

FUERZA AÉREA DE CHILE



CONCEPTOS BÁSICOS DE
FISIOLOGÍA DE AVIACIÓN



EDICIÓN 2004

TABLA DE CONTENIDOS

TABLA DE CONTENIDOS	2
NOTAS DEL EDITOR	3
ATMOSFERA Y LEYES DE LOS GASES	4
FISIOLOGIA DE LA CIRCULACION Y RESPIRACION	9
HIPOXIA	13
HIPERVENTILACION	18
EQUIPOS DE OXIGENO	20
DESCOMPRESION RAPIDA DE AERONAVES	26
DISBARISMOS	30
DESORIENTACION ESPACIAL	37
FACTOR HUMANO – CONCIENCIA SITUACIONAL	45
FATIGA Y STRESS	49
FUERZAS ACELERATIVAS - G LOC	54
PROTECCION DE COLUMNA	58
EXPOSICION A RUIDO Y VIBRACIONES EN AVIACION	62
VISION NOCTURNA NO ASISTIDA EN AVIACION	67
ODONTOLOGIA EN AVIACION	73
NUTRICION EN AVIACION	77
PSICOLOGIA EN AVIACIÓN	81

NOTAS DEL EDITOR

La Fuerza Aérea de Chile, como Institución permanente del Estado y rectora en materias de aviación, ha demostrado siempre un extraordinario afán por fomentar y consolidar las capacidades aéreas del país, como asimismo, colaborar con la seguridad y bienestar de sus habitantes. Teniendo este horizonte, desea compartir con la comunidad aeronáutica civil o militar, algunos conocimientos del área de la Salud, de gran injerencia en las actividades aeronáuticas.

El Centro de Medicina Aeroespacial, como Unidad ejecutiva de la División de Sanidad, tiene el agrado de entregar la presente publicación, en su versión revisada 2004, introductoria de algunos conceptos fisiológicos que se aplican en el vuelo, con el objeto de aportar los conocimientos necesarios para despertar la inquietud de aquellos involucrados en actividades aéreas, para conocer y entender las limitaciones y manifestaciones que tiene el "Factor Humano" en el ambiente aéreo, inserto en el contexto general de la Seguridad Aeroespacial Nacional.

El Editor que suscribe agradece el esfuerzo desplegado y en especial a los profesionales que han colaborado con los capítulos y aquellos anónimos encargados de la compaginación, graficación y edición, como asimismo, a nombre de la Institución y la Unidad que representa, saluda a las Tripulaciones Aéreas esperando que este pequeño aporte les permita volar más alto y más seguros.

C.D.A.(S) CHARLES CUNLIFFE CHECURA
Centro de Medicina Aeroespacial
DIRECTOR

ATMOSFERA Y LEYES DE LOS GASES

C.D.G.(S) Luis Gustavo HEIN Molina

I. INTRODUCCION

Desde tiempos remotos el organismo humano ha sido comparado con una máquina perfecta, no obstante, es necesario resaltar que este organismo se encuentra diseñado para desenvolverse bajo ciertas condiciones, como lo son entre otras, la posición bípeda y sometido a cierto rango de presión atmosférica, concentración de oxígeno, aceleración, etc.; condiciones que el avance tecnológico y en especial la aviación no han respetado, por lo cual se han hecho evidentes algunas limitaciones que posee el ser humano bajo ciertas condiciones.

Con el objeto de contribuir a la Seguridad de Vuelo, es necesario conocer, comprender y entrenarse en estas limitaciones del ser humano, por lo cual resulta indispensable antes que nada, conocer el ambiente y condiciones en que se desarrolla la aviación, para de esta forma, comprender por qué se producen estas limitaciones.

II. DEFINICION

Existen múltiples definiciones de atmósfera, todas correctas según los aspectos de ésta que se tomen en consideración. Para fines prácticos podemos decir que "la atmósfera es una mezcla de moléculas gaseosas que constituye un envoltorio rodeando a la tierra, sin el cual no sería posible la vida biológica, constituyendo un escudo protector contra los efectos perjudiciales de la radiación solar y manteniendo una temperatura adecuada para la vida en los estratos inferiores de este envoltorio gaseoso en contacto con la superficie terrestre".

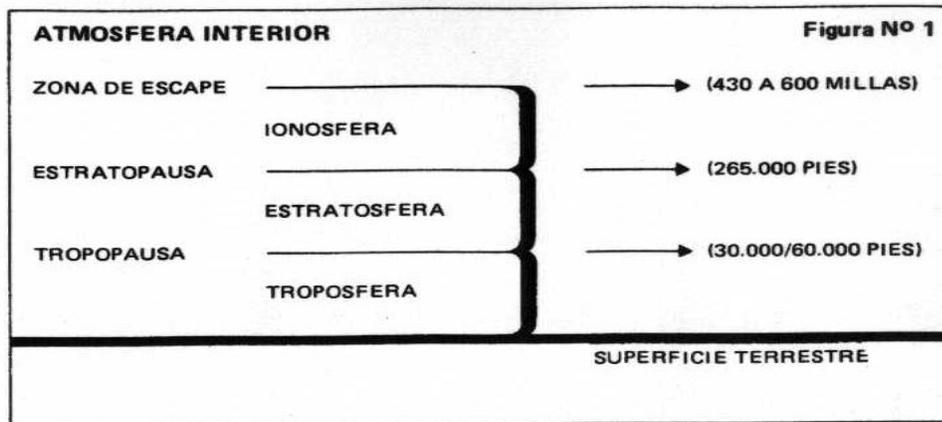
III. ESTRATIFICACION

Este envoltorio gaseoso puede dividirse en dos grandes zonas a saber: una atmósfera interior que va desde la superficie terrestre hasta una altura de 430 a 600 millas y una atmósfera exterior o Exosfera, que va desde las 430 - 600 millas de altitud hasta un límite muy impreciso de 1.200 a 35.000 millas de distancia de la superficie terrestre.

Ambas atmósferas (interior y exterior) se encuentran separadas por una zona en la cual las moléculas gaseosas en su expansión normal vencen la fuerza de atracción gravitacional y por lo tanto, comienzan su migración hacia el espacio. Debido a esta característica, esta zona se denomina "Zona de Escape".

Para fines de fisiología del vuelo, interesa conocer especialmente la atmósfera interior, la cual a su vez se puede estratificar (Figura Nº 1), de acuerdo a ciertas características de ella.

FIG. Nº 1 ESTRATIFICACION ATMOSFERA INTERIOR



Dado que la actividad aérea habitual se desenvuelve en la Tropósfera o en los estratos bajos de la estratósfera, desde el punto de vista fisiológico, interesa conocer algunas características de estas zonas.

IV. TROPOSFERA

Características

1. En cuanto a la temperatura, hay un descenso constante de 2°C por cada 1.000 pies de ascenso que se ha denominada "Gradiente Térmica Vertical", hasta un punto en el cual la temperatura no sigue disminuyendo a pesar del ascenso. Este punto bien preciso, denominado "Tropopausa", corresponde aproximadamente a los (-) 55°C y marca con precisión el límite entre la Tropósfera y la Estratósfera.
2. Las radiaciones solares y en especial los rayos infrarrojos, llegan a la superficie terrestre y rebotan, pero no se devuelven hacia el espacio, sino que vuelven a rebotar en los estratos inferiores de la atmósfera, dirigiéndose nuevamente hacia la superficie terrestre, produciendo en la Tropósfera un fenómeno conocido como "efecto invernadero", el cual es responsable de las variaciones climáticas que sólo suceden en ésta capa atmosférica.
3. La Tropósfera es la única capa atmosférica, en la cual hay presencia de vapor de agua.

V. ESTRATOSFERA

La característica más importante de esta capa es que en ella se encuentra una sub-capa, denominada ozonosfera, cuyas características se señalan a continuación:

Ozonosfera

Características

1. Constituye una sub-capa de la estratósfera, ubicada entre 60.000 a 140.000 pies de altura, que actúa como filtro de las radiaciones ultravioletas y en especial aquellas de longitud de onda corta, impidiendo que éstas lleguen a la superficie terrestre, donde producirían un efecto fisiológico tan perjudicial que quizás no permitiría la existencia de vida en la superficie terrestre.
2. La Ozonósfera se forma mediante la ruptura del enlace que une a los dos átomos de la molécula de oxígeno (O₂), y la recombinación anómala de tres átomos de oxígeno, lo que constituye la molécula de Ozono (O₃). Esta reacción química es del tipo exotérmica, es decir libera energía, la cual es responsable del aumento de temperatura que sucede en los niveles inferiores de la Estratósfera.

VI. IONOSFERA

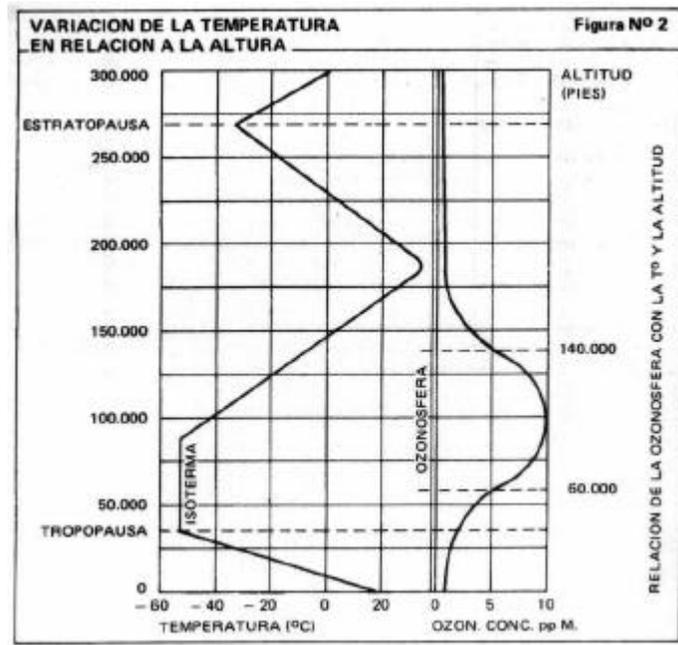
Características

1. Corresponde a la capa más alejada de la atmósfera interior, limitando con la zona de escape. En ella se produce la ionización de las moléculas gaseosas por efecto de las radiaciones ultravioleta. Esta ionización produce aumento de temperatura sin efecto térmico por la escasa densidad.
2. Esta capa actúa como reflector de radiaciones electromagnéticas de onda larga, fenómeno utilizado por las comunicaciones radiales.

VII. VARIACION DE LA TEMPERATURA EN RELACION A LA ALTURA

En Figura N° 2, se resume lo que ocurre con la temperatura en relación con la altura. En la tropósfera se observa el descenso constante de la temperatura en 2°C por cada 1.000 pies de ascenso, hasta el momento en que se detiene el descenso de la temperatura (aproximadamente -55°C) marcando la tropopausa. Esta temperatura se mantiene constante en los niveles inferiores de la Estratósfera, hasta que comienza a aumentar

por el efecto exotérmico de la Ozonósfera. Al cesar el efecto de la Ozonósfera, vemos que la temperatura nuevamente comienza a descender hasta un punto en que vuelve a aumentar. Este último punto marca el límite entre la Estratósfera y la Ionosfera (Estratopausa), siendo la razón de este aumento de temperatura la reacción exotérmica de la ionización de las moléculas de la atmósfera.



VIII. COMPOSICION GASEOSA DE LA ATMOSFERA

Como se expresó en la definición de atmósfera, ésta es una mezcla de moléculas gaseosas. La cantidad de elementos gaseosos que constituyen la atmósfera es enorme; basta con mencionar que los gases provenientes de los organismos biológicos en putrefacción, al igual que los gases provenientes de las chimeneas de las industrias, forman parte de la atmósfera. Sin embargo, la mayoría de estos gases se encuentran en cantidades tan pequeñas que para fines prácticos no se consideran.

Por lo expresado en el párrafo precedente y para fines prácticos relacionados con la fisiología de aviación, se ha considerado que la atmósfera se encuentra formada principalmente por una mezcla de gases como se señala en la tabla Nº 1. No obstante, dado que en esta distribución no se ha considerado el vapor de agua, se llama a los porcentajes señalados, como la composición de la atmósfera seca. Es importante señalar que esta distribución se mantiene constante hasta una altura aproximada de 60 millas.

TABLA Nº 1 COMPOSICION ATMOSFERA SECA

ELEMENTO	SIMBOLO	%
NITROGENO	(N ₂)	78%
OXIGENO	(O ₂)	21%
OTROS	(Gases nobles, CO ₂ , etc.)	1%
		100%

IX. FUERZAS QUE ACTUAN SOBRE LA MASA ATMOSFERICA

En general hay dos fuerzas que actúan sobre las moléculas gaseosas de la atmósfera que producen una distribución no homogénea de ésta, en la cual observamos que un 78% de la atmósfera se encuentra en la tropósfera y el 98% se encuentra bajo los 100.000 pies. Por lo mismo, es fácil comprender que las variaciones de presión van a ser mayores en los estratos inferiores de la atmósfera. Las fuerzas que actúan son:

1. **RADIACIÓN SOLAR:** Su efecto de calentamiento hace que las moléculas gaseosas se encuentren lo más separadas posible unas de las otras. Esto determina el número de partículas por volumen o densidad.
2. **FUERZA GRAVITACIONAL:** La fuerza gravitacional, que va disminuyendo en la medida que aumenta la altura, actúa sobre estas "partículas por volumen", produciendo una distribución no homogénea de la densidad, por lo cual observamos que en los estratos inferiores de la atmósfera, donde la influencia de la fuerza gravitacional es mayor, hay una mayor compactación de moléculas gaseosas y por lo tanto una mayor densidad.

X. CORRELACION ENTRE PRESION BAROMETRICA Y ALTURA

La presión barométrica, que puede medirse con un barómetro, es el peso que ejerce una columna de aire con una sección o diámetro de una pulgada cuadrada desde el barómetro hacia el espacio. Si el barómetro se coloca a diferentes alturas bajo algunas condiciones estándar, se puede confeccionar una curva exponencial relacionando la Presión Barométrica y la altura. Esta correlación ha quedado estandarizada y tabulada en lo que se conoce como: "U.S. STANDARD ATMOSPHERE" algunas de cuyas cifras se señalan en Tabla N°2.

Tabla n° 2		U.S. STANDARD ATMOSPHERE	
Altura (Pies)	Presión (mmHg)	ATM	
0	760	= 1 atm.	
18.000	380	= 1/2 atm.	
27.000	259	= 1/3 atm.	
34.000	188	= 1/4 atm.	
42.000	128	= 1/6 atm.	
100.000	8	= 1/95 atm. aprox.	

XI. PRINCIPIOS BASICOS DE LAS LEYES DE LOS GASES

Los gases en general se comportan siguiendo algunos principios físicos constantes traducidos en las Leyes Físicas de los gases. Asimismo, los gases en el cuerpo humano se comportan obedeciendo a estas mismas leyes, por lo cual, es necesario conocerlas y de esta forma comprender lo que le sucede al organismo humano al desenvolverse en esta atmósfera gaseosa que tiene algunas características especiales, explicadas anteriormente. En forma resumida hay cinco (5) Leyes de los Gases que tienen implicancia directa en la fisiología humana y con mayor razón en la Fisiología de Aviación.

1. LEY DE DIFUSION GASEOSA

Enunciado: *"Todo gas difunde de un área de mayor presión a un área de menor presión, hasta igualar las presiones".*

Significación Fisiológica: La aplicación de esta Ley se verá en relación con la difusión de gases a nivel pulmonar y celular del organismo, permitiendo el intercambio gaseoso entre la célula y la atmósfera. Cabe mencionar que en una mezcla gaseosa cada gas se comporta en forma independiente.

2. LEY DE DALTON

Enunciado: *"En una mezcla gaseosa la presión total equivale a la sumatoria de las presiones parciales de cada uno de los gases que conforman dicha mezcla"*

Significación Fisiológica: En el caso específico de la atmósfera, la Presión Total o Barométrica corresponde a la sumatoria de las presiones ejercidas por el nitrógeno, el oxígeno y otras. Además, si la P.B. disminuye significa que la presión de O₂ disminuirá proporcionalmente pudiendo conducir a los fenómenos de Hipoxia.

3. LEY DE BOYLE

Enunciado: *“El volumen que ocupa un gas es inversamente proporcional a la presión de éste si la temperatura permanece constante”*

Significación Fisiológica: Los gases que se encuentran atrapados en las cavidades orgánicas (a tº constante) van a aumentar de volumen al disminuir la presión barométrica (ascenso).

4. LEY DE CHARLES

Enunciado: *“A volumen constante la presión de un gas es directamente proporcional a la temperatura de éste”.*

Significación Fisiológica: Un cilindro de oxígeno (volumen constante) al ser enfriado en forma importante hará que la presión del oxígeno en su interior disminuya.

5. LEY DE HENRY

Enunciado: *“La cantidad de un gas que se disuelve en una fase líquida es directamente proporcional a la presión a que se encuentra dicho gas sobre el líquido”.*

Significación Fisiológica: Tanto el oxígeno como el nitrógeno, para penetrar el organismo humano desde la atmósfera, deben disolverse en una fase líquida (sangre). Asimismo, el comportamiento del Nitrógeno disuelto en el organismo, bajo ciertas circunstancias podrá desencadenar la Enfermedad por Descompresión.

XII. DIVISIONES FISIOLÓGICAS DE LA ATMÓSFERA

Se ha analizado hasta el momento en forma somera la atmósfera en atención a sus características físicas primordialmente. Corresponde correlacionar la tolerancia y capacidad fisiológica del ser humano frente a este medio ambiente en el cual se desarrollan las actividades de aviación.

Para este fin se ha estratificado a la atmósfera en tres zonas, de acuerdo a la adaptación fisiológica, a saber:

- A. Zona Fisiológica. (de 0 a 10.000 pies)** Se caracteriza porque el organismo humano puede vivir en esta zona con pequeñas adaptaciones fisiológicas sin recurrir a medios externos o extraños a su organismo.
- B. Zona Deficitaria: (de 10.000 a 50.000 pies)** Zona en la cual el organismo humano no puede sobrevivir en forma indefinida sin un aporte extraordinario de oxígeno.
- C. Zona Equivalente - Espacio: (de 50.000 pies hacia arriba).** Zona en que se requiere cabina presurizada y/o traje presurizado completo, además del aporte de oxígeno extraordinario. Los problemas fisiológicos que existirían en esta zona son esencialmente iguales a los que habría para la existencia del hombre en el espacio.

FISIOLOGIA DE LA CIRCULACION Y RESPIRACION

C.D.G.(S) Luis Gustavo HEIN Molina

I. INTRODUCCION

En la medida que se comprende el funcionamiento e importancia de la circulación y respiración para la fisiología humana al nivel de la superficie terrestre, podremos correlacionar estos conceptos con los conocimientos de la atmósfera a diferentes alturas, entendiendo así las razones de las limitaciones fisiológicas que posee el organismo humano en aviación, así como los implementos que ha debido fabricar para suplir estas limitaciones, con sus posibles fallas y consecuencias.

El organismo humano está compuesto por una infinidad de unidades funcionantes denominadas "células" las cuales, para cumplir con sus funciones y mantención, requieren de un aporte en cantidad suficiente de oxígeno. Desgraciadamente, el ser humano no tiene la capacidad para fabricar oxígeno y por lo tanto, necesita obtener este gas desde la atmósfera.

Los organismos "unicelulares" (compuestos por una sola célula) viven en ambientes que poseen oxígeno y por lo tanto éste difunde directamente a través de la pared de la célula. En el caso de los organismos "multicelulares" (compuestos por muchas células) la gran mayoría de las células no se encuentran en contacto directo con ambientes ricos en oxígeno, por lo tanto, estos organismos (entre los que se cuenta el ser humano) han debido desarrollar órganos especializados en obtener el oxígeno de la atmósfera y transportarlo hasta que quede en íntimo contacto con cada una de las células que lo componen.

Para cumplir con lo señalado en el párrafo anterior, el ser humano ha desarrollado dos sistemas que trabajan en forma integrada, como lo son el sistema respiratorio y el sistema circulatorio. El primero obtiene el oxígeno en forma de gas desde la atmósfera y lo pone en íntimo contacto con el líquido (plasma) de la sangre hacia donde difunde (Ley de Difusión Gaseosa), solubilizándose (Ley de Henry) y de esta forma es transportado por el sistema circulatorio a cada una de las células del organismo.

II. SISTEMA RESPIRATORIO

A. Anatomía

En general se puede decir que el sistema respiratorio está formado por tres partes con funciones diferentes. La primera parte lo constituye la fosa nasal por donde penetra el aire. Conectados con la fosa nasal se encuentran los senos paranasales que son cavidades en los huesos de la cara. El conjunto de los senos paranasales y fosa nasal permite calentar el aire a la temperatura corporal, filtrar las partículas en suspensión y humidificar el aire inspirado.

La segunda parte del sistema respiratorio la constituye un sistema de tuberías formado por la tráquea, bronquios fuentes, bronquios secundarios y bronquíolos, cuya función básicamente consiste en permitir que el aire llegue hasta el alvéolo pulmonar, la unidad básica funcional del pulmón. Cabe destacar que este sistema de tuberías se va ramificando en el interior de los pulmones en forma tan importante que al final va a permitir aumentar la superficie de difusión gaseosa. Asimismo, debe destacarse que como toda tubería rígida, el flujo máximo que puede pasar a través de esta red depende del diámetro del tubo matriz constituido en este caso por la tráquea.

Finalmente, la tercera parte del sistema respiratorio está constituido por una infinidad de pequeños sacos microscópicos llamados alvéolos, los cuales están en íntimo contacto con los capilares sanguíneos constituyentes de la red de tuberías del sistema circulatorio. El aire del alvéolo se encuentra separado de la sangre del capilar por una pared llamada "pared alvéolo-capilar", la cual microscópicamente es muy delgada y a través de la cual va a difundir (Ley de Difusión Gaseosa) el oxígeno y el nitrógeno, solubilizándose en la sangre (Ley de Henry) y de esta forma se transporta a todas las células del organismo. Asimismo, siguiendo el camino inverso, el anhídrido carbónico (CO₂), producto de desecho de las células, sale del capilar al alvéolo y de allí al ambiente.

B. Mecánica Respiratoria

El sistema respiratorio funciona como un fuelle gracias a la cavidad torácica, en cuyo interior se encuentran los pulmones.

La cavidad torácica está limitada por detrás por la columna dorsal, por delante por el esternón y por los lados por las costillas, cuya orientación es hacia adelante y hacia abajo. La parte inferior de la caja torácica se encuentra sellada por el diafragma, el cual en posición de reposo adopta la forma de una cúpula con vértice hacia la cabeza. Los músculos respiratorios al contraerse hacen que las costillas se eleven y se horizontalicen con lo cual aumenta el diámetro antero-posterior del tórax. Asimismo, al inspirar, el diafragma se tensa, con lo cual desciende la cúpula, por lo cual aumenta el diámetro vertical del tórax. Al aumentar los diámetros del tórax hace que fluya aire desde el ambiente al interior de los pulmones, al igual que un fuelle.

La espiración en el ser humano es pasiva y se logra por la relajación de los músculos inspiratorios y del diafragma, con lo cual las costillas caen nuevamente y el diafragma adopta su posición de reposo como cúpula, disminuyendo los diámetros del tórax y por lo tanto la expulsión del volumen de aire excedente.

Es importante recalcar que la inspiración es activa, ya que requiere la contracción de músculos, en cambio la espiración es pasiva, ya que solo necesita que se relajen los músculos respiratorios.

C. Relación Pulmón - Caja Torácica

En realidad el verdadero fuelle respiratorio está constituido por los pulmones, los cuales siguen los mismos movimientos que realiza la caja torácica.

Los pulmones están tapizados por una membrana llamada pleura visceral, la cual se repliega tapizando la cara interna de la caja torácica, donde pasa a denominarse pleura parietal. Entre pleura visceral y parietal queda una cavidad hermética llamada cavidad pleural. La característica más importante de esta cavidad es que se encuentra al vacío y por lo tanto la pleura visceral está adosada a la pleura parietal por vacío, lo que explica que los pulmones sigan los movimientos de la caja torácica.

D. Control del Sistema Respiratorio

Es evidente que el sistema respiratorio funciona en forma automática sin que nos demos cuenta, pero también en ciertas situaciones el control voluntario puede asumir el comando del sistema como por ejemplo cuando buceamos bajo el agua en una piscina.

El control automático de la respiración es muy complejo y en la actualidad no hay consenso unánime aún. Lo que sí se sabe es que en el Sistema Nervioso Central, específicamente en el bulbo de la médula, se encuentra el centro de mando del sistema respiratorio llamado "Centro Respiratorio". Este centro regula la frecuencia y profundidad de la respiración dando órdenes a los músculos respiratorios y diafragma. Este centro respiratorio percibe la información de los sensores periféricos que detectan los niveles de O_2 , CO_2 y acidez (PH) sanguíneos. No obstante, independientemente de los sensores periféricos, la voluntad puede alterar el patrón de respiración. Esto último adquiere importancia en aviación dado que puede generar por ejemplo el fenómeno de la hiperventilación anormal, que puede suceder por tensión emocional o por respiración a presión positiva.

III. SISTEMA CIRCULATORIO

A. Anatomía

En general, se puede decir que el Sistema Circulatorio es un sistema hidráulico cerrado con una bomba impulsora (corazón) y una red de tuberías por la cual circula un fluido llamado sangre. Su función principal es transportar el oxígeno y nutrientes hasta cada una de las células del organismo y a su vez, conducir los productos de desecho de las células a los sitios de eliminación, constituidos por los pulmones y los riñones.

El corazón está formado por dos bombas impulsoras conectadas en serie, llamadas corazón derecho y corazón izquierdo, cada uno de los cuales está formado por dos cavidades (1 aurícula y 1 ventrículo) separados por una válvula unidireccional.

La red de distribución está formada por vasos sanguíneos de diferentes diámetros y calidades, reconociéndose por su estructura microscópica en arterias y venas, cuya diferencia radica fundamentalmente en el grosor de la capa muscular de la pared y no en el tipo de sangre que conduce.

Finalmente, el fluido que se conduce en el sistema circulatorio se llama sangre, la cual está formada por una parte líquida o plasma y una parte particulada o celular, constituida esta última por las diferentes células sanguíneas, que son los glóbulos blancos, que participan en la defensa del organismo, las plaquetas, que participan en la coagulación y los glóbulos rojos, encargados del transporte del oxígeno y anhídrido carbónico.

B. Mecánica Circulatoria

La sangre rica en oxígeno proveniente de los pulmones, llega a la aurícula izquierda a través de las venas pulmonares. De la aurícula izquierda, que actúa como reservorio, pasa al ventrículo izquierdo el cual impulsa la sangre a través de la arteria aorta, distribuyéndose por toda la red arterial sanguínea, hasta llegar a estrecho contacto con todas las células del organismo y de esta forma llevarle a las células el oxígeno y nutrientes indispensables para su funcionamiento.

Una vez que las células le han extraído el oxígeno a esta sangre, aplicándose la Ley de Difusión Gaseosa, se devuelve a través de la red venosa hasta llegar a la aurícula derecha. De la aurícula derecha pasa al ventrículo derecho el cual impulsa esta sangre, pobre en oxígeno, hacia los pulmones a través de la arteria pulmonar donde, a nivel alvéolo-capilar, se produce el intercambio gaseoso enriqueciéndose esta sangre nuevamente en oxígeno, para retornar a la aurícula izquierda por las venas pulmonares, reiniciándose el circuito.

IV. PRESION ALVEOLAR DE OXIGENO

Por todo lo anterior, es fácil comprender que el éxito en el cumplimiento del objetivo final de la respiración circulación, radica fundamentalmente en la cantidad o presión disponible de oxígeno a nivel del alvéolo pulmonar, proveniente del aire inspirado, para ofrecerse a la circulación sanguínea.

La presión alveolar de oxígeno puede calcularse mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

$$PAO_2 = [(P.B. - ppH_2O) \times FiO_2] - \frac{PACO_2}{R}$$

En la cual, a nivel del mar, tenemos:

PAO₂ = Presión alveolar de O₂.

PB = Presión barométrica a nivel del mar = 760 mmHg.

pp H₂O = Presión parcial del vapor de agua que es una constante en el organismo humano = 47 mm Hg.

FiO₂ = % de la P.B. que corresponde al O₂ = 21%.

PACO₂ = Presión alveolar de anhídrido carbónico, el cual el organismo trata de mantener en forma constante en 40 mmHg. aprox., dado que el CO₂ interfiere en la regulación del ph del cuerpo.

R = Cuociente respiratorio. Valor constante en el organismo = 0.8.

Despejando la fórmula:

$$PAO_2 = [(760 - 47) \times 0,21] - \frac{40}{0,8} = 99,73 \text{ mmHg}$$

Al observar la fórmula, es evidente que en Aviación la gran variable corresponde a la Presión Barométrica y cabe señalar que, cuando hay menos de 60 mmHg. de O_2 a nivel sanguíneo en un individuo previamente sano, se dice que se encuentra en "Insuficiencia Respiratoria Aguda".

V. CASCADA DEL O_2 Y FASES DE LA RESPIRACION

Si el objetivo final de los sistemas respiratorio y circulatorio consiste en llevar el oxígeno de la atmósfera hasta la célula, para que ésta la utilice en sus procesos metabólicos, la Hipoxia (insuficiente aporte de oxígeno a nivel celular) puede producirse por una falla en cualquier etapa o fase de este ciclo y por lo tanto, es necesario conocer estas fases.

- A. La primera fase denominada "VENTILACION ALVEOLAR" contempla el aporte de oxígeno desde la atmósfera hasta el interior del alvéolo. Evidentemente depende de la cantidad de O_2 disponible en la atmósfera y la indemnidad de la vía respiratoria.
- B. La segunda fase denominada "DIFUSION ALVEOLO - CAPILAR", contempla el paso del oxígeno desde el alvéolo a la sangre del capilar aplicándose las Leyes de Difusión Gaseosa y la Ley de Henry. En un individuo con pulmón sano, difunde aproximadamente el 100% de la presión del O_2 a nivel alveolar, porcentaje que se altera en casos de daño pulmonar previo.
- C. La tercera fase denominada "TRANSPORTE", contempla el traslado de O_2 en la sangre hasta cada una de las células del organismo. Depende de la indemnidad de los glóbulos rojos, de la tubería y de la bomba del sistema circulatorio.
- D. La cuarta fase denominada "UTILIZACION", se refiere al aprovechamiento que hace la célula misma del oxígeno que le ofrece la sangre. En ciertas situaciones se verá que la célula, a pesar de que se le ofrece una adecuada cantidad de oxígeno, se encuentra imposibilitada de extraer el oxígeno de la sangre y por lo tanto cae en Hipoxia.

HIPOXIA

C.D.G.(S) Luis Gustavo HEIN Molina

I. DEFINICION

La Hipoxia es un estado de deficiencia de oxígeno en la sangre, células y tejidos del organismo, con compromiso de la función de éstos. Esta deficiencia de oxígeno puede ser debida a muchas causas, pero la más frecuente, especialmente en el ambiente aeronáutico, es la reducción de la presión parcial de oxígeno como consecuencia de la reducción de la presión atmosférica con la altitud. Habitualmente, esto ocurre por exposición a altura, falla o mal uso de los equipos de oxígeno de las aeronaves

II. TIPOS DE HIPOXIA

A. Hipoxia Hipóxica

Este tipo de hipoxia se debe a una alteración de la fases de ventilación alveolar y/o difusión alvéolocapilar de la respiración, que produce una deficiente entrega de oxígeno atmosférico a la sangre de los capilares pulmonares.

Las causas de Hipoxia Hipóxica son:

- Exposición a altitud.
- Pérdida de la presurización de cabina.
- Mal funcionamiento del equipo de oxígeno.
- Afecciones del pulmón (neumonía, enfisema, etc.).

B. Hipoxia Hipémica

La hipoxia hipémica se debe a una alteración de la fase de transporte de la respiración. Consiste fundamentalmente en una reducción de la capacidad de transporte de oxígeno de la sangre. Ciertas drogas o productos químicos, tales como nitritos y monóxido de carbono, pueden alterar las características de la hemoglobina contenida en los glóbulos rojos o bien, combinarse directamente con ella, reduciendo su capacidad de transporte de Oxígeno. El monóxido de carbono es de importancia para el piloto porque está presente en los gases producto de la combustión, tanto en aviones convencionales como en aviones a reacción, y en el humo de cigarrillo. La hemoglobina posee una afinidad por el monóxido de carbono 250 veces mayor que por el oxígeno, por lo que no es fácil eliminar este elemento de la circulación sanguínea.

Las causas más frecuentes de hipoxia hipémica son:

- Intoxicación por Monóxido de Carbono.
- Pérdida de sangre (hemorragia, donación sangre).
- Tabaquismo.

C. Hipoxia por Estancamiento

Este tipo de hipoxia se debe también a una alteración de la fase de transporte de la respiración. Consiste en la reducción del flujo de sangre a través de un sector del organismo o en su totalidad. Esta condición puede deberse a una falla de la capacidad de la bomba cardíaca o a condiciones de flujo local (Fuerzas G).

Las causas más frecuentes de hipoxia por estancamiento son:

- Insuficiencia cardíaca.
- Shock.
- Respiración a presión positiva continuada.
- Frío extremo.

- Aplicación de fuerzas Gz positivas.

D. Hipoxia Histotóxica

Este tipo de hipoxia se debe a una alteración de la fase de utilización de la respiración y consiste en la incapacidad de las células para utilizar el oxígeno en forma adecuada. Se produce por la acción de ciertas sustancias sobre el metabolismo celular.

Las causas más frecuentes de hipoxia histotóxica son:

- Intoxicación por cianatos (combustión de ciertos plásticos).
- Intoxicación por alcohol.

III. CARACTERISTICAS DE LA HIPOXIA

- A. Comienzo insidioso:** Esta es la característica más peligrosa de la hipoxia, junto a su gran variación individual y a la diferente tolerancia que muestran distintas personas, agregado al hecho de que la presencia de hipoxia no produce dolor o malestar significativo, su presencia es a veces tan imperceptible, que puede progresar en el tiempo hasta la total incapacitación del sujeto. Bajo 10.000 pies, la disminución de la visión nocturna es el único signo que puede señalar la presencia de hipoxia, lo que habitualmente ocurre desde los 5.000 pies.
- B. Severidad de los síntomas:** El comienzo y la severidad de los síntomas de la hipoxia varía de forma individual y de acuerdo a la deficiencia de oxígeno, incluso la misma susceptibilidad a la hipoxia se ve afectada por factores tales como altitud, cantidad de glóbulos rojos, estado físico, etc.
- C. Compromiso mental:** El compromiso de las funciones intelectuales es un signo precoz de la presencia de hipoxia, que compromete lógicamente la capacidad del piloto para darse cuenta de su propia incapacitación. Existe compromiso del pensamiento, que se hace lento, el cálculo es impreciso, el juicio pobre, la memoria incierta y el tiempo de reacción se retarda considerablemente.
- D. Tiempo útil de conciencia:** El tiempo útil de conciencia (TUC) es el intervalo entre la interrupción del aporte o exposición a un ambiente pobre en oxígeno, hasta el momento en que el piloto pierde la capacidad de tomar acciones protectoras y correctivas. El TUC no se considera hasta la pérdida total de conciencia. En Tabla N° 1 se ilustran los tiempos promedios de los TUC a diferentes alturas según publicaciones de la Fuerza Aérea de EE.UU.

TABLA N° 1 TIEMPO UTIL DE CONCIENCIA A DIFERENTES ALTITUDES	
Altitud	Tiempo útil de conciencia
18-000 pies	20 - 30 minutos
22.000 pies	10 minutos
25.000 pies	03 - 05 minutos
30.000 pies	01 - 02 minutos
35.000 pies	30 - 60 segundos
40.000 pies	15 - 20 segundos
50.000 pies	09 - 12 segundos

Estos tiempos son promedios en individuos sanos y en reposo. Cualquier ejercicio reduce de inmediato el TUC. Por ejemplo, un piloto que tiene un TUC de 3 - 5 minutos a 25.000 pies, al efectuar diez flexiones completas de rodillas, ve reducido su TUC a 1 - 1 1/2 minutos. Por otra parte, la descompresión explosiva puede reducir el TUC hasta un 50%, debido a la espiración forzada desde el pulmón.

IV. RECONOCIMIENTO DE LA HIPOXIA

El gran avance que significa el entrenamiento en la cámara hipobárica o altimática, permite al piloto experimentar sus propios síntomas de hipoxia de una manera controlada y segura, que variarán de un sujeto a otro de acuerdo a su edad, estado físico, ansiedad y susceptibilidad propia. Una vez que estos síntomas son

percibidos por el sujeto, no varían mayormente en el tiempo. Por razones prácticas, los signos y síntomas de la hipoxia se han clasificado en "síntomas objetivos", que son los percibidos por un observador y "síntomas subjetivos", que son aquellos percibidos por el afectado.

A. Síntomas objetivos

Estos síntomas pueden no ser percibidos por el afectado, pero habitualmente lo son por un observador (ej.: copiloto o instructor de cámara hipobárica).

- Aumento en la profundidad de la respiración
- Cianosis (color azulado de uñas y labios)
- Confusión mental
- Pobreza de juicio
- Pérdida de la coordinación muscular
- Inconsciencia

En ocasiones, síntomas tales como euforia o agresividad, pueden ser percibidos tanto por el piloto como por el observador.

B. Síntomas subjetivos

Las señales de alarma más importantes para el piloto son aquellas que puede percibir más precozmente. Estos síntomas son enfatizados durante el entrenamiento en la cámara altimétrica y pueden ser:

- Sensación de falta de aire
- Sensación de ansiedad
- Dolor de cabeza
- Mareo
- Fatiga
- Náusea
- Sensación de ondas de frío o calor (bochornos)
- Visión borrosa
- Visión de túnel
- Pérdida de sensibilidad

V. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA HIPOXIA

A. Altitud

La altura afecta directamente la presión parcial de oxígeno del aire inspirado y disminuye la presión parcial alveolar de oxígeno. A altitudes de 40.000 pies o más, la presión parcial de oxígeno está tan reducida que el tiempo útil de conciencia es de sólo algunos segundos.

B. Razón de ascenso

La razón de ascenso de los aviones modernos impide una adaptación a la altitud. La descompresión rápida, que es un ascenso muy rápido, puede reducir el TUC hasta un 50%.

C. Tiempo de exposición

Los efectos de la hipoxia aumentan a medida que esta condición se prolonga en el tiempo.

D. Tolerancia individual

Existen variaciones individuales que afectan la tolerancia a la hipoxia. Las razones no están totalmente claras, pero hay factores que deben ser considerados, tales como el metabolismo propio del sujeto, dieta y nutrición.

E. Estado físico

Un estado físico adecuado proporciona una mayor eficiencia del uso del oxígeno y por lo tanto, una mayor tolerancia a la hipoxia, mientras que la obesidad y la falta de entrenamiento físico disminuyen la tolerancia a esta condición.

F. Actividad física

El TUC se reduce con la presencia de actividad física, debido a que los requerimientos metabólicos de oxígeno aumentan en gran medida con la actividad física y se necesita el aporte de oxígeno adicional para mantener las funciones normales. Este factor afecta notablemente a las tripulaciones de aviones de carga que deben realizar esfuerzos o movimientos continuados durante el vuelo.

G. Factores Psicológicos

Las personas con rasgos neuróticos presentan habitualmente una menor tolerancia a la hipoxia. Estudios realizados en vuelo han demostrado que las personas con trastornos psicológicos presentan un mayor consumo de oxígeno que las personas normales en situaciones de estrés. Aquellos pilotos con problemas emocionales o que con facilidad se afectan psicológicamente por problemas ambientales, son más susceptibles a la hipoxia.

H. Temperatura ambiente

Las temperaturas extremas de frío o calor, presuponen la puesta en marcha de mecanismos de ajuste del organismo, que en el fondo significan aumento del consumo de oxígeno, disminuyendo de esta manera la tolerancia a la condición de hipoxia y requiriendo oxígeno adicional para el mantenimiento de la función normal. Esta es una de las justificaciones del oxígeno de emergencia de los equipos para escape y caída libre desde grandes altitudes con bajas temperaturas.

VI. PREVENCIÓN DE LA HIPOXIA

La hipoxia se previene aportando oxígeno para mantener una presión parcial de oxígeno alveolar de 60 a 100 mmHg. Esto se logra por medio de los diferentes equipos de oxígeno disponibles y con la práctica de disciplina en el uso de estos equipos. La prevención y corrección de la hipoxia hipóxica es sin duda de gran importancia y básico para la supervivencia del piloto, pero de ninguna manera debe descuidarse la presencia y acción de otros factores capaces de causar otro tipo de hipoxia, tales como el alcohol, la fatiga, el tabaco, la automedicación, el miedo, el stress y la ansiedad o alteraciones emocionales

VII. TRATAMIENTO DE LA HIPOXIA

La presencia de síntomas de hipoxia o la exposición a una descompresión de cabina, significan la puesta en marcha inmediata de una serie de procedimientos para su corrección. Sin duda que lo más importante es la provisión inmediata de oxígeno 100%, pero es necesario tener en cuenta otros factores que deben ser analizados en forma secuencial:

VIII. PROCEDIMIENTO EMERGENCIA REGULADOR OXIGENO

Evidentemente que cada tipo de regulador de oxígeno tiene su propio procedimiento de revisión pre-vuelo o fente a emergencias descritos en sus manuales de operación. A continuación se señala el procedimiento del regulador norteamericano tipo MD 1 o similares, de uso frecuente en aviación militar. Para facilitar el

procedimiento de emergencia se sugiere seguir un cierto orden de prioridades para lo cual la regla nemotécnica PRICE norteamericana resulta útil.

1. **P = PRESSURE** Asegurarse de tener presión de oxígeno en el sistema
2. **R = REGULATOR** Asegurar “settings” del regulador
 - **Supply Lever:** ON
 - **Diluter Lever - 100% OXIGENO:** A altitudes bajo 34.000 pies, el aporte de Oxígeno 100% restablecerá la oxigenación de la sangre a nivel del mar, con el equipo de oxígeno funcionando en forma correcta.
 - **Emergency Lever: EMERGENCY:** Debe aplicarse presión positiva para asegurar una rápida recuperación de la hipoxia. Debe tomarse en consideración la altitud de vuelo y las causas de la deficiencia de oxígeno. Una falla en el funcionamiento del equipo de oxígeno o la exposición a altitudes sobre 40.000 pies, requieren generalmente la aplicación de presión positiva para corregir la hipoxia.
3. **I = INDICATOR** Asegurar funcionamiento de ventanilla indicadora del ciclaje respiratorio
4. **C = CONNECTIONS** Asegurar la indemnidad de máscara y conexiones del equipo
5. **E = EMERGENCY** Procedimientos de emergencia, a saber:
 - **Control de la respiración:** La recuperación de la hipoxia se produce a los pocos segundos de la restauración de la presión adecuada de oxígeno. Sin embargo, la presencia de miedo o ansiedad, así como la acción de quimiorreceptores pueden mantener elevado el ritmo respiratorio por un tiempo adicional; si el ritmo respiratorio no es controlado, puede producirse una hiperventilación. Por esta razón, junto con iniciar las medidas anotadas anteriormente, debe controlarse en forma voluntaria el ritmo respiratorio. Esta medida es también muy útil para el caso de que los síntomas presentados hubieran sido producidos por un fenómeno de hiperventilación.
 - **Descenso bajo 10.000 pies:** Se considera de fundamental importancia, con el objeto de aumentar la presión parcial de oxígeno en el alvéolo pulmonar, debiendo realizarse si a pesar de todas las medidas tomadas persisten los síntomas de hipoxia y mientras se encuentre en el rango del tiempo de conciencia útil.

HIPERVENTILACION

C.D.G.(S) Luis Gustavo HEIN Molina

I. DEFINICION

La hiperventilación se caracteriza por un aumento en la frecuencia y/o profundidad de los movimientos respiratorios, con exceso de eliminación de anhídrido carbónico por el pulmón y trastorno consiguiente del equilibrio ácido-base, conocido como alcalosis respiratoria. Esto puede causar, en un sujeto sano y joven, una alteración electrolítica tan severa que incluso puede llegar hasta alteraciones del flujo sanguíneo, pérdida de conciencia, contractura muscular tetaniforme y muerte.

La frecuencia respiratoria normal es de 12 a 16 ciclos por minuto. El control primario de la respiración se produce a través de la estimulación del centro respiratorio por la saturación del anhídrido carbónico de la sangre, dentro del balance ácido-base, que el organismo trata de mantener como una constante de 47 mmHg. El control secundario de la respiración se produce a través de la estimulación de quimiorreceptores en la aorta y arterias carótidas que responden a la saturación de oxígeno de la sangre. Durante el ejercicio, se produce un aumento en la cantidad de anhídrido carbónico de la sangre, como producto de desecho de las células, lo que es detectado por el centro respiratorio, el que aumenta la profundidad y frecuencia de los movimientos respiratorios para incrementar la eliminación de anhídrido carbónico por el pulmón y mantener su nivel constante en la sangre. Esto constituye una situación normal. La hiperventilación puede ocurrir por una serie de causas diferentes, pero la causa más frecuente en aviación es la desadaptación con la máscara de oxígeno o la ansiedad.

II. CAUSAS DE HIPERVENTILACION

- A. Voluntaria:** Si bien el ritmo respiratorio es controlado automáticamente por los mecanismos descritos, el sujeto puede controlar voluntariamente, dentro de ciertos límites, la frecuencia y profundidad de sus movimientos respiratorios. Por el contrario, la desadaptación con la máscara de aviación puede inducir una hiperventilación involuntaria.
- B. Emocional:** El miedo, la ansiedad, la tensión y el estrés, que resultan de emociones o malestar físico, pueden provocar un aumento en la frecuencia y profundidad de la respiración. Esta es la causa más frecuente de hiperventilación en los vuelos en cámara hipobárica, en los primeros vuelos de entrenamiento y en general, en toda la actividad aérea. Por ello es que se insiste en el entrenamiento de los pilotos para controlar su respiración.
- C. Dolor:** El dolor puede ser también causa de hiperventilación de un sujeto. Esta situación puede también ser controlada en forma voluntaria.
- D. Hipoxia:** La disminución de la presión de oxígeno en la sangre durante la hipoxia, produce un impulso reflejo al centro respiratorio a través de quimiorreceptores, que induce un aumento compensatorio de la profundidad y frecuencia de la respiración. Se produce por consiguiente, un aumento de la eliminación de anhídrido carbónico por el pulmón y una alcalosis leve de la sangre. Sin embargo, si esta situación se prolonga, se puede producir un aumento importante de la alcalosis, con la aparición de síntomas y signos propios de la hiperventilación.

III. EFECTOS DE LA HIPERVENTILACION

- A. Irritabilidad Neuromuscular:** La alcalosis causa un aumento de la irritabilidad y sensibilidad neuromuscular que se detecta como sensación de hormigueo o clavadas en las extremidades. De persistir esta condición se puede llegar al espasmo o rigidez muscular, que puede inducir una tetania generalizada.
- B. Respuesta Vascular:** La alcalosis produce una vasoconstricción de los vasos arteriales cerebrales y una vasodilatación en el resto de los vasos del organismo. Esta situación conduce a una hipoxia por estancamiento del tejido nervioso del cerebro, la que se agrava por la disminución del retorno venoso al corazón por la relajación del resto de los vasos del organismo. Al disminuir la frecuencia respiratoria,

aumenta el nivel de anhídrido carbónico en la sangre, disminuye la vasoconstricción cerebral y se restablece el nivel de conciencia y la respiración normal.

IV. SINTOMAS DE HIPERVENTILACION

La diferenciación entre hipoxia e hiperventilación suele ser difícil, debido a la similitud de los síntomas.

A. **Síntomas objetivos:** Contracturas musculares, piel fría y pálida, rigidez, inconsciencia.

B. **Síntomas subjetivos:** Los síntomas subjetivos observados más comúnmente son:

- Mareo.
- Náusea.
- Debilidad.
- Temblores musculares.
- Euforia.

V. PREVENCION Y TRATAMIENTO

El método más efectivo para la prevención y tratamiento de la hiperventilación es el control voluntario de la respiración. Sin embargo, debido a la posible confusión con la hipoxia y al hecho de que con frecuencia se presentan asociadas, las acciones correctivas deben ser comunes, tal como se señalaron en el capítulo de hipoxia.

EQUIPOS DE OXIGENO

C.D.A. (S) Charles CUNLIFFE Checura

I.-INTRODUCCION

El problema de la falta de oxígeno en altura se conoce desde antes de la creación de las aeronaves más pesadas que el aire. Por lo mismo, desde esa época se comenzaron a diseñar sistemas rudimentarios que aportaran oxígeno en forma suplementaria, hasta llegar a los sofisticados equipos empleados en la actualidad, todos los cuales pueden sufrir desperfectos en el momento menos oportuno.

Como se ha señalado en el capítulo referente a la atmósfera, hoy en día se sabe que la zona deficitaria de este vital elemento para el ser humano normal comienza alrededor de los 10.000 pies de altura sobre el nivel del mar. Lo anterior, asociado a las capacidades de las aeronaves actuales, obliga a las tripulaciones aéreas a conocer y preocuparse de los equipos de oxígeno en uso por ellos.

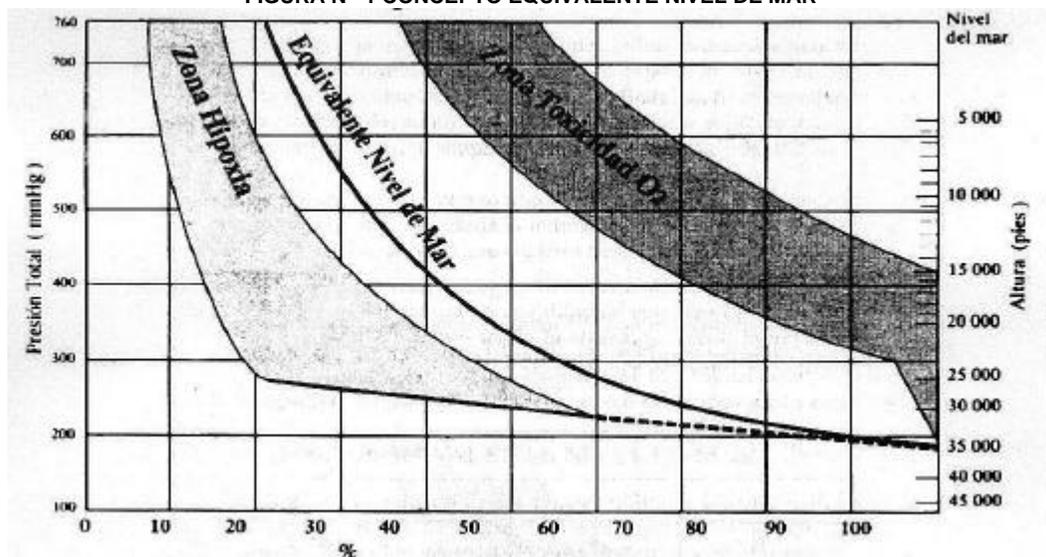
Es evidente que la cantidad de diferentes modelos y sistemas de oxígeno en uso hoy en día es significativo, por lo cual, los usuarios deben recurrir a los manuales respectivos. Lo que a continuación se expondrá son conceptos generales, con cierto énfasis en los equipos de uso militar, entendiendo que al referirse a la altura, ésta se refiere a la de cabina a la cual esta expuesta la persona.

II.- CONCEPTO EQUIVALENTE NIVEL DE MAR

En la medida que se asciende en altura la concentración de partículas de oxígeno va disminuyendo. Por lo mismo, para evitar la hipoxia hay que ir incrementando la cantidad de partículas de oxígeno suplementarias en forma proporcional, mediante una mezcla o dilución porcentual entre aire ambiente y oxígeno 100% contenido en algún tipo de recipiente.

La complicación técnica anterior podría obviarse si se usase O_2 al 100% desde el momento de ingresar a la zona deficitaria, no obstante, también es necesario conocer y comprender que paradójicamente el oxígeno, en altas concentraciones, encierra un riesgo de toxicidad pulmonar al estar expuesto por períodos prolongados. Por lo mismo, los equipos actuales tratan de respetar esta premisa, entregando una dilución proporcional permitiendo una concentración de partículas de O_2 en el alvéolo pulmonar similar a la que se tiene respirando aire ambiente a nivel del mar, como se ilustra en figura N° 1, comenzando con el 21% existente a nivel del mar.

FIGURA N° 1 CONCEPTO EQUIVALENTE NIVEL DE MAR



III.- SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO DE OXIGENO

El oxígeno de uso humano en aviación es altamente puro, con concentración cercana al 100%, envasado en algún tipo de cilindro o recipiente, el cual debe ser transportado o montado en el interior de la aeronave. Debe tenerse presente que en presencia de grasas o aceites puede producirse combustión espontánea. No es combustible pero sí comburente. De uso común son los siguientes sistemas de almacenamiento:

A.- Sistemas de Baja Presión:

- Código de color: AMARILLO
- Full Presión: 425 PSI (+/- 25 PSI)
- Presión Minina
 1. 100 psi – límite operacional.
 2. 50 psi – límite para mantenimiento.Con presión bajo 50 psi el sistema debe ser llenado antes de dos horas para evitar condensación.
Si el sistema entra en una presión de menos de 50 psi, debe ir a revisión según manual
- Ventajas
 1. Menor peso por cilindros de aleación liviana.
 2. Mantenimiento fácil.
 3. Menor posibilidad de explosión.
- Desventajas
 1. Contiene menor cantidad de oxígeno
 2. Requiere más espacio

B. Sistema de Alta Presión

- Código de color: VERDE
- Full Presión: 1800 a 2200 PSI
- Presión Minina
 1. 800 psi – límite operacional.
 2. 100 psi – límite mantenimiento.
- Ventajas
 1. Contiene mayor cantidad de oxígeno.
 2. Requiere menos espacio.
- Desventajas
 1. Mayor peso por cilindros de fierro
 2. Mantenimiento difícil.
 3. Mayor riesgo de explosión.

C. Sistema de Oxígeno Líquido (Lox)

- Full Presión: 95% de capacidad y 70 ó 300 psi de presión para operar.
 1. El sistema usado en bombarderos y aviones tanque produce presión de 300 psi.
 2. El sistema utilizado en aviones de combate produce presiones de 70 psi.
- Ventajas
 1. Mayor disponibilidad de oxígeno
 2. Requiere 70% menos espacio.
 3. Requiere menos mantenimiento.
 4. Menos riesgo de explosión.
- Desventajas
 1. Manejo más complejo.
 2. No puede ser recargado en cualquier parte

IV.- SISTEMAS DE RESPIRACION CON OXIGENO

El oxígeno almacenado en recipientes como los anteriormente descritos, debe ser aportado al usuario mediante algún sistema de entrega, después de haberse regulado la presión de salida de los recipientes a niveles tolerables por el sistema respiratorio humano. Entre los sistemas de entrega, o reguladores de oxígeno, se tienen los siguientes:

A. Sistema de Flujo Continuo

- Mantiene flujo constante y permanente independientemente de la inhalación o exhalación
- Limitación
 1. Gran gasto - no logra proporcionar al usuario 100% de oxígeno.
 2. Altitud operacional segura: 25.000 pies (puede ser utilizado en algunas emergencias hasta 30.000 pies).
 3. Habitualmente usado en aviones menores, de transporte y en Evacuación Aeromédica.

B. Sistema de Dilución Demanda

- Sólo demanda
 1. Entrega 100% oxígeno sólo durante cada inhalación.
 2. Alto gasto a baja altitud.
- Dilución demanda
 1. Entrega oxígeno mezclado con el aire de la cabina o ambiental, en proporción adecuada para mantener el equivalente nivel de mar.
 2. Opera de esta manera desde el nivel del mar hasta 34.000 pies.
 3. Sobre 34.000 pies el regulador automáticamente entrega 100% oxígeno como máximo. El usuario puede obtener 100% oxígeno bajo 34.000 pies con selector manual.

C. Sistema de Presión Demanda

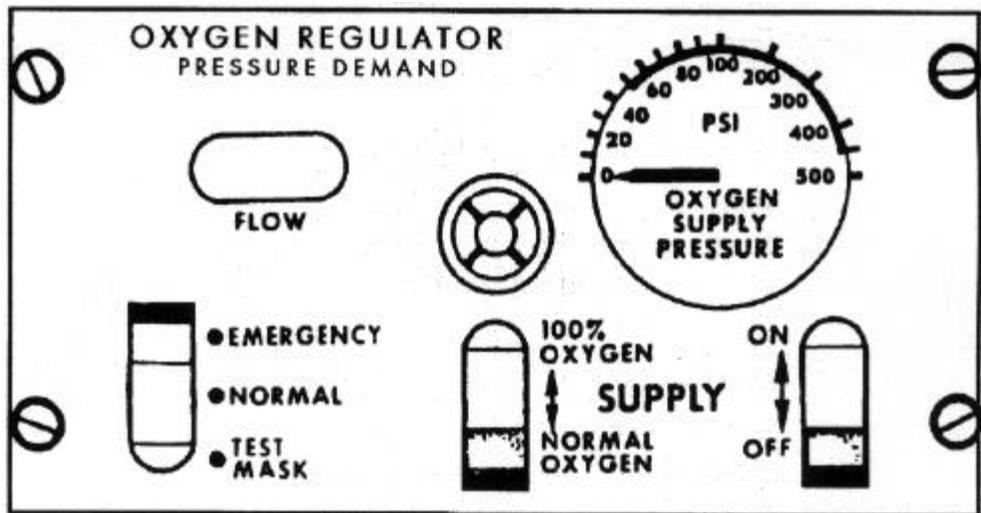
- Equipo habitual de uso en aeronaves de combate.
- Esencialmente semejante al sistema de dilución demanda, excepto que posee la capacidad de entregar oxígeno a presión positiva por sobre la presión ambiental y por ende, mayor cantidad de oxígeno, en forma progresiva a partir de los 28.000 pies y hasta presiones que no soporta el individuo.
 1. El control de esta respiración a presión puede ser manual o automático, dependiendo del tipo de regulador.
 2. La capacidad de suministrar 100% de oxígeno bajo presión positiva (por sobre la presión ambiental), permite su uso en ascensos de rutina a 43.000 pies y ascensos de emergencia hasta 50.000 pies.
 3. Este sistema utiliza máscaras especiales de aviación.
 4. Su funcionamiento adecuado depende mucho del sello que se logre entre la cara y la máscara.
- La respiración bajo presión positiva es dificultosa y fácilmente induce hiperventilación.

V.- REGULADOR MD - 1

Corresponde a un regulador de oxígeno de uso frecuente en aeronaves norteamericanas de combate (figura N° 2). Es un regulador del tipo Presión Demanda, con las siguientes características:

- En forma automática entrega la correcta proporción de aire ambiental y oxígeno desde el nivel del mar hasta 34.000 pies, de acuerdo al equivalente nivel de mar.
- Por margen de seguridad, su rango operacional con respiración a presión positiva va desde 28.000 a 50.000 pies. Sobre esta altura la presión que entrega es muy poco tolerada por un individuo normal, por lo cual debe ser complementado por un traje semi-presurizado.

FIGURA Nº 2 REGULADOR DE OXIGENO TIPO MD - 1



OPERACION

- MANOMETRO DE PRESION: Debe asegurarse la correcta presión de operación, debiendo controlarse periódicamente durante el vuelo. Cualquier disminución brusca de la presión debe ser considerada como causa de falla debiendo iniciar inmediato descenso.
- PALANCA DE ENTRADA DE OXIGENO (color verde): Permite la entrada de oxígeno al regulador desde el depósito de oxígeno.
- PALANCA DE DILUCION (color blanco): Tiene dos posiciones:
 NORMAL: Usada en condiciones normales de vuelo, permitiendo la acción normal de dilución del regulador.
 100%: Esta posición se puede utilizar bajo 32.000 pies en situaciones que requieran 100% de oxígeno.
- PALANCA DE EMERGENCIA (color rojo): Tiene tres posiciones:
 NORMAL: Para todas las operaciones de rutina.
 EMERGENCY: Frente a emergencias a cualquier altura entrega oxígeno a presión positiva.
- TEST MASK: En esta posición el regulador entrega doce pulgadas de agua de presión. Su uso normal es para probar el sello de máscara/cara y del sistema. Puede usarse también como maniobra de valsalva.
- INDICADOR DE FLUJO DE OXIGENO: Banderilla que oscila con los movimientos de inhalación / exhalación. Esta ventanilla sólo indica si hay flujo o no a través del regulador. La falta de oscilación indica falla del sistema.

VI.- MASCARA DE OXIGENO MBU-5/P

La máscara de oxígeno MBU-5/P (figura Nº 3) corresponde a un tipo común de uso en aviación de combate, estando diseñada especialmente para facilitar el sello máscara / cara de tal forma de evitar filtraciones frente a las presiones positivas que ocurren a mayor altura. En general está compuesta por los siguientes componentes:

A. Armazón

- Da integridad estructural a la máscara.
- Ayuda a distribuir las presiones para un correcto sellado de la máscara.
- Sirve de base para la implantación de arneses.

B. Sello facial

- Fabricado en goma siliconada que se adapta a la superficie de la cara.
- Crea un sello adecuado para la respiración a presión positiva.

C. Valvula de inhalación – exhalación

- Se encuentra localizada en la parte inferior de la máscara.
- Está constituida por un flap circular que se abre en la inhalación y una válvula flotante que se activa en la exhalación.

D. Manguera de oxígeno de la mascarara

- Fabricada en goma siliconada corrugada, para permitir libertad de movimiento.
- Contiene en su interior una cuerda de nylon que impide su estiramiento excesivo.

E. Bayoneta de retención de la mascarara

- Conectores de tipo bayoneta que permiten una rápida conexión / desconexión del casco.

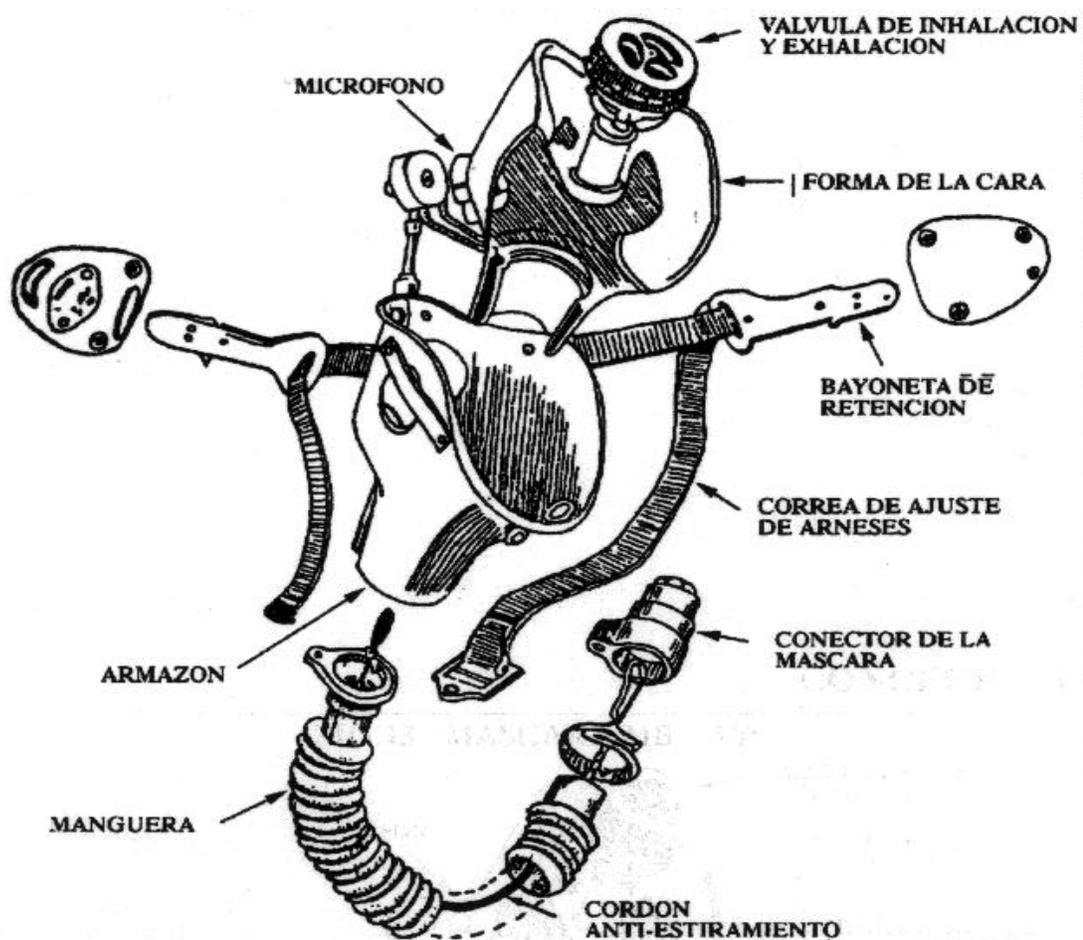
F. Desconector rapido

- Permite la conexión / desconexión rápida del regulador de oxígeno.
- En caso de eyección o abandono del avión permite desconexión automática.
- Incluye un sistema de restricción a la inhalación, cuando el sistema de la máscara se desconecta accidentalmente del regulador, poniendo sobreaviso al piloto.

G. Conexión para oxígeno de emergencia (sólo algunos modelos)

- Permite la conexión del cilindro de oxígeno de emergencia al sistema de la máscara.

FIGURA Nº 3 MASCARA AVIACION TIPO MBU 5 / P



VII.- CILINDRO DE OXIGENO DE EMERGENCIA

Corresponde a un cilindro de oxígeno pequeño de alta presión conectado al sistema de máscara, cuyo objetivo fundamental es constituirse en una fuente de oxígeno de emergencia frente a eyecciones en altura desde aeronaves de combate. No obstante esta función, puede utilizarse también, por accionamiento manual, ante fallas del sistema de oxígeno normal de la aeronave o frente a agotamiento del oxígeno.

Este cilindro de oxígeno de emergencia se encuentra instalado en el arnés del paracaídas y proporciona oxígeno 100% durante aproximadamente 10 minutos. Se activa por medio de una esfera verde ubicada en su parte superior. Una vez activada no es posible detener la salida de oxígeno.

VIII.- REVISION PRE-VUELO DEL SISTEMA DE OXIGENO

Corresponde a un procedimiento recomendado para asegurar la integridad y funcionamiento de cada uno de los componentes del sistema de oxígeno previo al vuelo. Evidentemente que se refiere al regulador tipo MD 1, no obstante, puede ser aplicado a otros tipos de sistemas de oxígeno. Para facilitar este procedimiento se sigue una regla nemotécnica, del inglés "PRICE", a saber:

- P:** PRESION: La presión de oxígeno debe ser corroborada en el manómetro del sistema, asegurándose que este en límites operativos por manual.
- R:** REGULADOR: Debe corroborarse los "settings" del regulador de oxígeno con la máscara colocada y conectada a la manguera de suministro de oxígeno del avión, efectuando las siguientes maniobras (regulador MD 1):
 - a) Palanca "ON/OFF" en "ON"
 - b) Palanca "NORMAL/100%" en lo que corresponda según lo planificado para la misión. Habitualmente NORMAL para vuelo diurno y 100% para vuelo nocturno en condiciones VFR.
 - c) Palanca "EMERGENCY-TEST" en "EMERGENCY" para confirmar el buen funcionamiento de la capacidad de presión positiva del regulador, luego volver a la posición NORMAL.
- I:** INDICADOR: Debe verificarse la ausencia de filtraciones del sistema. Para esto se procede de la siguiente forma:
 - a) Proceder a respirar en forma normal por un mínimo de tres ciclos. La ventanilla de flujo debe oscilar de blanco a negro en forma alternada con los movimientos respiratorios.
 - b) Luego, contener la respiración. la ventanilla de flujo debe permanecer en negro (falta de flujo), si aparece blanca significa una filtración o pérdida de gas en el sistema.
- C:** CONEXIÓN: Deben revisarse todas las conexiones, tanto de la máscara al regulador como del regulador al sistema de almacenamiento de oxígeno. Además, revisar las conexiones de fonía.
- E:** EMERGENCIA: Debe revisarse la conexión del cilindro de oxígeno de emergencia (sin accionarlo), el cual debe estar adecuadamente conectado y con una presión mínima de 1.800 psi. Además, repasar los procedimientos ante una emergencia.

DESCOMPRESION RAPIDA DE AERONAVES

C.D.E. (S) Raúl BERRIOS Silva

I. INTRODUCCION

El desarrollo de las cabinas presurizadas y de las cápsulas selladas ha resuelto la mayoría de los problemas fisiológicos relacionados con la disminución de la presión barométrica de los vuelos en altitud, pero al mismo tiempo han creado un nuevo factor de riesgo en aviación, como es el caso de pérdida de la presurización de la cabina por una falla súbita de la estructura, produciendo lo que se conoce por Descompresión de Cabina. Tanto en altitudes de vuelo normales de aviación comercial y militar como en vuelos orbitales espaciales, este accidente puede llegar a ser catastrófico, por lo cual, es indispensable que las tripulaciones comprendan este problema y sepan tomar las medidas de emergencia que correspondan.

Cuando se produce una abertura en una cabina presurizada causada por una falla estructural, acción enemiga u otro factor, el aire saldrá de inmediato a través de la apertura causando que la presión de la cabina disminuya rápidamente hasta igualarse con la presión atmosférica ambiental. A su vez, los ocupantes de la aeronave se verán expuestos a los efectos de esta descompresión en mayor o menor grado, dependiendo del tamaño de la apertura que afecta directamente la rapidez con que se logra la igualación de presiones y la magnitud final de la variación de presión.

Por consenso internacional se han clasificado las descompresiones en tres categorías, dependiendo exclusivamente del tiempo que transcurre hasta la igualación de presiones. De esta forma, se habla de descompresiones lentas, que se demoran más de tres segundos en igualar presiones; rápidas, aquellas que se demoran entre uno y tres segundos y finalmente las explosivas, que demoran menos de un segundo en igualar presiones.

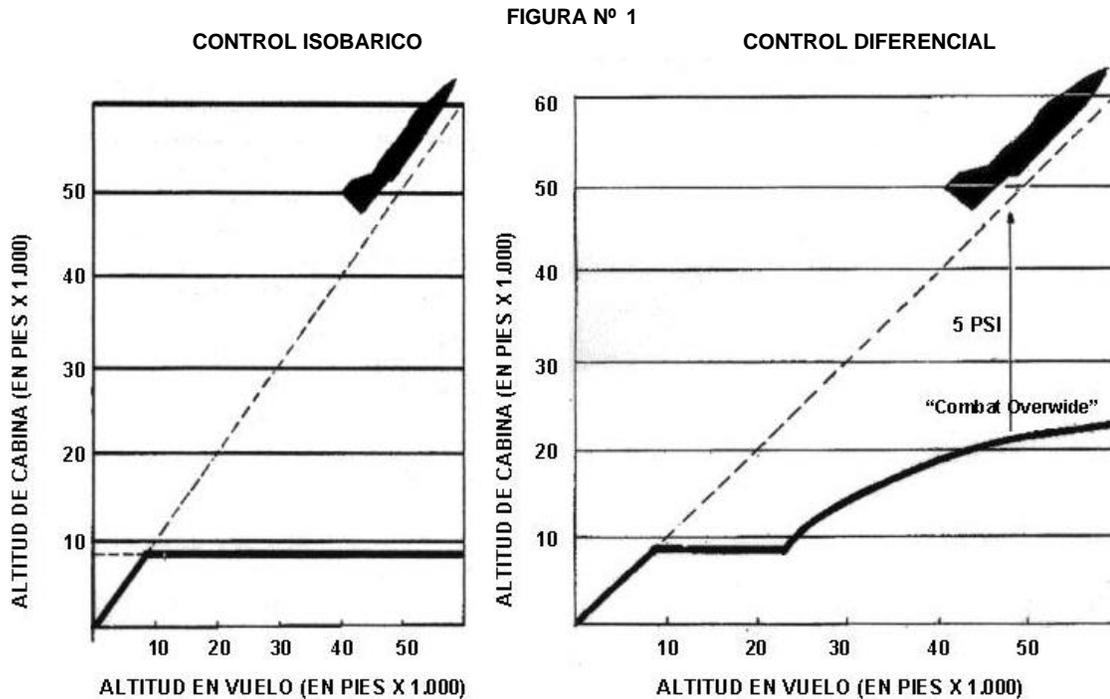
Por otra parte, se sabe que el aire que sale a través de la abertura de una cabina presurizada, por razones termodinámicas no puede exceder la velocidad del sonido, independientemente del tamaño de la comunicación. A su vez, una de las características físicas de una explosión, resultante por ejemplo de la detonación de una bomba, es que la onda explosiva es supersónica. Consecuentemente, el uso de la terminología de descompresión explosiva no queda muy claro. Lo que si se sabe es que en las descompresiones definidas como explosivas, la salida del aire de la cabina hacia el exterior se hace con tal fuerza que por sí sola puede producir mayor destrucción estructural, afectando seriamente la aeronavegabilidad de éste.

Si esta descompresión explosiva puede dañar estructuras de una aeronave, con mayor razón puede producir daños irreparables al organismo humano, afectando seriamente la supervivencia de éste. Por tal motivo, a continuación se efectuará un análisis de los factores Físicos y Fisiológicos que ocurren, enfocados fundamentalmente a las descompresiones catalogadas como rápidas.

II. PRESURIZACION DE CABINAS

Vale señalar que existen diferentes patrones de presurización de cabinas que no es el caso discutir en el presente capítulo, no obstante, vale destacar dos perfiles clásicos que distinguen fundamentalmente aeronaves de transporte o civiles en contraposición con las aeronaves militares de combate.

Ambos perfiles persiguen obtener una diferencial de presión interna / externa que no sobrepase ciertos límites. Esto con la finalidad de disminuir la posibilidad de descompresiones explosivas, en los rangos operativos de dichas aeronaves. Como vemos en figura N° 1, el perfil con CONTROL ISOBÁRICO de la izquierda, logra mantener una presión o altura de cabina en forma constante, de aproximadamente 8.000 pies, manteniendo una diferencial de presión que no sobrepase los 8,2 PSI en cualquier rango de vuelo operacional de la aeronave. A la derecha, el CONTROL DIFERENCIAL empleado en aeronaves de combate, inicia la presurización al igual que las aeronaves civiles pero, por sobre 25.000 pies de altura de vuelo, aumentan la presurización en lo que se denomina "Combat Override", logrando una diferencial no mayor a 5 PSI. Esto último, dado el tamaño de las cabinas de combate y/o acción enemiga, logra disminuir la posibilidad de descompresión explosiva.



III. FACTORES FISICOS

Como se enunció, las consecuencias y magnitud de una Descompresión Rápida dependen de la velocidad de la descompresión y de la diferencia de presión del interior de la aeronave con la del exterior. Los factores físicos básicos, que determinan la velocidad de descompresión, que a su vez influirán directamente en los efectos fisiológicos son:

- A. Volumen de la Cabina Presurizada:** A mayor volumen de cabina, más lenta es la descompresión, si todos los otros factores permanecen constantes.
- B. Tamaño de la Abertura de la Cabina:** A mayor tamaño de la abertura, mayor rapidez de la descompresión. La relación entre el volumen de la cabina y la superficie o área de la abertura u orificio, es tal vez el principal factor que condiciona la velocidad y tiempo de descompresión.

Es conveniente comprender la diferencia entre velocidad de descompresión y tiempo de descompresión, a saber:

La velocidad en la cual se descomprime una cabina (mmHg/seg.) no es constante, distribuyéndose en una curva tipo gaussiana, comenzando desde 0, aumentando muy rápidamente y luego disminuyendo gradualmente hasta volver a 0, una vez completada la descompresión.

El tiempo de descompresión es el tiempo total desde el comienzo hasta el final del fenómeno de descompresión. Para efectos prácticos, a mayor velocidad de descompresión, menor tiempo total de descompresión.

- C. Presión Diferencial:** La diferencia entre la presión del interior de la cabina y la presión atmosférica ($P_c - P_a$) afecta directamente la severidad o intensidad de una descompresión rápida, pero no al tiempo mismo de descompresión; a mayor presión diferencial, mayor severidad de descompresión.
- D. Cuociente o Razón de Presión:** El tiempo de descompresión depende del cuociente entre la presión en el interior de la cabina y la presión exterior ambiente (P_c/P_a). Mientras más grande este cuociente, mayor será el tiempo de descompresión.

E. Altitud de Vuelo: Las consecuencias fisiológicas que siguen a una descompresión rápida son influenciadas directamente por la altitud de cabina final alcanzada por la aeronave, en especial en lo referido a Hipoxia aguda.

IV. EFECTOS FISIOLÓGICOS DE LA DESCOMPRESIÓN RÁPIDA

Los estudios experimentales en sujetos voluntarios han demostrado que una persona puede tolerar descompresiones relativamente severas sin dificultad aparente, siempre que la vía aérea permanezca abierta durante la descompresión. La descompresión desde 8.000 a 35.000 pies (7.5 libras/pulg. de presión diferencial) en 0.9 segundos y de 10.200 a 35.000 pies (6.55 libras/pulg. de presión diferencial) en 0.75 segundos fueron toleradas por sujetos entrenados sin mayores problemas.

Considerando los efectos fisiológicos de una descompresión rápida, deben diferenciarse dos problemas:

A. EFECTOS DURANTE LA DESCOMPRESIÓN RÁPIDA:

- Lesiones pulmonares por expansión del aire atrapado en la vía respiratoria.
- Succión hacia el espacio exterior.

B. EFECTOS DESPUÉS DE LA DESCOMPRESIÓN RÁPIDA:

- Hipoxia Aguda.
- Enfermedad por Descompresión.
- Exposición a frío extremo

A. Efectos durante la Descompresión Rápida

1. Lesiones Pulmonares

Debido al volumen de aire contenido normalmente en los pulmones, a la naturaleza misma del tejido pulmonar y al intrincado sistema del árbol respiratorio para efectos de ventilación, los pulmones constituyen potencialmente la región más vulnerable del organismo en una Descompresión Rápida.

La máxima razón de descompresión que puede ser tolerada está limitada a la capacidad de los pulmones para compensar un cambio rápido en la presión ambiental. Cuando la descompresión rápida sobrepasa la capacidad del pulmón para descomprimirse, se producirá una presión positiva en los pulmones que puede provocar destrucción del parénquima pulmonar, produciendo un Neumotórax, Neumomediastino o Embolía Aérea, que dependerá de los siguientes factores:

- La razón de descompresión de la cabina en relación a la razón simultánea de descompresión del pulmón.
- La variación total de presión de la cabina, durante la descompresión.
- El volumen inicial y final de aire en los pulmones.
- La capacidad de los pulmones y del tórax para expandirse durante la descompresión.

B. Efectos después de la Descompresión Rápida

1. Hipoxia Aguda

La disminución súbita de la presión de cabina se traduce en la correspondiente disminución de presión en los pulmones a medida que los gases respiratorios expandidos escapan a través de la traquea, con la consiguiente disminución de la Presión Parcial de Oxígeno en el alvéolo pulmonar. La descompresión rápida, a altitudes sobre 30.000 pies respirando aire, de inmediato reduce la presión parcial de oxígeno en el alvéolo a cifras menores de las que se encuentran en la sangre venosa, de tal manera que no sólo cesa la captación de oxígeno por la sangre, sino que se produce una inversión en la gradiente de difusión de oxígeno. La pequeña cantidad de oxígeno en la sangre venosa vuelve a los pulmones y la sangre arterial que deja el pulmón está

virtualmente sin oxígeno. Como consecuencia, se produce una hipoxia fulminante en el cerebro y otros órganos vitales.

2. ENFERMEDAD POR DESCOMPRESION

Los tejidos y líquidos del organismo contienen uno (1) a uno coma cinco (1,5) litros de Nitrógeno disuelto, dependiendo de la presión de Nitrógeno en el aire ambiental. A medida que aumenta la altitud, la presión parcial de Nitrógeno atmosférico disminuye, por lo que el Nitrógeno del organismo debe ser eliminado para mantener el equilibrio.

Si el cambio de presión ambiente es rápido, se produce una sobresaturación de la capacidad de eliminación del nitrógeno, por lo cual tiende a formar burbujas en los tejidos orgánicos y en la sangre, lo que se ha denominado disbarismo del tipo Enfermedad por Descompresión. La frecuencia e intensidad de esta enfermedad por descompresión depende de los siguientes factores

- **ALTITUD:** Bajo 30.000 pies, la incidencia de enfermedad por descompresión es baja pero, por sobre esta altitud, el fenómeno se presenta habitualmente dependiendo fundamentalmente del tiempo que permanezca a esa altura.
- **ACTIVIDAD FISICA:** El ejercicio físico baja el umbral de altitud para la aparición de enfermedad por descompresión, habiéndose reportado casos que han presentado este fenómeno incluso a 18.000 pies de altitud.
- **EDAD:** La frecuencia de aparición de esta enfermedad aumenta con la edad.
- **SEXO:** El sexo femenino tendría mayor incidencia de enfermedad por descompresión, aparentemente por su mayor contenido de tejido graso.
- **SUSCEPTIBILIDAD INDIVIDUAL:** Ha sido descrita en algunos sujetos con mayor o menor tolerancia a este fenómeno, siendo imposible pronosticarlo en forma preventiva.

Los síntomas más frecuentes de la Enfermedad por Descompresión son los siguientes:

- Dolor a nivel de articulaciones (Bends) de carácter variable y que puede ser muy intenso, hasta causar dificultad funcional. Las articulaciones más afectadas son los codos y hombros.
- Picazón o prurito de piel con hinchazón y cambios de coloración moteada de ésta. (manifestación dérmica).
- Tos o sensación de dificultad respiratoria (Chokes) provocados probablemente por bloqueo de la circulación pulmonar por pequeñas burbujas. Se caracteriza por una sensación de quemadura retroesternal que luego se transforma en dolor que aumenta con la inspiración, hasta producir intensa disnea y cianosis. El descenso inmediato bajo 25.000 pies es imperativo para combatir estos síntomas. Si el problema se mantiene, se puede llegar a producir un shock cardio-respiratorio y pérdida de conciencia.
- Síntomas Neurológicos, menos frecuentes y de muy variables características. Comúnmente se producen alteraciones de la visión, cefalea, falta de sensibilidad o fuerza de una extremidad y eventualmente dificultad del lenguaje. Todos estos síntomas son premonitorios de una alteración gravísima.
- Síntomas Cardiovasculares, muy variables pero extremadamente graves, caracterizados por dificultad respiratoria asociado a palpitaciones y síntomas de caída de la presión arterial y "shock" cardiogénico.

3. Exposición a Frío Extremo

Recordando la gradiente térmica vertical, la exposición del individuo en forma súbita al ambiente atmosférico de la altura de vuelo de una aeronave, no sólo lo expone a una disminución de presión barométrica sino, también a la temperatura reinante a esa altura, agravando aún más el problema de hipoxia.

DISBARISMOS

C.D.A.(S) Charles CUNLIFFE Checura

I. INTRODUCCIÓN

El concepto de "DISBARISMOS" constituye un término criticado por muchos autores, debido a que es ambiguo y poco preciso en cuanto al mecanismo de producción y gravedad del cuadro fisiopatológico al que se está refiriendo. Como se verá más adelante, los Disbarismos constituyen una serie de fenómenos fisiopatológicos, cuya gravedad para el ser humano son radicalmente distintos, hecho que esgrimen los detractores de término.

No obstante lo anterior, es imprescindible destacar que la totalidad de los cuadros fisiopatológicos agrupados bajo el concepto de disbarismo obedecen a una misma causa, consistente en los cambios que sufren los gases en el organismo humano, cualquiera sea su estado en que se encuentren, debido a variaciones de la Presión Barométrica.

Por lo mismo, teniendo presente la opinión de los detractores, pareciera lícito continuar utilizando el término de "DISBARISMOS" pero, con la salvedad que es necesario clasificar de inmediato el tipo o mecanismo de producción del cuadro fisiopatológico al que se está haciendo referencia.

II. DEFINICIÓN

Los Disbarismos son todos aquellos fenómenos fisiopatológicos que puede sufrir el organismo humano, producto de los efectos de los cambios que sufren los gases en el cuerpo, al ser sometidos a variaciones de la presión barométrica, con exclusión de los fenómenos relacionados con la Hipoxia de Altura.

III. CLASIFICACION

Los Disbarismos se clasifican según mecanismo de producción en:

- A. Por Efecto Mecánico de la variación de volumen de gases atrapados.
- B. Por Enfermedad por Descompresión.

IV. LEYES DE LOS GASES IMPLICADOS

A. Ley de Difusión Gaseosa:

Esta Ley se refiere a la difusión o movimiento de gases desde áreas de mayor presión hacia áreas de menor presión, hasta lograr el equilibrio. Esta ley explica, entre otras cosas, el motivo de la entrada de oxígeno y también del nitrógeno desde el aire ambiente al interior del organismo. Pero, al disminuir la presión atmosférica puede revertirse este movimiento de gases, produciendo efectos perjudiciales sobre el organismo humano.

B. Ley de Henry:

Esta ley se refiere al fenómeno que ocurre al estar un gas en contacto con una fase líquida, en el cual, dependiendo directamente de la presión a la que se encuentre dicho gas, una cierta cantidad de moléculas del gas se disolverá en el líquido hasta igualar las presiones.

Esta ley, en conjunto con la Ley de Difusión Gaseosa, nos explica que los 573 mmHg a que se encuentra el nitrógeno en el alvéolo pulmonar a nivel del mar, se encuentran en equilibrio de presión con 1.200 ml. de nitrógeno disuelto en los líquidos orgánicos. Al disminuir la presión a nivel del alvéolo se revierte el proceso y el nitrógeno orgánico disuelto tiende a salir hacia la zona de menor presión.

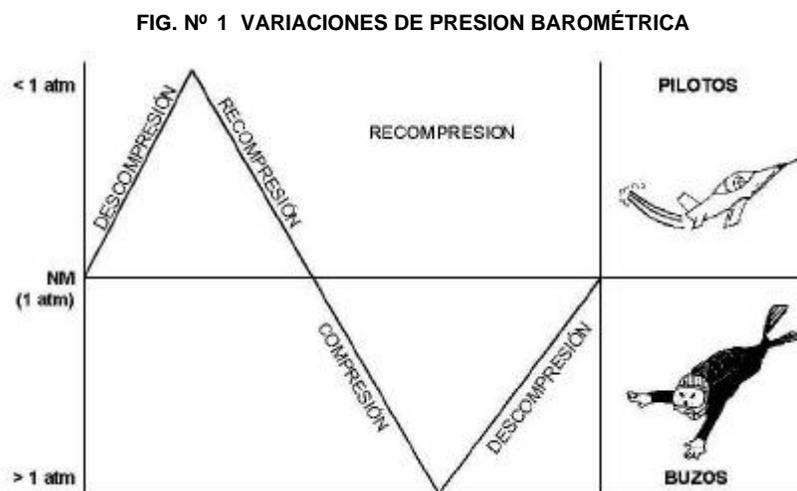
Si esta salida se hace en forma brusca, sobrepasando la capacidad normal de eliminación, las moléculas del nitrógeno disueltas en los líquidos pueden confluír, llegando a formar burbujas en estado gaseoso en el interior de los líquidos, desencadenando la Enfermedad por Descompresión.

C. Ley de Boyle:

Esta ley se refiere a la expansión o contracción de volumen que sufren los gases, al ser sometidos a variaciones de presión, en una relación inversa. Al disminuir la presión de un gas, éste tiende a aumentar su volumen y viceversa. A modo general, se puede decir que al disminuir la presión atmosférica a la mitad, a un tercio, etc., el volumen final del gas corresponderá al doble, al triple, etc. Este fenómeno adquirirá real importancia en aviación, al someter los gases atrapados en cavidades orgánicas, sean rígidas o no, los cuales, al no poder difundir libremente, ejercerán variaciones de presión mecánica sobre las estructuras que los contienen.

V. CAMBIOS DE PRESION BAROMETRICA QUE PUEDE SUFRIR EL SER HUMANO

En general, salvo excepciones muy particulares, el ser humano que vive en la superficie terrestre no sufre cambios significativos de Presión Barométrica. Distinto es el caso de Pilotos o Buzos, que sí pueden ser sometidos a cambios barométricos importantes como se ilustra en figura N° 1.



En ambos casos, al estar sometidos a compresiones / descompresiones, guardando las proporciones con las magnitudes de las variaciones de presiones involucradas, tanto pilotos como buzos son expuestos a todo tipo de "Disbarismos", siendo los más graves aquellos por Enfermedad por Descompresión.

VI. POR EFECTO MECANICO DE LA VARIACION DE VOLUMEN DE GASES ATRAPADOS.

Cuadros Clínicos:

- A. EXPANSION DE GASES GASTRO INTESTINALES
- B. BAROTITIS MEDIA
- C. BAROSINUSITIS
- D. BARODONTALGIA
- E. SOBRE DISTENSION PULMONAR
 - Neumotórax
 - Neumomediastino
 - Embolía Aérea

A. Expansión de Gases Gastrointestinales

Corresponde al cuadro clínico más frecuente de este tipo de disbarismos que presentan los Pilotos. Se deben a la distensión que sufren las asas intestinales por la expansión de volumen de los gases atrapados en su interior. Pueden notarse durante cualquier ascenso, siendo frecuentes sobre FL 150 y habituales sobre FL 300. El dolor cólico que puede inducir, dependiendo de la magnitud de éste, puede abarcar desde una simple distracción de la atención, inducir una hiperventilación e incluso llegar a hacer abortar la misión por dolor. Aún más, si la distensión es más severa, puede incluso comprimir el diafragma, dificultando en cierta medida la respiración.

Por este motivo adquieren importancia los hábitos alimenticios del Piloto. Normalmente se trata de evitar alimentos flatulentos, irritantes específicos y también el evitar la aerofagia (tragar aire), lo que sucede al masticar chicle, fumar o tragar a grandes sorbos. Asimismo, es evidente que cualquier inflamación intestinal previa al vuelo va a agravar esta condición.

B. Barotitis Media

Debe recordarse que el oído medio es una cavidad horadada en el espesor del hueso temporal del cráneo, conectada a la faringe a través de un conducto denominado "TROMPA DE EUSTAQUIO". En una de las paredes de esta cavidad se encuentra el tímpano que se mueve al vaivén de las ondas de presión sonoras.

La Barotitis media corresponde a la inflamación del tímpano, producido por los cambios de volumen o presión del aire existente en el interior del oído medio, no compensado con la presión externa, debido a obstrucciones totales o parciales de la trompa de eustaquio, lo que crea una diferencia de presión transtimpánica.

Durante el ascenso, el aire en el interior del oído medio se expande, debiendo el exceso de volumen gaseoso salir hacia la faringe para equilibrar la presión transtimpánica. Si la trompa está obstruida, el tímpano protruye hacia el exterior produciéndose la inflamación de éste. Al revés, durante el descenso, al recomprimirse el aire en el interior del oído medio, disminuye el volumen cayendo la presión dentro de él, lo que induce que el tímpano protruya hacia el interior con la consiguiente inflamación de éste. Para equilibrar la presión transtimpánica se necesita que penetre aire desde la faringe al oído medio a través de la trompa, la cual debe estar indemne para cumplir con esta función.

Por lo tanto, el tratamiento en vuelo depende del momento en que se produzca la molestia. Si se desencadena durante el ascenso es necesario bostezar o tragar saliva, para facilitar la salida del aire. Si se produce durante el descenso, se puede efectuar la maniobra de Valsalva (soplar con nariz y boca tapadas), lo que fuerza la entrada de aire al oído medio.

Independientemente de lo anterior, la experiencia indica que la Barotitis media se produce con mayor frecuencia e intensidad durante el descenso que durante el ascenso. Esto se debe a que anatómicamente para la Trompa de Eustaquio le es más fácil dejar salir el aire a dejarlo entrar.

Para la aviación, la barotitis, junto a la barosinusitis, es la molestia más importante de este tipo de disbarismo, siendo quizás la causa más frecuente de suspensión de misiones, independientemente de la desatención e hiperventilación que pueden inducir sólo por el dolor que producen. Asimismo, de más esta señalar la necesidad de evitar actividades aéreas con inflamación previa de la vía aérea superior respiratoria, lo cual facilita enormemente este cuadro clínico.

C. Barosinusitis

Su fisiopatología es similar a lo que ocurre en la Barotitis media. Recordar que los senos paranasales son cavidades en los huesos de la cara, conectados a la fosa nasal por medio de conductos o meatos, los cuales pueden estar total o parcialmente obstruidos.

Al ascender, el volumen interno se expande y dado que no puede salir hacia la fosa nasal, comprime a la mucosa (tejido de revestimiento interno) contra el hueso, produciendo dolor de diversa intensidad. Al descender, el aire interno se comprime y cae la presión, lo cual haría que penetrase el aire pero, si el conducto está tapado

se produce una diferencia de presión interna / externa, lo cual desencadena dolor en el sitio de la obstrucción del conducto.

D. Barodontalgia

Las obturaciones dentales pueden en ocasiones dejar una burbuja de aire atrapado. Si en el interior del diente, el cual es poroso y tiene raíces nerviosas sensitivas, se expande el aire, éste puede llegar a comprimir el nervio, desencadenando el dolor clásico dental. Caso similar sucede al encontrarse inflamada la encía, la cual puede tener algunas burbujas de aire producidas por las bacterias responsables de la inflamación.

E. Sobredistensión Pulmonar

No debe olvidarse que el pulmón también es una cavidad llena de aire, comunicado con el exterior a través de la tráquea, Si se expande el pulmón, el exceso de volumen debe salir para equilibrar las presiones, lo cual sucede normalmente. En ciertas situaciones, como la que sucede en la Descompresión Rápida o en la Descompresión Explosiva, el exceso de volumen del pulmón no logra salir en forma oportuna a través de la traquea, por limitación de flujo, produciendo en ese momento una sobredistensión del pulmón.

Si lo anterior sucediese, esta sobredistensión brusca puede romper los tejidos pulmonares, comunicando directamente la presión ambiente con la cavidad pleural (espacio al vacío entre la caja torácica y el pulmón), permitiendo la entrada de aire a esta cavidad con el consiguiente colapso pulmonar, lo que se llama "NEUMOTORAX". Asimismo, puede romperse hacia el MEDIASTINO (parte central del tórax, donde se encuentra el corazón, los grandes vasos sanguíneos, el esófago y otras estructuras), produciendo lo que se llama "NEUMOMEDIASTINO". Por último, puede romperse la unión alvéolo-capilar del pulmón, lo que permite la entrada masiva de aire a la circulación sanguínea, pero en este caso no disuelto en el líquido del plasma sino que, como burbujas de aire, lo que se denomina "EMBOLIA AEREA".

Si bien es cierto que estos cuadros clínicos no son frecuentes en aviación, los tres cuadros clínicos anteriormente descritos son muy graves, amenazando directamente la sobrevivencia del individuo al afectar severamente la función cardio-respiratoria. Por este motivo, estos disbarismos deben tenerse presente en las actividades aéreas, en especial frente a situaciones de descompresión rápida o explosiva.

VII. ENFERMEDAD POR DESCOMPRESION

Cuadros Clínicos

- A. Bends (dolores articulares)
- B. Manifestaciones Dérmicas
- C. Chokes (ahogos)
- D. Manifestaciones Neurológicas
- E. Manifestaciones Vasomotoras

A. Bends

Las burbujas de nitrógeno desprendidas de los líquidos orgánicos pueden llegar a localizarse a nivel de las articulaciones o zonas vecinas, produciendo una inflamación y por lo tanto dolor de dichas zonas.

Esta condición fisiopatológica es el cuadro más frecuente de este tipo de disbarismos, que sufren tanto pilotos como buzos. En el caso específico de pilotos, las articulaciones que más se comprometen son de extremidades superiores, debido a que son éstas las que más mueve; en cambio, en el caso de los buzos, las articulaciones más comprometidas son las de las extremidades inferiores.

Normalmente este cuadro clínico, que sólo produce dolor, cede durante el descenso (al volver a comprimirse), sin embargo, hay dos hechos que deben tomarse en cuenta:

- El primero dice relación a que este cuadro puede aparecer durante el descenso en forma tardía, incluso después de haber aterrizado.
- Lo segundo se refiere a su gravedad puesto que, aunque sólo produzca dolor, significa que el organismo está burbujeando y por lo tanto, puede sobrevenir en cualquier momento otra manifestación de Enfermedad por Descompresión, pero que revista gravedad importante. Por esta razón, si al descender no desaparecen las molestias de los Bends, el piloto debe aterrizar y buscar atención médica.

B. Manifestaciones Dérmicas

En este caso, las burbujas de nitrógeno que están circulando en la sangre se atascan en los recodos de los pequeños vasos sanguíneos que irrigan la piel, produciendo obstrucción del flujo sanguíneo (alteración de la oxigenación y remoción de desechos), lo que desencadena trastornos en la piel afectada, tales como prurito, cambios de color e hinchazón.

Dado que la piel es un órgano con bastante tolerancia a la agresión y además, como no se le considera dentro de los órganos nobles, la gravedad de este cuadro es discreta, no obstante, también significa que el organismo está burbujeando y en cualquier momento puede sobrevenir otra manifestación por descompresión de mayor gravedad.

C. Chokes

Corresponde a cuadro clínico grave, expresado inicialmente como manifestaciones de dificultad respiratoria de diversa magnitud. En este caso, las burbujas de nitrógeno que han pasado a la circulación sistémica se atascan y obstruyen los vasos sanguíneos pulmonares, produciendo una falla aguda del intercambio gaseoso a nivel alvéolo-capilar, lo que conduce a la postre a una situación de hipoxia severa y falla cardíaca.

Evidentemente que la gravedad de este cuadro clínico va a depender de la cantidad de vasos sanguíneos pulmonares obstruidos, no obstante, cualquier manifestación de este disbarismo requiere hospitalización urgente y tratamiento médico especializado en Cámara Hiperbárica (de recompresión).

D. Manifestaciones Neurológicas

En forma simplista se puede decir que el sistema nervioso está conformado por una estructura neurológica central (cerebro, cerebelo y médula) y una red de circuitos periféricos (nervios). Ambos conjuntos están compuestos por una serie de células especializadas, entre las cuales destacan las células nerviosas. Estas células son particularmente sensibles a la falta de oxígeno y por lo tanto, cuando las burbujas de nitrógeno obstruyen los vasos sanguíneos que llevan el oxígeno a estas células, se puede producir una amplia gama de manifestaciones neurológicas, desde un simple dolor o alteración de la función de un nervio periférico específico hasta obstrucciones de flujo sanguíneo (infarto) a algún territorio del cerebro.

Al igual que en el caso de los chokes, la gravedad de este cuadro va a depender de la estructura o territorio afectado. No obstante, cualquier manifestación neurológica obliga a la hospitalización y tratamiento médico especializado en Cámara Hiperbárica.

E. Manifestaciones Vasomotoras

En este caso, el burbujeo del nitrógeno es tan intenso que produce una obstrucción masiva de vasos sanguíneos de diverso calibre, produciendo cualquier tipo de manifestación por Descompresión. Sin embargo, lo más grave que implica este cuadro se debe a que el corazón debe bombear contra una gran resistencia, produciendo agotamiento de este órgano, con la consiguiente caída en la presión arterial y shock cardiocirculatorio, cuadro que reviste una gravedad extrema.

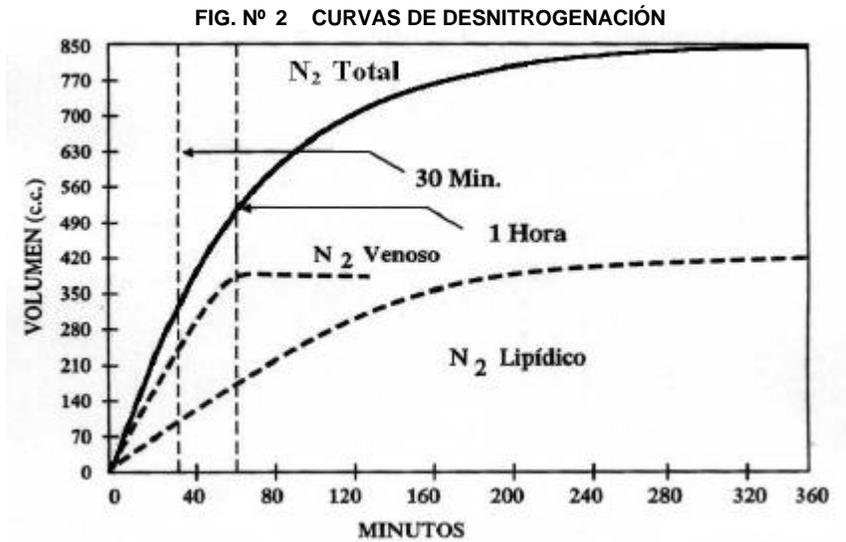
VIII. PREVENCIÓN DE LA ENFERMEDAD POR DESCOMPRESIÓN

Considerando la gravedad que pueden implicar las diversas manifestaciones de la Enfermedad por Descompresión, el mejor tratamiento que se puede hacer es su prevención.

En aviación se sabe que la Enfermedad por Descompresión es infrecuente bajo FL 250, incrementando rápidamente sobre esta altura llegando a ser habitual sobre FL 350. Por lo mismo, parece lógico que para prevenir estos cuadros clínicos, se deba impedir que el piloto ascienda sobre esta altura, situación que es ampliamente respetada por las cabinas presurizadas normales. En el caso de aviones de combate presurizados, esto se logra gracias a que el diseño tecnológico de estos aviones contempla una altura de cabina no superior a los 25.000 pies. En aquellos casos en que la altura de cabina pueda sobrepasar esta altura, se implementa además con un traje semi-presurizado o presurizado, lo cual, en conjunto con la cabina presurizada, mantienen al Piloto bajo los 25.000 pies.

En el caso de aeronaves no presurizadas, normalmente su techo operacional por manual no excede los 25.000 pies. Sin embargo, muchos de estos aviones tienen la capacidad de operar a alturas mayores y la forma de proteger al Piloto en estos casos, es removiendo previamente de su organismo el nitrógeno disuelto en sus líquidos corporales.

La remoción del nitrógeno disuelto, lo que se llama "DESNITROGENACIÓN", se logra mediante la respiración de oxígeno 100% durante treinta minutos, previo al ascenso, lo cual desplaza al nitrógeno del alvéolo pulmonar induciendo una caída de la presión parcial de éste. Esta pérdida del equilibrio de presiones, aplicando la Ley de Difusión gaseosa en combinación con la Ley de Henry, hace que el nitrógeno disuelto del organismo migre en forma controlada hacia al alvéolo y del alvéolo a la atmósfera. De esta forma, se logra extraer aproximadamente 300 a 400 ml de nitrógeno disuelto, como se ilustra en figura Nº 2, lo cual asegura casi en un 100% que el individuo, al ser sometido a continuación a una disminución de presión barométrica, el nitrógeno disuelto restante en el organismo no sobrepasará la capacidad de eliminación normal de nitrógeno.



Debe tenerse presente que si se ha efectuado una desnitrogenación con oxígeno al 100%, no debe suspenderse el aporte de éste, dado que de lo contrario se repone rápidamente el nitrógeno en el organismo, lo cual implica riesgo de Enfermedad por Descompresión. Asimismo, si se efectúan buceos con aire comprimido, lo cual significa un aumento de la cantidad de nitrógeno disuelto por exposición del organismo a presiones superiores a la atmosférica, es de sumo riesgo efectuar vuelos, aunque sean a 8.000 pies de altura, durante las 24 horas siguientes al buceo, debido a que aún no ha salido todo el nitrógeno disuelto en exceso por esta actividad.

Finalmente, si a pesar de todo lo anterior se presentasen síntomas compatibles con una Enfermedad por Descompresión en vuelo, el procedimiento que se debe seguir es el siguiente:

- Oxígeno al 100 % - iniciar descenso de inmediato
- Aterrizar en cuanto sea posible, permaneciendo con oxígeno al 100%
- Buscar ayuda médica calificada
- La desaparición de síntomas durante el descenso no implica que la emergencia haya pasado.
- Tener presente que los síntomas pueden aparecer en cualquier momento durante las primeras 24 horas de exposición.

DESORIENTACION ESPACIAL

C.D.A.(S) Charles CUNLIFFE Checura

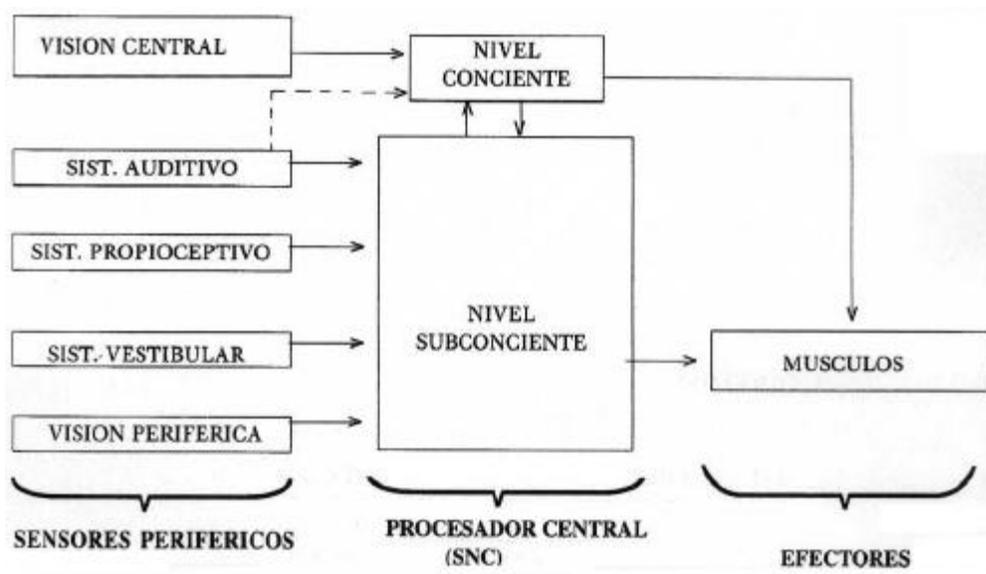
I. INTRODUCCION

El Sistema de Orientación y Equilibrio humano se encuentra regulado por el Sistema Nervioso Central (SNC), el cual recibe, percibe e interpreta la información proveniente de una serie de Sistemas Sensoriales Periféricos, entre los cuales destacan fundamentalmente el sistema de la visión, el sistema vestibular del oído interno, el sistema propioceptivo y el sistema auditivo.

Si bien este sistema integrado de orientación y equilibrio, conformado por el SNC y los sistemas sensoriales periféricos, funciona perfectamente bien en un sujeto sano sobre el ambiente de la superficie terrestre, en el ambiente donde se desenvuelven las actividades aéreas se manifiestan una serie de errores de percepción o ilusiones (percepción errónea de una condición real), cuyas consecuencias desafortunadamente se miden en estadísticas de incidentes o accidentes de aviación que, actualmente para la aviación militar, corresponde aproximadamente al 20 % de los accidentes clase A debidas al Factor Humano.

Por otra parte, como se ilustra en figura Nº 1, la información proveniente de los sensores periféricos ingresa al SNC, sea al nivel conciente como subconciente, exigiéndose eso sí, que la información de los diferentes sensores debe ser concordante entre sí para que el SNC logre una interpretación correcta de la orientación. Cuando la información de los sensores no es concordante, el SNC no logra interpretar una orientación real produciéndose la pérdida de la orientación, situación conocida como Desorientación Espacial.

FIG. Nº 1 SISTEMA INTEGRADO DE ORIENTACION Y EQUILIBRIO



Agravando lo anterior, debe tenerse presente que el nivel conciente del SNC, que requiere de un adecuado nivel de atención para funcionar y ejercer control sobre el subconciente, es extraordinariamente mas lento en su capacidad de análisis de información que el nivel subconciente, el cual puede funcionar en forma autónoma, sin la regulación del nivel conciente. Esta diferencia de velocidad de análisis y autonomía que tienen los distintos niveles de la conciencia, es responsable de la facilitación de las ilusiones de orientación, como asimismo, de otro fenómeno que ocurre en aviación, conocido como pérdida de la conciencia situacional, tema de otro capítulo.

Por todo lo anterior, resulta sin lugar a dudas, la necesidad que las tripulaciones aéreas conozcan estas manifestaciones de error humano, a objeto de poder identificarlas precozmente y neutralizarlas mediante la aplicación de conocimientos y procedimientos adecuados.

II. DEFINICION

En forma simple, se puede decir que la Desorientación Espacial es la incapacidad de una persona para orientarse en un ambiente tridimensional con respecto al horizonte terrestre o al medio aéreo que lo rodea, debido a una interpretación o percepción errónea de una condición real de orientación.

III. CLASIFICACION

Cuando la información de orientación proveniente de los diferentes sensores periféricos no es concordante entre sí, independientemente de inducir la desorientación espacial, produce un estado de conflicto o señal de alerta en el SNC, que lo obliga a analizar y discriminar sobre la información que viene ingresando. Vale destacar que sólo el nivel conciente del SNC tiene esta capacidad de análisis de esta información conflictiva, para luego discriminar y elegir la información que le parece correcta, no así el nivel subconciente.

Basado en esta sensación de conflicto o conciencia de desorientación del SNC, se han clasificado las desorientaciones espaciales en tres tipos a saber:

- **Tipo III:** La sensación de desorientación para el SNC es evidente pero, las entradas conflictivas son tan intensas que el individuo se encuentra inhabilitado para discriminar o recurrir a procedimientos complementarios de orientación como lo son los instrumentos básicos de vuelo.
- **Tipo II:** La sensación de desorientación es evidente pero, en este caso, el individuo recurre a sus conocimientos y procedimientos complementarios de orientación, resolviendo el conflicto. Esta resolución del conflicto, dependiendo de las condiciones propias del individuo, puede ser adecuada o inadecuada.
- **Tipo I:** En este caso, el SNC no percibe ninguna señal de alerta o sensación de desorientación, por lo cual, no pone en ejecución ningún mecanismo de orientación complementario. Esto ocurre porque no hay suficiente nivel de atención en el SNC conciente o pérdida de control de éste sobre la autonomía del nivel subconciente. Desafortunadamente, este tipo corresponde aproximadamente al 50% de las desorientaciones espaciales.

IV. SENSORES PERIFERICOS DE ORIENTACION

A. Sistema Visual

La visión periférica del sistema visual, que entrega su información de posición en relación al horizonte al SNC subconciente, es sin lugar a dudas el sensor mas importante que se tiene para la orientación y equilibrio. Tanto es así, que puede mantener esta función en ausencia de los otros sistemas periféricos de orientación. No obstante, esto es así en el ser humano en su ambiente natural con horizonte a la vista, situación frecuentemente no respectada por la aviación.

Por otra parte, la visión central, responsable de la visión de colores, detalles y profundidad, por ser el único sensor conciente relevante, tiene hegemonía sobre los demás sensores de orientación, siempre y cuando existan elementos de juicio utilizables por la visión central, como lo son: condiciones VFR, horizonte, puntos geográficos, movimiento, etc, asociado a un nivel de atención adecuado. Más aún, los instrumentos de vuelo actuales, incluido aquellos que se dedican a la orientación de la aeronave, están diseñados para ser captados por la visión central.

B. Aparato Vestibular

Cada oído interno, izquierdo y derecho, contienen el aparato vestibular, delicada estructura encargada de detectar movimientos lineales o angulares de la cabeza, en un ambiente tridimensional. Por lo mismo, constituye el segundo mejor sensor de posición del ser humano. En ausencia de visión periférica pasa a comandar la información de orientación subconciente en lo que se denomina oportunismo vestibular, pudiendo ser suprimido al recuperar condiciones visuales periféricas o centrales. No obstante, este aparato vestibular que funciona muy bien en el ambiente terrestre, al ser sometido a las aceleraciones propias del ambiente de la aviación, induce una serie de ilusiones o falsas percepciones.

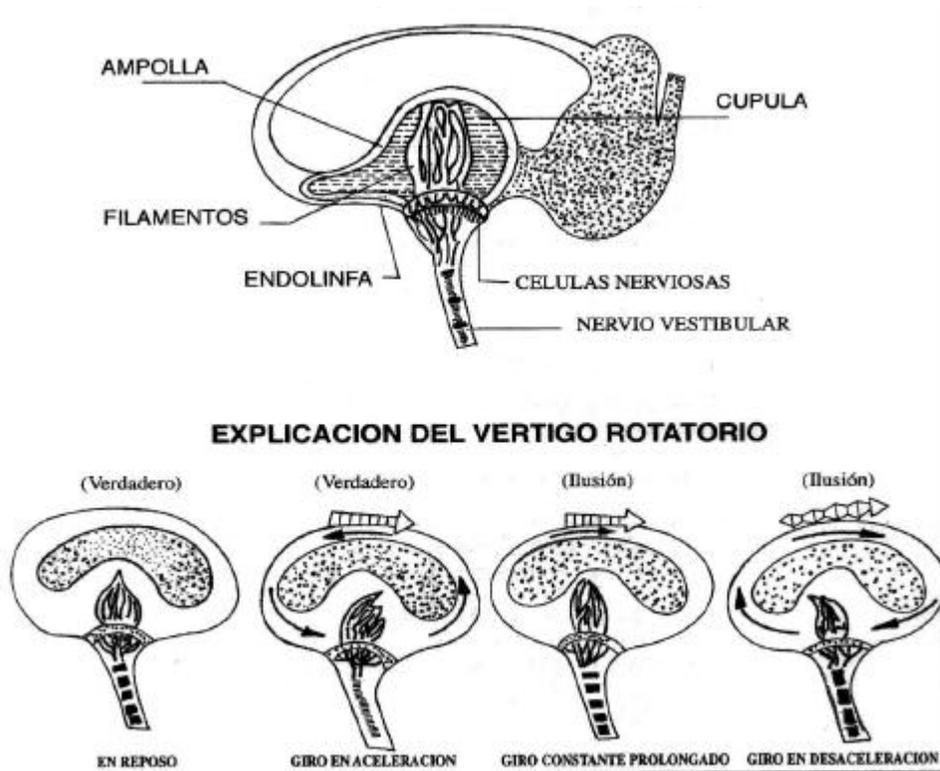
Cada aparato vestibular está constituido por las siguientes estructuras:

1. CANALES SEMICIRCULARES

Los canales semicirculares, sensibles a la aceleración angular, se encuentran dispuestos en ángulos de 90° entre sí, cuya función es entregar información relativa a los movimientos de “pitch-roll-yaw” (cabeceo-alabeo-ronza) en un ambiente tridimensional, dependiendo del canal que se ha estimulado. Cada canal contiene un líquido (endolinfa) que se mueve por inercia dentro del canal al someterse a aceleraciones o desaceleraciones angulares. El movimiento de este líquido se transmite a unos cilios implantados en el interior del canal, los que envían los estímulos recibidos a través del nervio vestibular al cerebro (Fig. N° 2 superior). Estos impulsos son percibidos como cambios en la posición o actitud angular.

Analizando la Fig. N° 2, parte inferior, cuando un canal semicircular es acelerado hacia la derecha, el líquido del canal permanece en un principio estático por la inercia e inclina a los cilios en el sentido opuesto al giro, interpretándose correctamente como un movimiento angular hacia la derecha. Si el giro continúa a velocidad constante por aproximadamente 20 a 30 segundos, el movimiento del líquido en el canal se iguala con el movimiento de las paredes, dejando de inclinar los cilios, induciendo la falsa percepción que la rotación ha cesado. Si se produce una desaceleración súbita, las paredes del canal se desaceleran, pero el líquido continúa su movimiento por un corto período de tiempo, inclinando los cilios en la dirección del líquido, induciendo una falsa percepción de giro en el sentido opuesto al original.

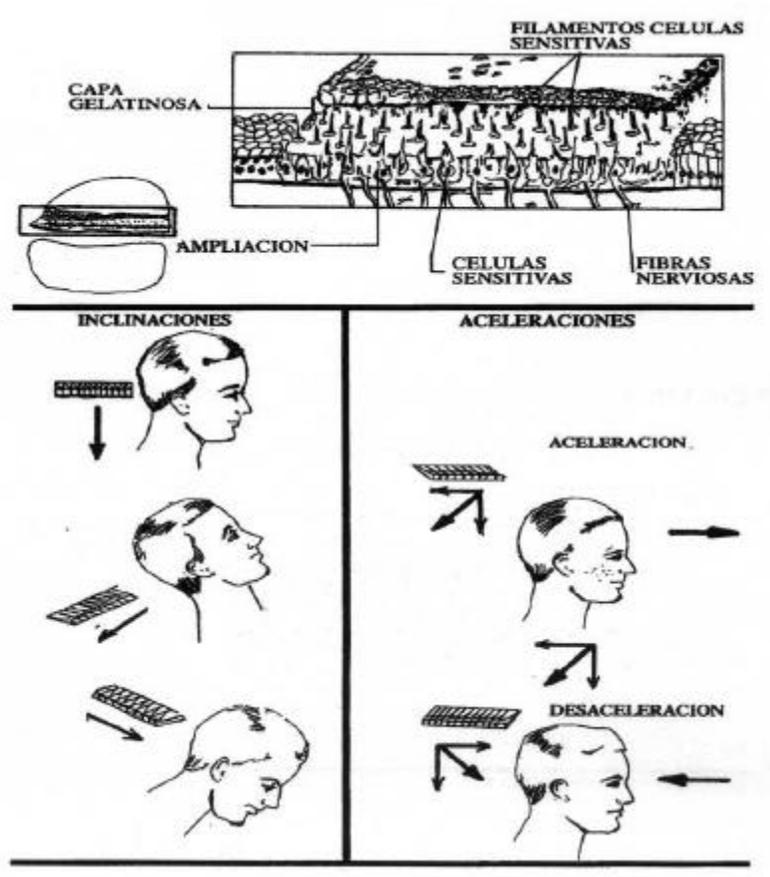
FIG. N° 2 CORTE ESQUEMATICO CANALES SEMICIRCULARES



2. ORGANOS OTOLITICOS

Estos órganos están constituidos por pequeños sacos adyacentes a los canales semicirculares, en cuyo interior se encuentran los otolitos, conformados por cristales insertos en una capa gelatinosa, la cual flota sobre una cama de cilios sensitivos (Fig. N° 3). Por gravedad o inercia, los movimientos lineales hace que esta capa gelatinosa se asiente con mayor o menor intensidad sobre áreas de esta cama de cilios, lo cual es interpretado por el cerebro como inclinaciones o aceleraciones lineales o radiales de tal o cual intensidad y dirección.

FIG N° 3 CORTE ESQUEMATICO ORGANOS OTOLITICOS



C. Sistema Propioceptivo

Los receptores de este sistema están constituidos por sensores de presión que se encuentran alojados en las estructuras musculares y esqueléticas, incluyendo las articulaciones. En el ambiente natural terrestre humano, estos sensores de presión entregan información valiosa sobre la posición del cuerpo en relación al peso o fuerza de gravedad. No obstante, en el ambiente de las múltiples fuerzas gravito-inerciales de la aviación, este sistema de orientación induce fácilmente ilusiones con respecto a la ubicación de la superficie terrestre.

V. ILUSIONES EN VUELO

Como se señaló al comienzo, este sistema integrado de orientación y equilibrio induce una serie de ilusiones o percepciones falsas, al someter estos sensores periféricos a las condiciones especiales tridimensionales de la aviación. La cantidad de ilusiones que inducen por si mismos o en combinación son múltiples, por lo cual, a continuación sólo se explicarán sucintamente algunas de las manifestaciones clásicas de error de orientación.

A. ILUSIONES VESTIBULARES

REFERIDAS A LOS CANALES SEMICIRCULARES

1. INCLINACIONES

Corresponde a la ilusión más frecuente atribuida a los canales semicirculares, conocida también como "leans" en inglés. Para la percepción de aceleración angular, por parte de los canales semicirculares, la velocidad de rotación debe ser por sobre 2,5 grados por segundo, lo que se conoce como "umbral de estimulación". Las "inclinaciones" se inician con una rotación o inclinación alar por debajo del umbral de estimulación. Cuando esta "inclinación" es finalmente observada por el Piloto, en el indicador de actitud, éste tenderá a corregir la actitud, mediante un movimiento que sobrepasa el umbral de estimulación, siendo percibido como tal. Como el primer movimiento no fue percibido por los sensores y el segundo sí, el Piloto quedará con la sensación desagradable de inclinación alar en sentido contrario, aunque los instrumentos le indiquen que la aeronave se encuentre nivelada, haciendo que el piloto tienda a "inclinarse" subconscientemente en la dirección de la primera rotación no percibida y de ahí el nombre que se le ha dado a esta ilusión.

2. ILUSIONES SOMATOGIRAS

- a) **Spin Mortal:** Si un spin es mantenido por más de 20 segundos, la endolinfa de los canales semicirculares involucrados se equilibran con el movimiento rotatorio, cesando la percepción de movimiento. En esta condición, cuando el spin se detiene el Piloto experimentará una desaceleración angular que estimulará sus canales semicirculares en sentido opuesto. Esto será interpretado ilusoriamente como un spin en la dirección opuesta a la original, por lo cual, al tratar de corregir esta ilusión sin referencias visuales externas, el Piloto tenderá a reestablecer un spin en la dirección original, con consecuencias fatales.
- b) **Espiral Mortal:** Es semejante al caso anterior, excepto que la velocidad angular está dada por un viraje amplio, mantenido y coordinado. En este caso, el Piloto permanece en un viraje coordinado el tiempo suficiente para equilibrar los canales semicirculares perdiendo la sensación de viraje e inclinación alar. Al perder la sensación de inclinación alar, desatendiendo el indicador de actitud, incrementa la inclinación alar en el sentido original del viraje y así sucesivamente, llegando a un punto en el cual se puede encontrar con pérdida notoria de sustentación y altura e incluso invertido. Frente a esta emergencia aplicará subconscientemente full potencia y bastón atrás pero, dada la actitud anómala no percibida de la aeronave, esta maniobra sólo agrava la condición llegando fácilmente a un desenlace fatal.
- c) **Ilusión de Coriolis:** En un viraje coordinado, como el que ocurre en un tránsito de espera o en un viraje de descenso, este viraje es percibido correctamente por el canal semicircular respectivo. Si el piloto, durante esta maniobra, gira la cabeza en otro sentido o eje diferente al plano de viraje del avión, el primer canal se desacelerará induciendo ilusión de giro en sentido opuesto y el segundo canal percibirá correctamente el giro de la cabeza. La sumatoria de estas sensaciones de giro inducirá la ilusión de un "roll" descendente o ascendente en sentido opuesto al viraje inicial. Por este motivo, se insiste en la necesidad de evitar movimientos de la cabeza durante los virajes coordinados y, en caso de producirse la ilusión, debe referirse toda maniobra correctiva a lo indicado por los instrumentos.

3. ILUSIONES OCULOGIRAS

Cualquier persona que haya tenido un vértigo verdadero sabe de la existencia de la interconexión neuroeléctrica entre el sistema vestibular, el tubo digestivo y los músculos que mueven los ojos. En este caso, un giro percibido por los canales semicirculares respectivos, induce automáticamente un movimiento de los ojos en sentido opuesto al giro. En condiciones humanas normales, el objeto de este movimiento ocular compensatorio persigue mantener la imagen visual estática a pesar del giro real. En cambio, en aviación, este movimiento compensatorio frente a una percepción somatogira ilusoria, puede inducir la ilusión que el campo visual también se está desplazando en el mismo sentido del giro por movimiento real compensatorio de los ojos, lo cual confirma la percepción del movimiento ilusorio original.

REFERIDAS A LOS OTOLITOS

Los otolitos pueden percibir cambios en la aceleración lineal de hasta 0.01 Gx. Las falsas sensaciones inducidas por la estimulación de los otolitos se debe a que éstos no pueden diferenciar la gravedad terrestre verdadera de las otras aceleraciones lineales gravito-inerciales sobre impuestas existentes en el ambiente tridimensional de la aviación, por lo tanto, la percepción final es la resultante de todas las fuerzas involucradas las cuales, evidentemente no coinciden con el eje de la fuerza gravitacional.

1. ILUSIONES SOMATOGRAVICAS

- a) **Clásica Ilusión Nariz Arriba:** Corresponde a la ilusión más frecuente inducida por los otolitos (ver figura N° 3). En condición normal estática, una inclinación de la cabeza hacia atrás es percibida correctamente como una actitud nariz arriba. A su vez, una aceleración frontal horizontal induce un asentamiento por inercia de los otolitos, induciendo una falsa percepción de nariz arriba. Si se suman ambas, como lo que ocurre en una carrera de despegue, induce una ilusión desproporcionada de actitud nariz arriba, la cual, si el piloto tiende a corregir esta ilusión, buscando la percepción del ángulo correcto sin fijarse en los instrumentos, probablemente terminará estrellado. Esta misma situación ocurre a la inversa al desacelerar bruscamente en el plano horizontal, induciendo una ilusión de nariz abajo.
- b) **Ilusión de Inversión:** En este caso, muy similar a la ilusión anterior pero en aeronaves de alta performance, la ilusión de nariz arriba puede ser tan intensa que la sensación percibida es que la nariz ha sobrepasado la vertical, colocando la aeronave en una actitud muy anormal con el piloto invertido y mirando hacia atrás.
- c) **Ilusión por Exceso G:** Una inclinación lateral de la cabeza en un ambiente terrestre estático, sometido a una aceleración gravitacional de 1 G, entrega la información correcta de la magnitud de la inclinación. Si durante un viraje con una resultante de 2 G, al igual que las ilusiones anteriores, se sumará la percepción correcta mas la ilusión de exceso de viraje, induciendo una sensación de inclinación alar excesivo.

2. ILUSIONES OCULOGRAVICAS

Al igual que las oculogiras, la sensación producida por los otolitos también induce un movimiento compensatorio de los ojos, produciendo la ilusión de movimiento de la imagen del campo visual en el mismo sentido de la ilusión de los otolitos, confirmando la ilusión.

3. ILUSION DEL "ASCENSOR"

Corresponde a una ilusión oculogravica en la cual, al sufrir una aceleración en la vertical por corriente ascendente o descendente mientras la aeronave se mantiene nivelada, la vista tiende a moverse en sentido opuesto por reflejo. Esto produce la ilusión que el campo visual se desplaza induciendo la ilusión de estar montando o descendiendo, cambio de actitud que si no se está alerta el piloto tiende a corregir.

B. ILUSIONES PROPIOCEPTIVAS

En general, los sensores de presión del sistema propioceptivo entregan la misma información que lo órganos otolíticos, por lo cual, con el transcurrir del tiempo estas ilusiones se han descartado de las clases de fisiología de aviación. No obstante, el problema fundamental de estas ilusiones es que confirman o reafirman las ilusiones de los otolitos, haciendo más creíble la ilusión.

C. ILUSIONES VISUALES

A pesar de ser el órgano más importante o hegemónico de la orientación, en las condiciones propias de la aviación induce una serie de ilusiones, diurnas o nocturnas, centrales o periféricas, que es indispensable tener presente, por cuanto se le ha adjudicado una autoría importante en la génesis de las desorientaciones espaciales del Tipo I (no reconocidas).

REFERIDAS A LA VISIÓN CENTRAL

1. ILUSIONES DE PISTA

- a) **Declive / Ancho de Pista:** En ambas situaciones, sea con pistas inclinadas en forma ascendente o descendente, como asimismo, pistas de diferente ancho, inducen fácilmente ilusiones de error en la estimación subjetiva de altura sobre la pista, ilusión que ocurre en los momentos más críticos del aterrizaje, produciendo con facilidad “flares” altos o bajos según la condición.
- b) **Luces de Pista:** Uno de los parámetros utilizados por el piloto para estimar la altura sobre la pista es precisamente la habituación a como ve el ancho de pista, en pista conocida. En la misma pista, al fijarse ahora en las luces de pista, ubicadas por fuera de ésta, induce la ilusión que la pista está más ancha de lo normal y por ende, el piloto cree que la aeronave se encuentra más bajo de lo habitual.

2. ILUSIONES DE APROXIMACION

- a) **Declive de Terreno:** En este caso, no es la pista la que se encuentra inclinada sino el terreno que la precede. Al igual que en los declives de pista, el piloto tiende a estimar su altura de aproximación usando como referencia el terreno, induciendo en este caso un error de estimación del ángulo de aterrizaje.
- b) **Tamaño de Objetos:** Otra forma de estimar altura sobre el terreno es la imagen del tamaño de objetos conocidos que se encuentren en las inmediaciones de las pistas, como por ejemplo, los árboles. Si de una pista a la otra, el tamaño de los árboles son diametralmente diferentes en tamaño, el piloto tiende a estimar su altura basado en el tamaño de los árboles que el conoce.

3. ILUSIONES POR DEGRADACION O FUSION DE TERRENO

- a) **Agua Espejo / Visión Blanca:** En ambos casos, se produce una falta absoluta de referencias del terreno que permitan al piloto tener una estimación visual general de altura sobre el suelo.
- b) **Fenómeno “Hoyo Negro”:** En condiciones nocturnas, la aproximación a una pista en ausencia de cualquier otra referencia visual que permita aunque sea una tenue apreciación de horizonte, a pesar de buenas luces de pista, esta carencia de referencias induce ilusiones de pista inclinada y ninguna estimación de altura sobre el terreno. Igualmente, una pista en las cercanías de una ciudad iluminada, induce la ilusión que el plano de la pista es el mismo de la ciudad, pudiendo ser diametralmente distintas y por ende el peligro durante la aproximación a ésta.

4. ILUSION POR CONFUSION TIERRA / CIELO

En esta situación, el piloto es incapaz de distinguir un límite entre lo que es el suelo de lo que es el cielo. Por ejemplo, un suelo plano nevado fusionado con nubosidad cerrada; mar oscuro con noche oscura sin estrellas; o, un cielo con escasas estrellas con un mar con luces tenues de varias goletas pesqueras.

5. ILUSION POR DISTORSION OPTICA

Bien es conocido que el smog o neblina hace que los objetos se vean más distantes de lo que están en realidad. Esta situación en aviación se traduce en errores de estimación de distancia y altura sobre el terreno u otros objetos, como lo que sucede con las luces de pista en presencia de neblina.

6. ILUSION POR AUTOKINESIS

Fenómeno parecido a lo que sucede en las ilusiones oculogiras u oculoográficas. En este caso, al mirar de noche una luz tenue, al no poder enfocar bien con la visión central, el ojo se mueve buscando poder enfocar con alguna parte de la retina, lo que hace que la imagen de la luz se mueva erráticamente en el campo visual. Esto puede crear problemas en vuelo en formación abierta nocturna. Actualmente las luces de navegación están diseñadas para evitar este problema.

REFERIDAS A LA VISIÓN PERIFÉRICA

1. ILUSIONES POR VECCION

Corresponden a las ilusiones inducidas por movimiento relativo entre dos objetos, pudiendo ser del tipo lineal o angular, en ausencia de otras referencias visuales. En esta circunstancia, el observador ubicado en uno de los objetos, sufre la ilusión de no poder discriminar cual de los dos objetos es el que se está moviendo. Esta ilusión tiene gran importancia, por ejemplo, en las formaciones entre dos o más aeronaves y en vuelos estacionarios de helicópteros sobre agua que se está desplazando.

2. ILUSIONES POR HORIZONTES FALSOS

Nuevamente, por la ausencia de referencias visuales comparativas, en ciertas circunstancias el piloto tiende a confundir ciertas imágenes con lo que él piensa es el horizonte verdadero, pudiendo desencadenar desenlaces desastrosos. Por ejemplo, al volar sobre una extensa capa de nubes que se encuentra inclinada, el piloto tiende a alinear las alas con la capa de nubes; al volar dentro de una capa de nubes, tiende a confundirse que la zona de mayor claridad corresponde a la vertical, siendo que esto en aviación no necesariamente es cierto; las luces de una carretera costera confundidas como horizonte, sólo indica el límite entre la tierra y el mar y no tierra y cielo; etc.

VI. ACCIONES A EJECUTAR ANTE LA PRESENCIA DE DESORIENTACION ESPACIAL

A. Referirse a los Instrumentos

Antes que nada, toda planificación de vuelo debe contemplar el riesgo de tener que pasar de condiciones VFR a condiciones IFR, versus la expedición que se tenga sobre esta materia. Es evidente que teniendo una visión central hegemónica sobre los demás sensores periféricos, frente a cualquier percepción de una desorientación espacial, debe obligatoriamente referirse a los instrumentos de vuelo básicos de la aeronave.

B. Dar credibilidad a la información que entregan los instrumentos

Las ilusiones de vuelo pueden ser tan intensas que inducen a pensar que son los instrumentos de vuelo los que están defectuosos y por ende, no creerles; situación que en la realidad es casi imposible.

C. Disminuir al máximo los movimientos de la cabeza

Como se ha explicado, esto es de especial importancia durante los virajes en ausencia de referencias visuales.

D. Vuelo recto y nivelado

Una vez alcanzado el vuelo recto y nivelado de acuerdo a la información entregada por los instrumentos, debe evitarse cualquier maniobra hasta la total recuperación de las falsas sensaciones.

E. Entregar el Mando de la Aeronave

Muy raramente la desorientación espacial afecta a toda la tripulación de una aeronave en forma simultánea, por lo cual, si el piloto al mando no logra el control adecuado debe hacer entrega del mando.

F. Eyección

Si no es posible reestablecer una adecuada orientación, especialmente en aviones de alta performance y a baja altitud, la eyección inmediata puede ser la única oportunidad de sobrevivir.

FACTOR HUMANO – CONCIENCIA SITUACIONAL

C.D.A.(S) Charles CUNLIFFE Checura

I. INTRODUCCION

Es evidente que las actividades aéreas no corresponden a actividades naturales del ser humano, motivo por el cual, se producen con cierta frecuencia manifestaciones de “error humano” que se mide desgraciadamente en tasas de incidentes / accidentes de aviación. Estas manifestaciones de error son múltiples, correspondiendo en este capítulo analizar someramente una posible explicación de esta comisión de error no intencional, con el propósito de adoptar algunas medidas para reducirlas.

Al analizar las estadísticas de accidentes de aviación clase “A”, se ha atribuido responsabilidad de éstas al factor o error humano en un 80% a 90% en la aviación civil general, 65% a 75% en la aviación militar y 50% a 60% en aviación comercial de transporte de pasajeros, tasas que evidentemente son muy significativas. Dentro de estos factores humanos, en aviación militar se atribuye un 5% a fenómenos fisiológicos de G – LOC, un 20 % a desorientación espacial y un elevadísimo 70 % a un concepto conocido como LSA (“Loss of Situational Awareness”) o pérdida de conciencia situacional.

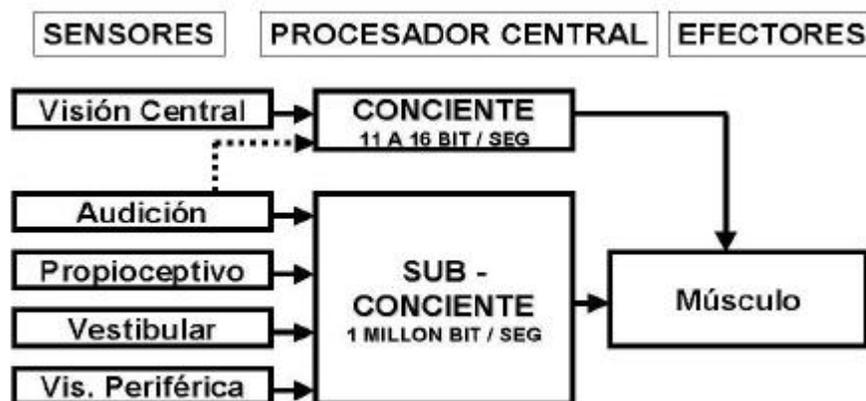
Este porcentaje tan elevado atribuido al concepto LSA, se debería aparentemente a la inclusión de algunas desorientaciones espaciales a los fenómenos propios de la alteración o error del proceso de toma de decisiones del ser humano. Por lo mismo, puede establecerse que no existe un claro y nítido límite entre ambos fenómenos fisiológicos. Aún más, al recordar la clasificación de las desorientaciones espaciales, aquellas del tipo I, definidas como sin conciencia de desorientación, algunas de éstas podrían estar incluidas en el concepto de LSA. No obstante, esta relación entre ambas condiciones fisiológicas podría quedar más clara al comparar sus respectivas definiciones.

II. DEFINICIONES

Se entiende por “Orientación Espacial” a la percepción estática de posición de uno mismo y la aeronave en relación a la superficie terrestre y/u otros objetos dentro del mismo espacio tridimensional.

Repasando los conceptos del capítulo de desorientación, debe recordarse lo que se ilustra en figura N° 1, referente a la relación de los sensores periféricos de orientación con los distintos niveles interpretativos del SNC, como asimismo, la capacidad del nivel subconsciente de funcionar en forma autónoma al perderse el control que ejerce el nivel consciente sobre éste. Por lo mismo, se puede establecer que el proceso de orientación espacial puede corresponder a un proceso tanto consciente como subconsciente del ser humano.

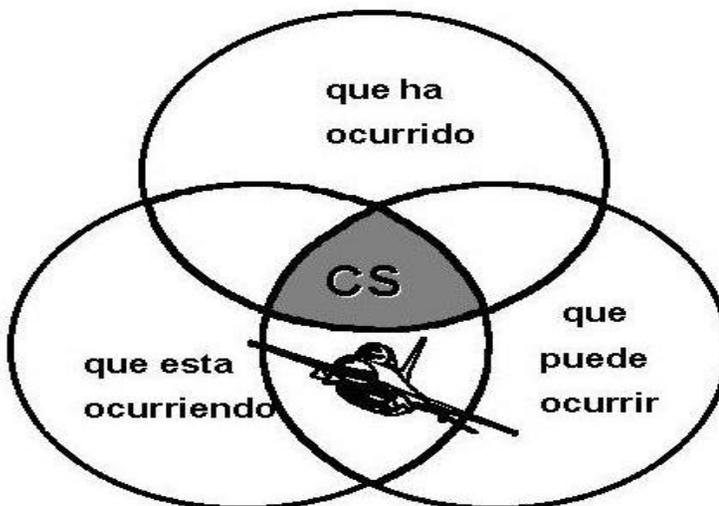
FIG. N° 1 SISTEMA DE ORIENTACION Y EQUILIBRIO



A su vez, se entiende por “Conciencia Situacional”, la percepción de uno mismo y aeronave en relación al ambiente dinámico del vuelo y amenazas, con capacidad para pronosticar lo que ocurrirá, basado en la percepción.

Como se ilustra en figura N° 2, la conciencia situacional es el resultado de la comprensión, en un ambiente tridimensional, de lo que ha ocurrido, lo que esta sucediendo y lo que podría llegar a suceder. Esto exige tener buena percepción de la orientación verdadera, para poder pronosticar lo que va a suceder en un futuro próximo. Es evidente que este fenómeno exige que el ser humano esté muy atento a los hechos y tenga una capacidad intelectual para barajar distintas alternativas de lo que podría suceder. Por lo mismo, se puede establecer que el proceso de conciencia situacional corresponde a un proceso exclusivamente conciente del ser humano.

FIG. N° 2 CONCIENCIA SITUACIONAL



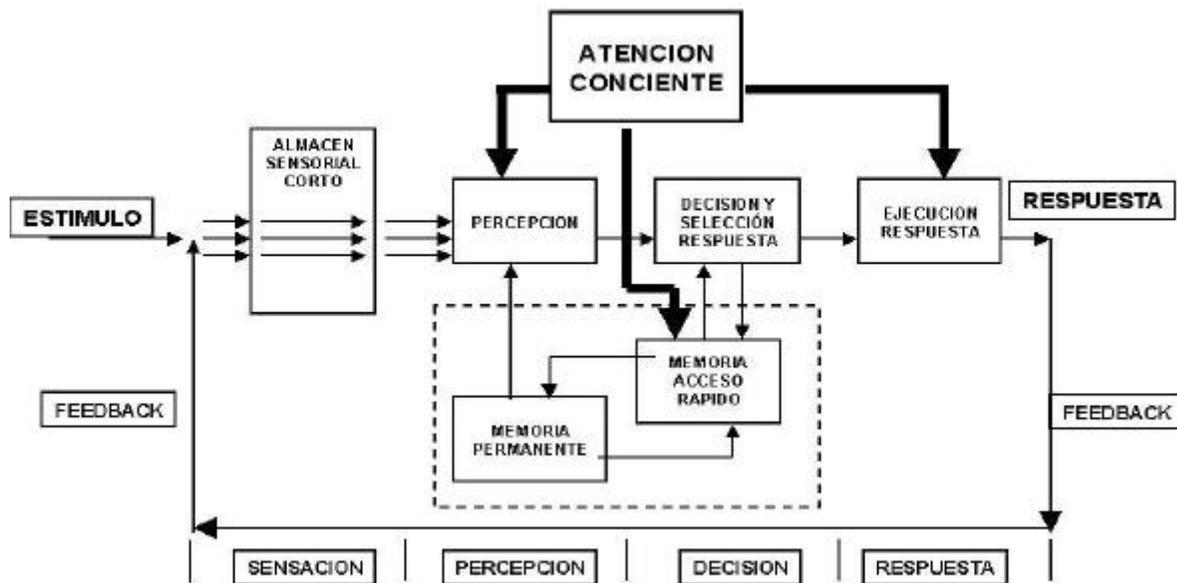
III. PROCESO DE TOMA DE DECISION

Analizando lo señalado en los dos acápités anteriores, puede decirse sin lugar a duda que, tanto los fenómenos relacionados con la orientación espacial como la conciencia situacional, tienen un común denominador ubicado en la función pensante y atenta del nivel conciente del Sistema Nervioso Central del ser humano.

Por lo mismo, para poder conocer mejor estos fenómenos y en especial el relacionado con el concepto de pérdida de conciencia situacional o LSA, es necesario comprender, aunque someramente, el funcionamiento de esta capacidad intelectual humana ejercida por el nivel conciente del cerebro humano y la importancia que tiene el recurso de la atención en todo este proceso.

Analizando la figura N° 3, observamos que una de las funciones normales del SNC corresponde a la ejecución de respuestas basadas en los estímulos que recibe. Dicho de otra manera, las sensaciones o estímulos que recibe el SNC desencadenan un proceso neuroeléctrico que culmina con una respuesta músculo-esquelética específica. Profundizando un poco, vemos que los estímulos o sensaciones deben ser primeramente “percibidas” por el SNC para luego, basado en esta percepción y asociado a información proveniente de la base de datos de la “memoria” o conocimientos que se tengan, se desencadena una toma de decisión, eligiendo la respuesta más adecuada que finalmente será ejecutada.

FIG. N° 3 PROCESO DE TOMA DE DECISION



Teniendo lo anterior presente, debemos recordar del capítulo de las desorientaciones, que los estímulos en aviación pueden ser tan leves que no logran ser percibidos, ó a su vez, los estímulos pueden ser percibidos en como ilusiones de una situación verdadera. Con estas variables, debe tenerse la seguridad que la decisión que se tome no necesariamente será la mejor. Más aún, esta decisión puede ser absolutamente opuesta a lo que se necesitaba en ese momento, desencadenando el desastre.

Lo señalado en el párrafo precedente es absolutamente tal como sucede con el SNC nivel subconciente, considerando la velocidad de respuesta propia que le caracteriza. No obstante, se sabe que el nivel conciente tiene hegemonía y control sobre el subconciente pero, para que éste funcione, debe tener indemne sus recursos de atención concientes. Como vemos en figura N° 3, los recursos de la atención regulan o modulan tanto la fase de percepción, los recursos de la memoria y la ejecución motora de la respuesta seleccionada.

Con respecto a los estímulos, una adecuada atención podría descartar las ilusiones, permitiendo el ingreso sólo de las percepciones verdaderas. En cuanto a la ejecución de la respuesta, una adecuada atención disminuirá la posible torpeza de los músculos efectores. Por último, una adecuada atención modulará la entrega de la información contenida en la memoria pero, vale destacar que por los tiempos disponibles de reacción ante emergencias en aviación, sólo logra regular la memoria de rápido acceso, es decir, aquella analizada más recientemente.

Para mayor comprensión sobre la memoria de rápido acceso, basta comprender que el propósito de los "briefings" en aviación u otras actividades, precisamente persiguen analizar y actualizar los conocimientos necesarios a esta memoria de rápido acceso, de tal forma que cuando se requieran estén disponibles rápidamente.

Para finalizar, se puede afirmar que hay diversos factores importantes, involucrados directa o indirectamente con el proceso de toma de decisión del individuo en el ambiente aéreo, como lo son: el grado de atención ó alerta; la memoria, en especial aquella de rápido acceso; factores psicológicos como la personalidad, Intrepidez, autoconfianza y juicio; factores fisiológicos, en especial aquellos relacionados con la percepción de estímulos; y, factores técnicos, relacionados con los conocimientos y habilidades como piloto.

IV. PERDIDA DE LA CONCIENCIA SITUACIONAL

Se puede afirmar en forma general que, si la atención funciona bien, se obtendrá una respuesta con conciencia adecuada de la situación. En cambio, si la atención no funciona bien, se obtendrá una respuesta con conciencia

errónea o sin conciencia de la situación, lo que se podría traducir como “pérdida de la conciencia situacional”. Por lo mismo, en todo este proceso es evidente la importancia del rol que juega el nivel de atención del individuo, el cual se sabe que puede estar alterado en forma exaltada, deprimida, dividida o focalizada.

No obstante lo anterior, los análisis de accidentes por pérdida de conciencia situacional han identificado diversas posibles causas, entre las cuales cabe tener presente las siguientes:

- FOCALIZACION O CANALIZACION DE LA ATENCION
- DISTRACCION DE LA ATENCION
- SOBRESATURACION DE TAREAS
- SUB-ESTIMULACION DE LA ATENCION
- SOBRE-ESTIMULACION DE LA ATENCION
- HABITUACION
- TRANSFERENCIA NEGATIVA
- DISTORSION TEMPORAL
- PERCEPCION ERRONEA DE ORIENTACION
- FATIGA

V. PREVENCIÓN

Desafortunadamente, no existe en la actualidad un simulador que permita entrenar a las tripulaciones aéreas “a pensar”, para poder optimizar su proceso de toma de decisión. Sin embargo, igual debe hacerse algo al respecto para bajar las tasas de accidentes por este problema. Por lo tanto, para comenzar debe lograrse el convencimiento de las tripulaciones aéreas sobre la existencia real y consecuencias de este problema, asegurando un buen adoctrinamiento sobre las causas conocidas de pérdida de conciencia situacional y las formas de minimizarlas.

Por otra parte, hemos visto la importancia que tiene el adecuado nivel de atención en este proceso y las formas como se puede afectar. Por lo mismo, debe esforzarse en la identificación prematura de las alteraciones del nivel de atención, señalándolas como de riesgo para la seguridad aeroespacial.

Otra forma de incrementar la capacidad de “pensar” en un problema, es tener dos o más personas pensando en forma coordinada sobre el mismo problema. En aviación esto se logra por un buen entrenamiento en CRM (Cockpit Resource Management), pudiendo aplicar el mismo concepto en aeronaves monoplaza, tema conocido como FRM (Fighter Resource Management) en el cual, los otros recursos pensantes lo constituyen todas las otras personas intercomunicadas en ese momento, incluyendo los pilotos de las otras aeronaves de la formación, los controladores de tránsito aéreo, los jefes de operaciones, etc.

Por último, y quizás lo más importante, es indispensable incluir en el “briefing” de cada misión, una discusión dirigida específicamente a la identificación de posibles errores fisiológicos que pudiesen presentarse en las características propias de dicha misión. Esto, evidentemente persigue refrescar y actualizar la memoria de rápido acceso, de tal forma de tener respuestas rápidas y correctas frente a problemas de “factor humano” que puedan presentarse en forma intempestiva.

FATIGA Y STRESS

C.D.G.(S). Luis Gustavo HEIN Molina

I. INTRODUCCIÓN

El estudio de la fatiga y estrés implica la dificultad para establecer definiciones claras y universalmente aceptadas de estos conceptos. Con respecto al estrés, algunos autores señalan que cualquier nivel es deletéreo y otros, que un nivel moderado de estrés es necesario para un funcionamiento óptimo. Un nivel insuficiente de estrés puede llevar a aburrimiento y baja productividad, así como el exceso de estrés, a un compromiso físico o emocional.

La fatiga es considerada en diferentes aspectos por diversos autores. Las consideraciones tradicionales en relación a la medicina de aviación, se han hecho en relación a la fatiga operativa aguda con repercusión en disminución de las funciones psicomotoras, disminución del rendimiento/eficiencia individual y compromiso de la atención. Este tipo de fatiga es frecuentemente observada después de uno o más vuelos difíciles en un día, o incluso con posterioridad a fuerte actividad intelectual, como el rendir un examen complejo.

La fatiga aguda debe diferenciarse de la fatiga crónica, siendo esta última aquella en la cual el piloto no se ha recuperado de la primera misión al tomar la segunda, y luego la siguiente, etc., con fatiga acumulativa progresiva. En este tipo de fatiga, la capacidad de tolerancia del aviador está disminuida después de cada vuelo consecutivo; la fatiga aguda puede ser superada, al menos parcialmente, por esfuerzo personal o estimulación, por ejemplo en una emergencia en vuelo o durante el combate. Este tipo de fatiga es de tratamiento relativamente simple, con uno o más días de descanso y nutrición adecuada.

El interés en profundizar el conocimiento de los diversos elementos que influyen en el factor humano en aviación, hace necesario revisar conceptos generales sobre fatiga y estrés y su repercusión específica en la medicina aeroespacial, con el objetivo de conocer, pesquisar y tratar adecuadamente estos factores de riesgo antes de que tengan un efecto negativo sobre las operaciones de vuelo, el piloto y otros miembros de los grupos relacionados con la actividad aérea.

II. ESTRES

Definición: Existen múltiples definiciones para el concepto de estrés, tal vez por lo complejo y multifactorial de sus implicancias. Algunas de las comúnmente mencionadas son:

- Respuesta corporal a cualquier demanda secundaria a factores conocidos como "estresantes"
- Cualquier estímulo interno o externo percibido como una amenaza para el equilibrio del organismo y que causa una reacción corporal para manejarlo.
- Cualquier experiencia emocional negativa.
- Cualquier cambio mayor en el balance de la vida.

Estudios recientes han subdividido el estrés en externo, ambiental o estrés por imposición laboral versus estrés autoimpuesto.

III. ESTRES EXTERNO

El estrés externo relacionado con la aviación incluye: ruido, combate, vibración, efectos de altitud como hipoxia o disbarismos, temperaturas extremas, vuelo a baja altura con visores nocturnos y, baja humedad relativa.

Estos efectos pueden ser modificados al menos parcialmente, por los médicos de las unidades de vuelo, entregando información a las tripulaciones sobre los tópicos antes mencionados; por los equipos de mantenimiento, entregando por ejemplo una adecuada mantención de máscaras y equipos de oxígeno; por psicólogos que pueden proporcionar manejo de estrés en forma personal o a través de charlas informativas y; por los Comandantes de Unidades, definiendo prioridades, tiempo y número de misiones, etc.

Existen múltiples causas de estrés en el ambiente de la medicina aeroespacial, las cuales se han clasificado en un intento de analizar diversos factores por separado para fines prácticos y docentes, manteniendo siempre la visión de que durante las actividades aeronáuticas y operaciones relacionadas, ellas interactúan de forma multifactorial y compleja.

IV. CAUSAS DE ESTRÉS

- Físicas (calor, frío, vibraciones)
- Fisiológicas (fuerzas G, altitud)
- Psicológicas
- Psicosociales

Los factores de estrés, físicos y fisiológicos, exceden los objetivos de este capítulo, por lo que no nos referiremos a ellos en este análisis.

Los factores psicológicos y los denominados Psicosociales, han cobrado importancia en los últimos estudios de la psicología aeroespacial, como elementos de gran relevancia en la esfera de las relaciones interpersonales y familiares, que innegablemente afectan a los aviadores y a veces en forma crítica de acuerdo a la gravedad del impacto que puedan tener sobre las diversas misiones. Asimismo, entendidos los factores anteriores como de presencia permanente en la vida diaria de cualquier individuo, se han reconocido y analizado factores específicamente ligados a la vida militar.

Factores de Estrés Psicológicos y Psicosociales	Factores de Estrés en la Vida Militar
<ul style="list-style-type: none"> • Sobrecarga laboral. • Estado emocional. • Factores sociales de la comunidad. • Actividades de supervisión. • Demandas de la carrera profesional. • Problemas personales: legales, financieros, maritales, relaciones afectivas y familiares. 	<ul style="list-style-type: none"> • Horarios y planificación de misiones. • Tiempo para desarrollar las misiones. • Bajo número de personal. • Tareas adicionales a las actividades de vuelo. • Control de tráfico aéreo. • Educación militar obligatoria. • Inspecciones a unidades de vuelo. • Trabajo en turnos de 12 horas o más en el día. • Restricciones o indisciplinas de vuelo • Requerimientos militares no relacionados con la actividad aérea.

No obstante, se ha establecido que no todo el estrés es negativo, existiendo una relación positiva y necesaria entre estrés y rendimiento para el eficiente desarrollo de diversas actividades. Así, un individuo estimulado por el desafío o las condiciones de una misión en particular, tendrá un mejor desempeño que alguien que asuma la misma actividad en forma pasiva o desinteresada, sin embargo, la complejidad creciente de la misión o de factores de emergencia inesperados, asociados a malas condiciones climáticas, combate, fallas mecánicas, etc., pueden producir un nivel de estrés que sobrepase las capacidades de adaptación del piloto, con efectos negativos de repercusión variable, incluso fatales.

V. ESTRÉS AUTOIMPUESTO

En contraste con el estrés más allá del control del piloto, está el estrés autoimpuesto, sobre el cual el aviador tiene la capacidad de actuar. Estos incluyen la automedicación; consumo de medicamentos prohibidos o con efectos secundarios negativos, como el temblor por exceso de cafeína, fatiga producida por privación de sueño, falta de ejercicio, que asegure una condición que le permita tolerar períodos de demanda física o emocional. Debe evitarse el consumo de alcohol, con todos sus efectos negativos sobre el sistema nervioso central y la capacidad cognitiva y de juicio. Suprimir el consumo de tabaco, que lleva a la producción de carboxihemoglobina que, en niveles de 7% a 10%, equivale a encontrarse a unos 5.000 pies de altitud, disminuyendo la capacidad visual nocturna. Evitar el consumo de alimentos ricos en calorías y comidas en horarios inusuales, a veces causando rebote insulínico con hipoglucemia reactiva.

VI. CAPACIDAD COGNITIVA HUMANA Y ESTRÉS

La capacidad cognitiva humana constituye uno de los principales elementos relacionados con el factor humano en la medicina de aviación. Se ha analizado desde la perspectiva de cuatro subfactores que interactúan en forma compleja y secuencial en el procesamiento de información y toma de decisiones, que en el ambiente aeronáutico constituye muchas veces, un proceso de escasos segundos en condiciones críticas:

- Atención
- Percepción
- Procesamiento de información
- Toma de decisión / juicio

El estrés tiene un efecto negativo sobre la capacidad cognitiva del operador, pudiendo adoptar diversas formas. Es dependiente de las capacidades y maneras individuales de reacción de cada piloto, en diversas condiciones, existiendo incluso variaciones intraindividuales con diferentes formas de reacción del mismo individuo, frente a un estímulo similar, dependiendo de condiciones que pueden variar en el tiempo.

VII. EFECTOS DEL ESTRÉS SOBRE LA CAPACIDAD COGNITIVA

- Focalización, fijación
- Confusión, pánico
- Acción inapropiada en tareas simples
- Errores técnicos
- Disminución de la autoestima
- Apariencia descuidada
- Pobres decisiones de juicio / atención disminuida
- Reducción de la capacidad de procesar información
- Reducción de la capacidad de orientación
- Aumento del tiempo de reacción
- Frustración fácil
- Disminución de la capacidad motora (manual)

En suma, el exceso de estrés o la falta de manejo de éste, reduce la capacidad de reacción del piloto, **especialmente durante emergencias o situaciones complejas**. Esto ha llevado al concepto de que existe una interacción entre la demanda y estrés, asociado a las diferentes misiones de vuelo, que se relacionan con la capacidad de reacción del piloto.

VIII. SIGNOS Y SÍNTOMAS DE ESTRÉS

Clínicamente se han reconocido signos y síntomas de estrés que se han clasificado en conductuales y físicos, los que orientarán al personal de sanidad y a los demás miembros de las diferentes unidades para reconocer a aquellos miembros del grupo afectados por este síndrome.

Signos / Síntomas Conductuales del Estrés	Signos / Síntomas Físicos de Estrés
<ul style="list-style-type: none"> • Actitud defensiva / sobresensibilidad. • Arrogancia / hostilidad. • Problemas crónicos con supervisores, pares, familia. • Apetito excesivo, bebedor, fumador. • Problemas financieros. • Retiro de actividades sociales. • Disminución de capacidades de vuelo. • Cambios de personalidad. • Dificultad de concentración. • Depresión. • Pérdida de la autoestima. • Aumento de riesgos en vuelo. • Actividades peligrosas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Fatiga crónica. • Cefalea. • Insomnio. • Cambios de peso. • Náuseas / vómitos. • Cólicos abdominales. • Dolor cervical o dorsal. • Palpitaciones. • Enfermedad ulcerosa. • Rush cutáneo • Dolor torácico de causa no precisada

Con el objetivo de resolver esta problemática, que siempre estará presente en toda actividad y, para evitar alcanzar un nivel que comprometa la salud y la seguridad de las operaciones aéreas, se han descrito diversas formas de manejo, que incluyen e involucran tanto al personal de sanidad como al Mando de las diferentes Unidades y a los propios afectados.

IX. FACTORES ESTRESANTES

Se han descrito escalas de valores estresantes, como una forma de reconocer diversos generadores de estrés y su importancia relativa sobre los individuos, en estudios de grandes poblaciones que pueden presentar una variabilidad individual, pero tienen validez estadística y proporcionan una pauta general de orientación para su análisis en diferentes poblaciones, sometidas a diversas actividades. Mencionaremos los más relevantes de más de 50 factores estudiados (Tabla N° 1). También se han analizado y determinado escalas similares que afectan a poblaciones militares (Tabla N° 2).

Tabla N° 1 (Mental Health Association / Alabama / USA) Escala factores estresantes en adultos		Tabla N° 2 Escala factores estresantes en adultos militares	
1. Muerte esposa(o)	100	1. Muerte esposa(o)	100
2. Divorcio	73	2. Divorcio	73
3. Separación	65	3. Separación	65
4. Cárcel	63	4. Corte Marcial	63
5. Muerte pariente cercano	63	5. Sanción	63
6. Enfermedad personal o accidente	53	6. Destinación	50
7. Matrimonio	50	7. Problemas con subordinados	20
8. Vacaciones	11		

X. MANEJO DEL ESTRÉS

Una vez reconocido o diagnosticado el problema, existen algunas estrategias generales de manejo inicial, que incluyen tanto acciones generales como individuales.

A. Estrategias generales

- Minimizar causa (ej.: disminuir número de misiones)
- Eliminar origen (estrés autoprovocado)
- Analizar situaciones límite (ej.: no forzar a pilotos a volar, no penalizar)
- Establecer metas realistas
- Evaluar las prioridades
- Planificar eficientemente el tiempo y tareas

B. Manejo personal

- Reconocer signos y síntomas
- Identificar factores estresantes, determinar causa u origen
- Consulta médica para conversar y/o manejar el problema
- Recordar que los demás también están bajo similares condiciones
- Evitar automedicación
- Aceptar lo que no es posible cambiar
- Evitar situaciones irritantes
- Dejar tiempo para sí mismo
- Mantener hobbies o diversiones no estresantes
- Mantener buen estado físico
- Mantener nutrición adecuada
- Asegurar descanso adecuado
- Vacaciones

Es inherente al perfil psicológico del piloto, el deseo de estar en control de los diversos factores que lo afectan, y la ansiedad inducida por el estrés puede serle particularmente irritante.

Es fundamental la labor educativa de las tripulaciones en las unidades, sobre estos aspectos, para evitar los riesgos de estrés laboral y/o autoimpuesto, con su consiguiente implicancia sobre la seguridad en las operaciones de vuelo, como asimismo, el establecer control de las actividades de vuelo, para evitar situaciones límite que extendidas por períodos prolongados generarán estrés operacional, tales como el participar en más de 3 turnos en un día o más de 6 días consecutivos en actividades de vuelo.

El personal de sanidad debe influir en cambios de hábitos de vida, detección de personal de vuelo bajo condiciones o síntomas de estrés, orientando su manejo y tratamiento por los especialistas que se requieran. Uno de los objetivos es enseñarles a los pilotos una o más técnicas de liberación de ansiedad, ya sea a través del médico de la Unidad o por psicólogos especialistas en el manejo de personal de vuelo.

FUERZAS ACELERATIVAS - G LOC

C.D.A.(S) Charles CUNLIFFE Checura

I. INTRODUCCION

Las fuerzas acelerativas, transmitidas a las tripulaciones por ley de acción y reacción, inducen una serie de limitaciones fisiológicas en el cuerpo humano que son necesarias conocer, por cuanto tienen relación con la génesis de diversos incidentes / accidentes aéreos. Entre estas limitaciones, de especial relevancia para una aviación de combate o acrobática lo constituye el G-LOC o GLC ("G Induced Loss of Consciousness") o pérdida de conciencia por efecto Fuerza G.

La aceleración es una medida de cambio de magnitud o vector de velocidad por unidad de tiempo, expresándose habitualmente como $\text{pies} / \text{seg}^2$. Las aceleraciones que participan en el ambiente tridimensional aéreo está incluida también la aceleración gravitacional, con su constante de $32 \text{ pies} / \text{seg}^2$, asociadas a las aceleraciones gravitoinerciales en cualquier eje en que se apliquen. Por descomposición de fuerzas, el eje final en que se aplican estas aceleraciones corresponde al eje de la resultante de la sumatoria algebraica de todos los vectores de estas aceleraciones participantes.

El peso de un individuo en la tierra (W_0) corresponde a su masa por la aceleración de gravedad (g) expresada como una fuerza gravitacional sobre la superficie. A su vez, en el ambiente tridimensional, el peso nuevo de este mismo individuo (W_1) va a corresponder a su masa, que se mantiene constante, por la magnitud de la resultante final de las aceleraciones involucradas (a). Vale destacar que cuando se habla de aceleraciones siempre hay una masa a la cual se está haciendo referencia por lo cual, es lícito hablar genéricamente de fuerzas acelerativas.

Por último, vale destacar el concepto de peso relativo (W_1 / W_0), conocida como fuerza G o simplemente G, que corresponde a una razón del peso del individuo sometido a las aceleraciones tridimensionales del ambiente aéreo, en comparación a su peso terrestre normal sometido a la aceleración de gravedad normal. De esta forma, al despejar la fórmula, considerando que la masa se mantiene constante, tenemos que G es el resultado de la división de la resultante de las aceleraciones en el ambiente tridimensional, por la aceleración de gravedad normal y, dado que se divide unidades de aceleración por sí mismas, G queda sin unidad de medida.

II. ORIENTACION Y POLARIDAD DE VECTORES

Como se ilustra en figura N° 1, los vectores que más interesan en aviación son los lineales y los angulares, teniendo estos últimos, un importante rol en la generación de ilusiones de desorientación que no es del interés de este capítulo. De los ejes lineales, el vertical o Z es de sumo interés para la explicación del fenómeno del G-LOC, materia fundamental de este capítulo. Por otra parte, es necesario tener presente que una fuerza acelerativa de la aeronave produce en el piloto, por acción y reacción, una fuerza reactiva en el mismo eje de igual magnitud pero polaridad opuesta, con una pequeña salvedad en el eje Y como se ilustra en figura N° 2.

FIG. N° 1 ORIENTACION VECTORES LINEALES Y ANGULARES

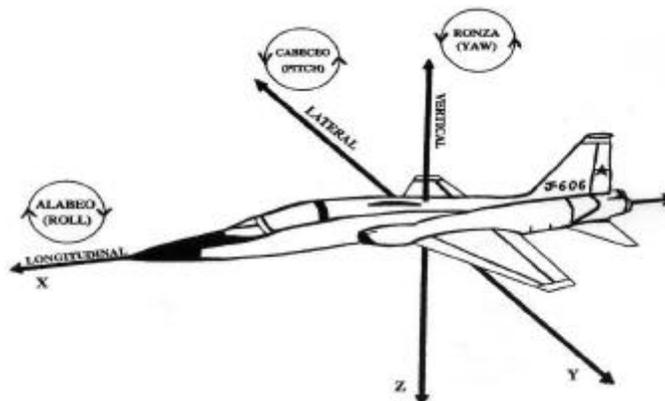
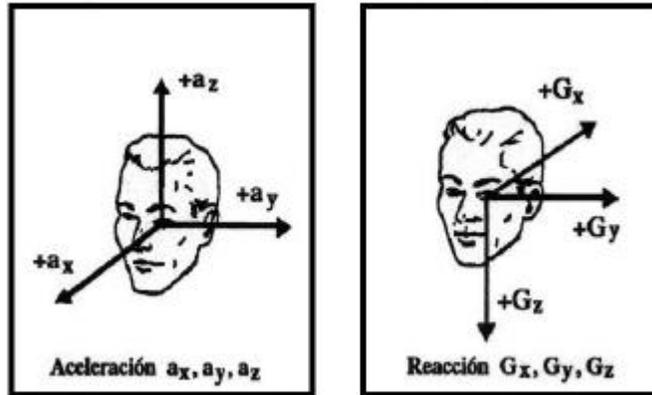


FIG Nº 2 POLARIDAD FUERZAS DE ACCION Y REACCION

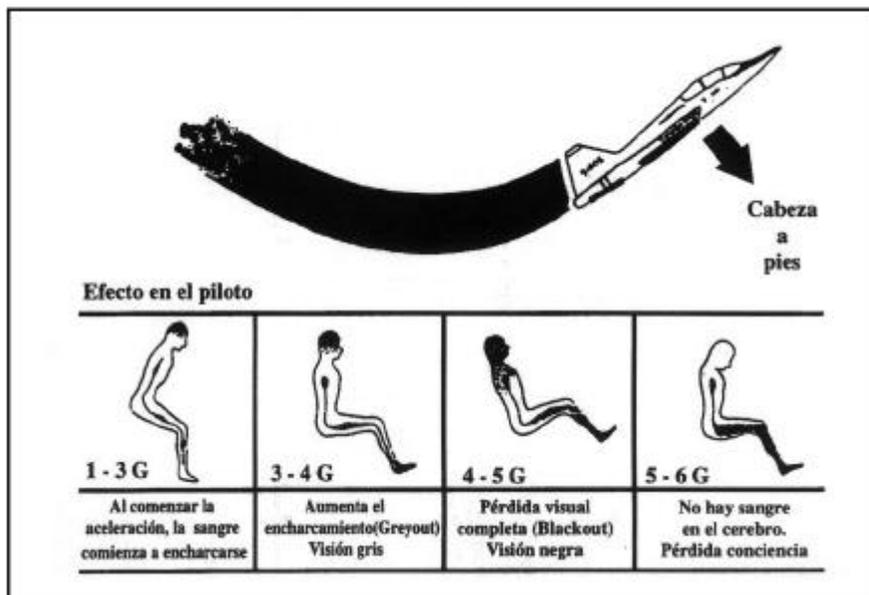


III. GENERALIDADES DEL G-LOC

Se ha demostrado el error histórico que se cometió al pensar que el G-LOC era un problema exclusivo del material de combate de alta "performance" del tipo F-16 o F-15, sabiendo en la actualidad que puede ocurrir en cualquier material de vuelo, civil o militar, si se cumplen con ciertos parámetros.

En forma simplista, el G-LOC es la pérdida de conciencia por el efecto exanguinante cerebral inducido por una fuerza reactiva $G_z (+)$ sostenida, como se ilustra en figura Nº 3. Por efecto de la centrifugación que sufre el piloto, la sangre tiende a estancarse en las zonas más distales del cuerpo, con la consiguiente caída de la presión arterial, insuficiente para irrigar el cerebro, órgano muy sensible a la falta de oxígeno. Por otra parte, como se sabe hoy en día, la duración de esta pérdida de conciencia o incapacitación en vuelo del piloto puede durar desde pocos segundos hasta medio minuto, con las consecuencias previsibles.

FIG. Nº 3 EFECTO EXANGUINANTE FUERZA $G_z +$

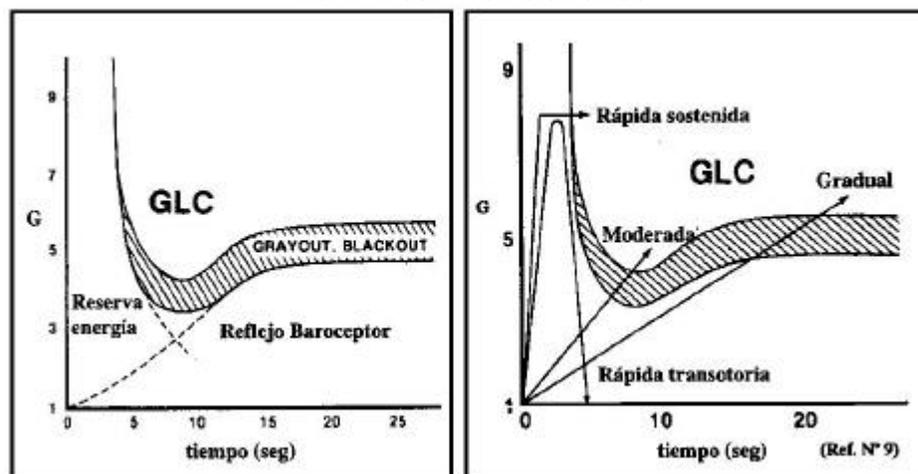


Se sabe hoy en día que es muy improbable la generación de un G-LOC con fuerzas $G_z (+)$ y tiempos de aplicación de las magnitudes de aquellos ubicados a la izquierda y debajo de la curva clásica ilustrada en la imagen izquierda de la figura Nº 4. Esto debido a la reserva energética que tiene el cerebro y los reflejos compensatorios cardiovasculares que se pueden poner en ejecución.

Por otra parte, como se señala en la imagen derecha de la figura N° 4, existen cuatro situaciones diferentes de virajes con aceleraciones en el eje Z que es necesario comprender. De éstas, evidentemente que el viraje con altas G y sostenido por más de 4 a 5 segundos, es el más peligroso por cuanto, puede pasar a la zona de G-LOC sin ningún síntoma premonitor o señal de alerta al piloto. En cambio, las aceleraciones graduales o moderadas pasan obligatoriamente por un período de síntomas, correspondiente al área achurada, caracterizadas por disminución de la visión periférica seguida de visión negra, que permiten al piloto tomar medidas correctivas antes de perder la conciencia.

No obstante lo señalado en el párrafo precedente, se estima en la actualidad que la cuarta situación, correspondiente a la aceleración brusca con altas G, pero transitoria de menos de 5 segundos de duración, es la más peligrosa de todas. Desafortunadamente, esta situación es la más aplicable a la gran mayoría de las aeronaves actuales, tanto civiles como militares. La gravedad radica en el hecho que por la duración de esta aceleración, el ser humano tolera naturalmente estas fuerzas acelerativas debido a su reserva energética. Con esta falsa percepción de seguridad, el piloto tiende a perderle el respeto al riesgo de G-LOC a pesar que está a un segundo de tener un incidente gravísimo que puede costarle la vida.

FIG. N° 4 CURVA CLASICA G-LOC



IV. PREVENCIÓN

Para hablar de prevención es necesario antes que nada aceptar y comprender la existencia del problema. A su vez, es necesario conocer los factores que facilitan la ocurrencia de este fenómeno. Respecto a esto último, los estudios efectuados, sobre cientos de incidentes, han demostrado que el factor más importante por lejos corresponde a la ejecución de la maniobra anti - G en forma inadecuada. Le siguen en importancia factores de nutrición e hidratación inadecuadas como asimismo, la fatiga previa y falta de sueño.

Como se desprende de lo anterior, la falla de equipos especiales de protección contra este fenómeno, como lo son los trajes anti-G, no constituyen una causal significativa de facilitación de este fenómeno. Más aún, se sabe que los trajes anti-G clásicos sólo incrementan la tolerancia de las fuerzas G en aproximadamente 1,5 G. Por lo tanto, excluyendo la maniobra anti-G, los pilotos sometidos a altas G deben tener especial preocupación por buenos hábitos nutricionales e hidratación, una capacitación física para contrarrestar la fatigabilidad y la costumbre de tener un sueño reparador.

En cuanto a la maniobra anti-G, conocida como maniobra L-1, debe insistirse en la necesidad de anticiparse al viraje propiamente tal. Esta maniobra persigue crear una condición de hipertensión arterial transitoria, mediante el ordeño de la sangre de las extremidades inferiores, lo que aumenta el volumen sanguíneo tóraco-abdominal, llegando al cerebro con mayor facilidad.

La maniobra L-1 es la principal protección anti-G con que cuenta el piloto para tolerar altos niveles de fuerzas G_z +. Esta maniobra posee un alto grado de efectividad, permitiendo la tolerancia de hasta 7 a 8 G_z + si se

hace en forma correcta. No obstante, debe tenerse presente que esta maniobra mal ejecutada produce un deterioro importante de la tolerancia normal. Asimismo, la ejecución de esta maniobra produce cansancio y fatiga con facilidad.

La ejecución correcta de esta maniobra consta de 4 pasos secuenciales:

1. Inhalación Profunda llenando pulmones
2. Contracción secuencial de los músculos de los pies, pantorrillas, muslos, glúteos y abdominales, manteniendo esta contracción durante toda la maniobra.
3. Exhalación forzada contra una glotis cerrada que no deja escapar el aire
4. Apertura de glotis permitiendo exhalación e inhalación corta y superficial cada 3 segundos

V. ACONDICIONAMIENTO FISICO

Como se ha mencionado, el someterse a altas G y ejecutar la maniobra L-1 es altamente fatigante para el individuo, llegando a compararse esta actividad con actividades deportivas de alto rendimiento. Por tal motivo, asociado a las tasas de accidentes aéreos por esta causa, desde hace años que se insiste en la preparación o acondicionamiento físico específico de las tripulaciones sometidas a este riesgo.

Evidentemente que la discusión en detalle de este acondicionamiento físico específico excede los propósitos de este capítulo. Eso sí, vale destacar que en forma general se establece la necesidad imperiosa de incrementar la potencia muscular en forma global, mediante un acondicionamiento anaeróbico, lo que permitirá aumentar la capacidad muscular de ordeñar las extremidades inferiores, redistribuyendo el flujo sanguíneo hacia cerebro y a la vez, proteger la columna de esfuerzos importantes.

A su vez, este entrenamiento anaeróbico debe ir de la mano con el acondicionamiento aeróbico, por cuanto, independientemente de mejorar la capacidad cardio-respiratoria, incrementa en forma notoria la recuperación del cansancio muscular al mejorar los procesos de eliminación de productos de desecho, disminuyendo de esta forma la fatigabilidad muscular, que tiene especial importancia al ser expuestos en forma reiterativa a altas G en el mismo vuelo.

VI. FUERZA “Gz” NEGATIVA (Gz-)

Para concluir este capítulo, es necesario mencionar el fenómeno que ocurre con las aceleraciones en el eje vertical pero con polaridad inversa a las que producen el G-LOC. Estas fuerzas del tipo “Gz -”, con magnitudes de tan solo 3 G por 5 segundos, son muy mal toleradas por el hombre. Esta situación produce “visión roja”, confusión mental, dolor de cabeza, disminución de la frecuencia del ritmo cardíaco y dilatación de las pequeñas arterias. La “visión roja” sería provocada por el párpado inferior que cubriría el ojo, lo que no está bien demostrado. En todo caso, existe compromiso visual importante con pérdida de las referencias externas.

Si bien es cierto que este fenómeno no produce pérdida de conciencia, las molestias que produce son importantes, agravado por la situación que en cualquier maniobra acrobática o de combate, es muy frecuente pasar directamente de una condición con Gz positiva a una condición con Gz negativa y viceversa, lo que aumenta significativamente el esfuerzo que debe hacer el piloto.

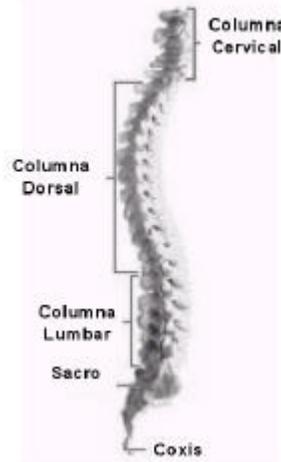
PROTECCION DE COLUMNA

E.C. Kinesiólogo Manuel ALVEAR Catalán.

I. INTRODUCCIÓN

Las patologías músculo-esqueléticas y en especial aquellas referidas a columna vertebral (figura N° 1), no son problemas ajenos a la aviación; incluso hay factores específicos asociados a este ambiente que hacen que éstas sean más frecuentes en tripulaciones aéreas que en otros grupos de personas. Por lo mismo, es muy importante comprender esta problemática para poder definir programas preventivos, ergonómicos y de tratamiento, que permitan eliminar o disminuir estos problemas.

FIG. 1 ANATOMIA DE LA COLUMNA VERTEBRAL



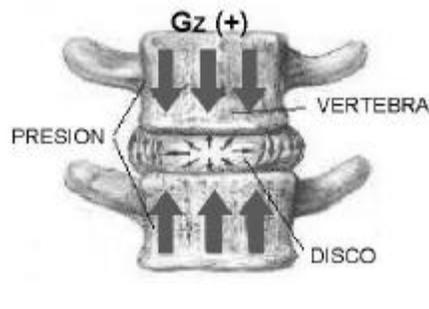
II. CAUSAS DEL DOLOR

Dentro de las causas asociadas a las patologías de columna vertebral, se encuentran:

A. FUERZA DE ACELERACION

En aviación de combate y/o acrobática, los pilotos se ven expuestos a altos niveles de fuerzas de aceleración, donde la Fuerza G_z+ ejerce un efecto compresivo sobre la columna vertebral, como se ilustra en figura N° 2, en especial sobre la columna cervical, que corresponde a la zona más inestable en vuelo por falta de apoyo apropiado con el asiento y alta movilidad para incrementar el campo visual. Lo anterior, agravado porque además de sostener el peso de la cabeza, debe sostener el casco y/u otros elementos, que hacen que aumente varias veces el peso durante estas maniobras. Por lo anterior es que varios estudios han demostrado mayor daño degenerativo de la columna cervical en este tipo de pilotos que en aquellos que vuelan otro tipo de material.

FIG. 2 EFECTO DE LA FUERZA $G_z(+)$ SOBRE LA COLUMNA



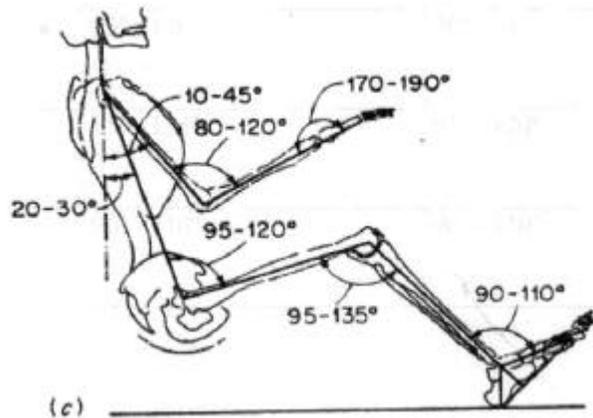
B. FACTORES ERGONOMICOS

En la actualidad, los factores ergonómicos en aviación están tomando gran importancia dado que también se asocian como factor causal de dolor en la columna vertebral de los pilotos. Problemas de este tipo se han encontrado con mayor frecuencia en pilotos de helicópteros, estimándose una prevalencia de cerca del 80% de dolor lumbar. Las mediciones antropométricas y ergonómicas plantean que la posición sedente del piloto en la cabina de un helicóptero podría ser la principal responsable del dolor lumbar, ya que éstos en posición sedente, se encuentran con una flexión, rotación y lateralización de tronco, para poder manipular los controles de vuelo de la aeronave (bastón y colector), posición altamente compresiva para las estructuras de soporte y sostén de la columna lumbar (Figura N°3). Además, si el piloto es muy alto, se sumarán molestias cervicales y de columna dorsal alta, debido a que tenderá a flexionar su cuello para una mejor visión del exterior de la aeronave. La Figura N°4 muestra los ángulos ideales de la postura en posición sedente para disminuir el dolor de columna.

FIG. 3 POSTURA DEL PILOTO DENTRO DE UNA CABINA DE HELICOPTERO



FIG. 4 ANGULOS IDEALES DE POSTURA EN POSICION SEDENTE



C. VIBRACIONES:

Durante mucho tiempo se ha pensado que la principal causa de dolor lumbar en tripulaciones de helicópteros son las vibraciones. Aunque no se puede descartar que ésta sea la verdadera causal de estos problemas, en otros ambientes laborales como en la construcción, donde las vibraciones son acompañadas de una gran entrega de energía de impacto a quien manipula este tipo de máquinas, reconociéndose en este caso la causalidad del problema, éste factor no es extrapolable al ambiente en que se mueven las tripulaciones aéreas, hecho confirmado por la ausencia de estudios suficientes que avalen que las vibraciones de los helicópteros sean las responsables primarias de los dolores en espalda baja en los pilotos.

D. PATOLOGIA DE COLUMNA PREEXISTENTES:

La preexistencia de alteraciones de columna vertebral han sido identificadas como otros factores causales, de gran importancia, responsables de la generación de dolencias de columna en pilotos. Entre estas alteraciones tenemos:

- Desviaciones patológicas de las curvas normales de la columna vertebral (Escoliosis, Hiperxifosis e Hiperlordosis lumbar o cervical)

- Discopatías.
- Procesos degenerativos a nivel de las vértebras.
- Espondilolistesis.
- Espondilolisis.
- Hernias del núcleo pulposo.
- Cervicobraquiálgias
- Lumbociáticas.

Estas alteraciones se correlacionan directamente con una mayor probabilidad de incidencias de molestias, en vuelo o post-vuelo, a nivel de la columna. Por lo mismo, es muy importante realizar evaluaciones acuciosas de columna vertebral de quienes postulen a ser pilotos y, en especial, pilotos de combate, acrobáticos o de helicópteros.

III. DOLOR Y SEGURIDAD AEROESPACIAL

El efecto del dolor tiene un impacto sobre el proceso de toma de decisiones y acciones de la persona frente a determinadas circunstancias. Encuestas realizadas a pilotos, donde se les consultaba sobre cómo les afectaba el dolor en sus actividades de vuelo, contestaron los resultados que se muestran a continuación, todos los cuales tienen una directa relación con la componente “factor humano” de la seguridad aeroespacial, por lo cual, es fundamental aplicar elementos que disminuyan o terminen con este problema.

- Alteración de la concentración.
- Apresuran la misión.
- Rechazan la misión.

IV. RECOMENDACIONES

Es obvio que las recomendaciones deben comenzar siempre por la prevención, ya que el mayor porcentaje de las causas de dolor en columna vertebral se pueden evitar. Teniendo esto presente, a continuación se enumeran algunas acciones sugeridas:

- Evaluación de columna vertebral en la etapa de postulación (Médica, Kinésica , Radiográfica, etc)
- Consultar al inicio de las primeras molestias dolorosas, ya que un cuadro agudo inicial puede transformarse en algo crónico de difícil tratamiento y mal pronóstico. En este punto, el profesional de área salud que atienda a este piloto, debe considerar en su evaluación lo siguiente:
 - Injuria de espalda antigua.
 - Horas de vuelo en el material.
 - Postura en la aeronave.
 - Ergonomía de la aeronave.
 - Peso.
 - Edad.
- Considerar las medidas antropométricas del piloto según las especificaciones para la aeronave. Si esto no se toma en cuenta, los pilotos tendrán que modificar su postura dentro de éstas, facilitando la aparición de cuadros dolorosos.
- Realizar estudios ergonómicos de las aeronaves, a objeto de poder sugerir modificaciones factibles de realizar, que disminuyan el impacto sobre el piloto.
- En el caso de los pilotos de helicóptero y asociado al punto anterior, se recomienda un cojín lumbar que permita disminuir el espacio entre la región lumbar y el respaldo del asiento, logrando con esto evitar o disminuir la fatiga de los músculos lumbares y por consiguiente, el dolor a este nivel.

Independientemente de lo anterior, una de las recomendaciones más importantes en las cuales vale insistir, corresponde a la realización de programas de acondicionamiento físico de pilotos, los cuales deben considerar en general los componentes cardiovasculares, mediante un acondicionamiento aeróbico, y el fortalecimiento muscular y flexibilización de los músculos y articulaciones, mediante un acondicionamiento anaeróbico. Lo anterior dado que el acondicionamiento físico no sólo es importante para los problemas de columna sino también, para muchos otros aspectos de aviación donde una adecuada condición física es fundamental. A este respecto se sugiere lo siguiente:

- Para mejorar el componente cardiovascular, los individuos deben realizar actividad física a un 70% de su frecuencia cardíaca máxima. Esto permitiría incrementar la capacidad cardio-respiratoria relacionada directamente con la salud y además, disminuir los niveles de fatiga muscular en vuelo y los tiempos de recuperación de éstos post-vuelo.
- En lo que respecta al trabajo con sobrecarga (pesas), es fundamental para aumentar en forma general la fuerza y resistencia de todos los músculos y en especial, de aquellos responsables de mantener la postura en vuelo los cuales, por diferentes motivos ya mencionados, se van fatigando permitiendo la aparición de cuadros dolorosos en diferentes puntos de la columna. Por lo tanto, un buen trabajo con ejercicios físicos específicos y generales, permitirían al piloto aumentar su tolerancia a los eventos dolorosos. En este tipo de ejercicios se recomienda trabajar con pesos cercanos a un 70% de la fuerza máxima calculada.

Habiendo cumplido con lo anterior, referido al acondicionamiento físico general, tanto aeróbico como anaeróbico, hay algunos aspectos puntuales que vale destacar, orientada a mejorar algunos problemas específicos que pueden surgir de acuerdo al tipo de material aéreo utilizado.

- En el caso de pilotos de combate o acrobáticos, se debe enfatizar en los ejercicios a nivel de columna cervical, para lo cual se recomiendan pautas que involucren músculos que relacionan columna cervical con cintura escapular, ya que de esta manera se logra una mejor preparación de esta zona para resistir las fuerzas de aceleración. Además, en estos pilotos se debe incluir, dentro de sus programas de entrenamiento físico, los músculos relacionados con la correcta ejecución de la maniobra L-1 (Gemelos, Cuadriceps, Glúteos y Abdomen), técnica que permitiría mejorar el retorno de la sangre oxigenada acumulada a nivel de las extremidades inferiores (por efecto centrífugo) al cerebro, evitando el G-LOC.
- En cuanto a los pilotos de helicóptero, sus programas de fortalecimiento muscular deben tener un mayor énfasis a nivel de la musculatura extensora de columna lumbar y abdominal, con lo cual se lograría una mayor estabilidad y resistencia a la fatiga de esta zona, disminuyendo con esto la frecuencia e intensidad de dolor a nivel lumbar que manifiestan este tipo de pilotos.
- En lo que respecta a los pilotos de transporte, las pautas de ejercicio físico deben mejorar todos los músculos estabilizadores de columna (Cervical, Dorsal y Lumbar), debido a que esta musculatura debe ser capaz de resistir altos niveles de fatiga asociado a los vuelos prolongados, que estos pilotos realizan.

Para concluir, vale resaltar e insistir en que todos estos programas de acondicionamiento físico deben ser indicados, definidos, ejecutados y controlados, sea por profesionales del área salud como de educación física, que tengan una preparación y/o capacitación técnica en los temas de "programación de ejercicios físicos", e idealmente en temas de medicina de aviación, por cuanto una mala planificación de éstos puede inducir lesiones.

EXPOSICION A RUIDO Y VIBRACIONES EN AVIACION

E.C. Tecnólogo Médico Brigita CERTANEC Rojas

E.P. Tecnólogo Médico Joel REYES Bustamante

I. INTRODUCCION

El crecimiento de las actividades aéreas ha contribuido al aumento significativo del número de personas que están expuestas al ambiente laboral relacionado con el vuelo. Entre éstos, se destaca a Pilotos, Tripulantes y personal de apoyo, expuestos al ruido generado por los motores y turbinas de las aeronaves que se encuentran en la loza, además de los ruidos provenientes de los equipos de radio-comunicaciones.

Este ruido aeronáutico enfrenta a la medicina, en su rol preventivo, con la tarea de resolver la incidencia creciente de pérdida auditiva en las personas expuestas a este riesgo laboral, por cuanto la audición combinada con el habla, permiten al hombre la comunicación, intercambiar ideas, conocimientos y experiencias, además de alertarnos ante situaciones de peligro, estemos despiertos o dormidos.

La pérdida de la capacidad auditiva incide directamente en la calidad de vida de las personas, por las limitaciones funcionales y psicológicas en su interacción con la sociedad, como asimismo, en la seguridad aeroespacial.

II. DEFINICIONES

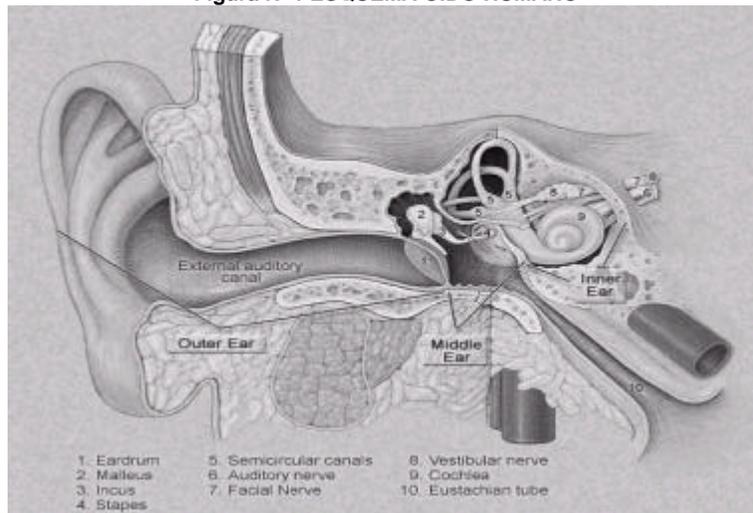
El “sonido” es energía acústica captada y procesada por el órgano de la audición, quien transmite y envía esta información a los centros auditivos de la corteza cerebral donde se produce el proceso electrofisiológico de “Escuchar”. A su vez, la “contaminación acústica” producto de la creciente industrialización, tiene relación con el nivel sonoro del ambiente, que se manifiesta como un sonido no agradable o “ruido” que no contiene información útil o deseada para quien debe escucharlo y es considerado molesto, desagradable o insoportable, según su origen e intensidad; irrita, asusta, altera el sueño y daña la audición.

III. ANATOMIA Y FISIOLOGIA DE LA AUDICION

El oído humano se divide en tres partes, como se ilustra en figura N° 1:

- **Oído Externo:** formado por el pabellón auricular y conducto auditivo externo que cumple la función de conducir el sonido al oído medio y oído interno.
- **Oído Medio:** integrado por el complejo oscicular (martillo, yunque y estribo), Trompa de Eustaquio y caja timpánica que amplifica y transmite las ondas sonoras.
- **Oído Interno:** contiene el mecanismo neurosensorial de la audición y del equilibrio.

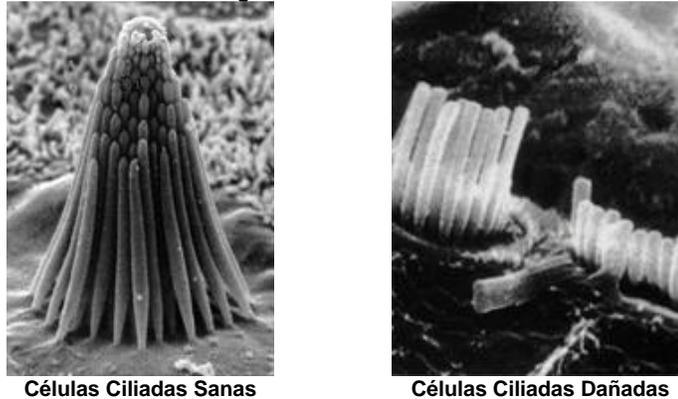
Figura N° 1 ESQUEMA OIDO HUMANO



El conocimiento de la localización anatómica de la lesión auditiva y su cuantificación, será una alerta importante ante signos que no son evidentes para las personas expuestas al ruido. Estas lesiones dependen de la intensidad, frecuencia y ritmicidad de los impulsos y, del tiempo de acción de éstos, causando daño por múltiples microtraumatismos sonoros.

Las células ciliadas del oído interno (Fig.2) que se dañan por exposición a ruido, se ubican en la espira basal de la cóclea. Las frecuencias altas pueden sufrir alteraciones transitorias o permanentes que se traducen en disminución de la audición de tipo progresivo. Por esta razón, se insiste en las medidas preventivas que incluyen la protección, educación y detección precoz de sordera con el fin de pesquisar las etapas iniciales de este daño.

Figura Nº 2 Células Ciliadas

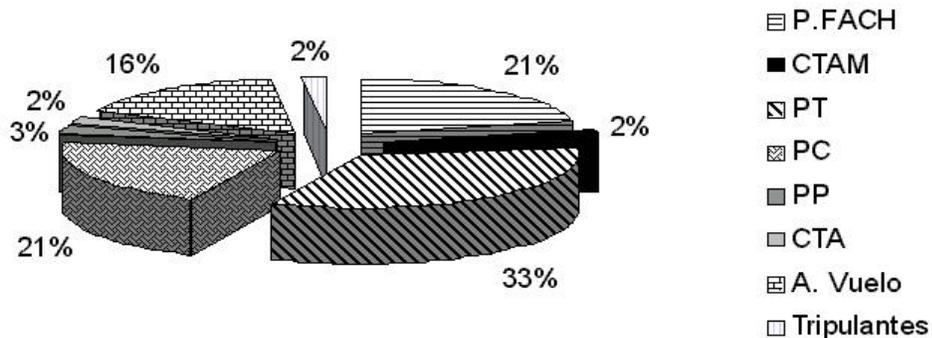


IV. EL VUELO Y SU RELACION CON EL RUIDO

Las actividades de vuelo generan y propagan altos niveles de ruido, sobre 100 dB (A), ante lo cual el personal que trabaja en estas áreas de exposición a ruidos debe conocer el riesgo al que está expuesto y protegerse para no adquirir daño permanente de su capacidad auditiva. A pesar que el perfeccionamiento tecnológico de las aeronaves ha logrado disminuir el ambiente ruidoso de las cabinas, se continúa observando en sus tripulaciones una elevada incidencia de sordera selectiva de los sonidos de tonalidad aguda y de alta frecuencia.

Una revisión efectuada en 1056 pilotos en la USAF School of Aerospace Medicine, revela que el 59,47 % de la muestra estudiada presentaba pérdidas de por lo menos 25 dB en las frecuencias de 3000, 4000 o 6000 Hz en relación con los umbrales auditivos determinados en la frecuencia de 500 Hz. En el **Centro de Medicina Aeroespacial (CMAE)** de la FACH, los últimos estudios auditivos realizados, evaluando retrospectivamente las fichas de 612 sujetos entre los años 1995-2000, con audiometría convencional y audiometría de Alta Frecuencia en pilotos y tripulantes civiles y militares, demuestran que sólo un 32% de la muestra presenta audición normal. El resto, presenta daño auditivo de diversa severidad distribuido como se ilustra en figura Nº 3, considerando que las pérdidas auditivas leves corresponden al 43% y las moderadas o severas al 25%.

FIGURA 3 GRÁFICO DE PÉRDIDAS AUDITIVAS EN PERSONAL QUE REALIZA ACTIVIDADES DE VUELO



Vale destacar que, del análisis de los resultados anteriores, independientemente de las causales o explicaciones, el porcentaje de daño auditivo se encuentra focalizado mayoritariamente en los Pilotos de Transporte / Comerciales civiles, con un 54%, seguidos por los Pilotos de la Fuerza Aérea y los Tripulantes de Cabina civiles. Por otra parte, se sabe que los daños auditivos más severos se encuentran también dentro del grupo de pilotos y tripulantes civiles, hallazgo que debe incentivar la aplicación de medidas preventivas.

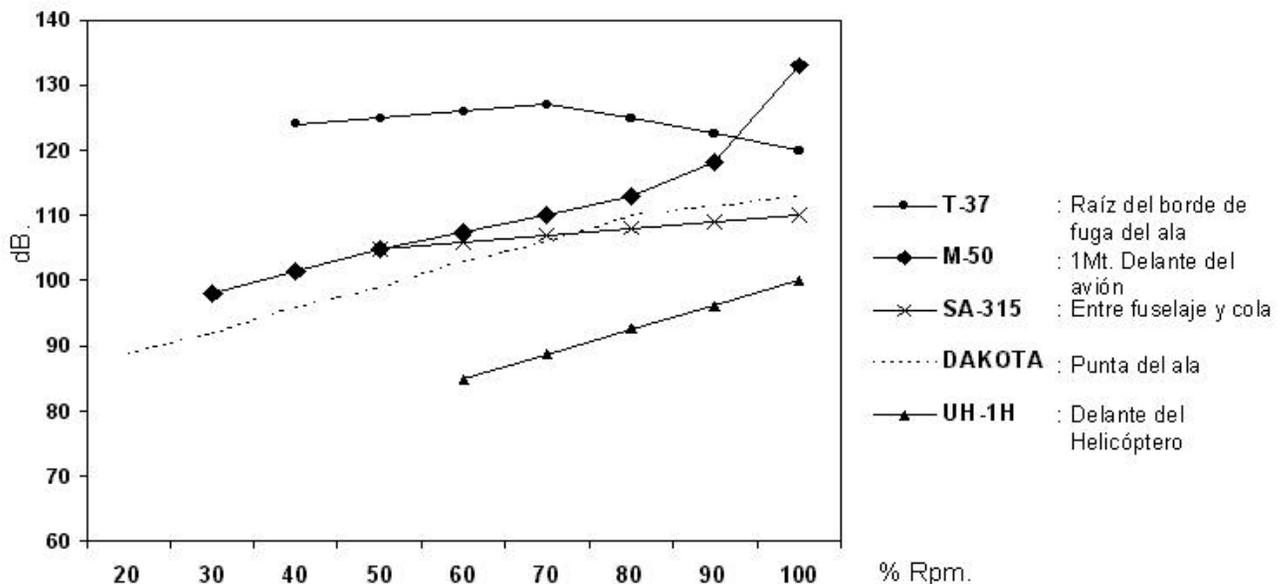
Al analizar los resultados de la medición específica de la audición con audiometrías convencionales y de alta frecuencia, se demostró una asociación significativa entre la prevalencia (casos existentes) de daño auditivo entre ambos procedimientos diagnósticos.

La audiometría de alta frecuencia es un método de gran sensibilidad en la detección precoz de daño auditivo (incidencia o casos nuevos) en el personal civil y militar que realiza actividades de vuelo y es realizada regularmente en el examen de Aptitud Psicofísica que realiza el CMAE.

La capacidad de daño debido al ruido durante el vuelo, se da principalmente por los sistemas de propulsión usados por las aeronaves. A modo de ejemplo, las intensidades de ruido para naves de hélice fija durante el vuelo son de 95dB (A) y en las naves de hélice rotatoria el nivel de ruido es de 100,9 dB (A).

Es importante considerar que altos niveles de exposición a ruido se han registrado en actividades fuera de las cabinas de las aeronaves, antes y después del vuelo, aun a distancias de 100 mts. del punto de generación del ruido. A continuación se detallan mediciones realizadas en algunos materiales aéreos utilizados en Chile (Fig 4).

FIGURA 4
GRÁFICO DE INTENSIDAD DEL RUIDO PRODUCIDO POR ALGUNAS AERONAVES



V. CLASIFICACION DAÑO AUDITIVO POR EXPOSICION A RUIDO

Estudio de la capacidad auditiva

La evaluación de la capacidad auditiva se realiza mediante anamnesis, otoscopia, diapasones y exámenes específicos como la **audiometría tonal**, la cual consiste en determinar los umbrales auditivos para los parámetros de frecuencia e intensidad, registradas gráficamente en el audiograma. En una persona normal, todos los umbrales de percepción sonora se encuentran entre 0 y 20 dB, con superposición de las curvas derechas e izquierdas, tanto para la audición de transmisión aérea como ósea. (Fig. 5)

Las Hipoacusias o pérdida de la percepción de los sonidos según su origen, se clasifican en:

- **Hipoacusia de Transmisión**, causada por una alteración en el oído externo o medio.
- **Hipoacusia Sensorineural**, causada por alteración del oído interno, nervio auditivo y/o vías acústicas centrales.
- **Hipoacusia mixta**, si la alteración afecta al oído medio e interno simultáneamente.

El daño auditivo por el ruido se denomina sordera ocupacional y se define como la dificultad de escuchar y comprender el lenguaje hablado en frases, así como oír otros sonidos o ruidos debido al daño en el órgano de la audición. Esta es la causa más común e importante de pérdida auditiva con una prevalencia significativa en Medicina Ocupacional.

Efectos del Ruido

- **Otológicos**: Produce pérdida total o parcial de la capacidad auditiva (Fig. 6).
- **Psíquicos**: Induce alteraciones en la salud mental como fastidio, estrés, irritabilidad.
- **De encubrimiento**: En ambientes ruidosos impide que el oído registre otros sonidos, como por ejemplo música o la voz, este último de especial de cuidado por cuanto, se impide una comunicación eficaz, lo que en actividades de vuelo es un riesgo potencial de accidentes.
- **Orgánicos**: Induce alteraciones del sistema neuro-vegetativo (presión sanguínea, ritmo respiratorio), disminuye la velocidad de la actividad digestiva, cefalea, tensión muscular).

Figura 5
GRÁFICO AUDIOMÉTRICO NORMAL

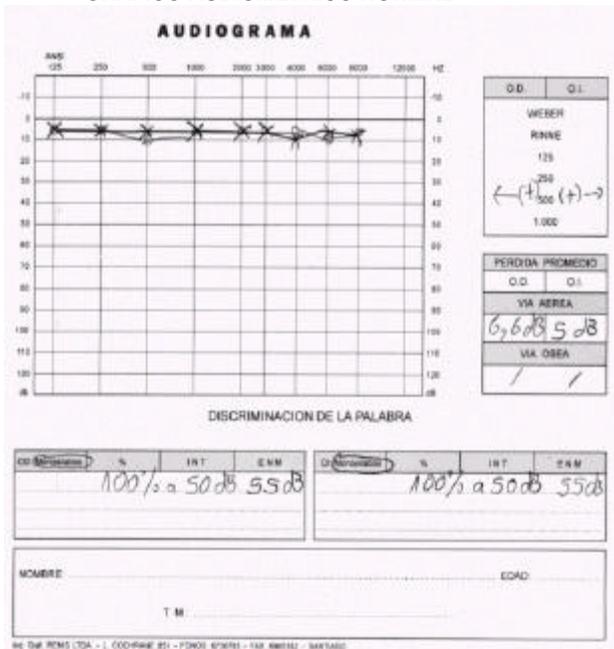
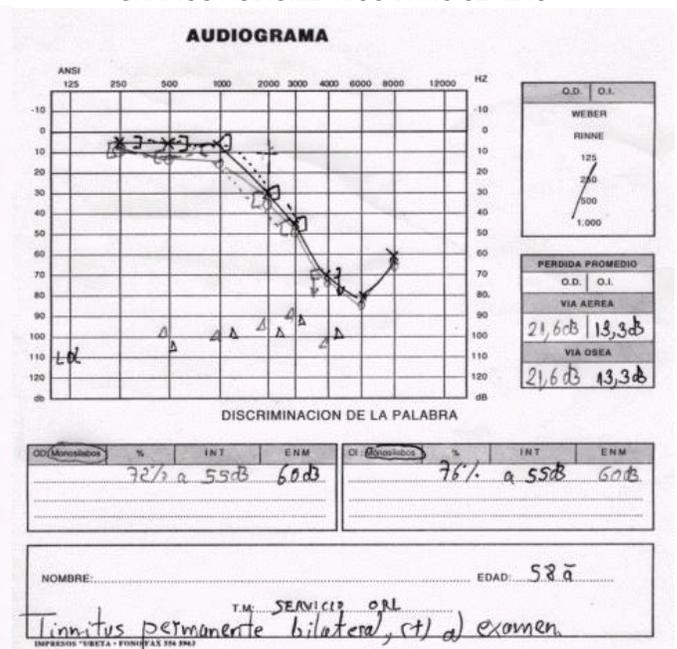


Figura 6
GRAFICO AUDIOMÉTRICO DAÑO SEVERO



VI. PROTECCION AUDITIVA

Se puede minimizar el daño auditivo del personal que realiza actividades de vuelo usando un plan de medidas de protección que se puede resumir en cinco aspectos:

- Educación y entrenamiento sobre la existencia de ruido peligroso.
- Implementación de medidas de protección personal frente al ruido
- Limitar el tiempo de exposición personal en áreas de ruido.

- Establecer un sistema de monitoreo y control de la capacidad auditiva del personal expuesto a ruido con el fin de detectar y prevenir precozmente daños posteriores.
- A este esquema se puede agregar la investigación y manejo de la fuente de generación de ruido.

VII. VIBRACIONES

Hoy en día se sabe que los infrasonidos y ultrasonidos pueden llegar a matar ratas en el laboratorio y dañar seriamente al hombre, aunque el oído no los perciba. El cerebro humano es particularmente sensible a vibraciones de frecuencias del rango de 7 Hz, frecuencia que coincide con sus ondas cerebrales alfa. Expuesto a esas circunstancias es muy difícil realizar actividades intelectuales.

Por otra parte, existen estructuras de cuerpo humano particularmente sensibles al efecto de las vibraciones en actividades aéreas. Por ejemplo, los huesos del cráneo resuenan en forma natural en el rango de 20 a 30 Hz; si no se protege la cabeza adecuadamente, se puede transmitir la vibración del material de vuelo a los huesos y entrar en resonancia, comprometiendo su integridad.

En aviación, las frecuencias habituales de vibración fluctúan entre los 5 y los 100 Hz., transmitiéndose estas vibraciones a todo el cuerpo a través de cualquiera de sus ejes que esté en contacto con la aeronave, siendo evidentemente el más frecuente a través del eje Z (longitudinal). Por esto último, se pensaba que la columna vertebral era la más perjudicada, lo que explicaría las molestias en vuelo más frecuentes relatadas por las tripulaciones de aeronaves, en especial aquellas de helicópteros.

En relación a esto último, con el tiempo se ha llegado a demostrar que las molestias referidas a la columna vertebral en las tripulaciones de helicópteros, se deberían más bien a malas condiciones ergonómicas o vicios posturales de éstos y no a las vibraciones. Por lo mismo, en medicina de aviación no se puede confirmar con certeza el efecto de las vibraciones sobre las tripulaciones; no obstante, es necesario enumerar los síntomas relatados por las propias tripulaciones como asociadas a la exposición a ambientes vibratorios, entre los cuales está: mareo, estrés, dolor lumbar, cefalea.

Teniendo presente lo anterior, el manejo actual del posible daño por vibración implica:

- Control periódico del personal expuesto a vibración.
- Manejo nutricional del peso, evitando la obesidad.
- Actividad física dirigida para fortalecer la musculatura paravertebral, no por las vibraciones sino por los vicios posturales.
- Optimizar la duración de las misiones de vuelo, para no prolongar excesivamente la exposición a vibraciones.

VISION NOCTURNA NO ASISTIDA EN AVIACION

C.D.E. (S) Raúl BERRIOS Silva

I. INTRODUCCION

La visión es indudablemente el sistema sensorial más importante que tiene el ser humano, inserto en su ambiente natural diurno, por cuanto le permite relacionarse con precisión con su entorno. Es así como su agudeza visual central le permite obtener información de detalle y en colores; de su visión periférica, captar una orientación correcta de horizonte y; de su visión binocular, captar con exactitud la sensación de profundidad. Esto es aún más aplicable en el ambiente de la aviación, por cuanto además de las características descritas, en situaciones nocturnas o carentes de referencias visuales, los equipos tecnológicos desarrollados para enfrentar esta situación fueron fabricados precisamente para ser interpretados por el sistema sensorial visual.

No obstante lo anterior, como se ha señalado en capítulos anteriores, la visión sufre de ilusiones y no garantiza una eficiencia absoluta puesto que habitualmente, durante las actividades aéreas o militares en general, se encuentra sometida a condiciones límites de funcionamiento, con especial referencia a aquellas actividades que requieren visión nocturna. Es por esto que se hace necesario enseñar y entrenar a aquellos individuos cuyas actividades requieren de una visión óptima en los aspectos necesarios, para obtener un mejor aprovechamiento de sus capacidades visuales.

II. VISION, ANATOMIA Y FISIOLOGIA DE LA VISION

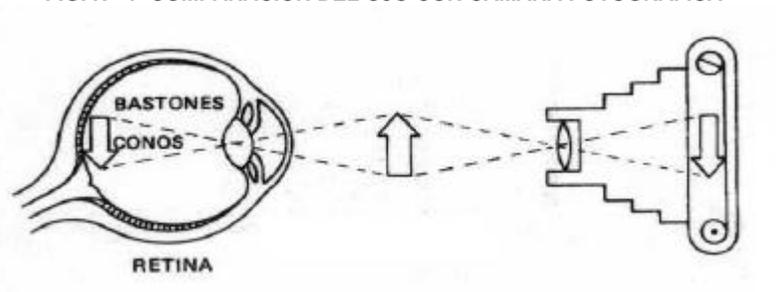
Visión se define como el proceso mediante el cual un estímulo luminoso es aislado e identificado en su forma, tamaño, volumen, color, ubicación en el espacio y movimiento. Esta función la cumple el sistema visual, cuyas estructuras componentes son: globo ocular, vía óptica, musculatura accesoria, párpados, sistema lagrimal, órbita y finalmente, el área visual occipital del cerebro.

- La vía óptica permite la conducción del estímulo luminoso del globo ocular hasta el cerebro.
- La musculatura accesoria permite los movimientos de los ojos para seguir un objeto y enfocar.
- Los párpados brindan protección ante cuerpos extraños, exceso de luz y traumatismos.
- El sistema lagrimal produce las lágrimas que lubrican y protegen al ojo.
- La órbita brinda protección mecánica contra traumatismos.
- El área visual occipital es la parte del cerebro que interpreta el estímulo luminoso como sensación.
- EL GLOBO OCULAR es el órgano de la VISION que capta el estímulo luminoso.

Para “ver” se requiere la presencia de luz que al reflejarse sobre un objeto, va a penetrar a través de las estructuras transparentes del ojo hasta llegar a la retina. Este proceso es comparable a lo que se produce en una cámara fotográfica en que la luz atraviesa un lente y el diafragma, hasta llegar a impresionar la película. (Figura N° 1).

La retina posee las células especializadas, conos y bastones, encargadas de captar la información luminosa que será transmitida por la vía óptica hasta el área visual cerebral, zona que finalmente da la sensación de visión, por lo tanto, es el cerebro el que verdaderamente “ve”.

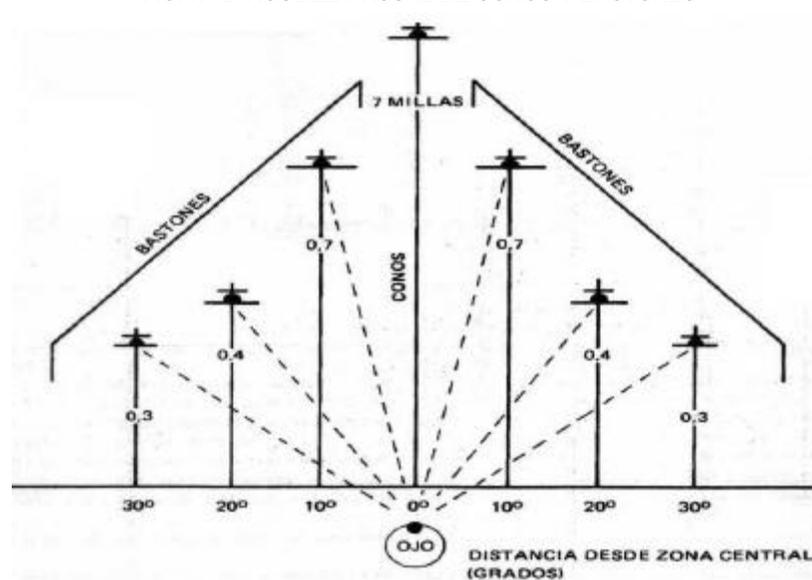
FIG. N° 1 COMPARACION DEL OJO CON CAMARA FOTOGRAFICA



Los CONOS se ubican en el área central de la retina; son responsables de la visión diurna y permiten ver colores y detalles finos. No se estimulan a una baja intensidad de luz, por lo que en la noche esta zona de la retina no ve, perdiéndose la visión de detalle y colores.

En condiciones de baja intensidad luminosa actúan los BASTONES que se distribuyen en la retina periférica; sólo permiten la visión de sombras y bultos sin detalles ni color. Por lo mismo, la agudeza visual va decreciendo a medida que el estímulo es percibido por zonas más alejadas de la zona de los conos o central. (Figura N° 2).

FIG. N° 2 AGUDEZA VISUAL DE CONOS Y BASTONES



III. LIMITACIONES DE LA VISION NOCTURNA

De lo anteriormente señalado se concluye:

- La visión en condición nocturna es deficiente en agudeza, no ve colores ni detalles y carece de percepción de profundidad. Todas estas, limitaciones en aviación que conllevan al desarrollo de ilusiones visuales.
- Dada la importancia de la visión en condiciones nocturnas, se debe aprovechar de la mejor manera posible la escasa información que se puede obtener. Esto se puede lograr mediante un adecuado entrenamiento.

ENTRENAMIENTO VISUAL.

El Entrenamiento visual tiene por objetivo lograr que el piloto sea capaz de aplicar las medidas que le permitan:

1. ADAPTARSE A LA OSCURIDAD

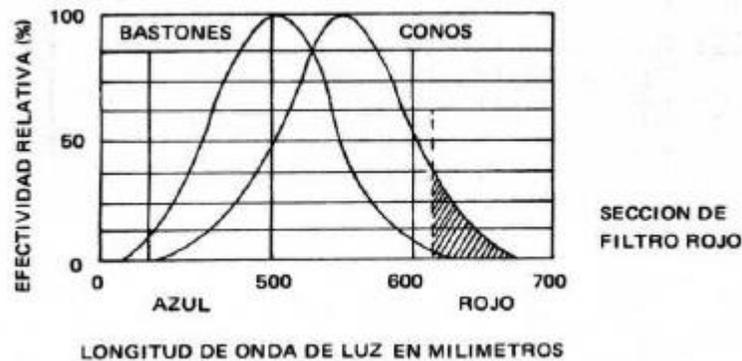
Es la capacidad de acostumbrarse a las condiciones de baja luminosidad, para poder ver. En estas condiciones los conos no se estimulan, sólo se logran estimular los bastones que pueden llegar a percibir intensidades 10.000 veces más débiles que las que requieren los conos. Esta adaptación, que no tiene relación con la calidad de la visión diurna, se logra después de 30 minutos en la oscuridad, tiempo que puede tener variaciones individuales. A continuación se señalan algunas sugerencias prácticas, para facilitar la adaptación a la oscuridad y sus fundamentos:

- CONSUMIR VITAMINA "A" EN LA DIETA:** Esta vitamina forma parte de la rodopsina, sustancia que poseen los bastones y que participa en el proceso de adaptación. Está contenida principalmente en las verduras y frutas de color, huevos, queso y mantequilla. Se requieren 50.000 unidades diarias de esta

vitamina, las cuales pueden estar contenidas en una dieta equilibrada, por lo que no se requiere aporte extra.

- **EVITAR LA EXPOSICION PROLONGADA A LA LUZ INTENSA:** A mayor tiempo de exposición a la luz, mayor es el tiempo requerido para la adaptación. A veces puede tardar horas o días pues tiene efecto acumulativo: Si la exposición es inevitable, se debe usar lentes de sol.
- **SOMETERSE A CONDICIONES DE BAJA LUMINOSIDAD EN LOS MINUTOS PREVIOS AL VUELO:** Idealmente se deben completar los 30 minutos requeridos en la cabina con luces tenues o, en un ambiente iluminado con luz roja o usando gafas rojas. Esto último se explica porque la luz roja, por ser de onda larga (mayor de 650 nm), no alcanza a estimular los bastones sino sólo los conos sensibles al rojo. (Figura N° 3).

FIG. N° 3 EXPLICACION DE LA UTILIDAD DEL USO DE LAS GAFAS ROJAS



- **CERRAR UN OJO SI ESTANDO ADAPTADO SE SOMETE A MAYOR INTENSIDAD DE LUZ:** De este modo sólo se desadapta el ojo descubierto, ya que el proceso de adaptación es independiente para cada ojo.

2. MEJORAR LA AGUDEZA VISUAL

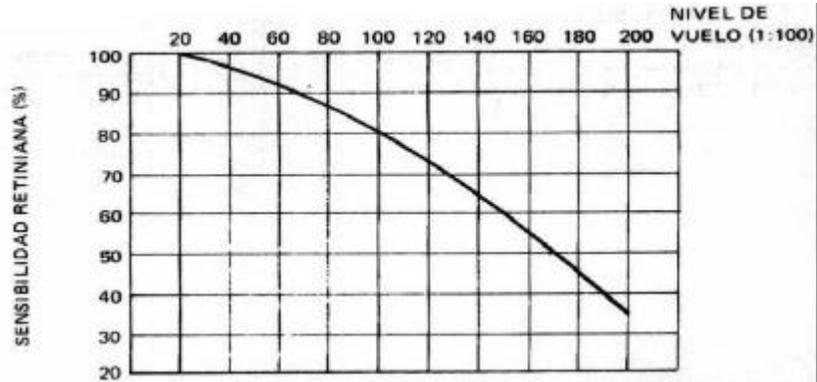
La visibilidad de un objeto depende de:

- El tamaño.
- La cantidad y dirección de la iluminación. La agudeza visual aumenta ante mayor cantidad de luz, pero hasta cierto límite, ya que mayores intensidades provocan encandilamiento.
- El contraste con el fondo, que considera brillo y color. Un objeto es menos visible si no se contrasta con el fondo, principio usado en el camuflaje.
- El tiempo que se dedica a buscarlo.
- El grado de adaptación de la retina.
- La condición atmosférica interpuesta.
- Las superficies ópticas interpuestas. A veces las curvaturas del visor y la carlinga pueden provocar distorsión de la visión.

La sensibilidad de la retina en la visión nocturna está condicionada por varios factores que también obligan a tomar algunas medidas para asegurar una mejor agudeza, sobre todo si se consideran las limitaciones en estas condiciones de escasa luminosidad. Las medidas que se aconsejan son las que se describen a continuación:

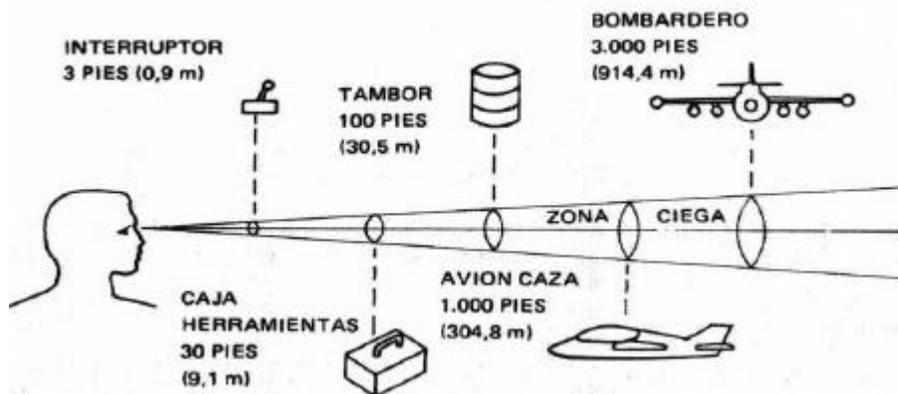
- **ELEVARSE CON OXIGENO SUPLEMENTARIO:** La hipoxia afecta la sensibilidad retiniana y con ello la agudeza visual y la capacidad de adaptarse a la oscuridad. En condición nocturna esto ocurre desde los 5.000 pies, altura en que la sensibilidad disminuye ya en un 5%, comparable a lo que sucede al fumar tres cigarrillos seguidos. (Figura N° 4).

FIG. Nº 4 EFECTO DE LA ALTURA SOBRE LA SENSIBILIDAD RETINIANA



- "ESCU德里ÑAR" EL OBJETO CON DESVIACION DE LA MIRADA DE 5 a 10°: Para evitar caer en la "zona ciega nocturna", que corresponde al área central retiniana de la visión de los conos, que no son estimulados por la baja intensidad luminosa, en condiciones nocturnas se debe evitar mirar directamente a un objeto sino, con mirada desviada en 5° a 10° al lado del objeto. Esta zona ciega se proyecta en el campo visual en forma de cono, el que a distancia se va ampliando llegando a tener a los 3.000 pies de distancia, una sección de 106 pies de diámetro, que puede hacer perder la imagen incluso de un bombardero (Fig. Nº 5).

FIG. Nº 5 CONO DE ZONA CIEGA Y SUS EFECTOS A DISTANCIA



- BUSCAR OBJETOS CON "SALTOS" DE MIRADA: El horizonte se debe mirar por sectores consecutivos y no en forma de barrido continuo por cuanto, con el barrido no se logra fijación. El ojo no ve todo lo que tiene en su campo visual sino sólo cuando logra fijarlo.
- MIRAR OBJETO INTERMITENTEMENTE: Si se mira un objeto en forma fija por 3 a 30 segundos, puede desaparecer la imagen dado que la rodopsina de los bastones se agota al llegar a su equilibrio fotoquímico, dejando de percibir el estímulo, hasta recuperar nuevamente el nivel de rodopsina. Por lo mismo, deben mirarse los objetos en forma intermitente para evitar el agotamiento de la rodopsina.
- OBSERVAR OBJETO DESDE ANGULO QUE OFREZCA MAYOR AREA Y/O MAYOR CONTRASTE: En el caso de un avión, si se mira de frente se verá de menor tamaño que si se mira desde arriba, abajo o el costado. El mayor contraste se logra mirando el objeto, si es de color oscuro, sobre un fondo claro (nubes, para lo cual se debe mirar desde abajo, o arena, nieve, para lo cual se mirará desde arriba).
- CONSIDERAR QUE LAS LUCES AZULES Y VERDES SON MAS VISIBLES EN LA NOCHE: Por las bajas longitudes de onda del azul y verde, también logran estimular los bastones, claro que en

tonalidades grises. Si se logra ver en color, significa que la intensidad fue lo suficiente para estimular los respectivos conos, a lo cual se suma la visión de los bastones.

- **USO DE EQUIPOS ESPECIALES:** Los “Visores Nocturnos”, como gafas especiales acumuladoras y amplificadoras de la luminosidad sobre una pantalla de fósforo, que le da el característico color verde, permiten mejorar la percepción luminosa durante la noche, parecido a como se vería en un televisor en blanco y negro, salvo que en este caso sería en tonalidades de verde y negro, con una agudeza visual de hasta 20 / 20 en los equipos más nuevos. Por otra parte, los “sistemas infrarrojos”, que captan la radiación térmica de onda larga que emiten los objetos, es ofrecida como imágenes al observador a través de una pantalla de video con muy buena resolución.

3. MEJORAR LA VISION DE PROFUNDIDAD

La visión de profundidad o estereopsis permite el cálculo de distancias y la ubicación de los objetos en el espacio. Esta capacidad visual es útil para distancias cortas no mayores de 600 pies, siendo importante en aviación durante el despegue, aterrizaje, acoplamiento para reabastecimiento de combustible en vuelo y vuelo en formación. Para distancias mayores, el cálculo de profundidad se basa más que nada en las referencias visuales, que de ser inadecuadas, puede causar una percepción diferente o alterada de la profundidad y provocar ilusiones peligrosas.

Las referencias visuales que se deben considerar, para calcular profundidad y distancias son:

- **TAMAÑO CONOCIDO DEL OBJETO:** Si el objeto es familiar, se puede calcular su distancia según el tamaño que exhiba al observador.
- **PERSPECTIVA Y CONVERGENCIA DE LINEAS PARALELAS:** A mayor distancia, mayor es la convergencia.
- **SUPERPOSICIONES:** Si un objeto es superpuesto por otro, se deduce que está más alejado.
- **JUEGO DE LUZ Y SOMBRA:** Un objeto proyecta una sombra que se aleja del observador si la fuente luminosa está entre ambos o por detrás del observador; a la inversa, la sombra se acerca si la fuente luminosa está por detrás del objeto.
- **PERSPECTIVA AEREA:** Una visión difusa e irregular de un objeto grande indicaría que el objeto está a gran distancia o, que hay interposición de nubes o humo.
- **ASOCIACION CON OBJETOS TERRESTRES:** Si los objetos terrestres son conocidos en tamaño y distancia, es posible concluir las características del objeto observado en relación a ellos.
- **MOVIMIENTOS APARENTES:** Al mirar dos objetos ubicados a diferentes distancias del observador, si se mueve la cabeza en un sentido, el objeto cercano parece moverse en dirección opuesta y el lejano en el mismo sentido del movimiento de la cabeza.

4. MINIMIZAR LAS ILUSIONES VISUALES

Las ilusiones visuales son percepciones visuales de fenómenos no existentes en la realidad. Ocurren de día o noche, siendo más comunes durante la noche debido a la mala agudeza visual y a la falta de referencias adecuadas. A continuación se señalan algunos tipos de ilusiones visuales y la manera de evitarlas o minimizarlas:

- **DESLUMBRAMIENTO (ENCANDILAMIENTO):** Es un trastorno visual transitorio, provocado por la exposición repentina a una intensidad de luz mayor a la que el ojo está adaptado. Este trastorno puede provocar la falsa sensación de "desaparición" del objeto que se estaba mirando y puede demorar desde algunos segundos hasta 2 a 3 minutos en recuperarse. Se puede evitar cerrando un ojo, con lo cual sólo se encandila un solo ojo.
- **FENOMENO AUTOKINETICO:** Al mirar fijamente una luz tenue sobre fondo oscuro parece moverse, esto debido al movimiento constante e imperceptible del ojo al tratar éste de enfocar la luz. Se puede evitar aumentando la intensidad de la luz, aumentando su tamaño, aumentando la cantidad de luces de referencia o evitando mantener fija la vista sobre ella.

- **MOVIMIENTO RELATIVO:** Es la sensación de movimiento o aceleración propio que se tiene cuando en realidad es el objeto contiguo el que se está moviendo o variando su velocidad. El ejemplo más claro es el de dos trenes en una estación.
- **HORIZONTES FALSOS:** La ausencia de referencias nítidas del horizonte terrestre, induce a interpretar cualquier plano inclinado liso, como por ejemplo una capa de nubes o desierto plano, como la horizontal, induciendo al piloto a alinearse según este plano. Se evita haciendo uso adecuado de los instrumentos.
- **CONFUSION DE LUCES:** En noche oscura se pueden confundir luces tenues de la tierra por estrellas y a la inversa. Se evita en parte usando los instrumentos.
- **FALSAS IMAGENES EXTERIORES:** Manchas en los parabrisas, carlingas o visores, aunque sean de pequeño tamaño, pueden proyectar en el campo visual la falsa imagen de objetos de mayor tamaño. Se evita manteniendo limpios estas superficies. También se pueden producir falsas imágenes por el reflejo de las luces de los instrumentos en la cara interna de la carlinga. Se evita manteniendo una iluminación débil y difusa en el interior.

V. COMENTARIO

Se han revisado algunos conceptos básicos de anatomía y fisiología de la visión diurna y nocturna, haciendo especial referencia a las limitaciones en condiciones de baja luminosidad. Concientes de la necesidad de mejorar el desempeño visual en la noche, se señalan algunas medidas referidas al entrenamiento visual.

El lograr una buena agudeza visual puede ser fácil, pero su aplicación en forma eficiente no la logrará el que vea mejor, sino aquel que reconozca sus **limitaciones** y respete las **normas**.

ODONTOLOGIA EN AVIACION

C.D.B. (SD) Luis DE BERNARDI Muñoz

I. INTRODUCCION

Las repercusiones de los cambios de presión en el cuerpo humano ha sido un tema muy estudiado, debido a su importancia en el campo de la investigación aeroespacial. Las primeras observaciones se remontan a 1923, coincidiendo con los albores de la aviación, pero es en la Segunda Guerra Mundial con la aparición de los vuelos subsónicos, cuando cobra mayor auge su investigación.

Pilotos españoles de la llamada Escuadrilla Azul desplegados en el frente Ruso, fueron quienes primero reportaron un fenómeno clínico que afectaba las piezas dentarias, caracterizado por un dolor que podía tener una duración de pocos segundos hasta aquellos que decrecían paulatinamente hasta llegar a desaparecer luego de un tiempo de estar en tierra. Es entonces cuando se acuñan los términos de aerodontalgia y barodontalgia para aquellos dolores agudos y localizados en dientes sanos, obturados, con patologías pulpares o apicales previas, que aparecían durante los vuelos.

En vista del mayor número de actividades lúdicas que hoy en día se desarrollan y que implican cambios bruscos de presión, como por ejemplo en buceadores deportivos o profesionales, pilotos aéreos o paracaidistas, la barodontalgia debería ser incluida como diagnóstico diferencial del dolor dental en pacientes que se dedican a estas actividades.

Han sido muchas las hipótesis barajadas como posibles causas del dolor dental bajo cambios de presión, como por ejemplo: caries, obturaciones defectuosas, tratamientos radiculares incompletos (endodoncias incompletas o mal efectuadas), lesiones periapicales preexistentes, formación de burbujas de gas a nivel pulpar, hipoxia, aeroembolismo y muchas otras, aunque ninguna ha llegado a ser fehacientemente confirmada.

Hay que tener en cuenta que según Armstrong, durante un vuelo a gran altitud, los dientes se encuentran sometidos a tres situaciones anormales, las cuales son: disminución de la presión atmosférica, bajo porcentaje de oxígeno ambiente y un descenso de la temperatura atmosférica; todas éstas, situaciones que pueden llevar a la generación de alteraciones físicas o químicas en la pulpa y tejidos periodontales, llegando a manifestarse como dolor.

A lo anterior, se podrían agregar en algunas ocasiones como causales de dolor dental, las variaciones de velocidad y fuerzas G, las cuales generarían cambios musculares y de irrigación sanguínea, lo cual puede generar variaciones en los procesos nutricionales y reparativos de las estructuras orofaciales, cobrando esta importancia frente a la posibilidad de diseminación de cuadros infecciosos preexistentes en el área.

II. DEFINICIONES

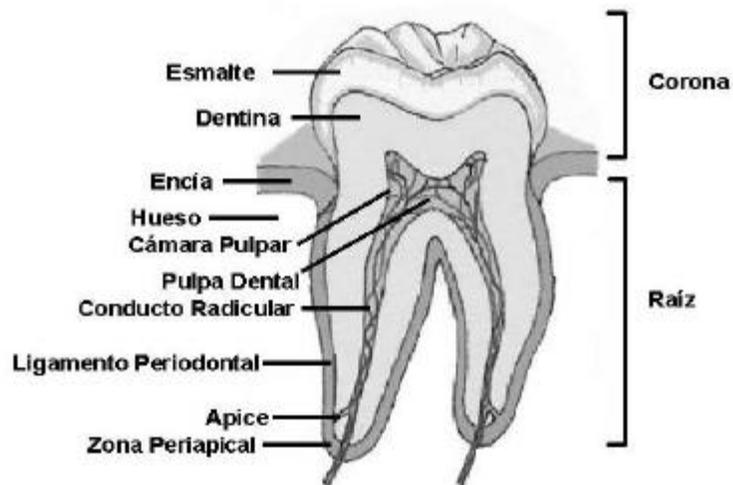
Entenderemos por "barodontalgia" a un tipo de disbarismo el cual, producto de las variaciones de presión barométrica de gases atrapados bajo obturaciones dentales, cavidad o cámara pulpar y/o conducto radicular de éste, podrían manifestarse como dolor dental.

No obstante lo anterior, no se debe dejar de tener presente que existen otros cuadros patológicos, manifestados por dolor dental, que pudiendo manifestarse en vuelo, no tienen como causa las variaciones volumétricas de gases de manera exclusiva.

Por lo mismo, las causas exactas del dolor dental por cambios de presión y movilidad de gases no están claramente fundamentadas, existiendo diversas teorías que excede el propósito de este texto.

Para mayor facilidad de comprensión de este capítulo, en figura N° 1 se presenta un esquema en el que se detallan las zonas y partes que componen una unidad dentaria, conocida como diente u odontón. Vale destacar que alojado en el conducto radicular, se encuentra el nervio correspondiente, responsable mayoritario de la transmisión del dolor dental.

FIG. Nº 1 COMPONENTES DE LA UNIDAD DENTARIA



III. DESARROLLO

Como se ha expresado anteriormente, las causas precisas de las barodontalgias no se conocen con exactitud. Se acepta eso sí, que en general son las variaciones volumétricas de los gases las que jugarían un rol importante en la generación del dolor, habiéndose demostrado que la expansión violenta del gas, como en una descompresión rápida o explosiva, puede incluso llegar a fracturar una pieza dental. Por otra parte, se sabe que los dolores referidos a las piezas dentarias pueden ocurrir tanto en los ascensos como en los descensos, lo que apoyaría la existencia de otras causales fuera de las variaciones volumétricas.

Después de la Segunda Guerra Mundial, la US NAVY hizo pruebas en 12.000 sujetos y observó la aparición de barodontalgia entre 1.500 y 3.500 metros de altitud, apuntando como posibles causas: conductos radiculares obturados defectuosamente, pulpitis crónica por falta de protección cavitaria y abscesos periapicales con presencia de gas.

En un estudio experimental en ratas sometidas a cambios de presión se encontró a nivel molar, congestiones pulpares importantes y hemorragias pulpares provocadas por ruptura vascular. En otro estudio se observó cómo las pulpitis crónicas son dolorosas durante los ascensos en tanto que los granulomas y reacciones inflamatorias apicales se manifiestan durante la etapa de crucero. Menos específicas son las manifestaciones durante los descensos.

En una encuesta realizada en diferentes bases aéreas, se demostró que la mayoría de los dolores provocados durante el vuelo eran debidos a obturaciones filtradas o defectuosas y tratamientos radiculares incompletos. En los dolores aparecidos en dientes sanos no se encontraron causas aparentes.

Harvey, en un estudio sobre 5.711 personas en un test de descompresión, sugirió que la barodontalgia era debida a la dilatación de los capilares pulpares, lo que producía una fuerza anómala en el tejido pulpar dando como resultado dolor. También especuló que los tratamientos odontológicos con instrumentos rotatorios unos días antes del vuelo, predisponían a la aparición de barodontalgia.

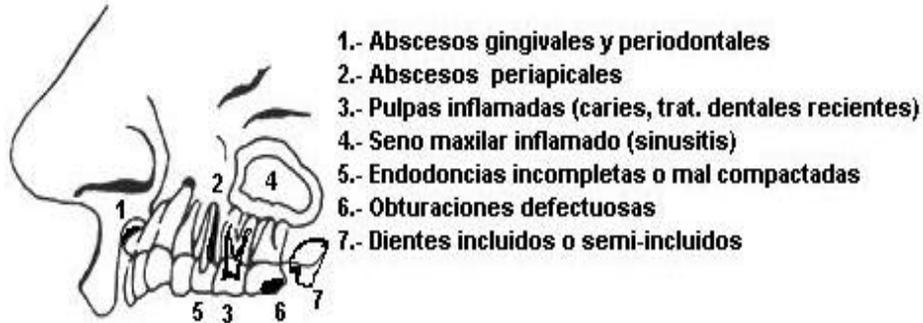
Shiller observó en 45 submarinistas, casos de barodontalgia con dolor en los molares superiores y senos maxilares (cavidades perinasales), sugiriendo que el dolor dental era un reflejo de la congestión en los senos maxilares debido a los cambios de presión.

En síntesis, existen muchas publicaciones que tratan de explicar el fenómeno e las barodontalgias, algunas concordantes y otras no. No obstante, el resumen de las diferentes publicaciones revela que el 70% de las

aerodontalgias son debidas a lesiones pulpares consecutivas a caries o a irritación pulpar producida por obturaciones profundas. Asimismo, se puede afirmar que en general las barodontalgias ocurren en un 81% durante los ascensos y en un 3,4% durante los descensos.

Las causas de dolor que se barajan entonces son: caries, obturaciones defectuosas, tratamientos endodónticos incompletos, abscesos periodontales, extracciones recientes y congestión de senos maxilares (sinusitis), como se ilustran en figura N° 2. Por otra parte, se debe considerar que no solo el dolor debe ser una preocupación, sino también, el riesgo que tiene un paciente con patología crónica, especialmente infecciosa, que al ser sometido a los cambios fisiológicos del vuelo, puede sufrir diseminación de cuadros infecciosos con las complicaciones subsecuentes.

FIG. N° 2 ESQUEMA DE PATOLOGIAS MAS FRECUENTES Y SU LOZACLIZACION



IV. DIAGNOSTICO DIFERENCIAL

A. Según el tipo de dolor:

- Será sordo para una pulpa necrótica sin reacción apical.
- Violento en caso de caries y pulpitis.

B. Según el momento de aparición:

Durante el descenso

- Pulpa necrótica sin reacción apical.
- Barosinusitis.
- Diente sano.
- Dientes incluidos.

Durante el ascenso

- Pulpitis y caries.

Durante etapa crucero,

- Reacción apical.

C. Según altura de aparición:

- a 2.000 metros para una pulpa sub-aguda.
- a 2.300 metros para una pulpa aguda.
- a 6.000 metros para una pulpitis crónica.

V. FRECUENCIA DE LAS BARODONTALGIAS

El determinar la tasa o frecuencia de las barodontalgias es un tema difícil de precisar, sin embargo es importante por cuanto permite cuantificar el éxito o no del control y tratamiento dental en ejecución y su proyección sobre la seguridad aeroespacial.

Las primeras cifras que conocemos provienen de Joseph en el año 1943, reportando una incidencia del 0.95%. Curveille estudia una población de 2.250 pilotos militares y 2.000 civiles, encontrando 87 casos de aerodontalgia lo que corresponde a una tasa de un 3.8%. Debruge en 1971, encuentra una incidencia del 6.5% en 237 miembros de diferentes bases aéreas. Ribat encuentra un porcentaje de barodontalgias del 6.8% en 470 pilotos aéreos.

A nivel local, durante el 2003 el Centro de Medicina Aeroespacial realizó una encuesta, tanto a tripulaciones aéreas civiles como militares, en la que se pudo constatar una frecuencia del 10% de problemas odontológicos ocurridos en vuelo, en general con consecuencias que no pasaron más allá de incidentes de vuelo.

VI. TRATAMIENTO

El tratamiento de las barodontalgias es el habitual en odontología. Lo más importante es prevenirlas no dejando espacios sin obturar en caries y tratamientos radiculares. Asimismo, es imprescindible una buena higiene bucodental y la inexistencia de procesos periodontales activos. No está de más recalcar que todas las medidas preventivas son válidas.

VII. CONCLUSION

El examen odontológico preventivo periódico es una herramienta destinada a evitar que durante el desarrollo de las actividades aéreas puedan manifestarse cuadros odontológicos dolorosos que puedan significar amenaza a la Seguridad de Vuelo y a la Seguridad Médica del paciente. La mejor prevención será entonces la realización de una buena odontología, atendiendo a que los tratamientos dentales se debieran hacer considerando los fenómenos físicos y fisiológicos a los que el paciente, que desarrolla actividades aéreas, se ve habitualmente sometido. Cabe de todas formas preguntarse ¿quién controla o protege a los pasajeros, especialmente al viajero frecuente?.

El Centro de Medicina Aeroespacial de la Fuerza Aérea de Chile, cuenta con una normativa dental desarrollada, la cual incluye recomendaciones y consideraciones para los tratamientos dentales, exclusión temporal de actividades aéreas, uso de medicamentos, etc. Esta Norma, se encuentra a disposición de los profesionales y pacientes que deseen consultarla, ante lo cual basta con contactarse con la Sección Dental de este Centro.

NUTRICION EN AVIACION

E.C. Nutricionista Ma. Alejandra GARCÍA Pizarro

I. INTRODUCCION

Debido al ambiente en el cual se desenvuelven los integrantes de las tripulaciones aéreas, es importante desarrollar y preservar la masa muscular, al igual que mantener una fuente de energía de fácil y rápida utilización para el organismo. Cuando la alimentación no cubre las necesidades nutricionales se producen alteraciones fisiológicas, como las que se analizarán a continuación.

El factor humano en los accidentes de aviación es prevalente, dentro de ellos, los errores alimentarios juegan un rol importante, como ha sido demostrado estadísticamente. Es así como un estudio realizado en un grupo de la Fuerza Aérea Norteamericana, específicamente en relación a las causas de accidentes por G-LOC (Clase A), demostró que el 39% de las tripulaciones habían cometido algún tipo de error nutricional el día del accidente.

Esto último ha motivado la necesidad de aumentar los esfuerzos en el área de la Educación Nutricional para el personal que realiza actividades de vuelo.

II. DEFINICIONES BASICAS.

Es necesario definir algunos conceptos básicos de nutrición antes de tocar los temas específicos:

1. **Alimentación:** Se entiende como un acto voluntario en el cual el hombre selecciona compra y prepara los alimentos.
2. **Nutrición:** Es un acto involuntario en el cual el hombre ingiere y absorbe los nutrientes aportados por el alimento.
3. **Alimentación equilibrada:** Es aquella que satisface nuestras necesidades combinando los alimentos adecuados, tanto en cantidad como calidad, para lograr un estado nutricional normal, por lo tanto, previene enfermedades por "sobre" o "falta" de nutrientes.
4. **Caloría (Cal.):** Es la Unidad de Medida de energía aportada por los alimentos.
5. **Requerimientos Nutricionales:** Corresponde a la cantidad de sustancias nutritivas que requiere un individuo para mantener las funciones normales de acuerdo a: edad, sexo, talla, composición corporal, estado de salud, estado fisiológico y actividad física. Estos requerimientos son individuales.

III. DEFINICION Y FUNCIONES DE LAS SUSTANCIAS NUTRITIVAS

Son elementos químicos que al ingresar a nuestro organismo aportan energía, forman estructuras o actúan como catalizadores, necesarios para mantener la vida (proteínas, hidratos de carbono, grasas, vitaminas, minerales y agua).

El alcohol no es considerado un nutriente, sin embargo aporta 7 cal. por cada grado alcohólico por 100 cc. y es imprescindible considerarlo al planificar o analizar los aportes nutricionales.

IV. ALTERACIONES FISIOLÓGICAS CAUSADA POR ERRORES NUTRICIONALES

Una alimentación deficiente en calidad y cantidad de nutrientes, y/o hábitos alimentarios errados, pueden llevar al piloto a aumentar el riesgo de accidente por alteraciones fisiológicas como:

- A. **Hipoglicemia:** Se entiende como una disminución del nivel de azúcar en la sangre, traducéndose en una menor cantidad de energía circulante para desarrollar eficientemente cualquier función.

Causas Nutricionales

- Insuficiente aporte de calorías y/o de algún nutriente, principalmente de hidratos de carbono y proteínas. El hecho de no cubrir estas necesidades de calorías o nutrientes puede causar hipoglicemia, ya que no se aporta la fuente de energía necesaria para realizar las funciones básicas.

- Fraccionamiento incorrecto. El fraccionamiento de 2 o 3 comidas diarias implica largos periodos de ayuno entremedio. Al no obtener sustancias nutritivas, el organismo utiliza su reserva durante las primeras 6 a 8 hrs. de ayuno; posteriormente, utiliza la masa muscular y al cabo de 24 hrs. recurre a la masa grasa como fuente energética.
- Al “saltarse comidas” se producen períodos más largos de ayuno y con ello, no existe fuente energética de rápida utilización, causando hipoglicemia.

B. Fatiga Muscular

Causas Nutricionales

- Hipoglicemia: Puede ser causa de fatiga muscular, al no contar con energía suficiente para utilizar la masa muscular eficientemente.
- Bajo Aporte Proteico: La alimentación insuficiente en proteínas, no aporta la materia prima necesaria para desarrollar y mantener la masa muscular en óptimas condiciones

C. Deshidratación

Para que el organismo realice sus funciones normales, es necesario que aproximadamente el 60% del peso corporal corresponda a agua. Pequeñas variaciones de 2 ó 3%, pueden alterar la performance del piloto.

Causas Nutricionales

- Baja ingesta de líquidos: Se recomienda una ingesta mínima diaria de 2 lts. más 1/2 lt. por cada hora de vuelo. No cumplir esta recomendación aumenta enormemente el riesgo de deshidratación.
- Uso de Sustancias Diuréticas: Como infusiones de hierbas y cafeína. Las infusiones de hierbas pueden ser utilizadas para obtener bajas de peso en forma rápida, ello se logra perdiendo líquido (no masa grasa), por lo tanto producen deshidratación.
- **La cafeína** consumida en exceso es otro elemento causante de deshidratación. El nivel de tolerancia a sus efectos es individual, sin embargo se considera:
 - a. **Hábito:** Ingesta entre 300 a 400 mgrs/día
 - b. **Exceso:** Ingesta mayor a 600 mgrs/día

Si se observa la tabla N°1, con 10 tazas de café se logran ingerir cifras de exceso de ingesta.

TABLA N° 1

ALIMENTO	MGRS. CAFEINA
1 Taza de café instantáneo	57 Mgrs.
1 Taza de café descafeinado	02 Mgrs.
1 Coca-Cola chica (379 CC.)	46 Mgrs.
1 Diet coca-cola chica	50 Mgrs.
1 Pepsi Cola chica	Mgrs.

- **Consumo de alcohol:** Tiene un efecto diurético y tóxico, disminuyendo la oxigenación de los tejidos y produciendo además de otras:
 - a. Deshidratación: al provocar vasodilatación y aumento de las pérdidas insensibles de líquidos corporales. Inhibe también a la hormona antidiurética que regula el equilibrio de agua a nivel del riñón, aumentando las pérdidas por orina.
 - b. En pilotos expuestos a 2 o 3 G, se ha observado efectos del alcohol sobre el equilibrio vestibular hasta 2 días después de una ingesta moderada. Si bien la alcoholemia a las 24 horas es normal, su concentración en el sistema nervioso central, aún es alta. Por lo expuesto, es que no se acepta el consumo de alcohol 24 hrs. previas al vuelo.

Síntomas y Signos de Deshidratación: Dependiendo de la intensidad de la deshidratación puede ser desde una simple sensación de sed hasta el coma, pasando por palpitaciones, calofríos y náuseas.

D. Distensión Abdominal

Causas Nutricionales

- Consumo de alimentos de difícil digestibilidad o absorción
- Consumo de grandes volúmenes de alimentos

E. Obesidad

Se define como una enfermedad en la cual se produce un exceso de tejido adiposo (graso), producto de un balance energético positivo, en el cual la ingesta supera al gasto. El exceso que permanece en el cuerpo es transformado en grasa, que se deposita en el tejido subcutáneo y en los órganos.

La obesidad, cuya causa en el 99% de los casos se relaciona con el aumento de la ingesta energética en relación al gasto, predispone más frecuentemente a enfermedades como: Diabetes Mellitus, Hipertensión Arterial, Hipercolesterolemias e Insuficiencia Respiratoria.

¿COMO SABER SI ESTA EXCEDIDO DE PESO?

Una forma simple es a través del "Índice de Masa Corporal". Corresponde al peso actual dividido por la talla al cuadrado.

$$\text{I.M.C.} = \frac{\text{Peso (kilos)}}{\text{Talla}^2 \text{ (metros)}}$$

Los valores obtenidos se clasifican según la siguiente tabla:

I.M.C.		CLASIFICACION
18,5	- 24,9	Normal
25	- 29,9	Sobrepeso
30	- 34,9	Obesidad grado I
35	- 39,9	Obesidad grado II
Más de 40		Obesidad grado III o Mórbida

Dietas Hipocalóricas extremas

Este tipo de dietas, sin ayuda profesional adecuada, aumentan los riesgos tanto de accidentes como de predisposición a sufrir otro tipo de enfermedades con graves consecuencias.

V. RECOMENDACIONES PARA UNA ALIMENTACION EQUILIBRADA EN ACTIVIDADES DE VUELO

- Seleccionar alimentos variados
- Consumir frutas y verduras
- Seleccionar alimentos con bajo contenido de colesterol
- Consumir azúcares y derivados como complemento
- Moderar la ingesta de alcohol

EN ACTIVIDADES DE VUELO ADEMÁS...

- Evitar el consumo de alimentos muy condimentados o muy azucarados y/o preparaciones muy grasas como; quesos, bebidas gaseosas, alimentos flatulentos, etc.
- Evitar el consumo de grandes volúmenes de alimentos.
- Fraccionar la alimentación en 4 comidas diarias, con intervalos de 4 a 5 hrs. entre cada una de ellas, no omitiendo ninguna de ellas.

- Evitar el consumo de sustancias diuréticas como ingesta excesiva de café y alcohol.
- Ingerir al menos 2 lts. de líquidos al día, además 1/2 lt. por cada hora de vuelo.
- Consumir algún alimento durante un vuelo prolongado y previo al despegue. Se deberá consumir algún hidrato de carbono de fácil absorción como por ejemplo: caramelo.
- No masticar chicle.
- No consumir alcohol 24 horas previas al vuelo.
- No consumir alimentos de origen desconocido y de fácil contaminación. Ejemplo: Mayonesas, cremas, mariscos.
- Seguir un régimen sin residuos en caso de vuelos prolongados , evitando así la producción de materia fecal .
- En caso de exceso de peso, acuda a un profesional especializado para iniciar un tratamiento adecuado y no recurra a dietas auto impuestas.

Recuerde que los errores en los hábitos alimentarios pueden ser un factor importante de riesgo de accidentes.

Es necesario que aquel personal de vuelo que requiera alguna intervención nutricional, lo realice con un profesional que lo guíe en forma correcta, de manera de no afectar su performance.

Si bien las causas en los accidentes de aviación son múltiples, el nutricional es auto-impuesto y depende de las personas.

PSICOLOGIA EN AVIACIÓN

E.C. Psicólogo Carmen Loreto SERRANO V.

I. INTRODUCCIÓN

Como es sabido, una gran proporción de los accidentes de aviación tienen como base el factor humano. Si consideramos el avance de la tecnología en aviación y por ende, las exigencias que ésta plantea a los pilotos, cabe suponer un aumento de esta cifra a futuro si no se interviene eficazmente en la reducción de los factores humanos predisponentes.

Este artículo abordará en forma sucinta, diversos temas psicológicos aplicables a la actividad de vuelo como una forma de aportar a la Medicina de Aviación y a las propias tripulaciones aéreas, algunos conocimientos que permitan comprender un poco más sobre ciertas características del desempeño del factor humano en aviación.

II. OBJETIVO

Describir someramente algunas consideraciones de la Psicología aplicables al ámbito aeronáutico, sobre conceptos que conciernen al factor humano en la seguridad de vuelo.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Resaltar la importancia de una adecuada selección psicológica de tripulaciones aéreas a modo de reducir algunos de los riesgos atribuibles a la esfera psicológica del ser humano en el vuelo.
- Determinar el perfil psicológico ideal del piloto.
- Señalar las exigencias inherentes y paradójicas de esta actividad, a las cuales los pilotos están sometidos.
- Sugerir contraindicaciones psicológicas para esta actividad.
- Identificación de conductas y actitudes sugerentes de "aviador en crisis".
- Abordar una alteración inherente a esta actividad como es la fatiga de vuelo.
- Delinear aspectos para una Intervención psicológica en el manejo de reacciones posteriores a accidentes / incidentes de vuelo.

III. SELECCION DE PILOTOS

Procedimiento destinado a escoger los mejores candidatos de acuerdo a un perfil psicológico prefijado (perfil ideal), basándose en la estructura de personalidad del postulante, lo cual permite predecir con cierta certeza su conducta futura frente a situaciones, como por ejemplo:

- Tolerancia a situaciones de stress y fatiga de vuelo
- Manejo de presiones externas y/o ambientales
- Reacciones ante una emergencia en vuelo
- Capacidad para evaluar y asumir riesgos específicos y generales
- Como se manejará ante las exigencias que le planteará la vida de piloto

Es indiscutible que una selección adecuada, tanto de pilotos como de tripulaciones aéreas en general, reducirá los costos de entrenamiento, disminuirá los riesgos de accidentes y evitará pérdidas no solo materiales, sino lo que es más importante, de vidas humanas.

Para lo anterior, se utiliza una batería de pruebas psicológicas estandarizadas, destinadas a medir aspectos intelectuales, cognitivos, de personalidad y habilidades específicas, complementada con una entrevista clínica individual. Esta última, con el objeto de pesquisar posibles trastornos de personalidad, baja tolerancia al estrés, historia con hallazgos de elementos incompatibles con la actividad aérea y en general, cualquier aspecto que refleje la no idoneidad para la función.

En último término, la selección de tripulantes aéreos persigue escoger candidatos que en lo psicológico se acerquen al perfil ideal, que puedan hacer frente de la mejor forma posible a las exigencias paradójicas de esta actividad y que no presenten elementos contraindicados para ejercer esta actividad.

A. REQUISITOS DEL PILOTO IDEAL (Perfil del Piloto Ideal)

- **Intelectuales:** coeficiente intelectual normal o superior, funciones cognitivas indemnes, especialmente en las variables de rendimiento, pensamiento práctico orientado a la solución de problemas, razonamiento lógico deductivo, etc.
- **Emocionales:** tolerancia al stress y cansancio de vuelo, adecuado control de impulsos (autocontrol), afectividad y ánimo estables, mecanismos de defensa adecuados y flexibles, criterio, capacidad para tolerar y aceptar la crítica y reconocer errores.
- **Interpersonales:** tener habilidades sociales y comunicacionales, capacidad para trabajar en equipo, adecuado manejo del conflicto, capacidad para asumir distintos roles (liderazgo, subordinado, par, etc.)
- **Motivacionales:** poseer una alta intensidad de la motivación emocional (basada en el placer de volar) y de motivación intelectual por cuanto constituyen la base de sustentación de la carrera (vocación).
- **Estructura de personalidad:** sana, existiendo rasgos más deseables que otros como flexibilidad y capacidad de adaptación, pensamiento lineal y práctico, habilidad para organizar y sistematizar, afán de superación, habilidades de mando, etc.
- **Habilidades Específicas:** perceptuales, motoras, de coordinación, viso-espaciales, de rapidez psicomotora, ejecución de tareas secuenciales, etc.

B. EXIGENCIAS PARADÓJICAS EN PILOTOS

- Sometimiento a un sinnúmero de regulaciones, procedimientos y reglas v/s tener iniciativa y responsabilidad en la ejecución de la tarea.
- Ser calmados, controlados y no impulsivos v/s reaccionar rápido y adaptativamente a situaciones que se le presentan.
- Alternar largas horas de trabajo con largas horas de descanso.
- Ser capaz de tomar decisiones rápidas y acertadas sin tener la información completa v/s buscar siempre toda la información posible.
- Amar lo que hacen y tener miedo o respeto realista de sus peligros.
- Tener confianza en sí mismo pero no pecar de grandiosidad.
- Ser líderes y subordinados.

C. CONTRAINDICACIONES PARA ACTIVIDADES AEREAS

- **Intelectuales:** Tener C.I. inferior al normal promedio, deterioro psicoorgánico, alteración de las variables de rendimiento (atención – concentración – memoria).
- **Emocionales:** Bajo control de impulsos (especialmente de la agresión), deficitario manejo de la ansiedad y tendencia al bloqueo bajo presión, precario equilibrio emocional.
- **Ausencia de trastornos afectivos y ansiosos:** como trastorno bipolar y desorden de pánico o fobias respectivamente.
- **Desórdenes somáticos:** como hipocondría, dolor psicógeno, somatizaciones, etc.
- **Interpersonales:** no tener las habilidades señaladas en el perfil ideal para este punto.
- **Motivacionales:** ídem al punto anterior
- **Estructurales:** sin trastornos en esta esfera.

IV. AVIADOR EN CRISIS

Las tripulaciones aéreas, a pesar de haber sido seleccionadas en forma adecuada, pueden pasar por situaciones puntuales en que se aprecian ciertas reacciones o actitudes que sugieren la pérdida transitoria o definitiva de sus condiciones para ejercer la actividad aérea en forma segura. Estas, habitualmente no son identificadas oportunamente por el propio afectado pero sí pueden ser claramente identificadas tempranamente por sus pares. Por lo mismo, vale señalar algunas de estas manifestaciones observables en el área:

- **Personal:** egocéntrico y perfeccionista, ingesta de bebidas alcohólicas mayor a lo acostumbrado, asume rol del piloto que no se amilana por nada, sin conciencia de sus propias limitaciones, muy sensible a críticas de sus habilidades para el vuelo, soluciona sus frustraciones por acciones y no palabras.
- **Interpersonal:** resentimiento y rebelión ante la autoridad, problemas con los pares, pobre liderazgo, en general muestra errores en todas las facetas de la vida: social, familiar, laboral, u otras.
- **Emocional:** tolerancia disminuida ante las tensiones y/o stress, agresividad excesiva, impulsividad al asumir los riesgos propios del vuelo, frecuentemente sus acciones son solicitudes de auxilio disfrazadas asume riesgos innecesarios para probarse a sí mismo y a los demás, etc.
- **Profesional:** vive y muere por sus propias reglas, siempre esta un paso más atrás o adelante de lo esperado, su trabajo no relacionado con el vuelo comienza a acumularse, etc.

V. FATIGA DE VUELO

El estrés o fatiga afecta todos los ámbitos del quehacer humano, pero sin lugar a dudas es en la aviación donde sus consecuencias se experimentan con mayor intensidad y en forma más dramática, debido probablemente a la existencia de una sofisticada tecnología, altas exigencias en cuanto a desempeño, variedad de misiones aéreas, etc.

Por lo mismo, en aviación se reconoce la existencia de un estrés directamente relacionado con esta actividad llamada "fatiga de vuelo". Esta se define como un estado de agotamiento físico y psíquico producido por el vuelo, con compromiso de factores intelectuales, fisiológicos, neurológicos y afectivos que se manifiesta en un detrimento en el desempeño del sujeto.

Se trata de un fenómeno psicológico de inicio sutil, difícil de pesquisar por el afectado (a menudo pasa desapercibido) y que se manifiesta en un espectro biológico amplio y con efectos a corto y a largo plazo, como por ejemplo, disminución de la seguridad de vuelo, aumento del riesgo de accidente, etc. Dependiendo de su duración, intensidad, sintomatología y tratamiento, se puede hablar de fatiga aguda, acumulada y crónica.

La fatiga de vuelo es multicausal y puede ser concebida como la suma de pequeñas fatigas, cada una de ellas producidas por la agresión de distintos factores, algunos de ellos actuantes por sinergismo.

Se distinguen **factores causales** o generadores de fatiga, como la carga de trabajo, condiciones ambientales de la aeronave, etc.; **factores circunstanciales** o catalizadores de la fatiga, como condiciones meteorológicas, aeropuertos de difícil geografía, congestión del tránsito aéreo, etc. y, **factores personales** o potencializadores del cuadro, como satisfacción en el trabajo, experiencia en el material, horas de vuelo, etc.

Algunos de los síntomas clínicos de esta fatiga de vuelo son: impaciencia, irritabilidad, tendencia al sueño, dificultad de concentración, incoordinación de los movimientos, sensación de cansancio muscular, auditivo y ocular, reducción del campo visual, cefalea, taquicardia, dolores precordiales y lumbares, irregularidad del sueño, depresión, marcada labilidad emocional, agitación, ansiedad, insomnio, temblores, etc. La forma de agruparse de estos síntomas dan la característica **depresiva, ansiosa, fóbica o mixta** de la fatiga.

En vuelo, este detrimento del desempeño puede ser manifestado por la comisión de diversos errores pequeños, no esperados para el nivel de entrenamiento del sujeto, que pueden ser pesquizados por sus pares, como lo son por ejemplo, lentitud inhabitual en las comunicaciones, necesidad de repetir instrucciones, estar un paso atrás o adelante de lo esperado, correcciones frecuentes al plan de vuelo, etc.

VI. ESTRES POST TRAUMATICO EN AVIACION

La ocurrencia de un incidente o accidente aéreo afecta no sólo a la tripulación involucrada directamente en él, sino también a todos aquellos que entran en contacto o tienen relación directa o indirectamente con los accidentados o el hecho mismo.

Como respuesta a un acontecimiento traumático, aparece una serie de manifestaciones características que se conocen inicialmente con el nombre de **estrés agudo**, durante las primeras cuatro semanas posterior al accidente, evolucionando a un **estrés post traumático**, en que la duración de los síntomas muestran considerables variaciones, donde aproximadamente el 50% se recuperan completamente en los primeros tres meses y en otros casos, persisten más allá de los 12 meses del hecho. Por lo mismo, resulta evidente la necesidad de intervenir eficazmente en la fase aguda.

Los factores más importantes que determinan las probabilidades de presentar esta reacción son la intensidad, duración y proximidad de la exposición al acontecimiento traumático o accidente/incidente **aéreo**.

A. Trastorno por Estrés Post Traumático

Como se ha señalado, el estrés post traumático es una respuesta emocional inadecuada o desadaptativa que se manifiesta en forma relativamente tardía luego de un hecho intensamente emocional, con síntomas característicos como: reacción de miedo intenso, desamparo u horror ante un trauma mayor o menor, en el que se advierte:

- Síntomas intrusivos, en que se rememora la experiencia traumática
- Respuestas de evitación frente a la evidencia del trauma
- Sensación de irrealidad (“no me está pasando a mí”)
- Alerta física generalizada (activación vegetativa importante)
- Anestesia psíquica y emocional (embotamiento)

Las anteriores manifestaciones no solamente siguen a un accidente/incidente aéreo, sino también a traumas de combate, desastres naturales o provocados, “contagio” por exposición a estrés comunitario, contacto directo con personas que han sido traumatizadas, etc., y, por definición, deben prolongarse más de un mes luego del hecho traumático, ya que durante las cuatro primeras semanas se diagnostica como desorden de estrés agudo.

Este desorden se diferencia de una reacción normal cuando la cantidad, diversidad e intensidad de los síntomas, interrumpe o impide el funcionamiento social, laboral, conyugal o de otras áreas importantes de la actividad del individuo. En el fondo, cuando se interrumpe la relación del sujeto con el mundo.

B. Manejo del Estrés Agudo

Como se expresó, la intervención psicológica temprana es de vital importancia para la prevención de un estrés post traumático, así como para superar el estrés agudo. A continuación se señalan algunas indicaciones a tener presente:

- **Rituales:** cumplen funciones protectoras contra el miedo y la ansiedad y son parte del proceso del duelo.
- **Métodos psicológicos:** importante dar información realista, brindar apoyo y hacer una intervención en crisis que sea temprana, breve y enfocada al problema. Estas medidas usadas en combinación, a veces son efectivas para evitar la persistencia en el tiempo de los síntomas.
- **Primeros auxilios emocionales:** como parte de la intervención psicológica, debe ser inmediata, sencilla, humana y realista permitiendo “ventilar” emociones.
- **Aceptación de sentimientos:** no juzgarlos, ya que no se es responsable de lo que se siente sino, de lo que se hace con el sentir.
- **Aceptación de síntomas:** ídem a lo anterior

- **Identificación de recursos y actividades:** establecer o identificar ayudas familiares, sociales, gubernamentales, etc., como recursos para apoyar el tratamiento.
- **Tomar conciencia que la situación es penosa:** aceptación que la situación conlleva dolor y pérdida.
- **Aceptación de la realidad:** asumir las consecuencias de lo ocurrido.
- **Actitud optimista:** mantener esperanza de sobrellevar la situación.
- **Evitar culpar a otros:** la búsqueda de culpabilidad en terceros es normal.
- **Aceptar o dar apoyo:** el contacto y simpatía humana es sanadora en estas circunstancias.
- **Asumir actividades del diario vivir:** es necesario retomar las actividades normales y cotidianas.
- **Psicoterapia individual, en grupo o familiar:** hecha por especialistas.
- **Tratamiento farmacológico:** ídem a lo anterior
- **Identificación de población de riesgo:** necesidad de identificar a todas las personas involucradas como por ejemplo: sobrevivientes, niños, rescatistas, parientes de fallecidos, sobrevivientes traumatizados, etc., con el fin no omitir a esta población quién también es víctima.

Este artículo ha sido creado como una respuesta ante el imperativo que tiene toda organización relacionada con la aviación, con la necesidad de abordar la educación, prevención, difusión y manejo de estos temas relevantes con el fin de contribuir a la seguridad de vuelo y reducir la participación humana en los accidentes aéreos.