



## Consecuencias

de los vuelos

de gran altura

Por el Capitán Médico MERAYO  
Fisiólogo del C. I. M. A.

Aunque la anoxia es el efecto más serio de las grandes altitudes con que tiene que luchar el aviador, los ascensos rápidos, como sucede en el aeroplano, originan otras modificaciones fisiológicas que deben ser mencionadas, y son:

1. Expansión de los gases en el tractus gastrointestinal.
2. Embolias gaseosas.
3. Alteraciones de la presión en los oídos.

### Expansión de los gases en el tractus gastrointestinal.

De igual modo que los gases en la atmósfera, aquellos del estómago y de los intestinos aumentan de volumen en proporción a la reducción de presión. En principio puede ajustarse este aumento de volumen a la ley de Boyle de la ecuación de los gases perfectos, que dice:  $P \cdot V = K$ . Al disminuir la presión a 375 mm. de Hg., con el ascenso a 4.000 metros, o sea a la mitad de la presión a nivel del mar, el volumen será el doble. Los gases que tenían un volumen de un litro tendrán ahora dos litros.

En el estómago e intestinos se distienden igualmente los gases tanto como disminuye la

presión, para mantener constante la fórmula de Boyle-Mariotte ( $P \cdot V = K$ ). Sin embargo, limitan esta sencilla ecuación de los gases las condiciones orgánicas, por lo que es preciso modificarla con la introducción de nuevos valores en distintas proporciones, que no son del caso en este artículo de divulgación.

Pueden, pues, originarse molestias en el tractus gastrointestinal, y aun dolores agudos, si existen obstáculos, como acodaduras, obstrucción del colon, etc.

De aquí se deducen los siguientes consejos al aviador:

1. Llevar el abdomen sostenido con una faja u otro medio cualquiera.
2. Procurar que los gases intestinales evacúen libremente; vientre bien regulado.
3. Todos los trastornos gástricos se verán aumentados con el alto vuelo.
4. En casos de úlceras, *no volar a grandes alturas* si no es debidamente protegido. Los gases, al distenderse, pueden perforar una úlcera.
5. Reconocimiento abdominal por el especialista.

### Embolias gaseosas (aeroembolismo).

La sangre tiene gas a tensiones normales; al ascender a una menor presión se ponen en libertad estos gases, primero, por la disminución de dicha presión, y segundo, aumento de volumen por unidad de gas. Salen "tumultuosamente", dejando desprendidas burbujas en la sangre; es como si se invirtiese la corriente de gas (aire), que en vez de ir de la atmósfera a los pulmones, sangre y tejidos, saliese de éstos libremente a la atmósfera.

Las embolias gaseosas se producen en los aviadores cuando ascienden demasiado rápidamente desde la presión del nivel del mar a presiones más pequeñas.

La causa de los síntomas son las burbujas de aire que se forman cuando la presión atmosférica baja rápidamente. Estas burbujas están compuestas de N y O<sub>2</sub>, y actúan como émbolos (aeroembolismo), y los síntomas dependen del sitio en que estos émbolos se localicen: pulmones, cerebro, corazón, raíces espirales anteriores, posteriores, etc. Puede haber extensas hemorragias capilares, y la espuma por el gas y la sangre pueden interferir en la acción cardíaca y la corriente sanguínea en los vasos.

En los vuelos militares el aviador puede necesitar ascender a más de 7.000 metros (226 mm. de Hg.) en muy pocos minutos. Se encuentra entonces sometido a una rápida descompresión, desde la presión normal a una presión de cerca de un tercio de una atmósfera.

Generalmente los efectos son dolores agudos en una o más de una de las grandes articulaciones (air-bends), picazón de la piel, sensaciones cutáneas de calor o de frío.

Otros síntomas más serios, como parálisis debidas a formación de burbujas en la medula espinal o en el cerebro, como dolor intenso de quemadura en el pecho, o edemas pulmonares, son raros.

- Los efectos no son permanentes; mejoran con mucha rapidez, en la mayor parte de los casos, tan pronto descienden a niveles más bajos.

El aeroembolismo es raro aun con descompresiones muy rápidas (3.000 por minuto) para altitudes por debajo de los 7.000 metros. Pero por encima de este nivel puede hacer su aparición con una velocidad de ascenso de 50 metros por minuto, que se hace progresivamente menor a medida que se asciende, hasta que al llegar a los 10.000 se presenta con sólo una velocidad de ascenso de 25 metros por minuto.

Todos estos trastornos pueden evitarse en parte:

1.º Procurando que en los vuelos altos esté el piloto debidamente protegido: oxigenoterapia, etcétera.

2.º El ejercicio del deporte supone un "entrenamiento".

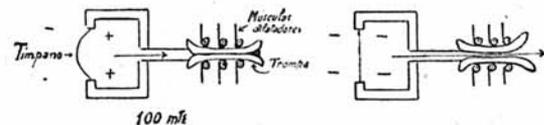
3.º La obesidad favorece la fijación de N electivamente soluble en el tejido adiposo.

4.º Todos los trastornos cardíacos y circulatorios se verán agravados con motivo del aeroembolismo.

5.º Respirar O<sub>2</sub> puro durante unas horas anteriores al vuelo. La toxicidad del oxígeno y dosis a respirar son motivo de actual investigación en el CIMA.

### Alteraciones en el oído.

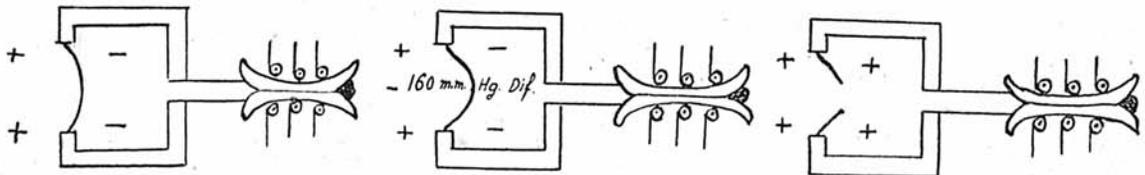
La membrana timpánica es muy sensible a cualquier diferencia de presión. Amstroms y Heim hicieron el siguiente experimento: producían la presión atmosférica con una cantidad equivalente a 25-30 metros, y la membrana del tímpano se combaba hacia fuera con sensación de plenitud. Cuando la altura era de 125 metros (15 mm. de Hg.), se sentía en el oído un golpe seco claro, y la membrana del tímpano regresaba hacia su posición normal; esta vuelta a lo normal se debe a que la presión aumentada en el oído medio forzaba la apertura de la trompa de Eustaquio e igualaba las presiones a ambos lados, según el siguiente esquema de Sturgholdt:



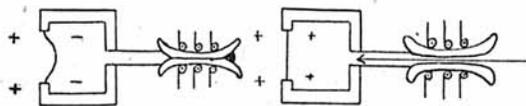
Pero al descender en un aeroplano, los efectos son distintos: la presión se eleva, porque nos acercamos a tierra. La trompa de Eustaquio actúa como válvula, permaneciendo fuertemente cerrada, en contra de cualquier grado de presión externa, y no puede abrirse de fuera a dentro. Con una presión diferencial de 80-90 mm. de Hg., la trompa se abre, "tragando saliva"; pero a presiones diferenciales mayores, las paredes están tan fuertemente colapsadas y se mantienen tan firmes por el vacío parcial del oído, que los músculos dilatadores son impotentes para abrirlas. La tensión sigue aumentando a medida que se desciende, y lo hace tanto, que

llega hasta la rotura del tímpano cuando la presión diferencial es de 160 mm. de Hg., acompañada de intenso dolor, náuseas, vértigo y shock.

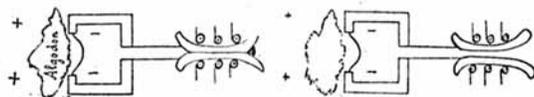
Para que esto ocurra es preciso que el "pica-do" sea muy rápido: unos 1.000 metros por minuto. Véase el siguiente esquema:



Las tensiones se igualan en el oído "tragando saliva", se abre la trompa por la acción de los músculos dilatadores y penetra el aire "de fuera a dentro", volviendo el tímpano a su posición normal, como en el siguiente esquema:



Por ello no es conveniente usar algodón en los oídos, como he visto en algunos aeródromos, para evitar las molestias acústicas. La acción del algodón sería la siguiente:



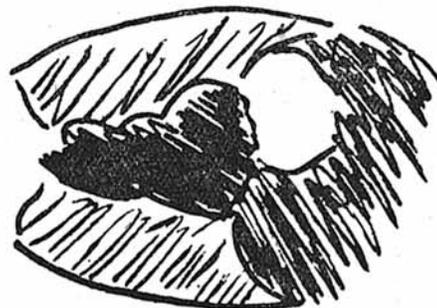
Las tensiones se igualan más lentamente por la acción del algodón (aunque siempre sueñen igualarse por el papel de filtro que tiene el algodón), o no se igualan cuando el tapón de algodón fué espeso y tupido.

Aparte de estos accidentes existen otros que no son de este artículo de divulgación; pero sí diremos que antes de llegar a la rotura del tímpano, las molestias del oído: ruidos, zumbidos, dolor, etc., son debidas a estos fenómenos. Por ello, si en la trompa existe una obstrucción previa, es de mayor facilidad la rotura timpánica.

Por ello deben tenerse en cuenta los siguientes consejos:

- 1.º Evitar, naturalmente, descensos rapidísimos por largo tiempo. En caso de necesidad:
- 2.º Evitar y tratar catarros nasales, faríngeos, etc.
- 3.º Deglutir (masticar chicles, goma).
- 4.º Antes de volar, desobstruir la trompa usando la pera de Politzer.
- 5.º *No ponerse algodón en los oídos.*
- 6.º Examen por el especialista.

Zona superior a 7.000 metros.	Con velocidades de 50 metros por minuto existe aeroembolismo.
Zona de 7.000 metros.	7.000 metros. 226 mm. de Hg. $\frac{1}{3}$ de la normal. } Con grandes velocidades por minuto de ascenso, aeroembolismo.
Hasta 7.000 metros.	No se presenta aeroembolismo aunque las velocidades de ascenso sean de 3.000 metros por minuto.



En estas radiografías, tomadas del Atlas de Strugholtz, se observa cómo la cámara de gases del estómago aumenta extraordinariamente en la ASCENSIÓN en cámaras de hipopresión.

(Dibujos Teniente Arnáiz.)