

# Medicina Aeroespacial. Evolución Histórica de una Especialidad en continuo desarrollo

Francisco Ríos Tejada\*

Melchor J. Antuña\*\*

Juan José Cantón Romero\*

## RESUMEN

**Introducción** Medicina Aeroespacial (M.A.) es un término que asocia el medio aéreo a los problemas fisiológicos que entraña la exposición del ser humano a la altura. La primera descripción del mal agudo de montaña se realiza en el siglo XVI, pero es en el siglo XX donde la M.A. evoluciona y se desarrolla al paso de las aeronaves que la sustentan. **Objetivos** La M.A. se apoya en un conjunto de Ciencias como la Física, Fisiología Humana, Fisiopatología, Patología Aeroespacial y Medicina Preventiva con unos objetivos básicos orientados hacia la detección, tratamiento y profilaxis de aquellos procesos agudos o crónicos que puedan afectar al tripulante aéreo y ello sustentado en un Programa de Investigación Aplicada en cada una de las áreas que la soportan. **Desarrollo** Es en EE.UU. cuando en 1940, la Aero Medical Association inicia los trabajos encaminados a la obtención de un reconocimiento oficial de los estudios de M.A. como especialidad. En 1953 se consigue en EE.UU. la certificación de la misma con un programa de residencia de 3 años de duración. En España el único Programa de Residencia aprobado por un Organismo estatal se desarrolla en el seno del Ejército del Aire. **Discusión** Las Instituciones revisadas en este trabajo de carácter Civil o Militar contemplan una estructura que se apoya en una Base Científica amplia donde se aprovechan los recursos humanos y materiales disponibles, única forma de conseguir una formación adecuada y completar los objetivos señalados para esta Especialidad Médica. **Conclusiones** Se concluye la necesidad de estructurar un Programa de Formación que cumpla unos objetivos viables y claros, aprovechando la experiencia y recursos materiales de las Instituciones Estatales o Privadas que en la actualidad trabajan en este apasionante campo de la Medicina.

## SUMMARY

**Introduction.** Aerospace Medicine (A.M.) is a term associating the aerial medium with physiological problems arising from the exposure of the human body to height. The first description of mountain sickness was given in the XVI century, but it is in the XX century that A.M. is evolving and developing alongside the aeroplanes that give rise to it. **Objectives.** In 1940, in the USA, the Aero Medical Association began work intended to obtain official recognition of A.M. studies as a specialization. In 1953 a certification for the same was at last given in the USA, with a residency programme lasting 3 years. In Spain the only Residency Programme approved by a State organism is being developed within the Air Force. **Discussion.** The Institutions covered in this work, of a Civil or Military nature, have a structure that is supported by a wide Scientific Basis, where available human and material resources are exploited, the only way to obtain adequate training and to complete the objectives laid down for this Medical Speciality. **Conclusions.** It is concluded that there is a need to structure a Training Programme that offers viable and clear objectives, taking advantage of the experience and material resources of State or Private Institutions that are currently working in this exciting field of Medicine.

## INTRODUCCION

Medicina Aeroespacial es un término que inmediatamente asocia el medio aéreo a los problemas fisiológicos

que entraña la exposición del ser humano a la altitud. Esto precisamente es lo que el Jesuita José de Acosta describió hace 400 años en su famoso libro *Historia Natural y Moral de las Indias* (1). Dos elementos conflúan, el hombre y el medio natural al que estaba expuesto, en este caso la cordillera de los Andes y a una altura superior a los 5.000 m. Había una relación causa-efecto entre los

síntomas y la exposición a la altitud. En 1736, Ulloa describe síntomas observados por miembros de su expedición a los Andes bolivianos y unos años más tarde (1778), Saussure relata los síntomas del mal agudo de montaña en las cumbres de los Alpes (2).

En 1864 Paul Bert (figura 1) iniciaba sus estudios en la Facultad de Medicina de la Universidad de París.

\* Capitán Médico. Centro de Instrucción de Medicina Aeroespacial. Madrid.

\*\* M.D. Research Fellow National Academy of Sciences USAF School of Aerospace Medicine. Brooks AFB. San Antonio (Texas), EE.UU.

trabajando como asistente en el laboratorio de Claude Bernard. Bert en 1868 como profesor de Fisiología Comparada, junto con Jourdanet iniciaban los trabajos encaminados al estudio de los efectos de las variaciones de la Presión Barométrica en el hombre y los animales. Los resultados de dichos trabajos fueron publicados en 1875, en el libro titulado "Influencia de la Presión del Aire sobre la Vida Humana: Clima en la Altura y Clima Montañoso". En 1877 Bert publicaba su famoso libro "La Presión Barométrica. Investigación en Fisiología Experimental" (3), en él se concluía:

1. La disminución de la Presión Barométrica, actúa sobre los seres vivos sólo bajando la tensión de oxígeno en el aire inspirado y en la sangre que riega los tejidos.

2. El incremento de la Presión Barométrica actúa aumentando la tensión de oxígeno en el aire y en la sangre.

3. La descompresión rápida tiene como efecto la aparición de nitrógeno disuelto en la sangre y en los tejidos.

La invención de los "menos pesados que el aire" en el siglo XVIII complicaba las cosas, otro elemento entraba en juego; la máquina voladora en este caso el aerostato, que pronto demostraba no ser el elemento bucólico y placentero que cualquier ciudadano parisino pudiera pensar. Las bajas temperaturas y la presencia de cefalea, dolores musculares, irritación de la piel e incluso pérdida de conciencia y muerte hacían de éste no un elemento inocuo, sino algo que era capaz de poner al individuo en una situación más que comprometida. De hecho Bert además de completar sus experiencias en la primera Cámara Hipobárica conocida (figura 2), también empleó vuelos reales en globo para demostrar el efecto beneficioso del oxígeno en la altura comprobando algunos hechos que hacían del vuelo real una experiencia mucho más estresante que el ascenso en la Cámara de Descompresión. Ello era atribuido a:

- 1) Temperatura ambiental más baja.
- 2) Ejercicio Físico.
- 3) Duración del vuelo.

Estos factores se demostraron vitales cuando en 1875, Croce-Spinelli, Sivel y Tissandier planearon una



Figura 1. Paul Bert.

ascensión con una reserva de oxígeno de 150 litros en una mezcla en la que se contenía oxígeno al 72% (4).

Puede observarse como prácticamente desde los principios de la Aerostación existió una enorme conexión entre el fenómeno experimental de laboratorio y la práctica en vuelo real, aun cuando todavía se estaba lejos de la figura que en pleno siglo XX se denominó Médico de Vuelo.

Históricamente el General Teodoro C. Lyster ha sido considerado padre de la Moderna Medicina Aeronáutica; oftalmólogo que guió los primeros pasos de la Medicina de Aviación en el US Army durante la Primera Guerra Mundial y fue fundador del primer

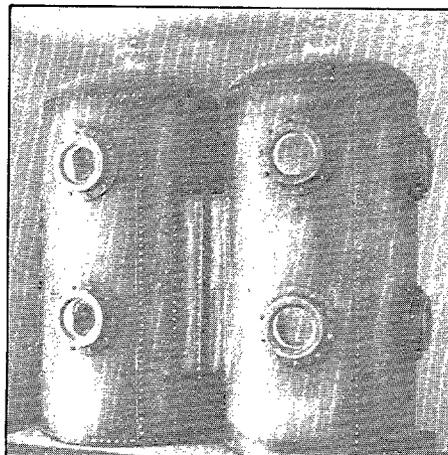


Figura 2. Cámara Hipobárica diseñada por Paul Bert (1877).

Laboratorio de Investigación Aero-médica en Mineola, Long Island en enero de 1918. Su primer director fue también un oftalmólogo Coronel William H. Hilmer (5).

En Europa, concretamente en Francia se Organiza el Servicio de Selección e Investigaciones Fisiológicas de la Aeronáutica Francesa en 1917, el mismo año en que Theodore C. Lister se convertía en el primer "Chief Surgeon, Aviation Section", organizando el apoyo aeromédico de la Aviación durante la Primera Guerra Mundial. Dos años más tarde se celebra la Primera Conferencia Internacional de Medicina Aeronáutica en Roma.

En 1918 Sutherland (6) publicada en Lancet la primera descripción de lo que debía contemplar un reconocimiento médico para pilotos, base de la que en octubre de 1919 se convertiría en una regulación internacional, aprobada durante el Tratado de Versalles (International Regulations for Aviation). En su artículo 1, textualmente se dice: "Cada candidato antes de obtener una licencia como piloto, navegante o mecánico de avión para Aviación Comercial tiene la obligación de pasar un examen médico por una persona especialmente calificada (Flight Surgeon) que actuará bajo la Autoridad del Estado contratante". (7).

En 1921, Maublanc publica su "Medical Examination of Airmen" y en 1923, el italiano Herlitzka publica "Fisiología de Aviazione", que puede considerarse como el primer tratado Europeo de Medicina de Aviación, donde se describen en tres capítulos la Fisiología del Vuelo, Fisiología del Hombre en Vuelo y Selección del Piloto (8,9).

1926 marca el punto definitivo de partida de una especialidad que había empezado a volar sólo unos años antes. Se crea en Randolph Field (San Antonio, Texas) la Escuela de Medicina de Aviación, se organiza el Servicio Médico de Aviación Civil Americano y Louis Bauer publica su primer tratado sobre Medicina Aeronáutica (10); en el que se describen los requerimientos psicofísicos que deberían cumplir los aspirantes a piloto, señalando como el número de accidentes al final de la guerra se había reducido enormemente debido al proceso de selección de pilotos, esto ya había sido observado por los ingleses durante el transcurso de la misma, un capítulo del libro está dedicado al que ya se denomina Médico de Vuelo. Dos años más tarde se funda la Sociedad Americana de Medicina Aeronáutica y en 1930 apa-

rece la primera publicación del "Journal of Aviation Medicine" (11,12,13).

En 1939 Armstrong publica la primera Edición de su libro "Principles and Practice of Aviation Medicine", el mismo año Franks, profesor de Investigación Médica de la Universidad de Toronto diseñaba el primer traje Anti-G (figura 3).

Al año siguiente en España se creaban los Institutos de Medicina Aeronáutica de Madrid y Sevilla. En 1942 se ubica el Instituto de Medicina Aeronáutica de Madrid en el Pabellón de Fisiología de la Facultad de Medicina de la Universidad Complutense de Madrid (14).

Observamos como durante los años que precedieron a la Segunda Guerra Mundial y como consecuencia de la misma, la Aviación experimentó un cambio verdaderamente sustancial, las aeronaves van a volar más alto y más rápido. Evidentemente era el piloto, quien expuesto a retos cada vez mayores va a sufrir las consecuencias de la exposición a un medio hostil y en una máquina que se ha ido perfeccionando de acuerdo con los requerimientos fisiológicos del ser humano que la va a volar. Esto es precisamente la base que sustenta una Especialidad que en su origen es tan vieja como la Aviación misma.

## OBJETIVOS

La especialidad de Medicina Aeronáutica o Aeroespacial en su concepto más amplio, interesa al hombre como ser vivo en función del medio aéreo en el que se desenvuelve.

Es por ello que la Especialidad de Medicina Aeroespacial abarca un conjunto de terrenos en los que se ven imbricados (figura 4):

a) La *Física* desde el momento en el que el medio fundamental va a ser la *Atmósfera*, definida por unas leyes físicas que la controlan, interpolado con una aeronave a su vez expuesta a fuerzas de aceleración, desaceleración, cambios térmicos y vibración.

b) La *Fisiología Humana* con objeto de comprender y racionalizar los cambios a los que se va a ver sometida la Homeóstasis del piloto.

c) La *Fisiopatología* que conducirá a una verdadera *Patología Aeroespacial* secundaria a los cambios de presión, aceleraciones sostenidas, vi-

bración, ruido, estrés térmico, ilusiones de tipo sensorial, estrés psíquico y desajuste circadiano del tripulante aéreo.

d) Finalmente enlazar desde un punto de vista Médico, quizá el eslabón más importante de la Aviación, "Seguridad de Vuelo". Ello nos conduce a la prevención y profilaxis de todos aquellos factores humanos que van a poner en peligro la misma; es decir desarrollar una *Medicina Preventiva* directamente aplicada a la Medicina Aeroespacial.

Los objetivos básicos de la Medicina Aeroespacial por tanto habrán de estar sustentados en las áreas de la



Figura 3. Primer traje anti-G. (W.R. Franks, 1939).

Medicina antes mencionadas y dirigidos a (véase tabla I):

- Mantener la salud del piloto, añadiendo con ello "seguridad y eficacia" al transporte aéreo.
- Tratar adecuadamente aquellos procesos reversibles permitiendo la recuperación y rehabilitación del piloto.
- Entrenar desde un punto de vista fisiológico al tripulante aéreo, permitiendo el reconocimiento de situaciones que pueden poner en serio compromiso la salud del propio tripulante y de los pasajeros.
- Reconocer con anticipación aquellos procesos agudos o crónicos que supongan un menoscabo en la capacidad de actuación y reacción del piloto durante operaciones aéreas normales o situaciones de emergencia que puedan surgir durante el vuelo.
- Reconocer aquellos aspectos Psicofisiológicos o Factores Humanos que hayan podido estar involucrados en incidentes o accidentes aéreos; concluyendo en los aspectos que hayan podido ser elementos causales directos o factores desencadenantes del mismo.
- Sostener unas líneas de Investigación Aplicada a la Medicina Clínica Aeroespacial, Fisiología, Salud Ambiental, Factores Humanos y Bioingeniería.

## DESARROLLO DE LA ESPECIALIDAD

A lo largo de la Historia podemos observar cómo ha sido precisamente la Aviación quien ha construido poco a poco cada una de las piezas que en la actualidad componen el conjunto de cada una de las Ciencias Básicas que la soportan.

La especialidad como tal se puede decir que nace en EE.UU. en marzo de 1918 cuando se introduce el término "Flight Surgeon" o Cirujano de Vuelo en la Dirección del Servicio Aéreo de la Aeronáutica Militar en Estados Unidos. La misión fundamental de los mismos estaba encaminada a evaluar el estado físico de los Pilotos, Tripulantes Aéreos y Controladores de Tráfico Aéreo (15).

En 1939 Armstrong (16), establece claramente las líneas básicas de la especialidad y en 1946 definía los requisitos que debería cumplir el futuro Centro Aeromédico de la emergente Fuerza Aérea desgajada del Ejército (United States Army) en 1947 (17). En él se definían los principios

o requerimientos necesarios para acometer de una forma racional y organizada este área de la Medicina, textualmente se decía:

“Los requerimientos Básicos de un Centro Aeromédico para la Fuerza Aérea consisten en la combinación de un Area de Educación, un Departamento de Investigación y un Centro Hospitalario perfectamente enlazados en una Institución única desde la que se pueda hacer frente común a todos los aspectos médicos del vuelo. Sin Enseñanza nunca habrá aprendizaje y desarrollo de una Ciencia, sin Investigación no hay progreso; y sin Experiencia Clínica, hay falta de la más elemental esencia Médica”.

Aquellas palabras de Armstrong más tarde se hicieron realidad con creces y las áreas esbozadas en 1947 son realmente las Divisiones que componen la actual Escuela de Medicina Aeroespacial de la USAF.

En Alemania los pasos en relación a desarrollo y organización se dan en los años previos a la Segunda Guerra Mundial y durante la misma, aunque ya en 1927 L. Brauer establecía en Hamburgo un Instituto Aeromédico que incluía una Cámara de Descompresión. Los campos de investigación que fueron cubiertos por los especialistas en Medicina Aeronáutica fueron amplísimos desde los experimentos relativos a la descompresión explosiva aplicado a los problemas de las cabinas presurizadas del JU 86 P y del Hs 130, valoración del Tiempo Útil de Conciencia llamado entonces “Tiempo de Reserva”; estudio de las aceleraciones, relativas a bombarderos en picado y los nuevos aviones con motores de turbina. De hecho en 1935, el Instituto de Medicina de Vuelo de Berlín contaba con una centrifuga de 5 m de diámetro. En 1940, cada grupo de Fuerzas Aéreas (Gruppe) tenía un especialista en Medicina de Vuelo, debiendo destacar que este era la persona más calificada de cuantos médicos fueran asignados a una determinada unidad (18,19).

En 1939, se establecía en Pensacola (Florida) la Escuela de Medicina de Aviación de la Marina de los Estados Unidos.

A partir de 1940 numerosas son las publicaciones aparecidas en relación a Medicina Aeroespacial, hay que señalar el trabajo de Pescador que en 1941, recogía en su “Medicina

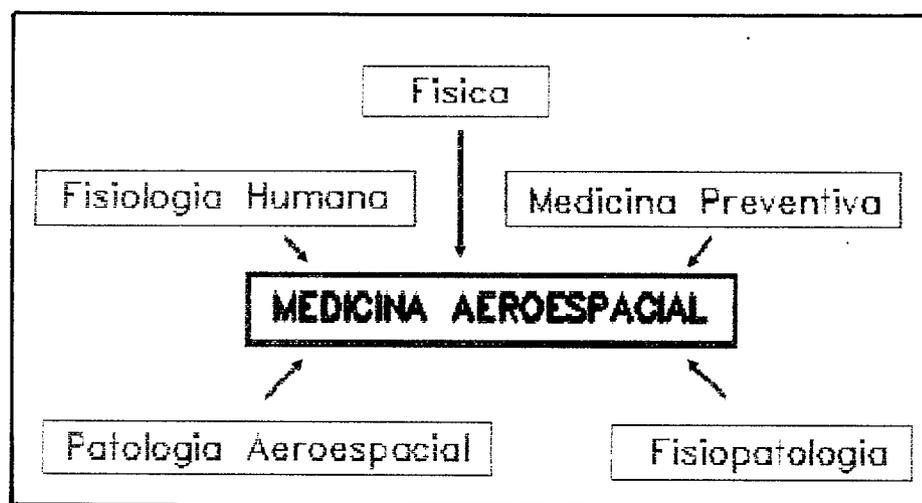


Figura 4.

Aeronáutica” 633 citas bibliográficas, probablemente la más extensa de la época (20). Un año más tarde se edita en Italia el trabajo más completo en muchos años, el “Trattato de Medicina Aeronautica” de Monaco y colaboradores donde se incluyen prácticamente la totalidad de los capítulos de la Medicina Aeronáutica incluyendo la selección psicotécnica del piloto e Higiene Aeronáutica, primera descripción de la Medicina Preventiva aplicada a la Aeronáutica (21). Ese mismo año Grow y Armstrong publican el primer Manual de Medicina Aeronáutica donde se repasan desde los requerimientos psicofísicos, hasta los aspectos que hoy en día se incluyen en la Medicina Ocupacional; un capítulo completo se dedica a la Investigación de Accidentes Aéreos (22).

A finales de la década de los 40 la Medicina Aeronáutica es motivo de un gran número de publicaciones a ambos lados del Atlántico (23,24,25); y en 1949 Bergin publica su libro “Aviation Medicine, its theory and application”, donde claramente establece la base de conocimiento que ha de fundamentar la Medicina Aeronáutica dividida en tres grandes apar-

tados en relación a consideraciones Fisiológicas, donde ya incluye un capítulo dedicado al tabaco y alcohol, consideraciones Médico-Aeronáuticas desde la anoxia, descompresión, barotrauma, fatiga del aviador, visión, aerotransporte de heridos, consideraciones Psicológicas, incluyendo accidentes aéreos y por último un capítulo dedicado a la Medicina Preventiva.

Es en 1940 cuando la “Aero Medical Association” fundada por Bauer, inicia los trabajos encomendados a la obtención de un reconocimiento oficial de los Estudios en Medicina Aeronáutica como Especialidad. En 1948 se consigue la afiliación a la Especialidad de Medicina Preventiva y en 1953 la certificación en Medicina Aeronáutica es aprobada. Los primeros exámenes para la calificación de aspirantes se celebraron en marzo de 1955.

Los requerimientos especificados por el Consejo para la Educación Médica y Hospitales de la Asociación Médica Americana fueron los siguientes (27):

1. Programa Académico de dos años, el primero en una Escuela de Medicina Preventiva y el segundo en una Escuela de Medicina Aeroespacial reconocida por la American Medical Association.

2. Programa de residencia en medicina Aeroespacial de dos años de duración en una Escuela de Medicina Aeroespacial reconocida.

3. Al menos dos años de práctica activa y enseñanza en Medicina Aeronáutica.

La característica común de la especialidad alrededor del mundo es que la enseñanza de la misma se realiza fundamentalmente en los Institutos

#### OBJETIVOS DE LA MEDICINA AEROESPACIAL

- \* Mantener la salud del tripulante.
- \* Entrenamiento Fisiológico.
- \* Profilaxis.
- \* Tratamiento.
- \* Factores Humanos.
- \* Investigación.

Tabla I

o Escuelas de Medicina Aeronáutica de la Fuerza Aérea, o en el caso de EE.UU. también de la Marina. Esto es algo lógico teniendo en cuenta que la infraestructura y laboratorios necesarios para soportar un establecimiento de este tipo sólo pueden ser mantenidas por Agencias Estatales y que la fuente de problemas aeromédicos más importantes se relacionan precisamente con el medio y las aeronaves con las que el piloto se va a enfrentar. Es precisamente en el seno de una Fuerza Aérea donde ésta va a tener su mayor reto y fuente de motivación.

Tomando como modelo el programa más completo de la especialidad, sin duda el que se desarrolla en Estados Unidos, vemos como un prerrequisito del mismo es el haber completado las 9 semanas correspondientes al Curso de Medicina de Vuelo, donde se estudian los aspectos básicos de la fisiología humana en relación con el vuelo, medicina clínica aeroespacial y aspectos operacionales en Medicina Aeronáutica. Este curso se acompaña de al menos 10 meses de práctica directa en una Unidad de Vuelo. Este prerrequisito puede ser completado también en una institución completamente civil, siempre que esté acreditada y el alumno complete 1 año de internado rotatorio por las áreas médico-quirúrgicas básicas y medicina de urgencia.

La Asociación Médica Americana incluye la especialidad de Medicina Aeroespacial en la Medicina Preventiva (28), y la define como aquella especialidad médica que orienta su campo de actuación hacia un grupo muy específico de la población compuesto por tripulantes y pasajeros de vehículos aéreos o espaciales, junto con aquellos que desde tierra tienen una misión de apoyo indispensable para que los primeros puedan desarrollar su tarea. El especialista en Medicina Aeronáutica debe conocer a la perfección como diagnosticar, prevenir y tratar los desórdenes asociados con un medio tan especial y conocer los medios de adaptación diseñados para soportar las condiciones adversas del mismo.

El Programa de residencia se puede subdividir en tres fases:

Fase I. Consiste en un año académico en una Escuela de Salud Pública donde se estudian temas referentes a

Epidemiología, Bioestadística, Organización Sanitaria, Medicina Preventiva, Medicina Ambiental y Salud Pública. La Escuela debe estar acreditada para impartir dicha enseñanza con los adecuados medios humanos calificados para ello y medios materiales que incluyen el acceso a una correcta fuente de información bibliográfica, laboratorios y fondos para la participación en aquellos simposiums o visitas profesionales a establecimientos públicos o privados de interés para la especialidad.

Fase II. Consiste en un año académico en una Escuela de Medicina Aeroespacial acreditada. El programa a seguir debe cubrir las siguientes áreas: Fisiología Aeroespacial, Selección y Revisión Psicofísica de los tripulantes aéreos, Especialidades Clínicas Médico-Aeronáuticas (Cardiología/Neumología, Oftalmología, ORL, Psiquiatría-Psicología), Seguridad de Vuelo, Aerotransporte de Enfermos, Factores Humanos e Investigación de Accidentes Aéreos, Medicina Espacial, Metodología de Investigación Aplicada. La Escuela debe estar acreditada para impartir dicha enseñanza disponiendo de los medios humanos cualificados y materiales para ello. Además los alumnos dispondrán del necesario acceso a la bibliografía general de la Especialidad y la específica requerida para la realización de un trabajo publicable en la literatura internacional de este área de la medicina.

Fase III. Contempla una parte eminentemente práctica e incluye, un año trabajando en una Agencia Aeroespacial de carácter Estatal. En este período el alumno realiza la primera parte del examen para la obtención del título de la especialidad, para una vez finalizada esta fase, completar la segunda parte del examen y obtener la titulación correspondiente.

En España el único Programa de Residencia aprobado por un Órgano Estatal es el Diploma de Medicina Aeroespacial, desarrollado en el seno del Ejército del Aire, con una duración de tres años y donde se cumple un completo programa académico, teórico y práctico desarrollado en el Centro de Instrucción de Medicina Aeroespacial.

En la actualidad una Comisión Interministerial está estudiando la puesta en práctica de un Programa de Medicina Aeroespacial que en un futuro lo más cercano posible lleva a la obtención de una Titulación ya aprobada por el Ministerio de Educa-

## DISCUSION

Como puede desprenderse del acontecer histórico de la especialidad, tratado especialmente a través de la evolución de la misma en el país donde la Medicina Aeronáutica tuvo su origen y hoy día más amplio desarrollo, esta especialidad tiene un ámbito multidisciplinario que se soporta como en cualquier rama de la Medicina en una base fisiológica y otra clínica.

Además es una ciencia en constante evolución, paralela al desarrollo de la aviación militar, comercial y en un futuro muy próximo espacial, de ahí que la interfase hombre-máquina en este área de la Medicina ocupa un pilar fundamental y que evidentemente se relaciona con la Medicina Ocupacional y Preventiva, aplicada a un grupo de población con unos problemas muy específicos, derivados del propio medio donde desenvuelven su actividad o de los instrumentos utilizados para un correcto entrenamiento.

Si tomamos el ejemplo americano, vemos cómo deben cumplirse unos objetivos muy claros para poder considerar a un médico especialista en este área; observamos cómo la disponibilidad de los medios se ha racionalizado de tal forma que en la práctica la utilización y rentabilización de los mismos es algo inherente a la misma y los aspectos clínicos, fisiología aeroespacial, salud ambiental, factores humanos y aspectos operacionales de ésta han de ser plenamente satisfechos (29).

En la práctica los objetivos delineados en este trabajo se superponen con aquellos vigentes en los tres establecimientos que en EE.UU. están impartiendo la especialidad: la Escuela de Medicina Aeroespacial de la USAF (30), el Instituto de Medicina Aeroespacial de la Marina (NAMI) (30,31) y la Wright State University en Ohio (32) con algunas particularidades específicas de la Agencia Estatal coordinadora del Programa, pero manteniendo una base común inamovible.

Trasladando la experiencia americana a una situación como la española parece evidente que la utilización de los recursos disponibles debe encaminarse hacia la optimización de los mismos, aprovechando cuanta experiencia, entrenamiento y calificación médico-aeronáutica, puedan aportar aquellos Licenciados en Medicina que por una razón u otra mantienen un Diploma, Titulación o Certificación en Medicina Aeroespa-

cial, sea este de ámbito Nacional o Internacional.

La infraestructura necesaria para la correcta y completa formación de los futuros especialistas en Medicina Aeroespacial es costosa, compleja, difícil de mantener y además ha de ser capaz de estudiar los aspectos clínicos de la misma.

Realmente las Instituciones de carácter Civil o Militar revisadas en este trabajo contemplan una estructura que se sustenta en las Ciencias descritas previamente y todas apro-

vechan los recursos humanos y materiales diseminados por el país en cuestión, consiguiendo los frutos que en la actualidad son disponibles en la Literatura Científica en materia de Medicina Aeroespacial.

## CONCLUSIONES

1. La Especialidad de Medicina Aeroespacial se contempla en el actual listado de Especialidades Médicas aprobadas por el Ministerio de Educación y Ciencia.

2. La Especialidad de Medicina Aeroespacial se origina y desarrolla en España en la misma forma que en

el resto de los países del mundo, en el ámbito de su Fuerza Aérea.

3. Los recursos humanos y materiales disponibles en la actualidad son suficientes como para acometer un Programa de Medicina Aeroespacial de ámbito Nacional.

4. La calificación de los aspirantes al Título de Medicina Aeroespacial ha de fundamentarse en unos objetivos claros, un completo Programa de Residencia no inferior a tres años y desarrollo del mismo en aquellos Institutos, Departamentos o Agencias que dispongan de los medios humanos y materiales para que al finalizar la misma se cumplan los criterios de formación establecidos para cualquier otra Especialidad Médica.

## BIBLIOGRAFIA

- 1.—JOSE DE ACOSTA: "Historia Natural y Moral de las Indias". Ed. Fondo de Cultura Económica. México, 1940.
- 2.—GRANDPIERRE, R.: "Elements de Medicine Aeronautique". *L'Expansion Scientifique Francaise*, 1948.
- 3.—BERT, P.: "La Pression Barometrique". Masson, Paris, 1978. Traducción por Hitchok M.A. y Hitchcock F.A., College Book Co. Columbus, Ohio, 1943.
- 4.—HICKCOK, F.A.: "Paul Bert and the beginnings of Aviation Medicine". *Aerospace Medicine*, 1971, 42(10):1101-1107.
- 5.—TREDICI, T.H.: "Aerospace Ophthalmology". *History and review*. USAFSAM. Brookd AFB, 1986.
- 6.—SUTHERLAND, G.A.: "The examination of aviation candidates". *Lancet*, 1918, II:803.
- 7.—JONES, I.H.: "Flying Vistas. The human being, as seen through the eyes of the Flight Surgeon". *J.B. Lippincott Co.* London, 1943
- 8.—MAUBLANC, P. and RATIE, V.: "Medical Examination of Airmen". *New York*, William Wood and Co. 1921.
- 9.—HERLITZCA, A.: "Fisiologia de Aviazione". *Bologna*, N. Zanichelli, 1923.
- 10.—BAUER, L.H.: "Aviation Medicine". *The Williams & Wilkins Co.*, Baltimore, 1926.
- 11.—ENGLER, E. and LOTT, A.: "Man in Flight. Biomedical Achievements in Aerospace". *Leeward Publications Inc.* Md. 1979.
- 12.—BROWN, H.H.S. and W.K. STEWART (1965): "General introduction, Ch. 1. In Gillies J.A.". (Ed.). *A Textbook of Aviation Physiology* (1st Ed.) N.Y. Pergamon Press.
- 13.—ZINNEMANN, G. (1972): "Aerospace Medicine —present, past, and future. In Randel H.W.". (Ed.). *Aerospace Medicine*. Ch 1. (2nd Ed). Baltimore: Williams and Wilkins.
- 14.—GOMEZ CABEZAS, P.: "La Medicina Aeronáutica desde sus orígenes hasta la era Aeronáutica". Ed. Instituto de Historia y Cultura Aeronáutica. Madrid, 1987.
- 15.—AIR SERVICE DIVISION OF MILITARY AERONAUTICS, WAR DEPARTMENT (1919): "Air Service Medical U.S. Government Printing Office". Washington D.C. pp. 1-446.
- 16.—ARMSTRONG, H.G. (1939): "Principles and Practice of Aviation Medicine". *Bailliere, Tindall and Cox*, London p. 18.ú17.—AN AEROMEDICAL CENTER FOR THE UNITED STATES AIR FORCE: "Armstrong H.G. Aviat. Space and Environ". *Med. August*. 1982: 824-828.
- 18.—"German Aviation Medicine", WWII, Vol. I & II. Department of the Air Force. USAF School of Aviat. *Med. Randolph Air Force Base*. April 1950.
- 19.—LAUSCHNER, E.A.: "The Beginnings of Aviation Medicine in Germany". *Aviat. Space & Environ. Med.* May 1984.
- 20.—PESCADOR, L.: "Medicina Aeronáutica". *El vuelo de alta cota*. Vol. I. Ed. Científico Médica Barcelona, 1941.
- 21.—MONACO, A.; GEMELI, A.; MARGARIA, R.: "Trattato de Medicina Aeronáutica". Vol. I, II, III. Ufficio Editoriales Aeronautico. Roma, 1942.
- 22.—GROW, M.C.; ARMSTRONG, H.G.: "Fit to Fly". *A Medical Handbook for Fliers*. D. Appleton-Century Company, N.Y. London, 1942.
- 23.—GUIMARES, G.: "Compendio de Medicina Aeronáutica". Companhia Impresora e Editores Paulista. Rio D.F. Brasil, 1947.
- 24.—MALMEJAC, J.: "Medecine de L'Aviation. Bases Physiologiques et Physio-pathologiques". Masson & C. Editeurs. Paris, 1948.
- 25.—SOLDANO, H.A.: "Medicina Aeronáutica". José Loisi Graf. San José, 1949.
- 26.—BERGIN, K.G.: "Aviation Medicine". Its Theory and Application. Bristol: John Wright & Sons Ltd. London, 1949.
- 27.—ARMSTRONG, H.G.: "Aerospace Medicine". The Williams & Wilkins, Baltimore, 1961.
- 28.—Directory of Graduate Medical Education Programs, 1989-1990. "Accredited by the Accreditation Council for Graduate Medical Education". *American Medical Association*.
- 29.—MOSEY, R.; DAVIS, J.C.; HANSEN, R.D.: "Unique Facets of the Specialty of Aerospace Medicine". *Aerospace Medicine* 45(11):1281-1285, 1974.
- 30.—"Flight Surgeons Manual". *AFP* 161-18. Edición no publicada.
- 31.—U.S. NAVY: "Flight Surgeons Manual". 2nd Ed. Superintendent of Documents. Washington D.C. 204002, 1978.
- 32.—MOHLER, S.R.: "Training of Aerospace Medicine Physicians". *J. UOEH*, 1985, 7(1):1-7.