

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. CARACTERÍSTICAS 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 incapacidad 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 incapacidad. 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 altimétrica, 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.