

## Tolerancia a la hipoxia en relación con la edad

Pilar Vallejo Desviat<sup>5</sup>, José Antonio López López<sup>5</sup>, Francisco Ríos Tejada<sup>2</sup>, Rodrigo Jiménez García<sup>3</sup>, Cesar Alonso Rodríguez<sup>3</sup>, José Benito del Valle Garrido<sup>4</sup>, Jose Luis García-Alcón<sup>1</sup>

*Med Mil (Esp) 2000; 56 (1): 6-11*

### RESUMEN

**Introducción:** La hipoxia es uno de los grandes problemas dentro del mundo aeronáutico. La falta de oxígeno afecta a la capacidad intelectual, psicomotora y estado de alerta del individuo. Las alteraciones pueden ser muy variadas. Esta variabilidad individual dependerá de muchos factores, uno de los factores que podría influir en la respuesta del SNC a los efectos de la privación de oxígeno es la edad. **Objetivos.** El objetivo de este trabajo es estudiar si existen diferencias, respecto a la edad, en la capacidad de actuación y reacción del personal de vuelo, bajo condiciones de hipoxia. **Sujetos y métodos:** Se estudiaron 161 tripulantes aéreos que realizaron un vuelo de entrenamiento en una cámara de baja presión. Se cuantificó el grado de alteraciones de las funciones cognitivas, mediante un test desarrollado durante un vuelo. **Resultados:** El grupo de sujetos cuyas edades estaban comprendidas entre 30 y 39 años obtuvieron estadísticamente ( $p < 0,05$ ) mejores resultados en el test que el grupo entre 20-29 años y aunque no es estadísticamente significativo, el primer grupo tiende a una mejor respuesta en el test sobre el grupo de mayores de 40 años. **Conclusiones:** Los tripulantes aéreos entre 30 y 39 años reúnen las condiciones idóneas de experiencia, por un lado y por otro se encuentran en una edad donde todavía no se ha manifestado el deterioro de las capacidades cognitivas y psicomotoras por el envejecimiento, para tolerar las condiciones de hipoxia.

### INTRODUCCIÓN

La hipoxia es uno de los grandes retos al que nos enfrentamos dentro del mundo aeronáutico. Definimos hipoxia como la falta de un adecuado aporte de oxígeno a los tejidos. El hombre es muy vulnerable a los efectos de la privación de oxígeno y la hipoxia severa puede provocar rápidamente un deterioro de sus funciones, incluso llevarle a la muerte (1).

Según su etiología distinguimos cuatro tipos de hipoxia: la hipoxia hipóxica, es el resultado de la disminución de la presión arterial de oxígeno, la hipoxia anémica, es debida a la reducción de la capacidad de transporte del oxígeno por parte de la sangre, la hipoxia isquémica, es la consecuencia de la disminución del flujo sanguíneo en los tejidos y la hipoxia histotóxica, debida a la incapacidad de los tejidos para utilizar el oxígeno que les llega.

Dentro del primer grupo se incluyen los casos en que existe una disminución de la presión parcial de oxígeno en el aire inspirado, debido a la exposición a la altitud, es la llamada hipoxia hipobárica. Es ésta la causa más frecuente de privación de oxígeno en el medio aeronáutico.

La composición de oxígeno de la atmósfera es bastante constante, 20,09%, pero al disminuir la presión atmosférica con la altura, también disminuye la presión parcial de oxígeno. En la Tabla 1 se representa la presión atmosférica y la presión parcial de oxígeno a distintas alturas.

**Tabla 1.** Presión atmosférica y presión parcial de oxígeno a distintas alturas

ALTURA		PRESIÓN (mmHg)	
Pies	Metros	Atmósfera	Oxígeno
0	0	760,0	159,6
10.000	3.048	522,6	109,7
20.000	6.096	349,1	73,3
30.000	9.144	225,6	47,3
40.000	12.192	140,7	29,5
50.000	15.240	87,3	18,3

Los modernos aviones comerciales vuelan entre 28.000 y 43.000 pies (2). Aunque los aviones comerciales mantienen una diferencia de presión entre la cabina de pasajeros y el exterior, en la mayoría, la presión en cabina durante el vuelo oscila entre los 5.000 y 9.000 pies sobre el nivel del mar (3), por lo que los pasajeros se ven expuestos a una ligera hipoxia hipobárica. En la aviación militar, por sus imperativos operacionales, se dispone de aeronaves no presurizadas y presurizadas, en estas últimas los niveles de presurización son muy variados, depende del tipo de aeronave, misión encomendada, etc.

En general, las tres situaciones en vuelo, que con más frecuencia producen una hipoxia hipobárica, son:

1. El ascenso a una determinada altura en una aeronave no presurizada y sin oxígeno suplementario.
2. Fallo del equipo personal que aporta oxígeno suplementario a una adecuada presión y temperatura.
3. Descompresión súbita por fallo en el sistema de presurización a gran altitud.

Cuando llega menos oxígeno a los pulmones, difunde menos por la membrana alveolo-capilar, entonces se produce una hipoxemia que estimula a los quimiorreceptores periféricos, que informan al centro respiratorio, el cual reacciona aumentando la

<sup>1</sup> Coronel Médico, Doctor en Medicina, C.I.M.A. Madrid.

<sup>2</sup> Toel. Med., Doctor en Medicina, C.I.M.A. Madrid.

<sup>3</sup> Toel. Med., Doctor en Medicina, Hospital del Aire, Madrid.

<sup>4</sup> Cte. Med., C.I.M.A. Madrid.

<sup>5</sup> Cap. San. Med. C.I.M.A. Madrid.

Dirección para correspondencia: C.I.M.A. C/ Arturo Soria, 82. 28027. Madrid.

Recibido: 29 de septiembre de 1998.

Aceptado: 12 de junio de 1999.

## Tolerancia a la hipoxia en relación con la edad

frecuencia respiratoria. Esta hiperventilación, aumenta la presión arterial de oxígeno y disminuye la de anhídrido carbónico, provocando alcalosis respiratoria e hipocapnia.

La falta de oxígeno y la hipocapnia afectan a la capacidad intelectual, psicomotora y estado de alerta del individuo. Pero el mecanismo fisiopatológico por el cual la hipoxia produce esta afectación cerebral no se conoce exactamente, se cree que la falta de oxígeno y el fallo en la fosforilación oxidativa, disminuyen la síntesis de neurotransmisores y el metabolismo de la acetilcolina (4).

Las alteraciones pueden ser muy variadas, pero los dos grandes problemas que esto conlleva en la aviación son la pérdida de juicio crítico (el individuo no es consciente del deterioro en su capacidad mental y de atención) y la pérdida del conocimiento (sin pródromos previos).

Estas alteraciones serán más marcadas cuanto mayor sea la altitud alcanzada, muchos estudios han demostrado que la mayoría de los efectos comienzan a partir de altitudes entre 5.000 y 6.000 pies (1), aunque existe una gran variabilidad individual.

Esta variabilidad individual dependerá de muchos factores, por ejemplo, de la capacidad individual para compensar los cambios en las funciones cardiovascular y respiratoria; de los cambios en la disociación de la oxihemoglobina, de las diferencias individuales en la capacidad de los tejidos para soportar los efectos de la hipoxia, etc.

Uno de los factores que podría influir en la respuesta del SNC a los efectos de la privación de oxígeno es la edad. Sabemos que con la edad muchas de nuestras capacidades cognitivas y psicomotoras muestran un declinamiento progresivo. Con la edad nos hacemos más débiles y lentos, por ejemplo, la velocidad de escritura decrece en la tercera década (20-29 años) y la capacidad de aprender y recordar también se reduce (5).

Sin embargo no tenemos conocimiento de que se haya estudiado los efectos centrales de la privación de oxígeno, en distintas personas, según la edad. La revisión bibliográfica realizada muestra una enorme escasez de trabajos que estudian los efectos de la privación de oxígeno en personas (tripulantes aéreos) en relación con la edad.

Por lo tanto, el objetivo fundamental de este trabajo es estudiar si existen diferencias en la capacidad de actuación y reacción del personal de vuelo, sano, bajo condiciones de hipoxia, por grupos de edad. Para llevarlo a cabo hemos cuantificado el grado de alteraciones de las funciones cognitivas, mediante un test desarrollado durante los vuelos de entrenamiento en un simulador de altitud o cámara de baja presión.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El entrenamiento fisiológico del vuelo, lo realizan periódicamente, todos los tripulantes aéreos, cada tres o cinco años, en el Centro de Instrucción de Medicina Aeroespacial (C.I.M.A.), de acuerdo con la reglamentación vigente. Previamente cada individuo ha de superar un reconocimiento médico acorde con las normas médicas establecidas para la valoración psicofísica (6). De este personal, se han recogido aleatoria y retrospectivamente (entre 1993 y 1999) 161 casos, repartidos por edades que han

completado el perfil de vuelo reglamentario en la Cámara Hipobárica y realizado el Test de Demostración de Hipoxia durante la prueba.

Para realizar el entrenamiento se ha utilizado una Cámara Hipobárica fabricada por Environmental Tectonic Corporation, modelo APTF 10M. En el transcurso del vuelo simulado y a 25.000 pies, tras la desnitrógenización necesaria con oxígeno al 100%, los sujetos se retiran la mascarilla de oxígeno y comienzan el Test de Demostración de Hipoxia. El tiempo en segundos se comienza a medir desde el momento en que se quitan la mascarilla hasta que se la colocan de nuevo, bien porque se la pongan voluntariamente o bien porque alguien de la tripulación de la cámara les indique que lo hagan por motivos de seguridad.

El Test de Demostración de Hipoxia, que se expone en la Figura 1, es un conjunto de pruebas numeradas que el sujeto realiza sin orden estricto. En las respuestas se valora la psicomotricidad, la atención inmediata, memoria a corto y largo plazo y los síntomas que surgen a lo largo de la prueba, dando por nuestra parte una *Puntuación* (0, 1, 2, 5 para las respuestas fijas y de 0 a 10 en la espiral) a cada apartado según su dificultad de realización. Por lo tanto, la suma de las puntuaciones podrá estar comprendida entre 0 y 103 puntos.

**Figura 2.** Test de Demostración de Hipoxia

MOA No. 1



**UNIDAD ENTRENAMIENTO FISIOLÓGICO**

**DEMOSTRACION DE HIPOXIA**

Nombre: ..... Grado: .....

Destino: ..... Asignación adm.: ..... Altura: .....

1. Escribe su nombre cinco veces.

1. ....

2. ....

3. ....

4. ....

5. ....

2. Complete los siguientes problemas:

761	397	902	965	493	699	901	607
- 272	+ 426	- 533	+ 451	- 127	- 353	+ 438	- 643

3. ¿Cuántos cuartos tiene una docena? .....

4. Escriba un sistema de hipoxia.

1.0 min. ....

1.5 min. ....

2.0 min. ....

2.5 min. ....

3.0 min. ....

3.5 min. ....

4.0 min. ....

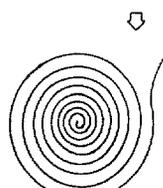
4.5 min. ....

5.0 min. ....

5.5 min. ....

6.0 min. ....

5. ....



6. Escriba su nombre cinco veces.

1. ....

2. ....

3. ....

4. ....

5. ....

1 x 2 =	12 x 11 =	6 x 6 =	4 x 8 =
5 x 8 =	10 x 10 =	7 x 7 =	9 x 9 =
7 x 6 =	9 x 10 =	8 x 8 =	4 x 3 =

¿Necesita Vd. oxígeno? .....

¿Cuántos grados tiene un círculo completo? .....

Escriba su nombre completo: .....

¿Cómo se siente ahora? .....

¿Puede Vd. en condiciones de realizar trabajo físico? .....

Haga una lista de síntomas de hipoxia que Vd. sienta ahora: .....

.....

FECHA: .....

FIRMA: .....

Para el análisis hemos creado la variable *Velocidad* que es el resultado de dividir la puntuación obtenida por el tiempo empleado en cada caso y multiplicar por 100.

Del conjunto de las características personales de cada sujeto se han recogido en el momento de realizar la prueba las siguientes variables:

- **Edad.** Fraccionando esta variable se ha sacado Grupos de edad incluyendo a todos los sujetos en tres grupos: «20-29», «30-39» y «≥40» años.
- **Peso y Talla.** Con estos datos se calcula el Índice de masa corporal (I.M.C.). Incluimos a los sujetos en tres grupos: <25, 25-30 y >30.
- **Tabaco.** Incluimos en «Fuma» a los que consumen habitualmente 10 o más cigarrillos al día, y en «No fuma» al resto.
- **Ve.** Están incluidos en «Primera vez» los que no han realizado la prueba con anterioridad y en «2.ª ó 3.ª vez» los que sí lo han hecho.
- **Actividad profesional.** En esta variable intentamos recoger el posible entrenamiento que los sujetos tengan ante la hipoxia debido a la practica de su trabajo habitual. «No vuela» incluye al personal relacionado con el vuelo pero que vuela excepcionalmente, «Vuela» incluye a los tripulantes aéreos de aeronaves de altas prestaciones o de transportes y «Paracaidistas» a los que practican el paracaidismo.

Los resultados de todas las variables recogidas son introducidos en una base de datos utilizando el paquete estadístico SPSS para Windows y posteriormente se ha realizado un estudio descriptivo de las variables utilizando la prueba de Kolmogorov-Smirnov para determinar el ajuste a la normal de las variables cuantitativas. Se ha calculado la media y la desviación estándar para las variables cuantitativas y las proporciones para las cualitativas. Para comparar las medias se ha utilizado la «t» de Student, «u» de Mann-Whitney o ANOVA con el test de Bonferroni y para comparación las proporciones la Chi<sup>2</sup>. Como criterio de significación se utilizó un valor de «p» inferior o igual a 0,05.

## RESULTADOS

El número total de sujetos de los que hemos recogido datos asciende a 161, de los que 111 (68,9%) realizaron la prueba de entrenamiento por primera vez y 55 (31,1%) por segunda o tercera. La edad media para el total de la muestra fue de 33,43 ± 9,16 años (rango 20-55) y para el análisis hemos fraccionado la muestra en tres grupos de edad que se describen en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Grupos de edad

Grupos de edad	Número de sujetos	%	IMC	Tabaco	Actividad profesional	Velocidad
20-29	56	34,8%	23,64	Fuma 21,4% No fuma 78,6%	No vuela 48,9% Vuela 14,8% Paracaidista 41,9%	9,77
30-39	55	34,2%	24,10	Fuma 38,5% No fuma 61,5%	No vuela 33,3% Vuela 20,4% Paracaidista 46,8%	13,32
≥40	50	31,1%	25,45	Fuma 34,0% No fuma 66,0%	No vuela 17,8% Vuela 64,8% Paracaidista 11,3%	11,26
<b>TOTAL</b>	161	100,0%	24,36	Fuma 31,0% No fuma 69,0%	No vuela 28,0% Vuela 33,5% Paracaidista 38,5%	11,45

Los sujetos han sido agrupados en tres categorías según su actividad profesional, estas son «paracaidista», «vuela» y «no vuela». Al clasificar los sujetos según estas categorías, se encontró que el 28% «no vuela» el 33,5% «vuela» y el 38,5% son «paracaidista».

El IMC medio es de 24,36 (DS 2,23) y empleando 25 como punto de corte a partir del cual definimos sobrepeso moderado encontramos una prevalencia del mismo del 35,4%. Existiendo una tendencia al menor sobrepeso en los más jóvenes y no habiendo asociación entre el IMC y la variable profesión.

Un 31% de los sujetos consumen tabaco, siendo los más jóvenes los que menos fuman sin ser significativo.

El tiempo máximo de la duración de la prueba fue de 320 segundos y el mínimo de 75 (media 176,57 DS 47.31). La puntuación media en los tests de tolerancia a la hipoxia fue de 20,24 (DS 11,82).

La velocidad media de la realización de la prueba, resultado de la asociación de la puntuación obtenida y el tiempo utilizado, ha sido de 11,45 (DS 6,02) con un máximo de 45,33 y un mínimo de 2,86.

Al estratificar la muestra por el hecho de haber realizado la prueba previamente, encontramos que los sujetos que la realizaban por primera vez eran más jóvenes de forma estadísticamente significativa (p=0,02). También se observaron diferencias significativas al estratificar por la profesión (p<0,001). Estos datos aparecen la Tabla 3.

Para estudiar la asociación de la variable dependiente «velocidad» con el resto de las variables recogidas, se dividió la

**Tabla 3.** Comparación según número de veces que han pasado por la cámara

	Primera vez Media (DS)	2.ª ó 3.ª vez Media (DS)	Significación
EDAD	32,58 (9,45)	35,52 (8,27)	P= 0,02
IMC	24,23 (2,19)	24,65 (2,33)	NS
VELOCIDAD	11,15 (5,8)	12,10 (6,41)	NS
PROFESIÓN	NO VUELA	32,1%	38,2%
	VUELA	30,2%	53,1%
	PARACAIDISTA	37,7%	8,2%
TABACO	NO FUMA	69,8%	67,3%
	FUMA	30,2%	32,7%

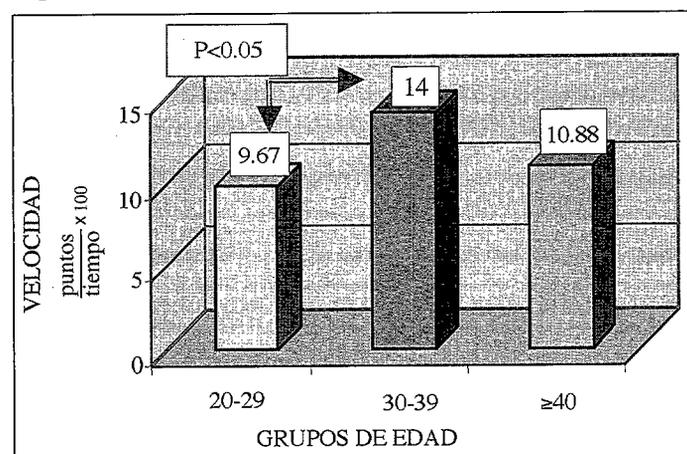
## Tolerancia a la hipoxia en relación con la edad

muestra según la vez que realizaban la prueba, al existir diferencias entre los sujetos de primera vez y los de 2.<sup>a</sup> ó 3.<sup>a</sup> vez.

Entre los sujetos que realizaban la prueba por primera vez se observó una asociación estadísticamente significativa de la velocidad y el grupo de edad ( $P=0,007$ ). Al aplicar el test de Bonferroni se encontró que los sujetos de 30-39 años obtenían una velocidad media significativamente mayor que los del grupo de 20-29. Estos resultados aparecen en la Figura 2. Para el resto de las variables recogidas (IMC, consumo de tabaco y profesión) no se encontraron asociaciones con la velocidad.

En el grupo de sujetos que ya habían realizado previamente la prueba no se demostró asociación de la variable velocidad con el grupo de edad ni con ninguna otra variable.

**Figura 2.** Velocidad media para los grupos de edad



## DISCUSIÓN

La muestra utilizada para nuestro estudio se ha recogido del personal de las Fuerzas Armadas relacionado con el vuelo que acudió al C.I.M.A. para realizar un vuelo simulado en la cámara hipobárica.

El rango de edad oscila entre 20 y 55 años, grupo en el que se encuentran la gran mayoría del personal militar que está relacionado con el vuelo.

Generalmente los pilotos comienzan la carrera militar a los 18-20 años, durante el tercer curso comienzan a volar, pero antes deben conseguir la aptitud de vuelo, para la cual necesitan realizar el entrenamiento fisiológico en la cámara de baja presión. Posteriormente, para continuar manteniendo la aptitud de vuelo, deben realizar este entrenamiento fisiológico periódicamente. Por eso los sujetos que han realizado por primera vez la prueba son estadísticamente ( $p=0,02$ ) más jóvenes que los que la realizan por segunda o tercera vez.

La edad en que dejan de renovar su aptitud de vuelo es variable, aunque una edad representativa puede ser los 55 años, sin embargo depende de la profesión.

El piloto, por lo general, mantiene su aptitud de vuelo hasta esta edad, aunque haya dejado mucho antes de volar, el paracaidista y el personal que no vuela, sin embargo, dejan de realizar los entrenamientos fisiológicos antes.

Por esta razón y debido también a que quisimos hacer una muestra homogénea, con el mismo número de sujetos en cada

grupo de edad, en el grupo de sujetos más jóvenes, predominan los paracaidistas y el personal que no vuela y en el de los más mayores el personal que vuela.

El I.M.C. se calcula al dividir el peso en kilogramos por la talla en metros al cuadrado. Según el Consenso Europeo sobre DMNID de 1993, se considera sobrepeso moderado entre 25 y 30 en hombres y entre 24 y 30 en mujeres, sobrepeso severo entre 30 y 40 y obesidad a partir de 40.

En nuestro estudio el 35,4% tienen sobrepeso. Al no aparecer ninguna mujer con un I.M.C. de 24, los grupos que se hicieron para todos los sujetos de la muestra fueron, menores de 25, entre 25 y 30 y mayores de 30. Se observa que existe una tendencia de aumento de peso con la edad.

Esto se puede explicar porque para ingresar y durante los primeros años de Academia Militar se les exige tener una buena forma física.

Por otro lado, no existe ninguna relación entre el I.M.C. y la profesión.

El 31% de los sujetos consumen más de 10 cigarrillos al día. Se ha observado que existe una tendencia a fumar con la edad, aunque no es estadísticamente significativo. Esto corrobora lo anteriormente expuesto sobre que las personas más jóvenes mantienen una mejor forma física.

Para estudiar los resultados del Test de Demostración de Hipoxia, medimos el tiempo de duración de la prueba, desde que se les quita la mascarilla de oxígeno hasta que vuelven a ponérsela, siendo muy variable, entre 320 y 75 segundos.

El tiempo útil de conciencia (TUC), definido como el intervalo de tiempo comprendido entre la interrupción o disminución del aporte de oxígeno y el momento en que el sujeto es incapaz de realizar, de una manera precisa y ordenada, una determinada tarea, es también muy variable.

En la tabla 4 podemos observar el TUC medio y la gran desviación estándar, calculado en 50 sujetos sanos y en reposo, respirando aire en distintas alturas (1).

**Tabla 4.** Tiempo útil de conciencia

ALTITUD (pies)	TUC (segundos)	
	Media	Desviación estándar
25,000	270	96
26,000	220	87
27,000	201	49
28,000	181	47
30,000	145	45
32,000	106	23
34,000	84	17
36,000	71	16

Sin embargo, en nuestro estudio no podemos considerar el TUC, ya que la finalidad del vuelo simulado es que el tripulante reconozca su propia sintomatología frente a las condiciones de hipoxia, pero en la prueba no se llega al límite. Unos sujetos se vuelven a colocar la mascarilla voluntariamente y otros esperan a que se lo indique el instructor de la prueba.

Por esta razón, se crea una nueva variable, *velocidad*, que se obtiene de dividir la puntuación del test por el tiempo, multiplicado por 100, para así conseguir más objetividad al estudiar los efectos centrales de la privación de oxígeno.

Al estudiar los resultados del Test de Demostración de la Hipoxia según la edad, aparecieron diferencias significativas cuando sólo se analizaron los sujetos que habían realizado la prueba por primera vez y ninguna cuando utilizábamos los que la habían realizado por segunda o tercera vez.

Utilizando sólo los sujetos que realizaban la prueba por primera vez, aparecía una mejor respuesta, estadísticamente significativa ( $p < 0,05$ ) al test, calculada con la variable *velocidad*, entre el segundo grupo (30-39 años) y el primero (20-29 años) y una tendencia a una mejor respuesta entre el segundo y el tercero ( $>40$  años), aunque no estadísticamente significativa.

Nuestros resultados coinciden con los resultados de Kelman y col. (11) los cuales formularon un test de atención selectiva a un grupo control de 16 sujetos a 2.000 pies y a un grupo estudio de 16 sujetos a 8.000 pies, encontrando diferencias significativas en la realización del test entre los dos grupos, sin embargo, cuando los 36 sujetos se familiarizaban con la prueba, no existían esas diferencias.

En la literatura publicada pueden extraerse bastantes pruebas de que la exposición aguda a la hipoxia produce alteraciones a nivel del SNC.

Ya en 1950, Scow y col. (7) comprobaron este deterioro al realizar unos tests psicomotores en 17 sujetos a 18.000 pies sin suplemento de oxígeno.

Fraser y col. (8) y Nordahl y col. (9), estudiaron el control postural de 39 y 16 sujetos, respectivamente, en diferentes alturas simuladas, llegando a la conclusión de que la afectación del aparato vestibular es un indicador directo de los efectos de la hipoxia hipobárica sobre el SNC.

Un estudio más complejo fue el realizado por Vaernes y col. (10), aplicaron una batería de test que estudiaban las funciones cognitivas y motoras de siete sujetos a 10.000 pies de altura sin suplemento de oxígeno y midieron varias hormonas endocrinas para determinar la activación del estrés. La conclusión a la que llegaron fue que tras seis horas y media de exposición a la hipoxia aparecían alteraciones estadísticamente significativas, sobre todo en la memoria a corto plazo y en el tiempo de reacción visual. Sin embargo, las variables endocrinas indicaban que el estrés no era la causa de estos fallos.

A pesar del gran número de trabajos que se han realizado sobre este tema, no hemos encontrado ninguno que estudie la relación de estas alteraciones con la edad.

Los trabajos que han estudiado el factor edad en vuelos de baja presión son aquellos que querían demostrar la disminución de la saturación de oxígeno con la altitud, la cual se ha comprobado que está relacionada con la afectación a nivel central.

Baker y col (12) llegaron a la conclusión de que la desaturación es un importante factor en los accidentes de avionetas no presurizadas. Realizaron un estudio sobre el desproporcionado número de accidentes de avionetas en las montañas de Colorado, observando que la causa de muchos de estos accidentes era la pérdida de juicio crítico del piloto, los cuales volaban por encima de 14.000 pies sin utilizar oxígeno.

Cottrell y col (13) sugieren que la gran variabilidad en los efectos en el SNC ante condiciones de hipoxia, es debida a la respuesta individual en los niveles de saturación de la oxihemoglobina. Estudiaron 42 tripulantes aéreos a 8.000 pies, la saturación de oxígeno, medida con un oxímetro, osciló entre 93 y 80%. Sin embargo no encontraron relación entre estos niveles y la edad.

Bendrick y col (3) estudiaron a 29 pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica, al ser evacuados en un avión cuya altitud de cabina oscilaba entre 5.000 y 9.000 pies, comprobando, por un oxímetro, la disminución de la saturación de oxígeno con la altitud, no encontrando tampoco ninguna relación entre la saturación de oxígeno y la edad.

El inconveniente de este método es que el oxímetro no mide los niveles de anhídrido carbónico y por lo tanto no indica la disfunción debida a la hipocapnia y además no diferencia entre la carboxihemoglobina y la oxihemoglobina.

Sin embargo Dillard y col (14) estudiaron la disminución de la saturación de oxígeno, en 42 sujetos, al realizar una gasometría en la arteria radial, durante la exposición a la hipoxia y en este caso tampoco se encontró ninguna relación entre la saturación de oxígeno y la edad.

Estos resultados no coinciden con los nuestros, ya que hemos encontrado que en una muestra de sujetos cuyas edades oscilan entre 20 y 55 años, son los que se encuentran entre 30 y 39 los que mejor toleran la hipoxia, a pesar de que, como hemos comprobado anteriormente, los más jóvenes tienden a una mejor forma física.

Pensamos que es debido a que este grupo reúne las condiciones idóneas de experiencia, por un lado y por otro se encuentran en una edad donde todavía no se ha manifestado el deterioro de las capacidades cognitivas y psicomotoras por el envejecimiento.

Por último, no hemos encontrado ninguna relación entre la *velocidad* y otras variables como son el I.M.C., el tabaco y la profesión.

A pesar de que parece lógico que los sujetos con sobrepeso y fumadores respondan peor a la hipoxia y otros autores lo hayan demostrado en sus trabajos (13,15), nosotros no hemos obtenido ninguna diferencia.

Tampoco está relacionado el tipo de profesión, aunque los pilotos y los paracaidistas estén más habituados a la hipoxia y pudieran tolerarla mejor que el grupo de los que no vuelan habitualmente.

El hecho de que ni las condiciones físicas ni la práctica profesional influyan en la respuesta a la hipoxia, refuerza aún más el factor de la edad.

Sin embargo nuestro estudio tiene varias limitaciones, por una parte el objetivo fundamental del test es enseñar al sujeto a reconocer sus propios síntomas cuando está sometido a un ambiente de hipoxia y por otra la prueba utilizada no tiene la finalidad de cuantificar alteraciones.

En conclusión, nuestros datos sugieren que los sujetos en el grupo de edad de 30 a 39 años toleran mejor la hipoxia, si bien será necesario realizar nuevos estudios con métodos más precisos para poder aclarar el significado de nuestras observaciones.

## Tolerancia a la hipoxia en relación con la edad

### BIBLIOGRAFÍA

1. De Hart R.L. Fundamentals of aerospace medicine. Baltimore: Williams & Wilkins, 1996; 43-58.
2. AMA Commission on Emergency Medical Services. Medical aspects of transportation aboard commercial aircraft. JAMA. 1982; 247: 1007- 11.
3. Bendrick G.A., Nicolas D.K., Krause B.A. Inflight oxygen saturation decrements in aeromedical evacuation patients. Aviat Space Environ Med. 1995 Jan. 66 (1), 40-4.
4. Gibson G.E., Petersen C., Sansone J. Decreases in amino acid and acetylcholine metabolism during hypoxia. J. Neurochem. 1981; 37: 192-201.
5. Rosenzweig M.R. Psicología fisiológica. Berkeley: Mc Graw Hill, 1997.
6. B.O.D. nº204. 19 de Octubre 1992; 9539-63.
7. Scow J., Krasno L., Ivy A. The immediate and accumulative effect of psychomotor performance of exposure to hypoxia, high altitude and hyperventilation. J. Aviat. Med. 1950; 21: 79-81.
8. Fraser W.D., Eastman D.E., Paul M.A. Decrement in postural control during mild hypobaric hypoxia. Aviat Space Environ Med. 1987; 58: 768-72.
9. Nordahl S.H, Aasen T., Owe J.O. Effects Of Hypobaric Hypoxia On Postural control. Aviat Space Environ Med. 1998 Jun. 66 (6), 590-5.
10. Vaernes R.J. Owe J.O., Myking O. Central nervous reactions to a 6.5 hour altitude exposure at 3048 meters. Aviat Space Environ Med. 1984; 55: 921-6.
11. Kelman G.R., Crow T.J. Impairment of mental performance at a simulated altitude of 8000 feet. Aerospace Med. 1969; 40: 981-82.
12. Baker S.P., Lamb M.H. Hazards of mountain flying: crashes in the Colorado Rockies. Aviat. Space Environ. Med. 1989; 60: 531-6.
13. Cottrell J.J., Lebovitz B.L. Inflight Arterial Saturation: Continuous Monitoring by Pulse Oximetry. Aviat. Space Environ. Med. 1995; Feb: 126-30.
14. Dillard T.A., Moores L.K., Bilello K.L. The preflight evaluation. A comparison of the hypoxia inhalation test with hypobaric exposure. Chest. 1995 Feb. 107 (2), 352-7.
15. Comroy J.P. Smoking and the anesthetic risk. Anesth. Analg. 1969; 48: 388-400.