

ENFERMEDAD DESCOMPRESIVA TRATAMIENTO

CESAR ALONSO RODRIGUEZ, *Capitán Médico*
JUAN CARLOS SALINAS SANCHEZ, *Capitán Médico*
C.I.M.A.

YA habíamos visto en el capítulo previo de Enfermedad Descompresiva como el nitrógeno que constituye el 71.09% del aire atmosférico normal, se comporta como un gas inerte y al no entrar en combinación con ningún elemento permanece disuelto en gran cantidad en la sangre y progresivamente en algunos tejidos, se recordará como el nitrógeno por sus especiales características era capaz de formar microburbujas y éstas ser las responsables de adversos efectos a nivel vascular y tisular. (1, 2, 3, 4).

La terapia hiperbárica se basa en 2 principios físicos uno el relacionado con la capacidad de compresión de los gases y el segundo con la capacidad de disolución de los gases en relación con la fracción inspirada de los mismos (5).

El primero no es más que la aplicación de la ley Boyle, al aumentar la presión disminuye el volumen de cualquier gas, en este caso encontraremos una disminución del volumen de las burbujas de gas distribuidas por el organismo y que van a ser el origen de numerosas alteraciones como la enfermedad descompresiva vista en el núm. 558 de R. de A. y A. La figura 1, nos muestra la relación entre el volumen del gas y la presión aplicada.

Durante la compresión, la burbuja se vuelve cada vez menor y la tensión superficial de la misma aumenta. Por debajo de un cierto diámetro crítico, la tensión superficial es suficientemente intensa como para que la burbuja se colapse y el gas contenido en su interior se disuelva, esto que teóricamente podría cumplirse en la práctica a veces no ocurre, es la simple reducción del volumen, la que contribuye principalmente a la mejoría de los síntomas, permitiendo restaurar la circulación, en el lugar que previamente

| Profun. en m. | Presión en ATA | Volumen relativo | Diámetro relativo |
|---------------|----------------|------------------|-------------------|
| 0 | 1 | 100 | 100 |
| 10 | 2 | 50 | 79,3 |
| 20 | 3 | 33,3 | 69,3 |
| 30 | 4 | 25 | 63 |
| 40 | 5 | 20 | 58,5 |
| 50 | 6 | 16,6 | 55 |
| 100 | 10 | 10 | 46,2 |

Figura 1. Relación entre volumen de la burbuja con incremento de presión. (ATA = Presión Absoluta).

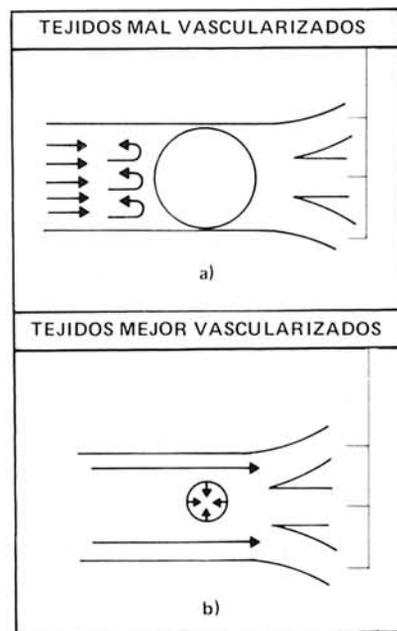


Figura 2. a) Situación de las burbujas de aire/nitrógeno en caso de Enfermedad Descompresiva. b) Después de Tratamiento Compresivo.

estaba obstruido (ver figura 2), además reduce los efectos mecánicos producidos por la presencia de burbujas extravasculares (6). Al estar el gas atrapado dentro de la burbuja a una mayor presión se establece un gradiente favorable hacia la difusión de éste al exterior. Ello precisamente nos lleva al segundo condicionamiento físico de la Terapia Hiperbárica, esto es la disminución de la concentración del nitrógeno en el aire inspirado que contribuye a crear un gradiente a favor de la eliminación de éste gas desde los tejidos donde se encuentra acumulado. Ello se consigue respirando oxígeno al 100%. La figura 3 nos muestra la diferencia de gradientes de eliminación de nitrógeno respirando aire y oxígeno al 100%.

Pero los efectos beneficiosos de la utilización de éste oxígeno hiperbárico, no sólo están por la facilitación en la eliminación y disminución de las microburbujas. De todos es conocido que el oxígeno es transportado a los tejidos por la hemoglobina, pero ésta tiene un límite en cuanto a su capacidad de transporte, llegado éste, por mucho oxígeno que transportemos esta molécula es incapaz de cargar más. En condiciones normales además del oxígeno combinado con la hemoglobina, el oxígeno puede ser llevado en la sangre disuelto en la misma, pero esto ocurre en una proporción tan pequeña que es un oxígeno que de poco le sirve a los tejidos. Se administramos O_2 al mismo tiempo que sometemos al paciente a terapéutica hiperbárica la concentración de este O_2 disuelto en sangre va a aumentar a unos niveles en que si va a ser suficiente para que sea útil a los tejidos, es decir que tal como se representa en la figura 4, aumentando la presión parcial de O_2 , el combinado con la hemoglobina per-

manecerá igual a partir de 200mmHg. mientras que el oxígeno disuelto aumenta en relación con la presión aplicada.

INDICACIONES

De lo dicho anteriormente parece desprenderse que la oxigenoterapia hiperbárica es el principal medio terapéutico en caso de enfermedad descompresiva.

Se recordará existían dos formas clínicas: de tipo I. sin repercusión visceral y de tipo II. con manifestaciones viscerales (cardiovasculares, neurológicas, etc...).

Cualquier manifestación correspondiente al tipo II. será indicación absoluta de tratamiento, además de las manifestaciones articulares de tipo I. (9, 10, 11, 12)

El cuadro 1 nos muestra la pauta de actuación ante un caso de enfermedad descompresiva.

Existen otras indicaciones para la utilización de éste medio terapéutico, que se escapan del propósito de este trabajo, no obstante quedan resumidos en el cuadro II.

TRATAMIENTO

Por casi todos es conocido que el tratamiento del llamado "accidente de buceo", es situar al buceador en una cámara cerrada a la que se inyecta aire a presión, es decir la utilización de las llamadas Cámaras Hiperbáricas. Con ello se consiguen parte de los objetivos esbozados en el repaso de las bases fisiológicas de la Enfermedad Descompresiva.

En el caso del Aviador el Tratamiento va a ser realizado de una manera similar pero aprovechando el desarrollo y grandes posibilidades de las actuales Cámaras Hiperbáricas muy superiores en capacidad y recursos a aquellas primitivas diseñadas exclusivamente para el tratamiento del "buceador".

Las prospecciones petrolíferas en el fondo del mar han beneficiado enormemente el desarrollo de la medicina Hiperbárica pues son precisamente poderosas compañías petrolíferas las más interesadas en el desarrollo de técnicas que permitan un mejor aprovechamiento de los recursos humanos en el medio submarino.

La eficacia del Tratamiento y los medios empleados en la investigación de métodos y Tablas de Tratamiento han permitido que la Medicina Hiperbárica cobre cada vez más sentido terapéutico, que en cierto modo había perdido durante las décadas de los 50 y 60.

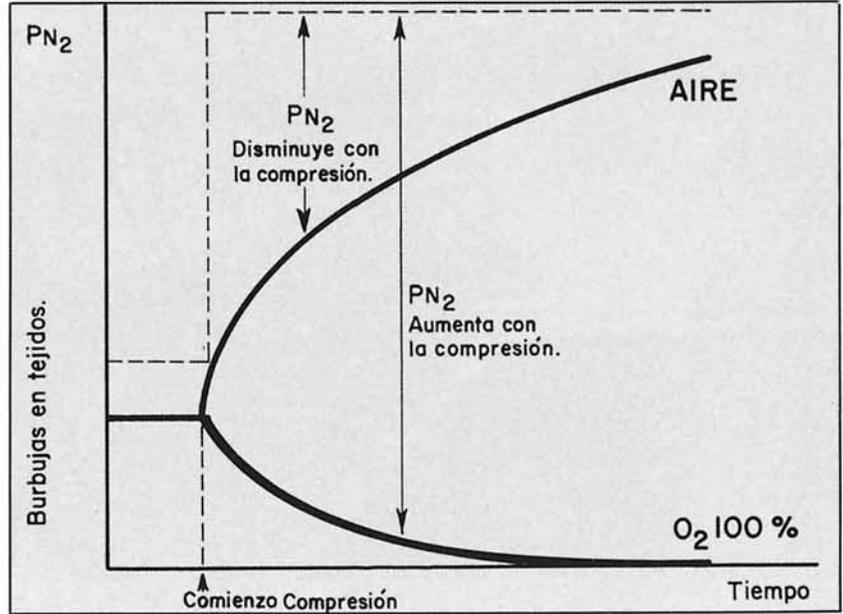


Figura 3. Diferencia de gradientes de eliminación de Nitrógeno, respirando aire y oxígeno al 100%.

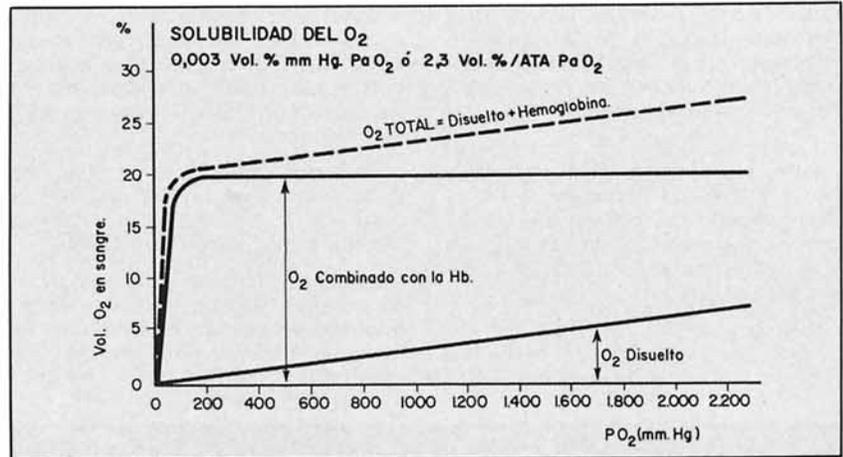


Figura 4. Curva de disociación de la Hemoglobina en relación a la concentración de oxígeno disuelto y a progresivas presiones parciales de oxígeno.

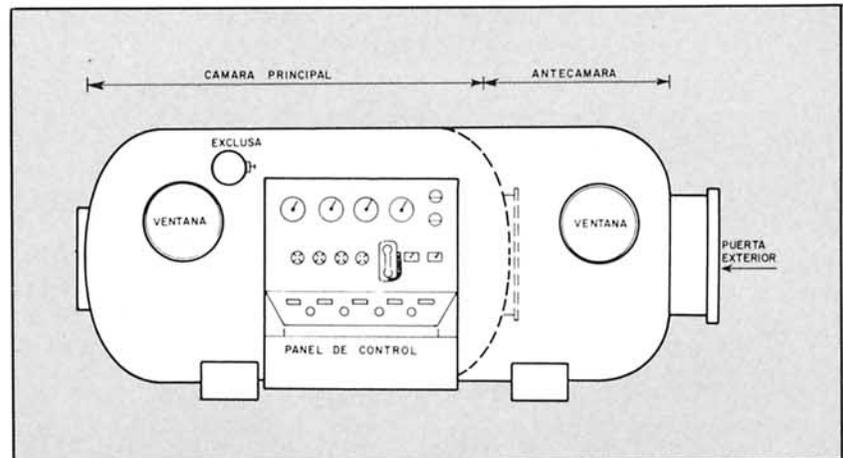
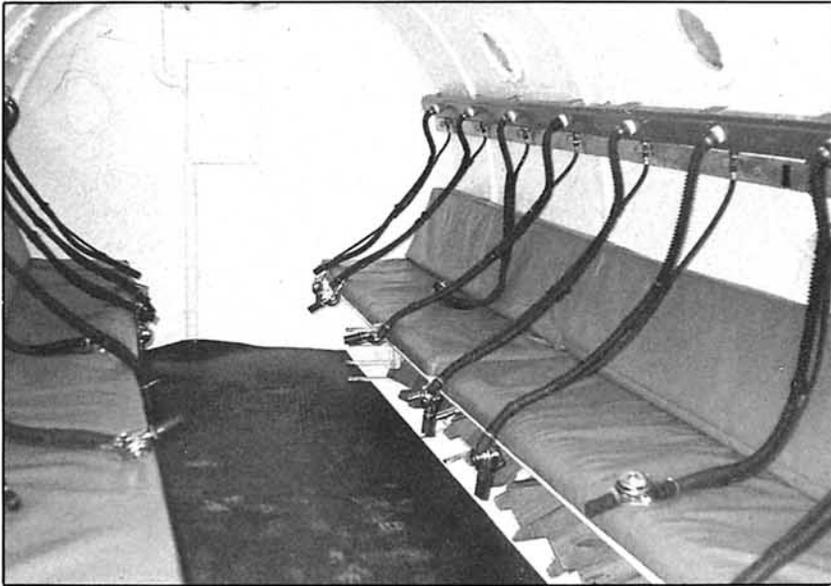


Figura 5. Cámara Hiperbárica Tipo.



Cámara Hiperbárica Multiplaza.

Hoy día son numerosos los países que disponen de importantes departamentos de Medicina Hiperbárica. Así hay unidades de Tratamiento Hiperbárico distribuidas en el Territorio francés siendo las del COMEX conocidas a nivel mundial.

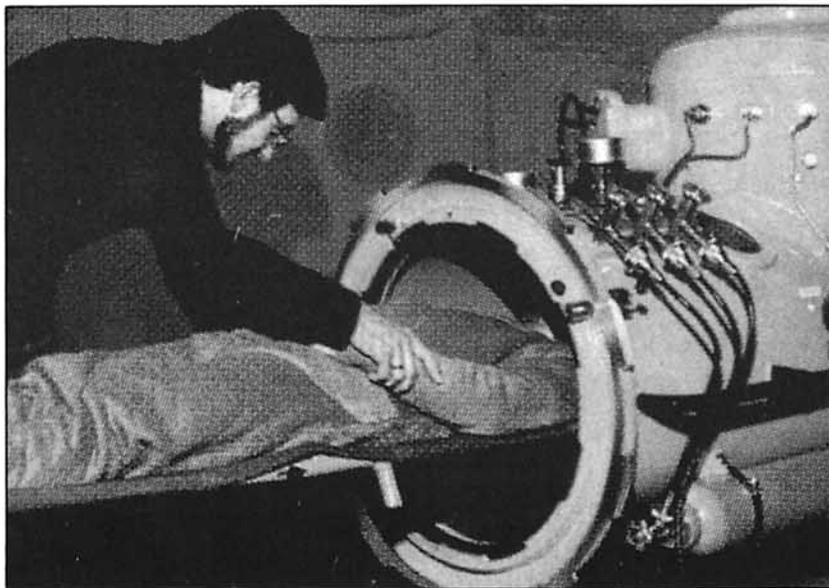
Cinándonos al campo exclusivamente Aeronáutico, ya hemos visto como las Bases fisiológicas de la Enfermedad Descompresiva del Aviaador o del Buceador son las mismas y de ahí que el Tratamiento sea similar.

Actualmente la USAF dispone de 2 grandes Unidades de Medicina Hiperbárica situadas en San Anto-

nio (Texas) y otra en Dayton (Ohio). Esta última, situada en la Base de Wright-Patterson es la mayor unidad del mundo, dotada con los sistemas de Tratamiento más avanzados y con una capacidad, en su Unidad Central, para atender hasta 40 pacientes.

Existe el proyecto de creación de 2 unidades más una situada en la costa Oeste de USA y otra probablemente en el suroeste de USA.

Parece evidente que la inversión de grandes sumas de dinero en la dotación y creación de Unidades de éste tipo responde a criterios de utilidad y rentabilidad a los que pro-



Cámara Hiperbárica Monoplaza.

bablemente no debemos ser ajenos pensando sobre todo que España dispone de tecnología y medios propios para la instrucción y construcción de Cámaras Hiperbáricas homologables a las ya desarrolladas por industrias extranjeras.

En esquema una cámara hiperbárica no es más que un habitáculo, generalmente cilíndrico, al que se inyecta aire comprimido, mediante un sistema de válvulas que permite también la evacuación de ese aire a presión. La figura 5 nos muestra lo que puede ser la configuración de una Cámara hiperbárica típica. Las paredes de este cilindro serán tanto más gruesas cuanto más presión tenga que soportar, es decir cuanto más "profundo" se quiera llegar. A este cilindro se le pueden añadir diversos elementos que en definitiva son los que van a caracterizar las posibilidades de la cámara, como son aporte exógeno de Oxígeno (Oxigenoterapia hiperbárica), comunicaciones con el exterior, indicador de niveles de Oxígeno en el interior, medicalización de ésta y capacidad.

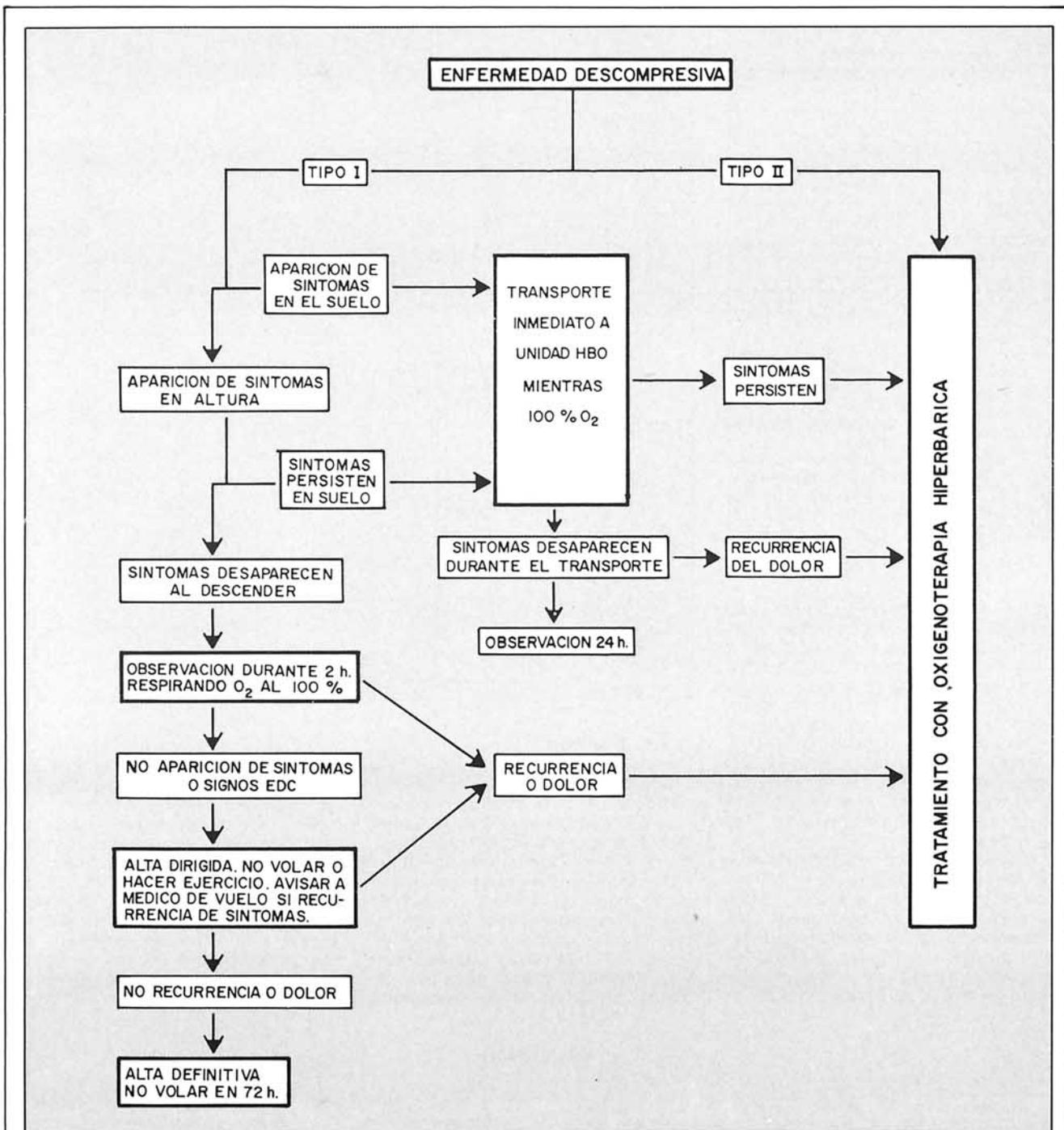
Como queda expresado en la figura 5, toda cámara hiperbárica debe disponer de una antecámara o compartimento estanco que en un momento dado permita subir o bajar a alguien, generalmente personal sanitario, en el curso de un tratamiento largo, manteniendo al posible paciente en la cámara principal.

Existen 2 tipos de cámaras.

1) **Multiplazas**, es decir aquellas que permiten el tratamiento de varios pacientes, a la vez. La tendencia actual es hacia la utilización de este tipo de cámaras, más espaciales y rentables. Habría que señalar que España posee la cámara hiperbárica mayor de Europa situada en el Hospital de Caridad de Cartagena, y construida de una manera casi artesanal por uno de los pioneros de la Medicina Hiperbárica en España el Dr. D. Antonio de Lara, antiguo jefe de la Unidad de Investigación Subacuática de la Armada. El acceso a la cámara puede realizarse mediante una puerta circular o rectangular, esta última más útil por permitir un paso más fácil, sobre todo si se ha de introducir camillas.

2) **Monoplazas**, estas permiten el tratamiento de una sola persona, es decir no hay posibilidad de soporte médico en su interior y su utilización está relegada prácticamente al "accidente de buceo".

Existe un tipo especial de cámara monoplaza, denominado "cartucho", éstos pueden ser acoplados a una multiplaza y realmente sólo se utili-



Cuadro I. Pauta de actuación.

zan para el transporte del paciente a una Unidad multiplaza, su utilidad actualmente está en entredicho y el uso de éstos cada vez menor.

Hemos visto en que consiste una cámara hiperbárica, pero el modo de utilización o pauta de tratamiento, que en este caso denominamos "tablas de tratamiento" va a variar de una enfermedad a otra, explicar las pautas de tratamiento de cada una de las indicaciones referidas en el

cuadro II, se escapa del ámbito de ésta exposición no obstante la figura 8 a) y b) señala las 2 pautas de tratamiento referidas como tablas V y VI, para la Enfermedad Decompresiva en sus tipos I y II respectivamente. En ambos casos se consigue una presión de 2.8 Atmosferas Absolutas, variando el tiempo de exposición, según la tabla y siempre alternando aire y oxígeno, pues la exposición de forma continuada a este

gas en ambiente de alta presión es tóxico.

Son precisamente estas tablas las utilizadas en el tratamiento de la Enfermedad Decompresiva del Avia-dor.

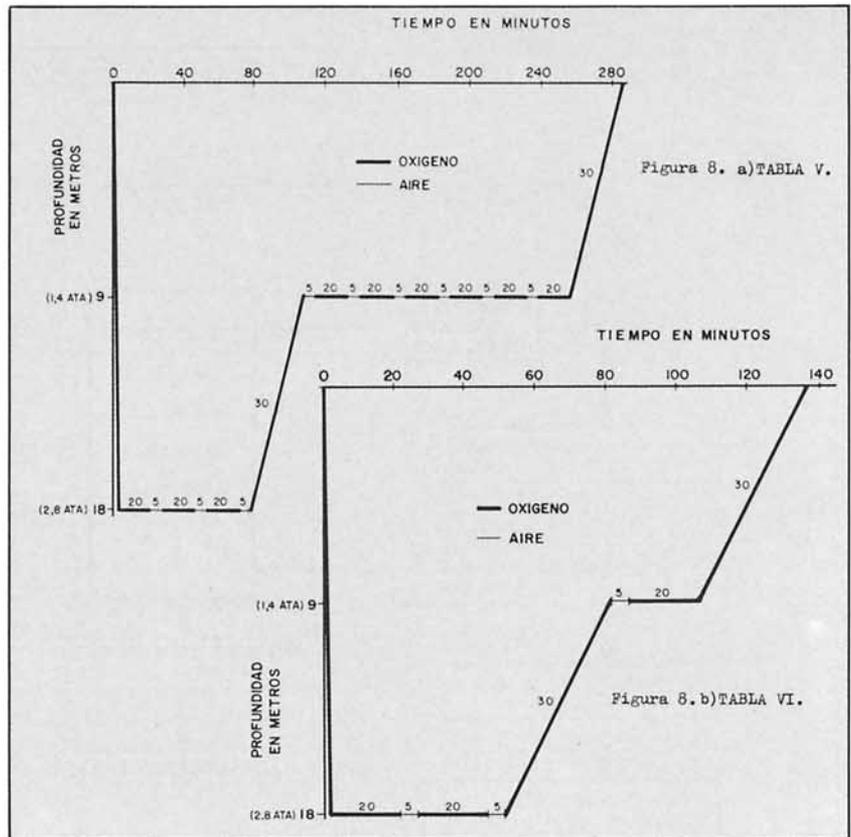
Si nos fijamos en el cuadro I, donde se establecen las pautas de actuación ante un posible caso de Enfermedad Decompresiva, observamos que si la sintomatología aparece en la altura, muchas veces

| INDICACIONES DE LA OXIGENOTERAPIA HIPERBARICA (HBO) | |
|---|--|
| TRATAMIENTO INMEDIATO | Enfermedad Descompresiva. Intoxicación por CO. Gangrena Gaseosa. |
| INDICACIONES REFERENTES | Embolismo Gaseoso. Osteomielitis Crónica. Osteoradionecrosis. Injertos Cutáneos. |
| INDICACIONES COMPLEMENTARIAS | Arteriopatías grados I y II. Retinopatía Diabética grados I y II Trastornos en la Cicatrización. Enfermedades Hipóxicas Agudas. Crush Síndrome (Síndrome Aplastamiento) Lesiones por Congelación. |

Cuadro II. Indicaciones más importantes de la OXIGENOTERAPIA HIPERBARICA.

simplemente bajando (significa compresión), desaparecen, otras veces ocurre ésto durante el transporte a una unidad de medicina hiperbárica, siempre respirando oxígeno al 100%, es sólo si a pesar de ésto los síntomas de la enfermedad tipo I persisten cuando está indicado la instauración de una tabla tipo V. La aparición de síntomas de enfermedad tipo II implica tratamiento con oxigenoterapia hiperbárica lo más pronto posible.

Independientemente del tratamiento en cámara hiperbárica existen otras medidas de soporte médico convencional que no deben olvidarse como administración de diversos fármacos e infusión de líquidos por vía exógena, así como el riguroso control de constantes vitales.



CONCLUSIONES

No parece haber desacuerdo desde el punto de vista Médico Aeronáutico sobre la necesidad de disponer de este medio terapéutico allí donde el riesgo de aparición de dicha enfermedad es más acentuado.

La ubicación de una Unidad de Oxigenoterapia Hiperbárica aportaría un inestimable elemento de seguridad a nuestras tripulaciones y en general a todo el personal que realiza prácticas de entrenamiento

fisiológico, tanto tripulantes como instructores, de ahí que la localización más adecuada de esta Unidad sea precisamente el CIMA.

Hay que resaltar que todas las Fuerzas Aéreas de nuestro entorno poseen instalaciones de este tipo próximas a sus unidades de Entrenamiento Fisiológico y aquellos países que como Grecia o Portugal no poseen dichos medios es porque en sus proximidades existen las apropiadas instalaciones pertenecientes a la Armada. ■

BIBLIOGRAFIA

- (1) Harvey E.N. Bubble Formation in animals. Gas nuclei and their distribution in the blood and tissues. *J. Cell comp. Physiol* 1944; 24: 23-24.
- (2) Behnke A.R. Decompression Sickness: Advances and Interpretations. *Aerospace Med.* 1971; 42:255-267.
- (3) Jones, H.B. Gas exchange and blood-tissue perfusion factors invariancy body tissues. In National Research Council, Committee on Med. Sciences. Decompression Sickness: Caisson sickness, diver's and flier's bends and related Syndromes. Edited by J.K. Fulton 437 p. Philadelphia 290-295, 1951.
- (4) Harvey E.N. Physical factors in bubble formation. En Decompression Sickness. J.F. Fulton, Saunders, Philadelphia, 90-114, 1951.
- (5) Hyperbaric Chamber Operations AFB. 161-27. Department of the Air Force. HQ USAF. 1983.
- (6) Davis Jefferson C. and Hunt, Thomas K. Hyperbaric Oxygen Therapy. Undersea Medical Society Inc. Bethesda, Maryland 1977.
- (7) Lundin, G. Nitrogen elimination from the tissues using oxygen breathing and its relationship with fat: muscle ratio and the localization of bends. *J. Physiol. Londres* 152. 167-175, 1960.

- (8) Elliot D.H., Hallenbeck J.M.: the pathophysiology of Decompression Sickness. En "The Physiology and Medicine of Diving". Bennett y Elliot, pags. 435-455 Ed. Balliere & Tindall, Londres 1975.
- (9) Davis, J.C., P.J. Sheffield, I. Schucknecht, R.D. Heimbach, J.M. Dunn, G. Douglas, and G.K. Anderson. Altitude Decompression sickness: Hyperbaric Therapy results in 145 cases. *Aviat. Environ. Med* 48 (8): 722-730, 1977.
- (10) Feldmeier J.J., Workman W.T. the USAF Hyperbaric Center: A look Through the Porthole. *Military Medicine*. Vol. 148. Febrero, 1983.
- (11) Downey V.M. the use of overcompression in treatment of Decompression sickness. *Aerospace Med.* 34: 28-29, 1963.
- (12) Haymaker, W. A.D. Johnston and V.M. Downey. Fatal Decompression sickness during jet aircraft flight; Clinicopathological study of 2 cases *J. Aviat. Med.* 27: 2-17, 1956.
- (13) Tomado de la I Reunión Nacional sobre Cámaras Hiperbáricas. No Publicado. Octubre, 1985.