repetirlo: los buceadores accidentados con graves síntomas neurológicos tienden a esperar unos 54 minutos para recibir los OFA. La mayoría de los especialistas en medicina de buceo están de acuerdo en que un buzo paralizado debería empezar a recibir el oxígeno mucho antes de 54 minutos después de la aparición de los síntomas. Si se presenta un sencillo dolor articular, la espera fue un poco más de tres horas después de la aparición de los síntomas. El entumecimiento y hormigueo, casi seis horas. Si un buceador se "dobla" (curvatura dolorosa del cuerpo causada por la ED) puede esperar recibir los OFA más rápidamente.

De los 2.231 casos, hemos tenido muy poca información acerca de los resultados de los que recibieron los OFA antes de entrar en la cámara hiperbárica. De hecho, sólo teníamos 330 casos en los que sabíamos lo que el buceador sentía después de haber recibido los OFA y antes del tratamiento hiperbárico. De los 330 buzos, el 65% (205 buceadores) han informado de un alivio completo de los síntomas o una sustancial mejora con solo la administración de los OFA.

Este es un hallazgo inspirador, pero no lo suficientemente fuerte como para evitar la necesidad de tratamiento adicional hiperbárico, que sigue siendo el tratamiento definitivo. Si se añade un tratamiento hiperbárico después de los OFA, el grupo de los recuperados totalmente salta al 67%, en comparación con aquellos que no recibieron OFA (58% totalmente recuperados).

En otras palabras, cuando se recibe OFA antes del tratamiento hiperbárico, la posibilidad de tener un alivio

completo después del tratamiento hiperbárico es mayor. Este hallazgo fue estadísticamente significativo.

¿Qué pasa con la posibilidad de que la administración de los OFA signifique la disminución del número total de tratamientos hiperbáricos necesarios para el tratamiento completo a un buceador lesionado? Bueno, se encontró que aquellos que habían recibido OFA antes de transcurridas menos de cuatro horas desde el inicio de los síntomas de la ED eran menos propensos a requerir más de un tratamiento hiperbárico.

En otras palabras, si se recibe OFA rápidamente, las posibilidades de recibir solo un tratamiento hiperbárico son mayores. Por lo menos, debe de haber oxígeno disponible en todas las embarcaciones de buceo y en cantidad suficiente como para poder tratar a uno o dos buceadores lesionados todo el tiempo que dure su traslado a un hospital.

### **Sacando el máximo partido del oxígeno**

Una alta eficiencia como en un reciclador de bajo caudal como la Unidad Remota de Oxigenación en Emergencias Médicas (REMO<sub>2</sub>™) - (ver figura 1) o dispositivos similares, bien vale la pena considerarlos, especialmente si se bucea en lugares remotos, es decir, lejos de las instalaciones médicas. El REMO<sub>2</sub>™ puede ofrecer de manera muy eficiente, más del 90% de oxígeno inspirado con un minúsculo caudal de 1 l /min de flujo promedio.

Ello se consigue reciclando el oxígeno no utilizado y exhalado. El REMO<sub>2</sub> utiliza una máscara de reanimación oronasal que hace un sellado efectivo contra la cara. Pocas unidades son tan eficientes. En el caso de un buceador lesionado estable que no necesita evacuación por helicóptero, le permitirá mucho más tiempo para hacer el viaje de regreso a la costa en la lancha, antes de agotar el suministro de oxígeno.

A modo de comparación, las máscaras de oxígeno de plástico (sin bolsa de reserva) utilizadas en los hospitales, requieren 13-15 litros por minuto (l/min) para alcanzar una concentración del 50% de oxígeno. Las cánulas nasales son mucho menos eficaces, el aumento de oxígeno inspirado sólo un pequeño porcentaje más alto que el del aire. Se encontró que un alarmante 7% de los buceadores lesionados se les administraban los OFA mediante este método. La mayoría de socorristas utilizan la máscara oronasal, comúnmente disponibles y razonablemente eficientes (37%). En las salas de emergencia hay las máscaras flexibles, con balón reservorio.

Por lo tanto, ¿cuál sería la cantidad de oxígeno que deberíamos llevar en un viaje de buceo? He aquí una pequeña tabla (Tabla 1) que compara los OFA, desde la ineficiente entrega (15 L / min) hasta el uso de la eficiente unidad REMO<sub>2</sub> (1,3 l / min de promedio)\*. La diferencia es notable. He incluido, a través de operaciones matemáticas sencillas, una explicación que se puede adaptar al uso de botellas de diferentes tamaños. Recordar traer siempre un poco más para los imprevistos.

### **En resumen**

Necesitamos aprender aún más sobre aquellos buceadores que usan los OFA sin tratamiento hiperbárico posterior, así como aquellos buceadores que usan los OFA sin buscar atención médica formal.

### **Table 1: Diferentes Sistemas de Administración de Oxígeno**

Duración deseada del O <sub>2</sub> (horas)	Alto caudal O <sub>2</sub> (15l/min) esto es, uso ineficiente. Total Litros O <sub>2</sub> usados	Número de cilindros tipo Jumbo-D necesitados	Bajo caudal (1.3 l/min), esto es, uso eficiente O <sub>2</sub> . Total Litros O <sub>2</sub> usados*	Número de cilindros Jumbo-D necesitados
1	0,9	1 ½	78	< ¼
2	1,8	2 ¾	156	¼
3	2,7	4 ¼	234	< ½
4	3,6	5 ¾	312	½
5	4,5	7	390	< ¾
6	5,4	8 ½	468	¾
7	6,3	9 ¾	546	< 1
8	7,2	11 ¼	624	1
9	8,1	12 ¾	702	< 1 ¼
10	9,0	14	780	1 ¼

*Esta información se basa en el sistema REMO<sub>2</sub>™. Sin embargo, este sistema ya no está en uso. Rebreathers de oxígeno médico similares a los REMO<sub>2</sub>™, tales como el sistema Wenoll, están en uso actualmente en Europa y producen resultados similares.*

### **Sobre el autor**

John Paul Longphre, M.D., es un compañero de formación y de investigación en el Centro de Medicina Hiperbárica y Fisiología Ambiental de la Universidad de Duke, y actualmente trabaja en la división de Medicina Ambiental y Ocupacional del Centro Médico de la Universidad de Duke, Durham, Carolina del Norte, EEUU.