

Utilización de oxígeno y anhídrido carbónico en los vuelos de alta cota

(Profilaxis de la anoxia y acapnia)

Por JUAN FORTEZA BOVER

Capitán Médico del Cuerpo de Sanidad del Aire.

A la vista de un avión volando, lo que menos se piensa es en el gran número de problemas que ha habido que superar para que el "artefacto" pueda elevarse por los aires. Analizando globalmente las dificultades que hay que resolver para el vuelo de un avión, vemos, por un lado, los detalles de índole *mecánica y aerodinámica*, los cuales, en afán constante de superación, hacen creer, a primera vista, que todo progreso en el vuelo se reduce a la *perfección de la técnica*, sin contar con que, por otro lado, uno de los primordialísimos problemas son los de índole médica en el vuelo, y entre ellos el de la *resistencia* del organismo a la *altura*.

La perfección técnica puede llevarse a extremos insospechados, quedando hoy maravillados del vuelo de un avión sin piloto conducido y maniobrado por radio. Ahora bien, lo que no es posible es contar con la adaptación sistemática del organismo humano al vuelo de cotas cada vez más superiores, sin contar con la Medicina.

De todos es conocido que la Medicina aeronáutica, como especialidad, estudia las vicisitudes y problemas de índole fisiológica y patológica, consecutivos al vuelo de altura o "alta cota".

El estudio de estos problemas se ha venido realizando, bien en *Estaciones Aerosanitarias*, colocadas a distintas alturas, aprovechando las desigualdades del terreno, en países montañosos, o bien utilizando las *aeronaves médico experimentales*, en las cuales el médico explorador y sujeto examinado emprendían el vuelo, reconociéndose al individuo a distintas alturas. Como último recurso, perfeccionamiento y comodidad de exploración médica existen las *cámaras de baja presión*, verdaderos Laboratorios provistos de todos los artificios necesarios para colocar al sujeto de exploración (en otros casos animales de distintas especies) en las mismas condiciones en las que se encuentra el piloto en pleno vuelo y a distintas alturas.

Todos estos medios exploratorios han condu-

cido a demostrarnos que en el vuelo de alta cota existen tres agentes etiológicos, o mecanismos perturbadores, de la integridad funcional y fisiológica del piloto. Estos tres factores son:

1.º *La disminución de la temperatura*: En una cuantía que alcanza a un descenso termométrico de 10 grados por cada 1.500 metros de ascensión.

2.º *La disminución de la presión atmosférica*: La cual ha quedado calculada aproximadamente en unos 130 mm. de Hg. los primeros 1.500 metros de altura. En unos 110 mm. de Hg. desde los 1.500 metros hasta los 3.000, y de unos 95 mm. de Hg. de los 3.000 a los 4.500 metros de altura; esta depresión atmosférica alcanza los 380 mm. de Hg. (la mitad de la presión existente a nivel del mar) cuando se han alcanzado alturas de 5.486 metros (sobre unos 18.000 pies).

3.º *Disminución de oxígeno*: Finalmente, la altura presenta, como tercer agente perturbador del funcionalismo del piloto, la disminución del oxígeno ambiente, y como consecuencia de este déficit parcial de oxígeno y anhídrido carbónico, se aprecia un paralelo descenso de oxígeno en la sangre (hipoxemia) y en los tejidos (anoxia). La disminución del anhídrido carbónico en la sangre se llama *acapnia*.

La *anoxia* y la *acapnia* provocan en el piloto una serie de alteraciones tales como: aumento de la frecuencia de pulso (taquicardia). Aumento de tensión en los vasos arteriales (hipertensión arterial). Aumento de células sanguíneas (poliglobulia). Aumento de la frecuencia de las respiraciones (polipnea), depresión y confusión mentales, excitación psicomotriz y, finalmente, el *síncope de altura*, cuando se alcanza aproximadamente los 7.000 metros de altura.

Todos estos accidentes tienen su prevención o profilaxis con el suministro adecuado de oxígeno. Esta es la medula de nuestro trabajo, sin otro interés que poner al alcance de los lectores

no impuestos en la materia de aquellos medios y aparatos de que dispone hoy la Medicina aeronáutica para prevenir, durante *el vuelo de alta cota*, todas estas alteraciones funcionales que conducen fatalmente a disminuir la *capacidad de vuelo* del piloto, causa frecuentísima de accidentes de vuelo por falta de disciplina en el uso de los aparatos a ello destinados.

El que esto leyere se habrá dado cuenta que este pequeño trabajo no va dirigido a los compañeros médicos del Cuerpo de Sanidad del Ejército del Aire. Muy al contrario, la forma sencilla de exposición, la falta de tecnicismo, no aclarada, y nuestra idea al escribir estas líneas es vulgarizar estos conceptos y descubrir, a los ojos de los compañeros de otras Armas y Cuerpos, de los medios de profilaxis de que se dispone hoy día para evitar las alteraciones que se presentan en el piloto con la altura.

Este trabajo queda, pues, resumido a la descripción de los aparatos utilizados durante el vuelo de alta cota, para el suministro inteligente del oxígeno necesario para la profilaxis de la anoxia.

Demostrado, pues, que cuanta mayor es la altura tanto menor es la cantidad de oxígeno y anhídrido carbónico, se deduce que hay que recurrir a la inhalación de estos gases, generalmente mezclados con el aire ambiente, para contrarrestar el déficit de ellos en el aire pulmonar. Suministrando estos flúidos en las formas que señalaremos más adelante, se consigue corregir los efectos patológicos de la falta de oxigenación de los tejidos (anoxia) y del anhídrido carbónico (acapnia). De tal suerte esto es así, que no se presentan tales accidentes aun volando a unos 35.000 pies de altura (10.668 metros) o más, aunque esto no puede conseguirse de una forma indefinida, ya que la tensión del vapor de agua en el ámbito pulmonar es de 45 milímetros de Hg., cualquiera que sea la altura de vuelo, de lo que resulta que llegados a los 19.507 metros (unos 64.000 pies) la presión del aire ambiente es también de 45 mm. de Hg. Resultado: que el vapor de agua no dejará entrar el oxígeno en el pulmón, aunque se administrará en forma pura.

Esto plantea nuevamente el problema de la administración de oxígeno en los vuelos subestratosféricos y estratosféricos, en los cuales la inspiración de oxígeno y anhídrido carbónico resulta insuficiente. Para tales casos es necesario el empleo de aviones con cabinas de aire acondicionado a presión constante. Un modelo de

este tipo de avión es el Junker "Ju-49", para vuelos en los que hay que sobrepasar la subestratosfera (11 a 12.000 metros aproximadamente). Todavía más; en los vuelos superiores a los 13.000 metros de altura es necesario ya el empleo de los *trajes de sobrepresión*, modelos Klanke o modelo W. Post. El Coronel Pezzi ha alcanzado el récord de altura con traje de sobrepresión.

No obstante, nosotros nos limitaremos al estudio de los aparatos de suministro de oxígeno cuando los límites en la altura de vuelo hacen necesario su empleo.

Después de todas estas consideraciones es necesario dejar bien sentada la necesidad de que todo individuo sano, llegado a una altura de 3.500 metros, debe de inhalar oxígeno, y con esto se comparte la opinión de Garsaux, aunque hay autores que no lo crean necesario hasta haber alcanzado los 5.000 metros.

Guiándonos por lo que en este aspecto se opina en los Estados Unidos, se ha de establecer el tope de 3.048 metros (10.000 pies de altura), debido a que cuando se llega en vuelo a esa cota la falta de oxígeno en los tejidos (anoxia) hace disminuir la *claridad mental*, y, por tanto, hace al piloto *insuficiente* para el vuelo. En Estados Unidos se declara obligatorio para el personal que pilota las líneas aéreas norteamericanas el uso de los aparatos suministradores de oxígeno.

La necesidad de asociar el anhídrido carbónico al oxígeno destinado a la inspiración es imprescindible cuando se llega a determinada altura. La disminución del anhídrido carbónico en los tejidos (acapnia) es responsable de muchos accidentes del *mal agudo de altura* (acute altitude sickness de los ingleses), toda vez que que el anhídrido carbónico es el regulador por supremacía del centro nervioso de la respiración. La *acapnia* produce *anoxia secundaria*, y ésta, a su vez, agrava la *acapnia*; es un círculo vicioso que solamente se corta agregando al oxígeno inhalado de un 5 a un 7 por 100 de anhídrido carbónico (mezcla de Mosso). También puede reemplazarse el suministro de esta mezcla utilizando las llamadas *Vejigas de reinspiración*, muy parecidas a las que nosotros, los médicos, empleamos en las anestias, y en las cuales se reduce el anhídrido carbónico que va a parar al exterior, toda vez que pasando nuevamente por estas vejigas de reinspiración es reinhalado sucesivamente en las inspiraciones siguientes.

Entrando de lleno en la medula del asunto, hemos de adelantar que todo equipo destinado a la inhalación de oxígeno (acompañado o no de aparato supletorio de anhídrido carbónico) se compone de tres partes:

- 1.^a *El inhalador propiamente dicho.*
- 2.^a *La válvula regulable de oxígeno, y*
- 3.^a *El recipiente de almacenaje de oxígeno.*

Haciendo un estudio de los inhaladores que pueden servirnos para el suministro de oxígeno al personal de vuelo, encontramos primeramente la "sonda nasal". Esta se construye con una sonda Nelaton, corriente, del núm. 18. Sobre la sonda se mide la distancia entre la fosa nasal y el conducto auditivo externo. Justamente esta distancia es la que hay que introducir por la nariz hasta el tope señalado, después de vaselinada bien la sonda, quedando el extremo de ella junto a la orofaringe. Esta sonda es fijada con esparadrapo, y por la cual puede hacerse pasar unos seis litros de oxígeno por minuto.

Este dispositivo de inhalación no es apto para el piloto, y solamente es empleado para el suministro de oxígeno a los heridos y enfermos que deban ser evacuados por avión o aero-ambulancia.

Aunque todo enfermo con cardiopatía o un proceso bronco-pulmonar febril no deba pasar de los 2.000 metros, con esta sonda pueden transportarse otros heridos y enfermos a alturas de 5.500 metros sin que aparezcan fenómenos de ansiedad.

Este *cateter* o sonda es incómodo; además, irrita las mucosas y se desperdicia mucho oxígeno, por lo que no es recomendable su uso, salvo caso de necesidad.

Existen luego otros modelos de inhaladores: La *boquilla de cristal*, el *embudo*, la *mascarilla simple*, etc., pero todos ellos adolecen del mismo defecto o parecidos.

Con todas estas dificultades se imponía la construcción de un aparato de inhalación que no desperdiciara el oxígeno, y que mezclara éste con el anhídrido carbónico y vapor de agua en la proporción adecuada, que evitando la *acapnia* evite al mismo tiempo otras molestias, como la irritación y desecación de las mucosas orofaríngeas.

El señor Piñeiro Sorondo, profesor de la Facultad de Medicina de Buenos Aires, en su obra "Socorro Médico Aéreo", describe cómo el se-

ñor Silly y el señor Croil, director y presidente, respectivamente, de las líneas aéreas norteamericanas Northwest Airlines, se pusieron en contacto con los doctores C. W. Mayo y Boothby, de la Mayo Clinic, con objeto de que les resolvieran el problema, y le facilitaron al mismo tiempo un avión modelo "Lockheed Zephyr", con el cual se alcanzaban cotas superiores a los 9.000 metros.

En estas experiencias tomaron parte los médicos norteamericanos Lovalece, Bulbulian y el propio Boothby, los cuales, después de trabajos y estudios, llegaron a construir un modelo de aparato inhalador de oxígeno de uso muy cómodo para pilotos y demás personal de vuelo, e inclusive para heridos y enfermos.

Las tres iniciales de los médicos inventores han servido para bautizar a este aparato con el nombre de "Máscara inhaladora modelo B. L. B.". Es el mejor aparato, el más económico de todos, y gasta solamente de 1/4 a 1/5 del oxígeno requerido por otros mecanismos de inhalación, y esto tiene mucha importancia no solamente por el coste del oxígeno, sino también por el peso de los tanques de suministro que han de llevar los aviones.

La máscara B. L. B. se construye hoy de dos tipos; la de aplicación solamente *nasal* y otra de doble aplicación o *buco-nasal*. Cualquiera de ambas máscaras lleva anexo una *bolsa de reinspiración*, en la cual se mezcla el oxígeno de entrada y el aire respirado.

Cada uno de los tipos de máscaras, la nasal y la buco-nasal, son preferidas según quien sea el sujeto portador de ellas. Para el piloto es preferible el uso de la máscara *nasal*, puesto que con ella no se interrumpe la conversación. En cambio, cuando se trate de transporte de heridos, es preferible, para ellos, el uso de la *buco-nasal*. Los médicos que acompañen a estos heridos pueden utilizar también la primera de ellas.

Piñeiro Sorondo nos describe las necesidades de oxígeno del hombre sano, según la siguiente tabla, que tomamos de él:

- A 3.048 metros, 0,5 litros.
- A 4.572 ídem, 0,7 ídem.
- A 6.096 ídem, 1,0 ídem.
- A 7.620 ídem, 1,3 ídem.
- A 9.144 ídem, 1,7 ídem.
- A 10.668 ídem, 2,1 ídem.

Con la máscara "B. L. B." no es necesaria la administración de anhídrido carbónico por me-

dio de balones de este gas o tubos a presión, puesto que aprovecha para su reinspiración el que exhala el propio sujeto.

Esto hace que la máscara "B. L. B." sea económica y de fácil manejo, con el máximo rendimiento que se le puede sacar.

Esta máscara "B. L. B." ha desplazado y está destinada a sustituir plenamente al resto de los aparatos de suministro de oxígeno y anhídrido carbónico, tales como los usados a partir del aire líquido, con aquellos en los que intervienen reacciones químicas para producir oxígeno naciente (peróxido de sodio u oxilita, como se la conoce en el comercio).

También se han descrito muchos aparatos de suministro de oxígeno y anhídrido carbónico combinado que se han ido perfeccionando cada vez más, pero que no llenan todas las características: *Economía, sencillez de manejo, soporabilidad* por el personal que los usa, *menor peso y volumen* y, sobre todo, *máximo rendimiento*.

Muchos hay, y entre ellos el aparato de reinspiración " Draeger " o " Pulmón automático "; el de reinspiración " Dagea-Audos M. R. 1 ", el " A824 ", de Auer, el " pulmón automático ", de Herzlitska, pero ninguno, a nuestro juicio, mereció ser divulgado tanto como éste para su empleo en nuestra Aviación, escasa hoy día de una serie de artificios para perfección del vuelo y profilaxis de las alteraciones propias de la altura.

Además de la máscara de inhalación, el equipo completo de suministro de oxígeno consta de los llamados *reguladores de oxígeno* y *válvulas de reducción*. Finalmente, es necesario el llamado *tanque de suministro de oxígeno*.

Las *válvulas de reducción*, como su nombre indican, son unos artificios especiales colocados entre el *tanque suministrador* de oxígeno y la máscara inhaladora, con objeto de reducir la presión tan alta del oxígeno a su salida del tubo de almacenaje; finalmente, la válvula de reducción lleva anexo un dispositivo, el llamado *regulador de oxígeno*, destinado a proporcionar al individuo la cantidad de oxígeno necesaria con arreglo a la altura en que se encuentre.

Así, pues, totalizando: El conjunto de un equipo de suministro de oxígeno consta: De una *máscara de inhalación*, de una *bolsa de reinspiración*, de un *regulador de oxígeno*, de una *válvula de reducción de presiones* y de un recipiente o tanque de almacenaje y suministro de oxígeno.

Para uso de la máscara de inhalación "B. L. B." se requiere el regulador de oxígeno y válvula de reducción *modelo Heidbrink*, fabricado por la Ohio Chemical and Manufacturing Company, graduables *con una sola llave*.

No nos parece aceptables el regulador *Pionner 962 C*, las cuales se construyeron para el uso de boquillas, y las antiguas máscaras de inhalación por el exceso de consumo de oxígeno y mayor complicación de su manejo. Tampoco nos parece apropiado el regulador "Gaertner O-5A".

Así, pues, con estas líneas nuestro propósito exclusivo ha sido el dejar bien sentado en la mente del personal volante la necesidad imprescindible que tiene de usar los aparatos suministradores de oxígeno y anhídrido carbónico, porque con ello resuelve a la vez varios problemas.

1.º Evita la presentación de los primeros síntomas psíquicos que, como la disminución de que con ello resuelve a la vez varios problemas. la claridad mental y disminución de las reacciones psicométricas, hacen de él un piloto "insuficiente".

2.º Se previene él mismo de accidentes gravísimos, cuando superando el techo de vuelo marcado para el uso del oxígeno y anhídrido carbónico no lo autoriza, el mal agudo de altura, el llamado *síncope de altura*, es el resultado de tal imprudencia.

3.º El vuelo *continuado* y repetido sucesivas veces por techos donde precisa el uso del oxígeno y el anhídrido carbónico conduce, a la larga, a la aparición en el piloto de una enfermedad, el llamado *mal crónico de altura*, que acorta la "vida útil de vuelo" del personal volante a muy pocos años de su vida militar.

4.º Uno de los factores más importantes a tener en cuenta en los "accidentes fortuitos" en los que no se encuentran "motivos" para justificarlos, suelen ser la *falta de control* que aparece en el aviador que vuela en "alta cota" sin el uso de los correspondientes aparatos suministradores de oxígeno y anhídrido carbónico.

Finalizando esta pequeña aportación, señalamos nuestro criterio de que la Sanidad del Aire en España debe requerir para sí un mayor control de la disciplina de vuelo, contando *siempre* con el parecer médico en todo momento, ya que, a fin de cuentas, el estado de salud de un piloto y la profilaxis de toda suerte de vicisitudes es uno de los factores más importantes en el rendimiento de todo el personal de vuelo.