

# MEDICINA DE LA ESTRATOSFERA

Por el Profesor Doctor H. STROUGHOLD

Traducido directamente del alemán por el Doctor Manuel Garrote Vega (Madrid).

Con el término de estratosfera comprendemos una parte de la atmósfera de características muy especiales.

La manera más sencilla de comprender la estratosfera se basa en establecer aquellas particularidades de la misma que la diferencian de la masa aérea próxima a la tierra en la cual vivimos y que tan conocida resulta ya para nosotros.

Consiguientemente, podemos caracterizar la estratosfera diciendo que es una porción atmosférica libre de nubes y tormentas; de constantes corrientes aéreas—casi siempre horizontales—; de temperatura constante muy baja, y especialmente de poca densidad.

La estratosfera comienza en nuestras latitudes alrededor de los 11.000 metros.

No influenciada por los picos de las montañas, la estratosfera se pierde por arriba—a manera de sutil velo—en el vacío del sistema del Universo.

La porción atmosférica situada por debajo de la estratosfera constituye la troposfera: turbulenta masa aérea con nubes y tormentas, y con una temperatura que va haciéndose hacia arriba progresivamente cada vez más fría.

La totalidad de la atmósfera ejerce sobre el nivel del mar la presión de una atmósfera.

La zona superior de la troposfera, es decir, la comprendida entre los 7 y los 11.000 metros, se designa con el nombre de subestratosfera o con el de tropopausa.

Las anotadas características atmosféricas nos permiten darnos cuenta de por qué la navegación aérea intentó precozmente tratar de conquistar las alturas estratosféricas.

La lucha del hombre sobre la estratosfera tiene su razón de ser en virtud de los siguientes puntos:

1.º En que, según fundamentos aerodinámicos, cuanto más enrarecido está el aire, mayores velocidades se consiguen.

2.º Al objeto de volar por encima de todos los obstáculos naturales: montañas, nubes y tempestades.

3.º A los dos anteriores podemos añadir todavía algún otro. El volar alto permite al hombre protegerse, en caso de guerra, de la artillería antiaérea enemiga. Además, constituye un deseo del espíritu deportivo, un anhelo de la investigación y un afán de progreso de los esfuerzos humanos.

Ahora bien: el volar en la estratosfera significa para el hombre el ser extraído radicalmente de su acostumbrado medio externo.

Reflexionemos que la presión atmosférica a los 12.000 metros es solamente un quinto; a los 16.000 metros, un décimo, y a los 20.000 metros, un vigésimo de la existente normalmente al nivel del mar.

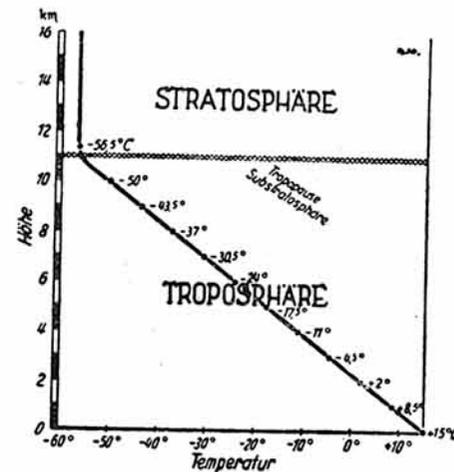


Fig. 1

Estructuración de la atmósfera e indicación del promedio de la temperatura.

En el comienzo de la estratosfera la presión atmosférica viene a ser aproximadamente igual a la existente en Marte.

La temperatura estratosférica se halla incluida entre los 50 y 60 grados centígrados bajo cero.

Las indicadas modificaciones físicas estratosféricas tienen, naturalmente, fuertes repercusiones sobre nuestro "medio interno".

El mejor modo de adquirir una idea clara de lo que este último fisiológicamente significa es el de partir de la más pequeña unidad viviente—del cuerpo celular—y de las asociaciones celulares—de los tejidos—. Los cambios metabólicos y energéticos de las células y de los tejidos constituyen un requisito previo importante del rendimiento de las unas y de los otros. Durante estos cambios, los glúcidos, lípidos y prótidos de las sustancias alimenticias son quemados por el oxí-

geno; en virtud de lo cual, se pone en libertad calor y energía motora y se desprenden—como productos finales de la combustión—ácido carbónico y agua. Nutrición, respiración y una determinada temperatura son condiciones previas para la vida de nuestro organismo. Los líquidos que bañan a las células, es decir, la sangre y los líquidos intersticiales, cuidan de que aquéllas se cumplan. Vienen, pues, a representar el verdadero medio interno, en el cual las células—bien abastecidas y protegidas—están empotradas. En efecto, a través del aparato digestivo afluyen al indicado medio interno las necesarias sustancias alimenticias; a través de otra vía, de la vía respiratoria, se provee del oxígeno. El medio interno está casi aislado del medio externo, es decir, de la atmósfera, gracias a la existencia de un tegumento queratinizado. Únicamente a través de los pulmones pueden realizarse intercambios gaseosos. Por lo demás, los mecanismos termorreguladores de la piel—ayudados todavía artificialmente por los vestidos—garantizan a las células un medio bien atemperado. Gracias a todo ello, la vida se efectúa en condiciones normales y nuestra capacidad de rendimiento queda garantizada.

Las grandes modificaciones que el medio externo experimenta en la estratosfera obligan al organismo—especialmente a sus sistemas respiratorio y circulatorio—a realizar intensos esfuerzos a fin de mantener normales las peculiaridades del medio interno.

Pero cuando las modificaciones son muy profundas, estas regulaciones fisiológicas no son suficientes.

Es por ello por lo que hay que hacer uso de medios técnicos que consigan mantener normal el fisiologismo celular y su capacidad vital.

Consiguientemente, la lucha contra la estratosfera se nos hace patente como un problema que debe ser orientado desde un doble punto de vista: desde el punto de vista de la medicina, por una parte, y de la técnica, por otro.

Precisamente aquí tenemos un clásico ejemplo de lo fértil que resulta la colaboración entre la técnica y la medicina. Colaboración que se inició ya—bajo la base de amplios rudimentos de investigación—como consecuencia de los conocimientos médicos adquiridos durante las expediciones científicas a montañas elevadas. A finales de siglo, las ascensiones atmosféricas elevadas realizadas en globo libre con fines científicos marcaron útiles orientaciones a la navegación aérea. Podemos hablar, pues, con propiedad, de una determinada tradición. Ahora bien: el avance del avión hasta la estratosfera situó a la investigación médica—ya hace diez años—ante una nueva “terra incognita”. En este lugar nos ocuparemos de los progresos científicos conseguidos en el ámbito de esta tierra virgen.

El problema total de la medicina de la estratosfera puede expresarse en las dos preguntas siguientes:

1.<sup>a</sup> ¿Cómo, es decir, con qué medios técnicos auxiliares puede lograr nuestro organismo ascender a la estratosfera conservando completamente su capacidad de rendimiento?

2.<sup>a</sup> ¿De qué manera podemos nuevamente escapar sanos y salvos de la estratosfera en el caso de que

súbitamente nos quedemos privados de los medios técnicos auxiliares?

Ocupémonos ante todo de la primera pregunta.

Como es sabido, como consecuencia de la implantación de la respiración de oxígeno artificial se abrió a la navegación aérea la parte inferior de la estratosfera; y como consecuencia de la implantación del principio de la hiperpresión se ascendió hasta los 17.000 metros.

A fin de comprender el sentido de estas medidas y los alcances de su eficacia, debemos remontarnos brevemente a considerar el efecto de la altura en la troposfera.

En el primer lugar del complejo total de la influencia de la altura figura lo relacionado con el abastecimiento de oxígeno.

Nos encontramos, pues, ante el hecho biológico de que para mantener nuestra capacidad de rendimiento y nuestra salud necesitamos diariamente no sólo una determinada cantidad de proteínas, grasas, etc., sino también un gas, el oxígeno, el cual actúa quemando las sustancias alimenticias en los cuerpos celulares y originando energía.

Nuestras necesidades mínimas de oxígeno llegan a ser al nivel del mar de unos 18 litros por hora y de unos 400 litros por día.

El segundo hecho importante es que cuanto más se asciende más difícil es captar oxígeno por los pulmones.

Ello no conduciría obligadamente a una situación precaria si no tuviésemos que contar con un tercer hecho fisiológico, a saber: el que no podemos almacenar el oxígeno en nuestro organismo. Por lo que respecta a nuestra sustancia alimenticia gaseosa, vivimos, pues, en cierto modo, “de la mano a la boca”.

Estas tres apreciaciones hacen de la cuestión del déficit de oxígeno un factor decisivo de los efectos de la altura y nos obligan a contar con él tanto en la troposfera como en la estratosfera, sobre todo en esta última.

El déficit de oxígeno es el factor básico de por qué a los 4.000 metros la capacidad de rendimiento del organismo disminuye y de que por qué por encima de los 8.000 metros la vida se extingue.

Veamos ahora en qué consiste el déficit de oxígeno de la altura. Ciertamente que no descansa en una disminución de la parte porcentual de oxígeno de la mezcla gaseosa aérea, pues REGENER pudo demostrar mediante globos registradores que a los 20.000 metros de altura el volumen porcentual de oxígeno seguía siendo del 20,7 por 100. El déficit de oxígeno está, pues, más bien condicionado por la disminución del número absoluto de moléculas de oxígeno en la unidad de volumen. Número absoluto de moléculas que, como es sabido, es el que decide la presión ejercida por el gas.

Ahora bien: la presión del oxígeno dentro del organismo está determinada por el grado de su penetración en la sangre; es decir, por la presión que alcance el oxígeno en las vesículas pulmonares. Por tanto, es en este sentido importante señalar que la presión del

oxígeno intraalveolar no es de 160 milímetros de mercurio como en el aire exterior, sino de unos 100 milímetros de mercurio tan sólo, cosa que se debe a la existencia de vapor de agua y a otros factores. Esta última presión—100 milímetros de mercurio—es, pues, la presión eficaz de oxígeno dentro de los pulmones. La presión de oxígeno existente a nivel de los cuerpos celulares es mínima. Consiguientemente, el oxígeno circula—transportado por la sangre—desde el lugar donde su presión es mayor hasta las células. La respiración cuida—a la manera de un dispositivo de ventilación—de mantener constantemente una presión de oxígeno eficaz y suficiente dentro de los pulmones.

Si la presión de oxígeno intrapulmonar desciende a 80 milímetros de mercurio—cosa que acontece a los 2.000 metros de altura—, surge una cierta agitación en el mecanismo de provisión de oxígeno (“dintel de reacción”), en virtud de la cual la respiración se refuerza, traduciéndose en una especie de concentración previa del oxígeno intrapulmonar. La circulación, el mecanismo de transmisión y el dispositivo de reparto de la corriente sanguínea se encauzan.

Pero las indicadas medidas compensadoras del déficit de oxígeno no pueden impedir que cuando la presión del oxígeno intrapulmonar descienda hasta los 50 milímetros de mercurio—cosa que tiene lugar aproximadamente a los 4.000 metros—se presenten claras alteraciones de la capacidad de rendimiento (“dintel de los trastornos”).

Por último, cuando la presión del oxígeno intrapulmonar disminuye a 30 milímetros de mercurio—cosa que sucede a los 7.000 u 8.000 metros de altura—, surgen críticas y peligrosas amenazas para la vida (“dintel crítico”).

Del modo expuesto transcurren en la troposfera las particularidades que acompañan a la respiración del aire atmosférico.

El déficit de oxígeno de las capas atmosféricas elevadas nos impone un límite de altura alcanzable bastante reducido.

Límite que sería aún mucho más restringido si careciéramos de la facultad de compensar en parte el déficit de oxígeno mediante las indicadas reacciones fisiológicas respiratorias y circulatorias.

Al objeto de comprender mejor esto que comentamos, sería recomendable—remontándonos al terreno de la ficción—nos imaginásemos hipotéticamente a un sujeto que tuviese una circulación siempre constante y una respiración invariable; hipotético sujeto que muy acertadamente podríamos comparar a un automóvil que tuviese el acelerador fijo y el embrague inmóvil. Pues bien: cuando este hipotético individuo—incapaz de toda clase de regulaciones compensadoras—subiese escaleras, después de recorrer algunos cientos de peldaños, se desmoronaría. Cuando ascendiendo en la atmósfera llegase a los 2.000 metros de altura, la respiración del aire empobrecido en oxígeno le abatiría profundamente. Y al transportar los 4.000 metros, sucumbiría.

Pero es el caso que el hombre sano no muere todavía a esa altura, debido precisamente a que es capaz de regular el sistema de aporte del oxígeno.

Podemos, en efecto, compensar el déficit de oxígeno, lo cual comenzamos a hacer a los 2.000 metros.

En virtud de ello, permanecemos prácticamente con capacidad de rendimiento hasta los 4.000 metros de altura (“límite de seguridad”).

Y con posibilidad de mantener compensadoramente la vida hasta los 8.000 metros de altura.

Ante una situación idéntica a la expuesta nos encontramos cuando nos ocupamos del “límite de seguridad” de la respiración de oxígeno en la estratosfera.

¿Hasta qué altura podemos arriesgarnos a ascender en la estratosfera respirando oxígeno artificial?

Como es sabido, los aparatos respiradores de oxígeno artificial, los aparatos respiradores de la altura, tienen por objeto hacer que—en virtud del oxígeno que facilitan—la presión del oxígeno de los alvéolos pulmonares sea en todo momento aproximadamente la existente al nivel del mar.

Los cálculos han evidenciado—y los experimentos han comprobado—que de manera análoga a lo que ocurre en la troposfera—en la que, respirando el aire atmosférico, existe un “dintel crítico” a los 7.000 metros, es decir, en el momento que la presión del oxígeno de las vesículas pulmonares es tan sólo de 30 milímetros de mercurio—, cuando se asciende en la estratosfera respirando oxígeno artificial se descubre también la existencia de un “dintel crítico” por encima de los 14.000 metros.

De ello resulta, pues, que se pueden comparar las alturas troposféricas respirando aire atmosférico con las alturas estratosféricas respirando oxígeno artificial.

Los 10.000 metros respirando oxígeno artificial correspondrían a los 0 metros respirando aire atmosférico. Los 12.000, a los 3.300. Los 13.000, a cerca de los 5.000.

Y los 14.000 metros respirando oxígeno artificial serían aproximadamente los equivalentes a los 6.700 metros respirando libremente en la atmósfera (fig. 2).

Si nos remontamos ahora de nuevo a nuestro ente hipotético—incapaz de toda clase de reacciones—, sucedería que éste se desmoronaría biológicamente cuando llegase—respirando oxígeno artificial—a los 11.000 metros.

Ahora bien: el individuo normal, el aviador sano, puede ascender conservando perfecta su capacidad de

Absolute Höhe	Physiolog. Höhe
15 000 m	8000 m
14 000 m	7000 m
	6000 m
13 000 m	5000 m
	4000 m
12 000 m	3000 m
	2000 m
11 000 m	1000 m
	0 m
10 000 m	0 m

Fig. 2

*Comparación médica de alturas respirando oxígeno puro y de alturas respirando libremente el aire de la atmósfera.*

rendimiento—respirando oxígeno artificial de nuestros modernos aparatos respiradores de la altura—hasta algo por encima de los 12.000 metros—y aun, en caso de necesidad, hasta algo más arriba de los 14.000 metros—gracias a la posibilidad que tiene su organismo de desencadenar las reacciones fisiológicas respiratorias y circulatorias compensadoras a que anteriormente nos referimos. Pese a que, como acabamos de decir, en caso de necesidad sea factible ascender respirando oxígeno hasta los 14.000 metros, el “límite de seguridad” o “dintel de los trastornos” de las ascensiones efectuadas respirando oxígeno debemos situarlo, no obstante, en los 12.000 metros.

Para intentos especiales de alcanzar mayores alturas, es necesario seleccionar aviadores de altura con idónea capacidad compensadora.

Mediante el establecimiento de la respiración adicional de oxígeno se consiguió ampliar el radio de acción de la altura alcanzable en la navegación aérea desde los 4.000 a los 12.000 metros; lo cual viene, pues, a significar una conquista sobre la atmósfera de 8.000 metros; a la colaboración de la Técnica y de la Medicina debemos tan notable resultado.

Sin embargo, todo esto es aplicable tan sólo a ascensiones de breve duración.

Para los vuelos de larga duración, el límite fisiológico de altura—respirando oxígeno—está más bajo, puesto que otros dos componentes del efecto nocivo de la altura tienden a agravar la situación.

Trátase de factores físicos que únicamente se manifiestan acusadamente a partir de la parte superior de la troposfera o subestratosfera y que están condicionados por la disminución de la presión atmosférica total.

Al nivel del mar se encuentra nuestro organismo sometido a la presión de una atmósfera; es decir, que sobre cada centímetro cuadrado de nuestra piel está actuando un peso de un kilo. A los 5.500 metros se calcula que la presión ejercida es de medio kilo por centímetro cuadrado. A los 10.000 metros, de un cuarto de kilo por centímetro cuadrado. A los 13.000, de un sexto. Y a los 16.000, de un décimo de kilo por centímetro cuadrado.

Pues bien: como los gases son dilatables, los gases contenidos normalmente en los espacios huecos de nuestro organismo tienden a dilatarse siguiendo la ley de BOYLE MARIOTT.

Una burbuja de jabón, verbigracia, alcanzaría, llevada a la tropopausa, un volumen cinco veces mayor.

Consecuencia de la dilatación de los gases abdominales es que, debido a la elevación del diafragma que condicionan, se produce una restricción respiratoria. Simultáneamente se presentan molestias meteóricas abdominales, especialmente acusadas por encima de los 10.000 metros de altura, y las cuales, sin embargo, podemos en gran parte prevenir mediante un régimen dietético adecuado.

Conforme acabamos de exponer, hemos llegado a conocer la intervención que en la fenomenología de la altura tiene un nuevo factor: el factor puramente me-

cánico condicionado por la disminución de la presión atmosférica total.

Pero la disminución de la presión atmosférica de las alturas elevadas da lugar también—aparte de las mencionadas dilataciones de los gases contenidos en las cavidades orgánicas—a un nuevo hecho: el que se refiere a las mutaciones experimentadas por los gases disueltos físicamente en los líquidos y en los tejidos de nuestro organismo.

En las ascensiones atmosféricas rápidas, y a pesar de una buena respiración de oxígeno artificial, se observan en ocasiones ya en la subestratosfera dolores desagradables, especialmente en las articulaciones.

Manifestaciones que coinciden con las observadas análogamente en las descompresiones bruscas de los obreros que trabajan a presión debajo del agua y en las de los buzos.

Del mismo modo que en éstos, también cuando la presión atmosférica disminuye se produce una liberación del nitrógeno que se encuentra normalmente en la sangre en la proporción del 1 por 100 y en las estructuras que contienen sustancias lipóideas (articulaciones, por ejemplo) en la proporción del 5 por 100.

Las pequeñas vesículas de nitrógeno que entonces se forman dan lugar a la aparición de los dolores, y en circunstancias especiales pueden producir también la obstrucción de los capilares sanguíneos.

Requisito previo para que se formen las indicadas vesículas es que sobrevenga una rápida disminución de la presión atmosférica; disminución de la presión atmosférica que es preciso llegue a ser por lo menos del 60 por 100 de su valor inicial.

En la práctica debemos contar con la presentación de las molestias consecutivas a la caída de la presión atmosférica o aeroembolismo a partir de los 7.000 u 8.000 metros; es decir, a partir del comienzo de la subestratosfera.

Las mencionadas manifestaciones nosológicas, que pueden poner absolutamente en tela de juicio la capacidad profesional del aviador—sobre todo a partir de los 10.000 metros—desaparecen tan pronto como se verifica un descenso de unos miles de metros.

El modo de prevenirlas consiste en respirar previamente oxígeno antes del vuelo, con lo cual se produce una lenta evaporación de nitrógeno por la vía pulmonar, y consiguientemente dejan de existir las condiciones previas necesarias para que pueda engendrarse el proceso de aeroembolismo.

La disminución de la presión atmosférica origina todavía un tercer efecto. Este está relacionado con el agua contenida en nuestro organismo. Como es sabido, el agua hierve al nivel del mar a una temperatura de 100 grados centígrados. Pero el punto de ebullición depende de la presión atmosférica. Es por esto por lo que el agua hierve a los 83 grados centígrados en el Mont Blanc, a los 70 grados centígrados en el pico de Everest y a los 37 grados centígrados—es decir, a la temperatura de nuestra sangre—cuando se asciende a 20.000 metros. Consiguientemente, en las ascensiones a esta altura deben espontáneamente comenzar a hervir los líquidos de nuestro organismo. En

efecto, la dilatación en todos sentidos que experimentan los animales de investigación cuando son sometidos a la acción de los 20.000 metros debe atribuirse a la formación de burbujas de vapor de agua. En cierta manera, el animal cuece a su temperatura propia en sus propios jugos orgánicos. Este efecto de ebullición se exterioriza agudamente tan sólo en las capas atmosféricas muy altas de la estratosfera, por lo cual representa más bien un problema del porvenir que una cuestión de actualidad. Pero no olvidemos que la investigación precede siempre al progreso.

Si prescindimos del efecto de ebullición, nos quedan como repercusiones importantes de la disminución de la presión atmosférica total: el efecto mecánico y el aeroembolismo.

Si bien no consideramos estos efectos tan vitales para el organismo como el déficit de oxígeno, su profilaxis debe, sin embargo, ocupar nuestra atención, a fin sobre todo de que podamos agotar las posibilidades útiles que los aparatos respiradores de oxígeno nos ofrecen todavía por encima de los 10.000 metros.

El vuelo realizado con cabina de presión, es decir, el uso de una cabina impermeable al aire o de un traje de hiperpresión—que mantienen una presión atmosférica cercana a la existente al nivel del mar, con lo cual permiten, por decirlo así, llevarse consigo a la estratosfera el aire atmosférico de la troposfera—, protege al organismo humano de los efectos nocivos de la altura producidos por los expresados factores.

En virtud de las razones anteriormente expuestas, en los vuelos breves a 12.000 metros—prescindiendo de misiones especiales—el aparato respirador de oxígeno de la altura puede sustituir a la cabina de hiperpresión.

Pero cuando se trata de vuelos que duran varias horas, éstos exigen—incluso a los 10.000 y aun a los 9.000 metros—la garantía del uso de la cabina de hiperpresión; sobre todo si se trata de vuelos con pasajeros, en cuyo caso éstos—gracias a la cabina—se verán además libres de las incomodidades que confiere el tener que respirar a través de la máscara.

La introducción del principio de la hiperpresión ha significado en el desarrollo de la navegación aérea el comienzo de una nueva era, pues gracias a él se abrió definitivamente para el hombre la barrera de la estratosfera.

La Medicina Aeronáutica ha suministrado una importante contribución a estas nuevas conquistas de la Técnica Aérea.

Sin ir más lejos, la Medicina Aeronáutica ha aclarado lo relacionado con la peligrosidad de la súbita caída de presión que—como consecuencia de la presentación de un escape—puede presentarse en estas cabinas de hiperpresión. Y precisamente esto nos va a llevar a ocuparnos de la segunda pregunta de nuestra visión panorámica. ¿Qué sucede cuando súbitamente fallan los medios técnicos auxiliares?

Aun hace diez años se leía respecto de esto lo siguiente: "Si un avión estratosférico que vuela a gran altura tiene súbitamente un escape, los tripulantes re-

vientan como si fueran peces de las profundidades del mar transportados hacia arriba por la red."

Lectura que, ciertamente, resultaba muy apropiada para obstaculizar todo progreso sobre este camino.

Pero era preciso que la experimentación aclarase esta cuestión. Y en vista de ello, los médicos alemanes investigaron este asunto—en sí mismos—en las adecuadas cámaras de baja presión. Los resultados que obtuvieron fueron los siguientes: en contra de la opinión anteriormente admitida, los efectos puramente mecánicos de la brusca caída de presión, son relativamente bastante bien soportados por el hombre. Conforme lo demuestran las caídas de presión de 0 a 12.000 ó 15.000 metros en espacios de tiempo de un segundo o algo menos. El factor tiempo es, en efecto, muy importante. Si los valores del tiempo transcurrido con bastante diferencia de presión se aproximan a muy pequeñas fracciones de segundo, los efectos fisiológicos son, finalmente, análogos a los producidos en las fuertes detonaciones. En la práctica del vuelo estratosférico podría darse el caso, empero, de que el tiempo de duración de la caída de la presión fuera de tal magnitud que no permitiese semejante descompresión explosiva.

Más importancia que las consecuencias físicas de la caída de la presión, la tiene el peligro del déficit de oxígeno ligado a la caída de la presión; el cual, conforme es sabido, es concebido a través del concepto del "tiempo de reserva".

Bajo este concepto comprendemos el tiempo durante el cual—a seguida de la pérdida repentina de la presión fisiológica de oxígeno—se mantiene todavía la capacidad de acción del individuo.

Esta pérdida repentina de la presión fisiológica del oxígeno puede presentarse tanto como consecuencia del fallo del aparato respirador de la altura—consecutivamente a un impacto enemigo o a que se cubra de hielo—como a seguida de una caída de presión en la cabina de hiperpresión.

Los espacios de tiempo durante los cuales se mantiene todavía suficientemente la capacidad de acción del sujeto son función de la altura.

En este sentido es conveniente hacer notar que el "tiempo de reserva" comienza a hacerse actual a partir de la altura límite crítica de 7.000 metros.

El aviador de altura debe saber que, verbigracia, el "tiempo de reserva" es a los 10.000 metros cinco veces más pequeño que a los 7.000 metros.

Por encima de los 10.000 metros, la duración del "tiempo de reserva" se expresa mejor en segundos que en minutos.

Estos valores tienen aplicación en el caso del fallo del aparato respirador de oxígeno.

Pues en el caso de la caída súbita de la presión los valores del "tiempo de reserva" son todavía algo más reducidos, debido a que en esta circunstancia el oxígeno existente todavía en los pulmones es rigurosamente extraído.

En esta amenazadora situación—cuya peligrosidad para el aviador es expresada por la misma denominación de "tiempo de reserva"—no le queda a éste otra

posibilidad que la de echar mano de uno de estos dos recursos: o vencer lo más rápidamente posible el trastorno sobrevenido en el abastecimiento del oxígeno, o la de descender raudamente a otras capas atmosféricas más ricas en oxígeno.

Mencionemos todavía brevemente que el "tiempo de reserva" juega también un importante papel en lo que concierne al lanzamiento con paracaídas desde grandes alturas (fig. 3).

En un lanzamiento con paracaídas cerrado viene a invertirse aproximadamente un minuto en recorrer el espacio comprendido entre los 12.000 y los 7.000 metros.

En cambio, en un lanzamiento con paracaídas abierto se invierten unos ocho minutos en recorrer el indicado espacio comprendido entre los 12.000 y los 7.000 metros.

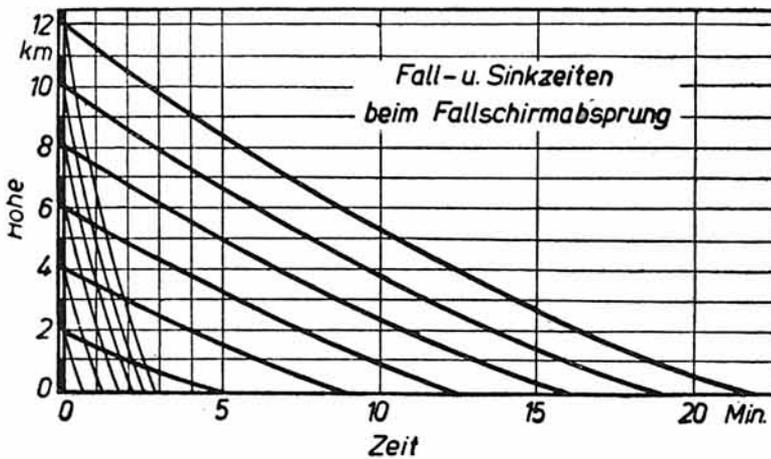


Fig. 3

Esquema de tiempo en el lanzamiento con paracaídas. Curvas con tendencias a la verticalidad.—Tiempos de caída (en el paracaídas sin abrir). Curvas con tendencia a la horizontalidad.—Tiempos de descenso (con el paracaídas abierto).

Es evidente que, por lo que respecta al asunto de los tiempos de caída y de descenso en relación con el tiempo de reserva, la pregunta se plantea en estos términos: ¿Debe descender el aviador con el paracaídas abierto o cerrado?

Esta cuestión resulta aclarada por las investigaciones llevadas a cabo en la cámara de baja presión, en el curso de las cuales han sido imitadas las condiciones que se dan en los lanzamientos con paracaídas. Las pruebas de la escritura practicadas en los sujetos que se lanzan desde los 9.000 ó los 10.000 metros hacen posible el examen somero del problema. En el lanzamiento desde los 9.000 metros, el lanzado es víctima del déficit de oxígeno en pequeña in-

tensidad al pasar de los 8.000 a los 7.000 metros. Por el contrario, en el lanzamiento desde los 10.000 metros se produce una situación peligrosa del lanzado. Situación peligrosa del lanzado, de la cual, en los lanzamientos desde todavía mayores alturas, puede éste tal vez no salir con vida.

Estos imitados lanzamientos paracaidísticos hacen, pues, patente que la altura de 9.000 metros resulta crítica en lo que respecta a la interrogante: ¿Dejarse caer o abrir el paracaídas?

Vemos, pues, cómo también aquí podemos—tanto en virtud de premeditaciones teóricas como de investigaciones experimentales—dar a los aviadores los necesarios consejos.

Con lo expuesto hemos dado una breve ojeada a la lucha por la estratosfera.

Si imaginamos la atmósfera como una especie de océano gaseoso que rodea la Tierra, entonces resulta que todos los seres vivos son—por decirlo así—habitantes de las profundidades marinas—del fondo—de este océano aéreo.

Se concibe que los seres vivos vendrían a ser los habitantes de las profundidades del océano aéreo si se piensa que tan sólo sus cinco kilómetros inferiores—de los 400 kilómetros que lo constituyen—están habitados.

Es más: se puede decir que incluso los hombres de las tierras elevadas respiran aún la porción inferior de la atmósfera.

Si tenemos en cuenta lo expuesto, podremos apreciar ampliamente lo que la conquista de la estratosfera significa en la historia de la Humanidad.

Normalmente vivimos tan sólo en la centésima parte inferior de la atmósfera. Mediante la respiración de oxígeno se han conseguido alcanzar otras dos centésimas. Y mediante el principio de la hiperpresión se abrió el camino de la estratosfera.

Un lugar destacado corresponde en este sentido a la investigación. Con sentido claro de la realidad actual y lleno de fantasía para las cosas del mañana, la investigación precede siempre con paso ligero al progreso y a la comprobación.

Precisamente, la navegación aérea exige una investigación de amplia base y de meta nítidamente definida. La novedad y complejidad de la materia exigen extender a ella los modernos métodos físicos y fisiológicos. Pues en ningún otro lugar tiene más aplicación que en la conquista de la estratosfera la frase de HELMHOLTZ de que "solamente los conocimientos adquiridos en el terreno de las Ciencias Naturales permiten dominar las fuerzas de la Naturaleza".

