

## MEDICINA AERONAUTICA

# Observaciones y consejos destinados al personal volante para la mejor tolerancia de las aceleraciones y esfuerzos aerodinámicos

(NORMAS DIRINGSHOFFEN)

Por el Dr. LUIS DE LA SERNA Y ESPINA

Teniente Médico Asimilado

En vuelo rectilíneo se puede tolerar cualquier velocidad sin sufrir trastornos aparentes el organismo (excepción hecha de las catapultas de lanzamiento), no así los rápidos cambios de dirección a grandes velocidades—virajes cerrados, tirones, tornillazos—, pues éstos originan fuertes aceleraciones y esfuerzos aerodinámicos, que hacen presionar el cuerpo de los tripulantes sobre su asiento o los costados con un peso varias veces mayor que el suyo propio. Estos fenómenos hacen que la tripulación, en estas circunstancias, no pueda utilizar los mandos de dirección y el armamento de defensa o ataque con el debido rendimiento, o, aún más, si se sobrepasan ciertos límites, lleguen a sufrir la pérdida de la visión e inclusive el conocimiento.

Estos trastornos del organismo son de gran riesgo cuando las evoluciones se verifican cerca del suelo o en vuelos en formación (choque contra el terreno o colisiones aéreas). También tiene gran importancia la aparición de dichos trastornos durante el combate aéreo, por coincidir frecuentemente el momento de pérdida de visión con el oportuno de disparar sobre el enemigo. Por todo ello el piloto conductor de aparatos rápidos y maniobreros deberá saber cómo se puede proteger a sí mismo y a sus tripulantes de estos trastornos, llegando a conocer los límites de su propia resistencia y de la de sus compañeros.

## I.—TRIPULACION EN PIE

Estas tripulaciones pueden tolerar perfectamente sobrecargas debidas a aceleraciones y esfuerzos aerodinámicos **hasta cuatro veces la gravedad**, siempre que estén apercebidas y con el peso bien distribuído sobre las dos piernas. Por tanto, con tripulantes que van de pie, el piloto deberá evitar el tomar violentos virajes cerrados y efectuar tirones. Asimismo deberá evitar en las curvas o en los tirones no patinar o resbalar, pues esto origina un peligro para las personas que están en pie, con posible caída de lado y la posible y ya frecuente fractura de los huesos de la pantorrilla.

**Sobrecargas de más de cuatro veces g., con tripulantes en pie, debe evitarse en absoluto.** Una g. es la carga del peso normal debido a la gravedad. Por

ejemplo, con cuatro veces g. un individuo está sometido sobre la superficie donde se sienta o está en pie a una presión igual a la de cuatro veces su peso. esto es, cuatro veces la gravedad; es decir, cuatro veces más; estando sometido a cinco veces g. en posición de pie, las pérdidas de conocimiento son seguras.

## II.—TRIPULACION SENTADA

Estas tripulaciones pueden sufrir, debido al esfuerzo aerodinámico, los siguientes trastornos:

### A) Durante el esfuerzo.

1. Con un esfuerzo aeronáutico de cierta duración, superior a cinco veces g., aparece inmediatamente un trastorno visual pasajero; trastorno que se manifiesta en la forma de visión gris, oscurecimiento del campo visual y visión negra, hasta con completa pérdida de la visión; sin embargo, el conocimiento no se pierde.

2. Con un esfuerzo aerodinámico más fuerte, superior a seis veces g., también instantánea, aparece un rápido y transitorio enturbiamiento de la conciencia, con pérdida de la visión, y, finalmente, terminando todo ello con la pérdida del conocimiento.

3. En todo individuo que tolera mal los esfuerzos aerodinámicos y sobre el que han actuado durante largo tiempo estos esfuerzos puede aparecer una pérdida de conciencia larga, largo desmayo.

Estos síntomas son originados por trastornos de la irrigación sanguínea del ojo y del cerebro, debido a que por la acción de los esfuerzos aerodinámicos o aceleraciones, actuando sobre la sangre, la hacen aumentar de peso y almacenarse en las partes inferiores del cuerpo.

### B) Uno o dos segundos después de la supresión del esfuerzo.

Se puede producir un trastorno visual, con enturbiamiento de la conciencia. A continuación, y durante varios segundos, se mantiene una visión poco clara,

con ligero aturdimiento y junto con una sensación de pérdida de orientación sobre la postura del avión en el espacio. (La causa es una irritación del sistema del equilibrio, debido a la supresión rápida del esfuerzo; esta irritación que durante el esfuerzo funciona superexcitada de una manera refleja.) Precisamente estos trastornos son especialmente peligrosos en el descenso del avión desde pequeña altura sobre la superficie del terreno, debido a que el momento oportuno de recoger a la altura conveniente e ir al vuelo horizontal el sensorio puede estar disminuído, teniendo el posible peligro de entrar en el suelo o chocar con los compañeros de formación. Por ello los pilotos que a veces sufren estos trastornos no son propios para la caza. En general, se deben tolerar esfuerzos aerodinámicos (uno o dos segundos) hasta diez veces g. sin sufrir ningún trastorno.

1. El vulgar velo gris, cortinilla o visión negra, puede aparecer cuando el esfuerzo aerodinámico dura más de dos segundos con una intensidad por encima de cinco veces g.

La tolerancia corriente, sentado en una posición normal, es de seis veces la gravedad = 6 g. Los que tienen menos resistencia, con frecuencia sufren trastornos visuales con cuatro g., y, por el contrario, los especialmente resistentes toleran hasta ocho veces g.

Las personas pequeñas y macizas toleran mejor la aceleración que las altas y delgadas. Los individuos entre los treinta y cuarenta años toleran mejor las aceleraciones que los jóvenes, no totalmente desarrollados, pues aquéllos poseen vasos sanguíneos más resistentes, y por ello tienden menos a trastornos circulatorios del cerebro por almacenamiento de la sangre en la parte inferior del cuerpo y al colapso muscular.

2. Si los límites individuales sobrepasan en una g. a partir de la pérdida de la visión, en la mayoría de los casos sobreviene la pérdida de conocimiento. Este vuelve a recobrase con la supresión de esta sobrecarga. En casos especiales la pérdida de conocimiento puede persistir.

3. Tales situaciones, en las que se mantiene una pérdida de conocimiento causada por esfuerzos aerodinámicos, son debidas generalmente:

a) A una general tendencia individual al desmayo, debilidad del sistema circulatorio, como sucede en jóvenes con un superentrenamiento deportivo.

b) Debido a volar con el estómago vacío o a haber dormido poco y a excesivas bebidas alcohólicas.

c) A la acción de la altura por falta de oxígeno y a la respiración de óxido de carbono.

### III.—VUELO INVERTIDO

En esta forma de vuelo actual, los esfuerzos aerodinámicos y la aceleración se producen en sentido inverso; esto es, de corazón a cabeza. Con ello se origina un aumento de flujo sanguíneo hacia la cabeza y los ojos. En estos esfuerzos, con el valor de tres veces g., pueden aparecer ya hemorragias en la esclerótica (blanco de los ojos), existiendo asimismo el peligro de hemorragias en la retina, que pueden conducir a la ceguera.

En personas mayores con circulación cerebral no deficiente, en muy buen estado, se pueden producir hemorragias mortales.

Si se llegan a originar en esta forma de vuelo aceleraciones de cuatro g., aparecen trastornos visuales en la forma de "visión roja" y también la pérdida momentánea de la vista. Todos estos trastornos persisten más tiempo después del momento del esfuerzo y que en el vuelo normal, y van seguidos con frecuencia de dolor de cabeza que dura varias horas. Por ello el vuelo invertido debe realizarse con la mayor "finura" posible.

### MEDIDAS ESPECIALES DE PRECAUCION PARA AUMENTAR LA CAPACIDAD DE RESISTENCIA EN RELACION CON LOS ESFUERZOS AERODINAMICOS

Doblando el cuerpo hacia adelante sobre los muslos, con la cabeza mirando hacia delante, aumenta en dos veces g. la tolerancia sobre el límite en que comienzan los trastornos de la visión. En general, en esta posición encogida se pueden tolerar aceleraciones de ocho veces la gravedad durante varios segundos libre de todo trastorno.

En esta posición "Diringshoffen" actúa especialmente de una manera beneficiosa contra una posible y larga pérdida del conocimiento, como sucede después de los fuertes tirones.

La utilidad de esta postura es debido:

1. Al acercamiento de la cabeza al corazón. Ya se dijo que por la acción de la aceleración la sangre se hacía enormemente más pesada y el corazón tenía dificultad en bombearla al cerebro. De esta manera disminuimos la distancia y el esfuerzo cardíaco.

2. Por compresión del vientre, el almacenamiento de la sangre en los vasos abdominales se limita y la presión sanguínea se aumenta.

3. Esta posición de encogida hacia delante es la perfecta actitud de ataque, elegida instintivamente por pilotos de caza de gran experiencia, siendo la natural y de mejor moral agresiva.

En la postura tumbado completamente, como en la cama, puede tolerarse aceleraciones hasta de quince veces sin trastornos visuales; pero, sin embargo, esta postura es en la actualidad imposible, y requiere una modificación fundamental del espacio destinado al piloto y de los mandos del avión.

### IV.—CONSEJOS GENERALES

Todo piloto debe tratar de realizar cada figura con el menor esfuerzo para el avión y para sus tripulantes. Excepción de éstos son los ejercicios de entrenamiento para el aumento de la resistencia a las aceleraciones.

Los pilotos de aviones rápidos y maniobreros deben pensar que la capacidad de resistencia, no solamente del personal, sino del material, es limitada. Esfuerzos superiores a nueve veces g. para los aviones de caza y de bombardeos en picado corresponden al límite superior de su resistencia. Sobrepasar éste es entrar en

el peligro de rotura de los planos. En general, la mayoría de los aviones no deben someterse a esfuerzos cinco veces g.

Mediante el uso de acelerómetros puede saber el piloto la magnitud del esfuerzo a que está sometido su aparato y dosificar éste.

Además, con ellos, volando a altura de garantía, puede medir su límite de tolerancia y punto en que

aparecen sus trastornos visuales, comprobando así su capacidad de resistencia y sus límites fisiológicos, no sobrepasándolos sin necesidad absoluta, y tratar de mejorarlos por ejercicios sistemáticos, y saber que por enfermedad u otras causas externas pueden estar disminuidos. De esta manera pueden evitar accidentes irreparables, que en la mayoría de los casos son debidos a defectos físicos de los pilotos.

\* \* \*

(N. de la R.)—Puesto que el artículo anterior está referido a múltiplos de la aceleración de la gravedad, los cuales marcan en cada caso el valor crítico de la aceleración tolerada, conviene referir en un cuadro cuál es el radio de curvatura que corresponde a dichos valores críticos para diferentes velocidades. Recordemos que el valor de la aceleración de la gravedad tomado como base es de  $9,81 \text{ m./sg}^2$ . Con estos valores de radio de curvatura será posible para el navegante aéreo conocer para cada tipo de avión, con su velocidad peculiar, cuál es la referencia del indicador de virajes que representa el valor crítico tolerable.

El cuadro siguiente está referido a los valores de: cinco veces la aceleración de la gravedad que corresponde como máximo, sin molestias notables, a la posición de sentado y erguido; siete veces la gravedad, que es el máximo correspondiente a la posición de sentado, doblando el cuerpo hacia adelante, y tres veces la gravedad que puede considerarse como el límite normal para el tripulante en pie sin estar especialmente apercebido:

Velocidad en km./hora	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	800	1.000	
Radio de curvatura en metros	Para 3 g...	96	161	231	315	412	525	644	778	926	1.087	1.260	1.646	2.574
	Para 5 g...	62	97	139	189	247	315	386	467	556	652	756	987	1.544
	Para 7 g...	44	69	99	135	176	225	261	333	396	465	540	705	1.102

Esta tabla es aplicable a todos los virajes. La aceleración correspondiente debe ser compuesta con la gravedad; la resultante será normal a la célula en un viraje correcto.

Conviene, sin embargo, tener en cuenta que el efecto de la fuerza centrífuga no es el mismo si está dirigido en la dirección de cabeza a pies que al revés. En la dirección de pies a cabeza la aceleración es negativa, y el valor crítico parece ser dos veces el valor de la gravedad, es decir, mucho menor que la anteriormente citada para la posición de sentado. Esto

es importante, por ejemplo, en el caso del bombardeo en picado. Al entrar un avión en picado, el efecto es análogo al del "tirón", pero en sentido contrario; la resultante de la gravedad y la centrífuga resultará en dirección de pies a cabeza. Al iniciar la entrada en picado, si el radio de curvatura es tal que la aceleración es  $-2 \text{ g}$ , la resultante es  $(-2 + 1) \text{ g} = -1 \text{ g}$ . Al terminar la curva y quedar en picado, la resultante es  $(-\sqrt{2^2 + 1}) \text{ g} = -\sqrt{5} \text{ g} = -2,23 \text{ g}$  normalmente a la célula y aproximadamente  $-2 \text{ g}$  en sentido de pies a cabeza. Es interesante, por tanto, conocer los valores de radios de curvatura para el valor crítico de dos veces la aceleración de la gravedad. Están dados en la tabla siguiente, que nos sirve, por tanto, para conocer el radio mínimo con el que se puede entrar en picado sin molestias notables.

Velocidad en km./hora	300	350	400	450	500	550	600
Radio en metros...	347	472	617	788	964	1.162	1.389

En cambio, en la salida del picado, una vez efectuado el bombardeo, la aceleración tolerable es mayor, pues su sentido es de cabeza a pies. El valor máximo nos marcará la altura mínima a que puede hacerse el bombardeo, según la velocidad del avión en el momento de lanzamiento; cuanto mayor sea esta velocidad mayor debe ser la altura, lo cual contribuye a la limitación de la velocidad. Supongamos un avión dotado de frenos aerodinámicos para que la velocidad en el momento de lanzamiento sea 500 km./hora. El radio mínimo para no rebasar el valor de  $5 \text{ g}$  será (tabla 1.ª) de 386 metros. A este valor hay que agregar el margen de seguridad, y hay que tener también en cuenta que al iniciar el "tirón", a la centrífuga se suma la gravedad. Resulta que no deberá realizarse el bombardeo a menos de 600 metros de altura. Esto teóricamente; en la práctica los valores quedan ligeramente alterados, porque la curva no es una circunferencia, sino una elipse y porque la velocidad no es constante.

