

# Consideraciones especiales en medicina y traumatología aeroespaciales

Gral. Brig. M.C. Víctor Manuel **Rico-Jaime\***

Dirección General de Sanidad

**RESUMEN.** Las exigencias de la vida militar en el ambiente aeronáutico conllevan la exposición rutinaria a condiciones y factores nocivos que impactan significativamente la salud integral del personal de la Fuerza Aérea Mexicana. En ese contexto, la medicina aeroespacial tiene como misión fundamental obtener la seguridad de las operaciones aeronáuticas mediante el estudio, prevención, diagnóstico, tratamiento y, si procede, la rehabilitación de las alteraciones de la salud psicofísica que se presenta en el personal militar de vuelo. En este artículo se revisan en forma particular los aspectos fisiopatológicos que son capaces de producir lesiones en el aparato osteomuscular y que se pueden generar durante el adiestramiento de las tripulaciones al operar aeronaves de combate y helicópteros.

**Palabras clave:** Medicina aeroespacial, traumatología, personal militar de vuelo.

## Antecedentes

En el texto del artículo 90 de la ley orgánica del Ejército y Fuerza Aérea Mexicanos, se establece que el servicio de sanidad tendrá a su cargo la prevención y profilaxis de las enfermedades de los miembros del activo del ejército y fuerza aérea así como la pronta recuperación de los efectivos de dichas fuerzas armadas. Asimismo, se menciona en su párrafo II que conservará la salud del personal militar mediante la atención médica quirúrgica y odontológica.

Una de las misiones de la Dirección General de Sanidad por conducto de la Sección de Medicina de Aviación,

**SUMMARY.** Military demands at the aeronautical environment includes rutinary exposition to nocive factors and conditions that have a negative and significant impact over integral health of Mexican Air Force personnel. In that context, Aerospace Medicine has the mission of to obtain the maxim level of safety during aeronautical operations through study, prevention, diagnostic, treatment and, if it needed, rehabilitation for psycho-somatic alterations physic occuring in military flight personnel. This paper make a particular review about physiopathologic issues that can cause damage over the osteomuscular system and that can be generated during tripulation training as well as real operations with fighter planes and helicopters.

**Key words:** Aerospace Medicine, traumatology, military flight personnel.

consiste en obtener la seguridad de las operaciones aeronáuticas mediante el estudio, prevención, diagnóstico, tratamiento y, si procede, la rehabilitación de las alteraciones de la salud psicofísica que se presentan en el personal de la Fuerza Aérea Mexicana, ocasionadas por la exposición a los agentes nocivos y morbígenos encontrados en el ambiente aeronáutico durante el desempeño de operaciones de vuelo o de apoyo terrestre, con el fin de reintegrar al militar a las labores para las cuales se encuentra capacitado.

Las acciones que se tomen en cuanto a la expedición de certificados y dictámenes para el personal de la Fuerza Aérea Mexicana, se apegarán a lo ordenado por la Dirección General de Sanidad con el fin de que los certificados y dictámenes de utilidad e inutilidad que se expidan a este personal, se elaboren adecuadamente con apego a los principios que para estos propósitos establece la especialidad en medicina aeroespacial.

## Introducción

Como parte de la vida militar en el medio aeronáutico, las tripulaciones de aeronaves de alta performance o rendi-

---

\* Maestro en Ciencias con especialidad en Medicina Aeroespacial. Jefe de Sección Técnica de la Dirección General de Sanidad. Miembro de la Academia Internacional de Medicina de Aviación y del Espacio. Vicepresidente de la Asociación Mexicana de Medicina Aeroespacial.

Correspondencia:  
E-mail: victor-m-rico-jaime@hotmail.com

Recibido: Marzo 5, 2001.  
Aceptado: Abril 30, 2001.

miento diseñadas para el combate aéreo en cualquiera de sus modalidades y las aeronaves de ala rotatoria, se ven sometidas rutinariamente a ciertos agentes nocivos y morbígenos que eventualmente ponen en riesgo el equilibrio homeostático de dichas tripulaciones.

En el resorte de la medicina aeroespacial, se han logrado investigar y determinar los mecanismos fisiopatológicos que producen alteraciones fisiológicas y/o lesiones en diferentes aparatos o sistemas del organismo humano. Ahora se sabe que los diferentes estímulos nocivos encontrados en el entorno aeronáutico a los que se exponen las tripulaciones, aunados al desgaste emocional generado por las condiciones ambientales adversas, el tipo de misión por cumplir y la complejidad para pilotear con seguridad estos tipos de aeronaves, imponen al piloto un estado de gran estrés, tanto físico como mental, que puede alterar su fisiología general y especialmente, entre otras, la psiconeurológica, cardiovascular, metabólico-endocrina y la osteomuscular, pudiendo afectar la integridad anatómica de este último sistema como se verá más adelante.

En este capítulo se incluirán solamente los aspectos fisiopatológicos que son capaces de producir lesiones en el aparato osteomuscular y que se pueden generar durante el adiestramiento de las tripulaciones al operar aeronaves de combate y helicópteros.

## **El adiestramiento de vuelo y sus mecanismos fisiopatológicos**

### **A. El vuelo de combate aéreo**

Durante la práctica o desarrollo de maniobras de combate aéreo a bordo de aeronaves de pelea o caza-bombarderos de alto rendimiento en cualquiera de sus modalidades: aire-aire o aire-tierra, se generan aceleraciones conocidas en el medio aeronáutico como "Fuerzas G" o "Gravedades".

La aceleración se define como el cambio de velocidad de un objeto o persona en movimiento, en el concepto de que la magnitud de este cambio puede ser en la dirección, en la propia velocidad o en ambos factores en forma simultánea. La unidad de medida es la "G" que equivale en magnitud a la constante universal gravitacional de 9.81 m/s al cuadrado.

El tipo de aceleraciones que más afectan al piloto durante el combate aéreo se conocen con el nombre de aceleraciones radiales o angulares, y se identifican taxonómicamente con el signo "G" y se subdividen en positivas y negativas dependiendo de su vector de aplicación con respecto a los ejes anatómicos del cuerpo humano. Las fuerzas "Gz(+)" se aplican en sentido caudo-cefálico, las tipo "Gz(-)" en sentido cefalo-caudal; las "Gx(+)" en sentido postero-anterior, las tipo "Gx(-)" en sentido antero-posterior y finalmente existen las tipo "Gy" que se aplican en sentido latero-lateral.

Por cada unidad "G" que se aplica a una masa determinada, ésta multiplica su peso por el número de unidades "G" a que se ve expuesta. Por ejemplo, si un individuo se va desplazando a una velocidad de 900 km/h e inicia un viraje para evadir un posible enfrentamiento con otra(s) aeronave(s) describiendo un círculo de 1 km de diámetro durante dicho

viraje el piloto se expone a 12.7 "Gs". Si sabemos que este piloto pesa con todo su equipo aproximadamente 100 kg, concluimos que en ese momento su peso está generando un peso de 1 270.0 kg sobre el asiento y piso de su aeronave. Así, cada segmento corporal del piloto pesa 12.7 veces más de lo que normalmente pesa bajo condiciones normales por efecto de la gravedad terrestre, que es la fuerza de aceleración a que todo individuo u objeto está sujeto en condiciones de reposo sobre la superficie terrestre. Las repercusiones de la fuerza "G" sobre el organismo humano abarcan varios sistemas e incluyen diversos síntomas y síndromes. Entre ellos existe la pérdida del estado de conciencia (Burton y cols, 1985)<sup>1</sup> fatiga operacional (Rolando, 78)<sup>2</sup> y afecciones osteomusculares (Vanderbeck RD, 1988; Hansen y Wagstall, 2001; Naumann y cols, 2001).<sup>3-5</sup> De lo anterior se deriva el estudio de los diversos factores etiológicos (Epperson y cols, 1982),<sup>6</sup> así como del efecto y utilidad del entrenamiento espacial para prevenir estos daños (Guillingham y cols, 1988; Parnell y Whinnery, 1982; Rico Jaime y Pérez Martínez, 1990; Tesch y cols, 1983).<sup>7-10</sup>

En virtud de lo anteriormente descrito, es fácil concluir que es el músculo esquelético uno de los sistemas más afectados durante el proceso de adiestramiento para el combate aéreo, debido a la continua exposición a las fuerzas "G" que por motivo del diseño de las aeronaves casi siempre se aplican sobre los pilotos las del tipo "Gz(+)", produciéndose sobrecargas en la columna vertebral especialmente a nivel cervical y lumbar siendo el mecanismo de lesión el sobrepeso traumático de tipo compresivo agudo intermitente y repetitivo sobre las estructuras que rodean las vértebras, los cuerpos vertebrales, los discos intervertebrales, sus ligamentos o ambos. En esa línea Naumann y cols (2001)<sup>5</sup> concluyen que la densidad mineral ósea se ve incrementada en respuesta a altas fuerzas G (+) generadas durante vuelos de alto rendimiento en aeronaves Pilatus PC-9.

### **B. El vuelo en helicóptero**

El desarrollo de las aeronaves de ala rotatoria o helicópteros, impone al organismo humano una serie de "tensiones" que se manifiestan en diferentes formas. Es bien conocido el hecho que las actividades de vuelo en helicóptero son consideradas como una "actividad vital" más bien que como una simple actividad técnica u operacional. Esta actividad vital somete al piloto a tensiones de orden físico y psíquico que se originan al realizar dicha actividad bajo ciertas y muy peculiares condiciones de trabajo como lo son operar bajo condiciones ambientales encontradas durante el vuelo, la necesidad de tolerar un alto grado de tensión psicológica y de prolongar el estado de atención, así como soportar un estado emocional agregado y relacionado con el tipo de misión por cumplir.

Dependiendo del tipo de helicóptero que se opere, las vibraciones se pueden encontrar dentro de un rango que oscila entre 280 y 320 ciclos por segundo (Hz) y una amplitud que varía en función del buen o mal balance del rotor y sus hojas o alas. Esta vibración generalmente es vertical y se acentúa cuando las alas

del rotor no están bien colocadas o alineadas. Este tipo de vibración es sin duda la más importante en cuanto a los efectos adversos que produce en el organismo humano.

Además de los efectos generales que se producen por la exposición a las vibraciones producidas durante el vuelo en helicópteros, se presentan otros efectos en el sistema musculoesquelético. La exposición crónica a las vibraciones que se generan en los helicópteros pueden producir procesos patológicos particularmente a nivel de la columna lumbar asociados con dolor y reducción de los movimientos de los segmentos corporales afectados.

El mecanismo de lesión no está bien determinado, sin embargo, se ha comprobado que dichas vibraciones provocan una desmineralización de los huesos debido a que, por causas aún no bien determinadas, se inicia la pérdida de calcio en los huesos que reciben directamente los estímulos vibratorios: del asiento de los pilotos se transmiten a los huesos de la pelvis y de ésta a la columna lumbar; de los controles de la aeronave a los huesos de la mano, muñeca, cúbito y radio y en menor grado se afectan los huesos de los pies y las piernas. Además, se debe considerar el efecto causado por los microtraumatismos absorbidos por los huesos, especialmente los de la columna lumbar que aunados a la pérdida de calcio, eventualmente se producen microfracturas por fatiga produciéndose una serie de lesiones citadas más adelante.

Gearhart (1878)<sup>11</sup> demostró una relación estrecha entre la vibración recibida y dolor lumbosacro y síntomas de ciática; observó que 11% de los pilotos de helicóptero que renunciaron a sus trabajos o fueron suspendidos de vuelo, tuvieron alteraciones ortopédicas acompañadas de síntomas como dolor lumbar bajo y enfermedad degenerativa de la columna vertebral. Por otra parte, en un estudio que realizó en 14 reclutas de la fuerza aérea de EUA, los cuales fueron sometidos a sesiones de vibraciones durante un lapso de 18 meses al realizar vuelos en helicóptero, con un promedio de cinco horas por semana, se encontró que a las seis semanas de iniciado el estudio los 14 reclutas presentaron una desmineralización estadísticamente significativa ( $p < 0.001$ ), de 10% del tercio distal del hueso cubital, que posteriormente se recuperó al dejar de someterse a los estímulos vibratorios.

Goede<sup>12</sup> hace notar en su trabajo el hecho de que los pilotos de helicóptero que tenían una afección en la columna vertebral previa al entrenamiento para pilotear se quejaron de dolor lumbar al alcanzar entre las 50 y 100 horas de vuelo a diferencia de los pilotos sin lesión previa en columna vertebral, quienes se quejaron por primera vez de dolor lumbar al alcanzar aproximadamente las 300 horas de vuelo. En esa misma línea, Hansen (2001) refiere que aquellas tripulaciones con más de 2000 h de vuelo tienen un incremento significativamente mayor de dolor lumbar que tripulaciones con menos de 2000 h.

Asimismo, Mohler (1982)<sup>13</sup> informa que un grupo de pilotos que estuvieron sometidos a prolongados periodos de vibraciones al pilotear helicópteros, se incapacitaron para continuar con su trabajo. Esto se debió a que los pilotos tuvieron que adoptar una posición inadecuada para volar

unos helicópteros ergonómicamente mal diseñados por lo que para poder operarlos tuvieron que adoptar una posición muy incómoda caracterizada por una rotoescoliosis postural, lo cual contribuyó a que los síntomas dorsolumbares severos que los incapacitaron, se presentaran rápidamente al verse sometidos a las vibraciones producidas por sus helicópteros.

## Factores de riesgo

Adicionalmente a los factores de riesgo comunes para la posible aparición de enfermedades o la producción de accidentes en la población general, existen factores de riesgo específicos que pueden favorecer la presentación de lesiones en el sistema musculoesquelético del personal de pilotos de pelea o de helicóptero. Estos factores de riesgo son:

### A. Para el vuelo de combate en aviones de ala fija

Edad: A mayor edad, mayor propensión de presentar lesiones en las estructuras óseas debido a los cambios de envejecimiento fisiológico.

Experiencia previa: los pilotos de caza novatos presentan mayor incidencia de lesiones en columna vertebral cervical durante el adiestramiento para el combate aéreo debido a su inexperiencia para tolerar las fuerzas "Gz(+)" que se aplican durante los virajes ceñidos.

Condición física: La falta de entrenamiento a base de ejercicios isotónicos e isométricos para fortalecer los músculos que rodean a la columna vertebral en general, predispone al piloto a desarrollar lesiones en esta estructura ósea y sus sistemas de fijación, sostén y amortiguación, tendiendo a presentarse con mayor incidencia a nivel cervical.

Confianza excesiva: El personal veterano que se confía a su experiencia previa para tolerar las aceleraciones sin complicaciones, eventualmente se ve afectado cuando es sobrepasado su esfuerzo de resistencia a éstas presentándose la lesión.

Fatiga: La operación de aeronaves de alto rendimiento exige el máximo esfuerzo muscular para tolerar las aceleraciones adecuadamente. La fatiga muscular predispone a la aparición de lesiones de columna al no poder resistirlas unos músculos "fáciles" de ser vencidos y por lo tanto, dejando sin protección a las estructuras óseas, cartilaginosas y sus ligamentos.

Sobrepeso, obesidad: La sobrecarga ejercida por el peso de la masa adiposa sobre las estructuras de la columna, predispone al individuo a sufrir lesiones en estos órganos de sostén.

### B. Para el vuelo en helicóptero

Además de los citados para el piloto de combate, aunque en menor grado por el hecho de que el piloto de helicóptero no se somete a aceleraciones de la magnitud a la que aquellos se exponen, se puede considerar lo siguiente:

Horas de vuelo excesivas: La exposición prolongada a las vibraciones generadas por los helicópteros se puede manifestar con afecciones de la columna lumbar baja.

Posición viciosa durante el vuelo: El operar los helicópteros adoptando una posición de rotoflexión de la columna vertebral, predispone a la presentación temprana de lesiones en esta estructura anatómica.

Afecciones congénitas o adquiridas de la columna vertebral: La presencia de condiciones patológicas subclínicas previas a la iniciación del adiestramiento para pilotar helicópteros es causante de aparición temprana de lesiones secundarias a la exposición a las vibraciones generadas por los helicópteros. Esto también se aplica a los pilotos de combate con relación a su patología peculiar.

## Lesiones más comunes

### A. En el piloto de combate de aeronaves de ala fija

#### 1. Agudas:

Cervicalgia simple  
Espasmo muscular cervical  
Esguince cervical  
Síndrome de compresión radicular en cuello por hernia de disco  
Fracturas vertebrales cervicales compresivas.

#### Diagnóstico

La afección más común en el piloto de combate es la cervicalgia aguda que nos puede indicar la presencia de cualquiera de las lesiones citadas y que pueden presentarse súbitamente durante un viraje ceñido en el que se generan fuerzas de aceleración por arriba de las 3 "Gz(+)". Su mecanismo de lesión es la compresión ejercida por el peso de la cabeza, casco y mascarilla de oxigenación en el sentido longitudinal de la columna (Olavi y cols, 1994).<sup>4</sup> Dependiendo de la lesión presente, el dolor se puede acompañar de los siguientes signos y síntomas:

Dolor muscular franco con irradiación a los hombros o sin ella.  
Espasmo muscular, óseo o ambos.  
Parestesias que siguen el trayecto del nervio afectado.  
Déficit motor con disminución de reflejos osteotendinosos.  
Franco deterioro de la fuerza, coordinación, destreza o movimiento.

#### Tratamiento

Primer nivel. Ante el antecedente de vuelo de alto rendimiento, el diagnóstico es fácil y se deberá iniciar tratamiento conservador:

Colocación de un collar cervical semirrígido.  
Administración de analgésicos y AINE'S.  
Relajantes musculares y calor local.  
Exceptuación de vuelo durante 15 días.  
Iniciar ejercicios de rehabilitación para cuello.

Si existe la sospecha de una lesión más severa (hernia de disco o fractura vertebral), el paciente deberá ser debida-

mente inmovilizado y canalizado al Hospital Central Militar para su estudio, diagnóstico, tratamiento definitivo y rehabilitación necesarios, dando parte a la Sección de Medicina de Aviación para que conjuntamente con el médico cirujano traumatólogo tratante se elabore el certificado aeromédico correspondiente.

## 2. Crónicas:

Síndrome de compresión radicular por hernia de disco.

#### Diagnóstico

Ante la aparición súbita del síndrome durante el desarrollo de maniobras de combate aéreo, se debe sospechar la existencia de hernia de disco, especialmente si existe el antecedente de repetición del síndrome durante la exposición a fuerzas "G".

#### Tratamiento.

Primer nivel.  
Colocación de un collar semirrígido.  
Administración de analgésicos y AINE'S.  
Relajantes musculares y calor local.  
Canalizarlo al Hospital Central Militar dando el parte correspondiente a la Sección de Medicina de Aviación.

## Artrosis degenerativa

#### Diagnóstico

La repetición del mecanismo traumático compresivo sobre las estructuras óseas, articulares y ligamentosas que conforman la columna vertebral eventualmente causarán el desarrollo de artrosis degenerativa, la cual se acompañará de los síntomas y signos que le caracterizan.

#### Tratamiento

Primer nivel:  
Analgésicos y AINE'S.  
Relajantes musculares y calor local.  
Reposo en cama dura.  
Canalizarlo a la Sección de Medicina de Aviación para efectos de certificación aeromédica.

## B. En el piloto de helicóptero

Subagudas y/o crónicas:

Discopatías.  
Hernia de disco.  
Espondilolisis.  
Espondilolistesis.  
Artrosis degenerativa.

Las vibraciones generadas por los helicópteros son capaces de producir estas lesiones, las cuales aparecen en forma subaguda o crónica debido a que el estímulo microtraumático

co que se aplica especialmente en la columna lumbar baja es de acción lenta. Es por ello que dichas lesiones iniciarán sus síntomas y signos hasta después que se alcanzan las 300 horas de vuelo en personas sin afección previa en su columna vertebral, a diferencia de los pilotos con lesión previa, quienes generalmente inician con molestias de la columna lumbar baja más tempranamente, es decir, cuando alcanzan entre las 50 y 100 horas de vuelo.

#### *Diagnóstico*

Ante la presencia de síntomas y signos característicos del síndrome lumbálgico, se debe sospechar la sobre-exposición a vibraciones por vuelo prolongado y repetitivo en helicóptero, este síndrome generalmente se acompaña de síntomas y signos de fatiga psicofísica generalizada.

#### *Tratamiento.*

Primer nivel:

Reposo relativo.

Relajantes musculares.

AINE'S.

Excepción de vuelo por el tiempo que se estime pertinente.

En casos crónicos de difícil control higiénico-medicamentoso y ante la sospecha de lesiones como la espondilolisis o espondilolistesis, se canalizará al paciente a la Sección de Medicina de Aviación para su manejo posterior.

#### *Prevención*

Adicionalmente a una selección adecuada del personal que ingresa a la Escuela Militar de Aviación, la mejor manera de prevenir las lesiones que peculiarmente se presentan en este tipo de pilotos aviadores, es mediante la práctica constante y controlada de los ejercicios isométricos e isotónicos, combinados con algunos del tipo aeróbicos, y que especialmente se seleccionaron para el adiestramiento especial de este personal.

Estos ejercicios se encuentran tipificados en la directiva de educación física y deportes para el personal de las UU. DD. E II del Ejército y Fuerza Aérea Mexicanos, elaborada por la dirección General de Educación Física y Deportes.

Por otra parte, durante el examen aeromédico pre-vuelo que se debe practicar a las tripulaciones antes de iniciar las operaciones de vuelo y durante los exámenes periódicos para la certificación aeromédica de este personal, el médico de vuelo deberá interrogar intencionadamente sobre los síntomas y signos que pudieran conducir a la detección temprana de estas lesiones y prevenir su desarrollo, si es que ya se iniciaron sus respectivos procesos patológicos, y por ende prevenir la incapacidad física potencial que éstos conllevan.

Para el personal de pilotos de helicóptero se recomienda adicionalmente no volar más de cinco horas diarias, no debiendo acumular más de 50 horas de vuelo al mes.

#### **Referencias**

1. Burton RR, Winnery JE. Operational G-induced loss of consciousness; something old, something new. *Aviat Space Environ Med* 1985; 56 (8): 812-7.
2. Rotondo G. Workload and operational fatigue in helicopter pilots. *Aviat Space Environ Med* 1978; 49 (2): 430-6.
3. Vanderbeek RD. Period prevalence of acute injury in U.S. Air force pilots exposed to high force. *Aviat Space Environ Med* 1988; 59 (12): 1176-80.
4. Hansen QB, Wagstaff AS: Low back pain in Norwegian Helicopter Aircrew. *Aviat Space Environ Med* 2001; 72: 161-4.
5. Naumann FL, Bennell KL, Wark JD: The effect of +Gz force on the bone mineral density of fighter pilots. *Aviat Space Environ Med* 2001; 72: 177-81.
6. Epperson WL, Burton RR, Bernauer EN. The influence of differential physical conditioning regimens on simulated aerial combat maneuvering tolerance. *Aviat Space Environ Med* 1982; 53 (11): 1091-7.
7. Guillingham KK, Fosdick JP. High-G training for fighter aircrew. *Aviat Space Environ Med* 1988; 59 (1): 12-9.
8. Parnell MJ, Whinnery JE. The effects of long term aerobic conditioning on tolerance to + Gz stress. *Aerospace Med Assoc Preprints* 1982; 22-3.
9. Rico Jaime VM, Perez-Martínez A. El ejercicio y sus repercusiones fisiológicas durante el combate aéreo. *Rev Sanid Milit Mex* 1990; 44 (4): 167-71.
10. Tesch PA, Hort H, Ballain UI. Effect of strength training on G tolerance. *Aviat Space Environ Med* 1983; 54 (8): 691-5.
11. Gearhart JR. Response of skeletal system to helicopter unique vibration. *Aviat Space Environ Med* 1978; 49 (1): 253-6.
12. Goede R. Backache in helicopter pilots. Datos no publicados.
13. Mohler SR. The pilot's back. *Human factor bulletin flight safety foundation* 1982.
14. Olavi Hämäläinen, Visuri T, Juronen P, Vanjaranta H. Cervical disk bulges in fighter pilots. *Aviat Space Environ Med* 1994; 65: 144-6.