

Patología respiratoria y vuelos en avión

Francisco García Ríoa (coordinador), Luis Borderías Claub, Ciro Casanova Macario^c, Bartolomé R. Celli^d, Joan Escarrabill Sanglás^e, Nicolás González Mangado^f, Josep Roca Torrent^g y Fernando Uresandi Romero^h

^aHospital Universitario La Paz. Madrid. España.

^bHospital San Jorge. Huesca. España.

^cHospital Universitario La Candelaria. Santa Cruz de Tenerife. España.

^dSt. Elizabeth's Medical Center. Boston. EE.UU.

^eHospital de Bellvitge. L'Hospitalet de Llobregat. Barcelona. España.

^fFundación Jiménez Díaz. Madrid. España.

^gHospital Clínic. Barcelona. España.

^hHospital de Cruces. Baracaldo. Vizcaya. España.

Justificación

A lo largo de las últimas décadas, se ha experimentado un incremento progresivo del número de personas que utilizan aviones para sus desplazamientos. Según datos de la International Civil Aviation Organization, en 2000 volaron 1.647 millones de personas y, pese a los problemas derivados de los conflictos de seguridad y del síndrome respiratorio agudo grave (SARS), se prevé que el número de pasajeros experimente un incremento anual del 4,4% hasta el año 2015¹. En los aeropuertos gestionados por Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea (AENA), se realizaron más de dos millones de operaciones de tráfico aéreo durante 2005, lo que supone el embarque de 179 millones de pasajeros². Estas cifras representan un incremento del 29% en el número de pasajeros desde 2000, con un incremento anual del 6%².

Por otra parte, los avances alcanzados en el control y tratamiento de muchos trastornos respiratorios crónicos han favorecido un cambio en el estilo de vida de los enfermos. De tal forma, que se plantea la realización de actividades de ocio o profesionales que hace años no eran asumibles.

Aunque no son muy frecuentes, viajar en avión plantea algunos potenciales riesgos respiratorios³. Datos de 120 compañías aéreas integradas en la International Air Transport Association (IATA) muestran que entre 1977 y 1984 se produjeron 577 defunciones en vuelo, lo que supone 0,31 fallecimientos por millón de pasajeros o 25,1 muertes por millón de despegues⁴. Las complicaciones respiratorias supusieron la tercera causa de muerte reconocida (7%), después de las de origen cardíaco (65%) y neoplásico (9%)⁴. Además, resultaba llamativo que mientras en los fallecimientos de origen cardíaco sólo se conocía la existencia previa de enfermedad en el 22% de los casos, en las defunciones debidas a trastornos respiratorios se tenía conocimiento previo de la enfermedad en un 46% de los pacientes, por lo que se puede intuir la existencia de algún problema en la evaluación previa al vuelo o en el manejo de los pacientes durante éste⁴.

Aun sin tratarse de episodios mortales, los síntomas respiratorios son causantes de buena parte de las emergencias que se producen a bordo de un avión. Cuando se analizaron todos los casos en los que se utilizó el botiquín médico de aviones comerciales de la IATA entre agosto de 1984 y julio de 1988, el dolor torácico y la disnea fueron, junto con la pérdida de consciencia, los tres motivos más habituales en 2.322 episodios totales^{5,6}. De igual modo, se comprobó que el 62% de los viajeros que requirió asistencia médica tenía un trastorno médico conocido asociado al episodio acontecido a bordo del avión⁶, por lo que también se pone de manifiesto la trascendencia de una cuidadosa evaluación previa. En la misma línea, un servicio que ofrecía asistencia de expertos por radio durante emergencias en vuelo recibió 8.450 llamadas en 2001, de las que el 11% correspondía a problemas respiratorios^{7,8}. En definitiva, los problemas respiratorios pueden llegar a suponer el 11% de las urgencias desarrolladas en vuelo.

Frente a esta situación, se han generado diversas normativas o recomendaciones, elaboradas por sociedades científicas o por las propias compañías de aviación^{7,9-17}. Sin embargo, existe poca información científica contrastada con un alto grado de evidencia en este campo, por lo que la mayoría de estas recomendaciones se asentaba únicamente en el consenso de expertos. De hecho, en los últimos años, se han publicado resultados contradictorios con las pautas recomendadas en las normativas previas. Por otra parte, existe un problema local, derivado de la diferente legislación al respecto y de la gran disparidad de criterios, recursos y actitud de las diferentes compañías aéreas.

En este documento, se intentará definir unas pautas de evaluación para enfermos respiratorios crónicos que pretenden viajar en avión, adaptadas a las características de nuestro entorno y a las últimas evidencias disponibles. También se tratará de establecer recomendaciones específicas para las enfermedades respiratorias más habituales.

Los vuelos comerciales y su entorno

Existe abundante información sobre la fisiología respiratoria durante los vuelos, tanto en sujetos sanos como en enfermos^{9,14-16,18-21}. Algunas de estas detalladas

Correspondencia: Dr. F. García Ríoa.
Alfredo Marquerie 11 izda. 1.º, A. 28034 Madrid. España.
Correo electrónico fgr01m@gmail.com

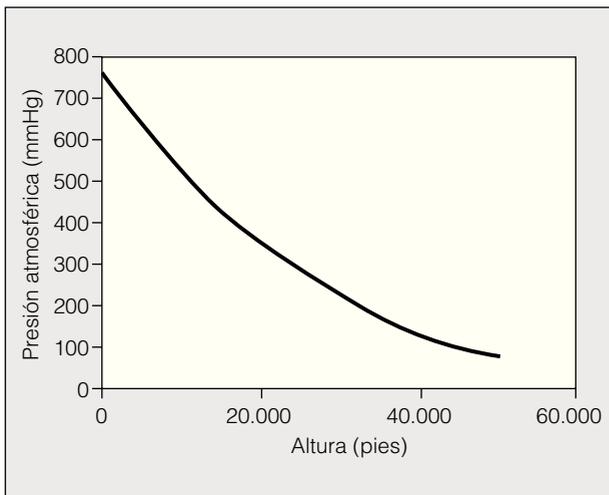


Fig. 1. Relación entre altitud y presión atmosférica.

revisiones sobre las condiciones ambientales y de acondicionamiento son publicadas por las propias compañías aéreas y están disponibles en Internet^{22,23}.

Conviene recordar que la atmósfera que rodea a la corteza terrestre está compuesta por diferentes capas o estratos: la troposfera, la estratosfera, la mesosfera, la termosfera y la exosfera. La capa más interna es la troposfera, que va desde el nivel del mar hasta los 9.144 m (30.000 pies) en la zona de los polos y hasta los 18.288 m (60.000 pies) en el ecuador (apéndice D). Los aviones comerciales actuales vuelan dentro de esta zona. La presión atmosférica depende de la columna de aire que tiene encima el punto de medición, por ello cuanto mayor sea la altitud, menor será la presión. Como este descenso de la presión atmosférica es logarítmico (fig. 1), inicialmente pequeños cambios de altura producen importantes cambios de presión. Así a 6.096 m (20.000 pies) la presión atmosférica es menos de la mitad que a nivel del mar.

La composición de la troposfera es constante, con aproximadamente un 78% de nitrógeno y un 21% de oxígeno. Como la presión parcial de un gas está en función de su concentración y de la presión total, la presión de oxígeno depende directamente de la altitud y cae exponencialmente al ascender (fig. 2). Esta hipoxia es la causante de las limitaciones y los riesgos de los alpinistas y también de los problemas de aclimatación en poblaciones establecidas en altitud. Además, la adaptación a este tipo de entorno se agrava por el mayor o menor grado de ejercicio que se efectúe.

En función de las respuestas fisiológicas del hombre, la atmósfera se puede dividir en 3 zonas: la fisiológica, la fisiológicamente deficiente y la zona equivalente al espacio. En la zona fisiológica es donde el cuerpo humano se encuentra bien adaptado y donde el nivel de oxígeno es suficiente para mantener unas funciones normales. Se extiende desde el nivel del mar hasta los 3.000 m. No obstante, cambios rápidos de altitud dentro de esta zona pueden producir problemas menores por la expansión de los gases corporales atrapados. La zona fisiológicamente deficiente se extiende desde los 3.000 a los 15.200 m.

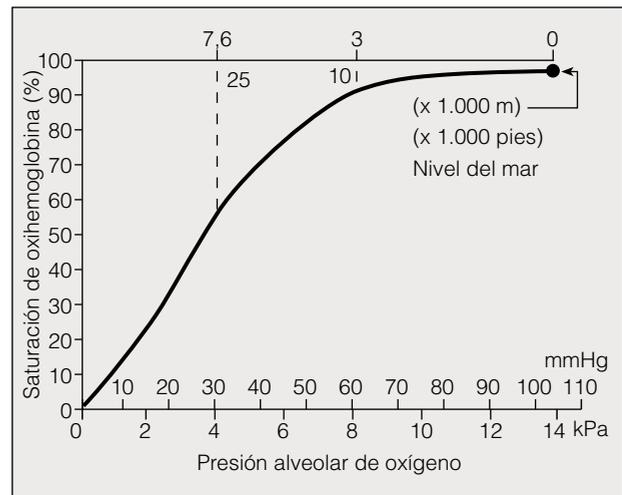


Fig. 2. Efecto de la altitud sobre la presión alveolar de oxígeno y la saturación de oxihemoglobina.

En la misma, el descenso de la presión barométrica produce una hipoxia ambiental crítica, por lo que es necesario el uso de oxígeno suplementario en las cotas más altas. Desde el punto de vista fisiológico, a partir de los 15.000 m comienza el espacio. En esta zona, el hombre no puede sobrevivir ni siquiera con oxígeno suplementario dada la baja presión ambiental y necesita trajes presurizados. A partir de los 19.355 m, la presión barométrica es menor que la presión del vapor de agua a 37 °C y se produce la evaporación de los fluidos corporales.

En general, los aviones comerciales vuelan en torno a los 11.000-12.200 m (36.000-40.000 pies)^{1,24,25}. Si su presión interna dependiese directamente de la presión atmosférica externa, el ambiente resultaría incompatible con la vida. Por tanto, los aviones deben ser presurizados, es decir incrementar su presión con respecto al exterior. Para ello toman el aire ambiente y lo comprimen. Como el gas se calienta en este proceso, posteriormente necesita ser refrigerado²⁶. La presión se controla mediante la cantidad de aire inyectado y mediante válvulas de escape ajustadas a la presión deseada. Para poder soportar la presión diferencial, la estructura de la aeronave debe ser reforzada, lo que incrementa su peso. Tanto por su mayor peso como por la energía adicional necesaria para la compresión del aire, la presurización aumenta el consumo de los aviones, lo que disminuye su autonomía. El sistema de presurización utilizado para los aviones comerciales se denomina isobárico²⁷. Inicialmente, según se asciende se mantiene la misma presión ambiental, a partir de una cierta altitud el sistema mantiene una presión constante (isobárica) a pesar de los cambios en la altitud. Muchos aviones militares utilizan un sistema diferente, el sistema de presurización diferencial-isobárico, que necesita menos instalación estructural y de este modo ahorra peso²⁷.

Debido a las limitaciones técnicas ya comentadas y a su coste, los aviones no son presurizados a una presión equivalente a la del nivel del mar, sino a una presión intermedia dependiente del tipo de avión, pero que suele estar próxima a la equivalente a los 2.400 m^{1,24,25,28-33}.

A esta altitud, la presión ambiental de oxígeno es equivalente a respirar un 15,1% de oxígeno a nivel del mar. Pese a que la legislación internacional establece que la presión en cabina mínima debería ser la correspondiente a una altitud de 2.438 m (8.000 pies)³⁴, la presión en cabina no resulta constante durante un vuelo. En una amplia serie de determinaciones realizadas durante vuelos comerciales, se comprobó que las condiciones dentro de las cabinas suelen corresponder a 1.800-2.400 m (6.000-8.000 pies) de altura sobre el nivel del mar^{29,30,35}. En caso de despresurización brusca, se hace necesario el uso de máscaras de oxígeno (obligatorias en el equipamiento de los vuelos comerciales) para sobrevivir. Como dato adicional, destacaremos que a 10.600 m una persona pierde la consciencia a los 30-45 s.

El nivel de presurización también depende del tipo de avión. El antiguo Concorde estaba presurizado a una cómoda presión de 1.829 m (6.000 pies). La tendencia actual de los nuevos modelos, tanto de Boeing como de Airbus, es presurizar a esta presión más confortable y segura³⁶. Sin embargo, se prevé que el nuevo Airbus 380 transportará a cerca de 600 pasajeros con una altitud en cabina superior a 2.438 m (8.000 pies), en ocasiones durante 20 h²⁴.

Además de los problemas derivados de los cambios en la presión barométrica, el ambiente exterior de los vuelos comerciales plantea otros problemas. La concentración de ozono, que es muy baja a nivel del mar, se incrementa con la altitud, y alcanza su pico en la estratosfera. Este gas, importante para filtrar la radiación ultravioleta, resulta tóxico para el sistema respiratorio, incluso a concentraciones menores de 1 ppm que se pueden alcanzar en algunas cotas habituales de vuelo. Para controlar este problema, los aviones tienen instalados catalizadores de ozono, para disminuir su concentración. Las normas de la Federal Aviation Administration establecen una concentración media máxima de 0,1 ppm y un pico máximo de 0,25 ppm¹.

La temperatura cae aproximadamente 2 °C por cada 300 m de altitud, por lo que el aire de los aviones debe ser calentado²⁷. Este aire normalmente tiene un bajo contenido en humedad (5%) y esto puede causar problemas en algunos sujetos. La mayoría de los aviones comerciales recircula aproximadamente el 50% del aire para mejorar las condiciones de humedad ambiental y de eficiencia energética. El aire debe ser filtrado para retener partículas menores de 0,3 µm de diámetro mediante filtros de alta eficiencia (HEPA) similares a los que se colocan en los quirófanos hospitalarios. Este sistema se considera efectivo para retener, además de las partículas en suspensión, bacterias, hongos e incluso virus eliminados durante el habla, accesos de tos y estornudos (fig. 3). La renovación de aire se realiza entre 15-20 veces/h, aunque varía en función de los modelos y las zonas del avión. El sistema de ventilación de la cabina origina flujos de aire en sentido transversal y es capaz de renovar el aire con mayor eficacia que en los edificios con aire acondicionado. Complejos sistemas electrónicos con sensores por toda la aeronave controlan la temperatura y regulan las válvulas con el fin de mantener una temperatura lo más homogénea posible.

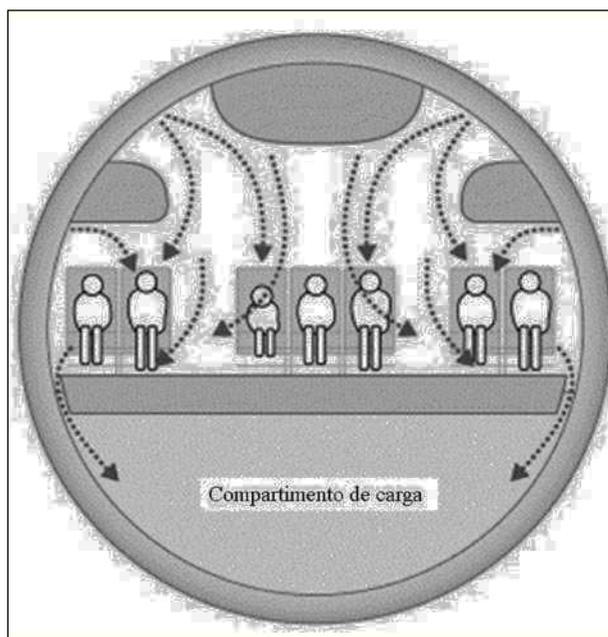


Fig. 3. Representación esquemática del sistema de ventilación de la cabina de un avión comercial.

Por último, conviene mencionar que el contenido en CO₂ de este aire filtrado y acondicionado suele ser muy bajo (1.000 ppm).

Efectos fisiológicos de los vuelos comerciales

Hipoxia hipobárica

La presión parcial de oxígeno inspirado (PIO₂) es una función de la presión atmosférica y de la presión de vapor de agua³⁷. Como la presión de vapor de agua a la misma temperatura corporal se mantiene estable con la altitud, la PIO₂ se reducirá con la altitud (hipoxia hipobárica)³⁸.

Respirar aire ambiente a 2.438 m (8.000 pies) es equivalente a respirar oxígeno al 15,1% a nivel del mar. Esto implica una caída de la PIO₂ de 150 mmHg a nivel del mar hasta 107 mmHg^{38,39}. En sujetos sanos, esto puede suponer una reducción de la presión parcial de oxígeno (PaO₂) de 98 a 55 mmHg^{35,39,40}, que suele ser bien tolerada y no produce síntomas. Sin embargo, en pacientes con enfermedades respiratorias crónicas y cierto grado de hipoxemia basal, la disminución de la PIO₂ durante el vuelo puede originar reducciones más acusadas de la saturación de oxihemoglobina⁴¹⁻⁴³.

La exposición aguda a un entorno hipobárico desencadena hiperventilación, inducida fundamentalmente por la estimulación de los quimiorreceptores periféricos, y que suele estar mediada por un incremento del volumen corriente³⁸. También origina un aumento del gasto cardíaco para compensar la hipoxia sistémica residual, mediado principalmente por taquicardia³¹, y que suele ser proporcional a la caída de la saturación de oxígeno⁴⁴. Al incremento de la perfusión pulmonar ocasionado por el aumento del gasto cardíaco⁴⁵, se asocia la vasoconstricción hipóxica de la arteria pulmonar y la

elevación de las cifras de presión sistólica pulmonar⁴⁵. Como consecuencia del aumento en las resistencias vasculares pulmonares, se origina una redistribución del flujo sanguíneo que llega a los pulmones y aumenta la perfusión de determinadas zonas pulmonares con respecto a la que tenían a nivel del mar⁴⁵.

La altitud también se asocia a una limitación en la difusión de oxígeno desde la atmósfera hacia los capilares pulmonares como consecuencia de la interacción de diferentes factores⁴⁶. Tanto la reducción de la PIO_2 como la disminución de la afinidad de la hemoglobina por el oxígeno en situaciones de baja presión arterial de oxígeno originan una caída más intensa en el contenido de oxígeno de los capilares pulmonares que a nivel del mar. Por último, el tiempo de tránsito de la sangre a través de los capilares pulmonares se acorta por la taquicardia originada por la altitud y ello limita el tiempo disponible para establecer un adecuado equilibrio de oxígeno⁴⁷. El resultado neto es un incremento en la diferencia alvéolo-arterial de oxígeno^{42,48,49}.

Además, la saturación de oxihemoglobina disminuye de modo significativo cuando se realiza ejercicio físico en un entorno hipobárico⁵⁰. De igual manera, la realización de ejercicio a grandes altitudes produce un incremento de la diferencia alvéolo-arterial de oxígeno en sujetos residentes habituales a nivel del mar, mientras que no afecta a nativos de elevadas altitudes⁵¹. Trabajos realizados con la técnica de eliminación de gases inertes múltiples han demostrado que la hipoxia hipobárica se asocia a una mayor heterogeneidad en la relación ventilación/perfusión y a una limitación de la difusión, que de manera sinérgica empeoran la hipoxemia a medida que aumenta la intensidad del ejercicio⁵². El factor que más influye en las alteraciones gasométricas durante la realización de ejercicio en un medio hipobárico parece ser la limitación de la difusión, secundaria a la disminución de la PIO_2 ⁵¹. Por otra parte, el edema intersticial ocasionado por la extravasación de fluidos al espacio extravascular parece potenciar el desequilibrio ventilación/perfusión.

Los cambios descritos tienen muy poca repercusión en sujetos sanos, que únicamente pueden notar un ligero aumento de su volumen corriente y frecuencia cardíaca. Sin embargo, la hipoxia hipobárica supone un riesgo para algunos enfermos respiratorios crónicos, en los que puede agravar la hipoxemia previa y favorecer el desarrollo de complicaciones cardiovasculares. De hecho, se reconoce que la hipoxia disminuye el umbral isquémico en varones con cardiopatía isquémica inducida por el ejercicio, favorece algunas arritmias auriculares y se asocia a latidos ventriculares ectópicos, por el incremento de la actividad simpática³⁸.

Expansión de gases atrapados

A medida que se asciende en la atmósfera, la presión barométrica disminuye y los gases corporales atrapados, que no pueden comunicarse con el exterior, se expanden⁹. Este fenómeno se explica por la ley de Boyle, que establece que el volumen de un gas es inversamente proporcional a la presión:

$$P \times V = P' \times V'$$

Aunque la expansión de los gases atrapados es limitada, se produce de forma rápida, por lo que en sujetos normales puede originar molestias en algunos órganos como en el oído, los senos paranasales, los dientes y el sistema gastrointestinal. En pacientes con enfermedades respiratorias, e incluso en sujetos jóvenes aparentemente normales con pequeñas bullas apicales, puede causar problemas más graves⁵³⁻⁵⁶.

Oídos. Los oídos son uno de los órganos donde más frecuentemente se puede producir una obstrucción con atrapamiento aéreo, debido a que la trompa de Eustaquio, que normalmente estabiliza el aire del oído medio con el exterior, se obstruye total o parcialmente. Esto puede ocurrir tanto al ascender como al descender y es también uno de los principales problemas durante las inmersiones. Puede deberse a un defecto crónico intrínseco o adquirido de la conducción o a un proceso agudo derivado de una infección o una reacción alérgica. Al ascender, el aire se expande y ejerce una presión sobre el tímpano que se abomba hacia fuera. Cuando se alcanza una sobrepresión de 12-15 mmHg una pequeña burbuja de aire es expulsada hacia las fosas nasales y, a veces, se acompaña de un pequeño ruido. Al descender, ocurre lo contrario. La presión externa aumenta y el tímpano se abomba hacia dentro. Es mucho más probable que se obstruya en esta maniobra ya que la trompa de Eustaquio funciona peor en este sentido. Este bloqueo aéreo puede producir ruidos, mareos y dolor de oídos a veces muy intenso, sobre todo si la última parte del descenso es muy rápido. Una maniobra útil para prevenir esta obstrucción consiste en tragar saliva frecuentemente. La toma de líquidos o comida también pueden ayudar. En caso de que persista, se recomienda efectuar suaves maniobras de Valsalva³⁸.

Senos paranasales. Los senos paranasales pueden presentar problemas similares a los oídos. En este caso, la obstrucción puede deberse a lesiones crónicas como pólipos o a problemas agudos como el moco causado por infecciones o procesos alérgicos. En general, el problema aparece en los descensos y en el 70% de los casos afecta a los senos frontales. El dolor puede llegar a ser muy intenso⁵³⁻⁵⁶.

Barodontalgia. En algunos sujetos se pueden producir dolores dentales, principalmente al ascender entre los 1.500 y los 3.000 m. Inicialmente, se pensaba que pequeñas bolsas de aire atrapadas durante empastes y otras manipulaciones dentales eran la causa de este problema. Sin embargo, esto no ha podido confirmarse, pese a la asociación del cuadro con distintos tipos de afecciones dentales.

Tracto gastrointestinal. En el tracto gastrointestinal es habitual la existencia de distinta cantidad de gases, por lo que suelen ser frecuentes las molestias digestivas durante los vuelos. No obstante, resultan poco relevantes con las presiones en cabina que se alcanzan durante vuelos comerciales.

Pulmones. En sujetos normales, sin alteraciones estructurales, no suele existir problema alguno en este sentido, ya que el gas pulmonar se equilibra rápidamente con el ambiental. No obstante, algunos sujetos normales, jóvenes y aparentemente sanos, pueden tener bullas apicales, que al expandirse durante el ascenso pueden romperse y producir un neumotórax. En algún caso este neumotórax puede ser a tensión y revestir gravedad.

Dado que el gas en las cavidades corporales está saturado de vapor de agua, la expansión originada por la altitud es mayor que la calculada por la ley de Boyle. En el caso de bullas o de un neumotórax cerrado, y puesto que la temperatura corporal se mantiene constante, se puede calcular el incremento de volumen a partir de la siguiente fórmula:

$$\Delta \text{ Volumen} = \frac{P \text{ gas a nivel del mar} - P_{H_2O}}{P \text{ gas a 2.438 m} - P_{H_2O}}$$

Si se asume que la presión del gas es 760 mmHg a nivel del mar y 365 mmHg a 2.438 m de altitud, y que la P_{H_2O} se mantiene constante en 47 mmHg, se puede estimar que el volumen de gas no comunicante aumentará en un 37,6% durante el ascenso.

Este problema resulta mucho más grave en pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), ya que suelen tener zonas enfisematosas mal o no comunicadas con el exterior, que pueden ser causa de roturas y neumotórax, además de los problemas derivados de la hipoxia.

Las compañías aéreas suelen recomendar no volar hasta pasadas 6 semanas de la resolución de un neumotórax espontáneo, aunque la evidencia científica de esta recomendación es muy limitada³⁸. Si el neumotórax ha sido tratado con cirugía o con pleurodesis con talco es muy improbable que se produzca una recidiva durante el vuelo.

Buceo y vuelo. Un problema especial se puede presentar después de actividades de buceo con botella. Durante el buceo, sobre todo si ha sido profundo y repetido, se puede acumular nitrógeno disuelto en los tejidos (nitrógeno residual). Durante el ascenso, ese nitrógeno puede liberarse y dar síntomas de descompresión, que en algunos casos pueden ser graves. En general, se recomienda no volar en las 24 h siguientes a la práctica del buceo, y aumentar este tiempo en caso de inmersiones que hayan requerido paradas de descompresión. Existen tablas y ordenadores que ayudan a determinar el nitrógeno residual y el tiempo de espera recomendable⁵³⁻⁵⁶.

Humedad en la cabina y deshidratación

Como ya se ha mencionado, la humedad en cabina suele ser menor del 10-20%¹². Esto puede originar sequedad cutánea y molestias oculares, orales y nasales. La sequedad producida por un viaje de larga duración también puede resultar significativa en pacientes con

bronquiectasias. Si la irritación nasal es muy acusada, se recomienda emplear un *spray* de suero salino hipertónico¹.

Limitación de movimientos

La inmovilidad prolongada, especialmente en sedestación, contribuye a la acumulación de sangre en las piernas, lo que puede originar hinchazón, tirantez y molestias en las extremidades inferiores. A su vez, la inmovilidad puede favorecer el desarrollo de trombosis venosa profunda (TVP)¹.

Aspectos psicológicos

Para algunos sujetos, el entorno de los aviones y el vuelo en sí mismo desencadenan una mayor ansiedad, que puede favorecer la percepción exagerada de algunos síntomas respiratorios o contribuir al deterioro de algún trastorno respiratorio previo.

Evaluación de enfermedades respiratorias

A la luz de la información actual, es difícil establecer unas recomendaciones definitivas. De hecho, existe una gran disparidad en los procedimientos seguidos para la evaluación de enfermos respiratorios. En una revisión de 109 solicitudes de oxígeno en vuelo, sólo en un 61% de los casos se aportaba información sobre la oximetría o los resultados espirométricos⁷. Por otra parte, una encuesta realizada en 1997 a médicos especialistas en sistema respiratorio de Gales e Inglaterra mostró que seguían criterios muy dispares para indicar oxígeno en vuelo⁵⁷.

En cualquier caso, para establecer un consejo médico sobre el riesgo de viajar en avión se debería considerar el tipo, la reversibilidad y el grado de afectación funcional ocasionado por la enfermedad del paciente y evaluar la tolerancia a la altitud de vuelo prevista y la duración de la exposición.

Evaluación clínica básica

Aunque es posible que todo paciente con alguna enfermedad respiratoria crónica se beneficie de una evaluación clínica previa a la realización de un viaje en avión, ésta debería considerarse obligada en aquellas situaciones que se reflejan en la tabla I. En este examen preliminar, se deberían considerar los siguientes procedimientos:

– Anamnesis. En la que se prestará especial atención al reconocimiento de toda la patología cardiorrespiratoria del paciente, con máximo interés en la comorbilidad asociada que pueda empeorar en relación con la hipoxemia (enfermedad cerebrovascular, cardiopatía isquémica, insuficiencia cardíaca). También resulta importante evaluar la disnea y otros síntomas respiratorios del paciente y recopilar las experiencias previas en otros vuelos.

– Medida de la saturación de oxihemoglobina por pulsioximetría o realización de una gasometría arterial basal⁵⁸, después de un período de reposo suficiente que

TABLA I
Indicaciones respiratorias para la realización de una evaluación clínica previa a un viaje en avión

Enfermedad pulmonar obstructiva crónica moderada-grave
Asma persistente grave
Enfermedad restrictiva grave (incluidos trastornos de la caja torácica y de los músculos respiratorios), especialmente con hipoxemia o hipercapnia
Fibrosis quística
Historia de intolerancia a viajes en avión por síntomas respiratorios (disnea, dolor torácico, confusión o síncope)
Comorbilidad que empeore por hipoxemia (enfermedad cerebrovascular, cardiopatía isquémica, insuficiencia cardíaca)
Tuberculosis pulmonar
Pacientes procedentes de áreas con reciente transmisión local del síndrome respiratorio agudo grave
Neumotórax reciente
Riesgo de enfermedad tromboembólica venosa o episodio previo
Utilización previa de oxigenoterapia o soporte ventilatorio

TABLA II
Contraindicaciones respiratorias para realizar viajes en avión

Absolutas
Insuficiencia respiratoria aguda
Tuberculosis bacilífera
Pasajeros procedentes de áreas con transmisión local del síndrome respiratorio agudo grave (SARS) con síntomas respiratorios
Contactos de casos probables o confirmados de SARS con exposición hace menos de 10 días
Neumotórax no drenado
Cirugía torácica mayor en las 2 semanas previas
Contusión pulmonar
Enfisema subcutáneo o mediastínico
Relativas
Resolución de un neumotórax espontáneo hace menos de 6 semanas
Cirugía torácica mayor en las 6 semanas previas
Buceo en las 24 h previas

garantice la estabilidad del registro. Si existe una sospecha clínica de hipercapnia, es obvio que debería efectuarse una gasometría.

– Espirometría forzada^{59,60} y determinación del factor de transferencia de monóxido de carbono (TLCO) por *single-breath*⁶¹.

– Prueba de la caminata. Los departamentos médicos de algunas compañías aéreas proponen la caminata de 50 m como forma de valoración de la tolerancia al vuelo. En la misma, se trata de verificar si el paciente es capaz de caminar 50 m sin limitación por disnea⁷. Aunque es un procedimiento grosero, que no ha sido adecuadamente validado, permite efectuar una estimación de la reserva cardiorrespiratoria, al evaluar el incremento de la ventilación y del gasto cardíaco en respuesta al ejercicio.

En principio, no existe razón alguna para emplear la prueba de la caminata de 50 m en lugar de la prueba de la caminata de 6 min, que se utiliza de forma habitual en muchos enfermos respiratorios y está adecuadamente es-

tandarizada⁶². Se deberían considerar criterios de alarma la incapacidad del paciente para mantener la marcha durante los 6 min, una distancia recorrida menor de 150 m o el desarrollo de disnea intensa (puntuación en la escala de Borg superior a 5)³⁶.

– Prueba de ejercicio cardiorrespiratorio progresivo. No se recomienda en la evaluación sistemática de todos los enfermos, aunque podría resultar útil si la prueba de simulación hipóxica resulta dudosa. En pacientes con EPOC moderada-grave, se ha comprobado que un consumo de oxígeno ($V'O_2$) pico mayor de 12,1 ml/min/kg se asocia con una $PaO_2 > 50$ mmHg durante el vuelo⁶³. En otro estudio en 18 pacientes con EPOC grave³⁶ también se confirmó la relación entre el $V'O_2$ pico y la PaO_2 , tanto en la primera como en la cuarta hora de vuelo. De hecho, en un análisis multivariante se seleccionaron como predictores independientes de la PaO_2 en la primera hora de vuelo la PaO_2 a nivel del mar y el $V'O_2$ pico. Sin embargo, la PaO_2 en la cuarta hora de vuelo sólo dependía del $V'O_2$ pico como variable independiente³⁶.

Identificación de enfermos de riesgo

La información recogida en los procedimientos anteriores debería permitir identificar a aquellos pacientes que no deben volar (tabla II) y aquellos en los que la hipoxemia desarrollada en el avión puede resultar peligrosa.

En general, se acepta que no deben viajar en avión los enfermos con insuficiencia respiratoria aguda. Tampoco deben hacerlo los pacientes con tuberculosis bacilífera. En el caso de pacientes con serología negativa frente al virus de inmunodeficiencia humana (VIH), sería necesaria la realización de tratamiento antituberculoso efectivo durante al menos 2 semanas. En los pacientes con serología del VIH positiva, se deberían exigir 3 tinciones de esputo negativas o un cultivo de esputo negativo durante la realización del tratamiento. Los pasajeros con síntomas respiratorios que procedan de áreas con transmisión local del SARS tampoco deberían volar, al igual que los contactos de casos probables o confirmados de SARS, con un tiempo de exposición menor de 10 días. Presentar un neumotórax no drenado, enfisema subcutáneo o mediastínico, una contusión pulmonar o la realización de un procedimiento de cirugía torácica mayor en las 2 semanas previas también se considera una contraindicación respiratoria para los viajes en avión.

Para la selección de los pacientes con riesgo de desarrollar una hipoxemia grave, la mayoría de las normativas vigentes hasta la fecha consideran únicamente los valores obtenidos mediante la pulsioximetría o gasometría arterial basal^{7,9-17}. De hecho, una $PaO_2 > 70$ mmHg o una $SpO_2 > 95\%$ se suele considerar adecuada para el vuelo en la mayoría de los casos^{64,65}.

Sin embargo, en los últimos años se ha demostrado que los criterios de selección basados sólo en la PaO_2 o en la SpO_2 son insuficientes. A modo de ejemplo, en un estudio se determinó la hipoxemia en vuelo de un grupo de pacientes con EPOC, que tenían una PaO_2 en reposo mayor de 70 mmHg, sin hipercapnia y con un volumen espiratorio forzado en el primer segundo (FEV₁) menor

del 50% de su valor de referencia⁶³. Un 53% de estos enfermos tenía una PaO₂ < 55 mmHg a 2.438 m de altitud y un 33% una PaO₂ < 50 mmHg⁶³. Todavía resultaba más llamativo que un 86% de los pacientes tenía una PaO₂ < 50 mmHg cuando realizaban un ejercicio de baja intensidad, similar a la necesaria para deambular por el pasillo del avión o ir al baño⁶³. Hallazgos similares también se han confirmado en pacientes con enfermedades intersticiales³⁵.

En la figura 4, se representa el algoritmo de actuación propuesto. En aquellos pacientes que utilicen oxigenoterapia domiciliaria, se recomienda aumentar el flujo de oxígeno durante el vuelo, habitualmente en 1-2 l/min. En los restantes pacientes, se debería realizar una estimación de la hipoxemia en vuelo si tienen una PaO₂ < 70 mmHg o una SpO₂ < 93%, si el FEV₁, la capacidad vital forzada (FVC) o el TLCO son menores del 50% de su valor de referencia o si existen otros factores de riesgo adicionales (tabla III).

Estimación del grado de hipoxemia durante el vuelo

A partir de la magnitud de la hipoxemia alcanzada por sujetos sanos durante viajes en avión, se ha considerado de forma arbitraria que una PaO₂ > 50-55 mmHg se podría considerar aceptable⁹⁻¹³. Por tanto, resulta importante estimar la PaO₂ durante el vuelo, puesto que cuando resulte menor de 50 mmHg, se recomienda un suplemento de oxígeno en vuelo³⁵.

Existen dos posibilidades para estimar la PaO₂ en altitud: las ecuaciones de predicción y la prueba de simulación hipóxica.

Ecuaciones de predicción. Se han desarrollado diversas ecuaciones para predecir la PaO₂ durante el vuelo a partir de determinaciones realizadas a nivel del mar (tabla IV)^{13,66-72}. Algunas de ellas^{67,70} permiten determinar la PaO₂ a cualquier altitud a partir de los valores obtenidos a nivel del mar (fig. 5).

En la mayor parte de los casos, las ecuaciones se han establecido en pacientes con EPOC y las medidas de la PaO₂ en altitud se efectuaron en cámaras hipobáricas o después de una simulación de altitud, mediante la respiración de una FIO₂ del 15%. Su precisión mejora cuando incorporan medidas del FEV₁^{28,66} o del FEV₁/FVC⁶⁹. Además, alcanzan una mayor precisión cuando se aplican a pacientes con EPOC que tienen un FEV₁ menor del 60% del valor de referencia.

Pese a su simplicidad y amplia disponibilidad, las ecuaciones de estimación de la hipoxia en vuelo plantean algunos inconvenientes. El más importante viene dado por la considerable amplitud de sus límites de confianza al 90%, que son de ± 7,5 mmHg, debido, sobre todo, a que se han calculado a partir de muestras muy reducidas. Resulta llamativo que en 18 pacientes con EPOC grave, se han detectado diferencias entre la PaO₂ real en vuelo y la PaO₂ estimada por la ecuación de Gong et al⁶⁷ de -6 ± 6 mmHg (rango = -15 a 6 mmHg)³⁶.

Casi en su totalidad, se han obtenido de series de varones sanos o con EPOC, por lo que se desconoce su exactitud en mujeres. Tampoco consideran la duración

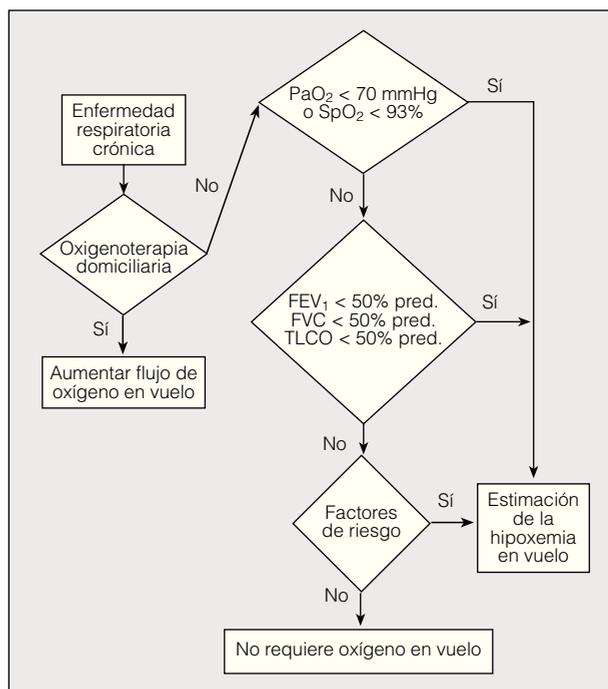


Fig. 4. Algoritmo propuesto para la evaluación de la necesidad de suplemento de oxígeno durante el vuelo en pacientes con enfermedades respiratorias crónicas.

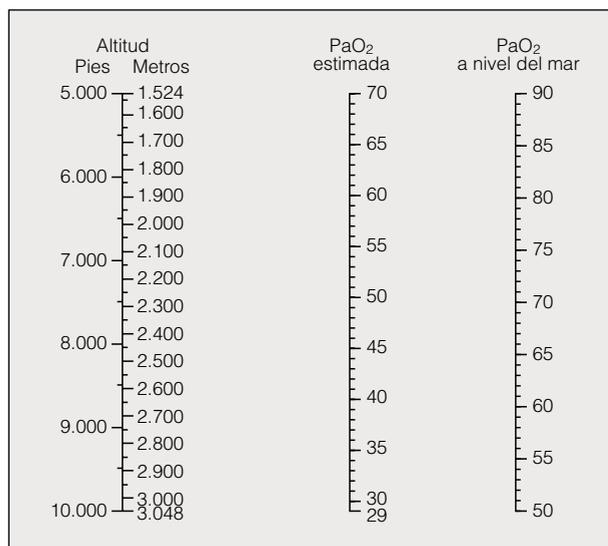


Fig. 5. Normograma para la determinación de la PaO₂ estimada durante el vuelo a partir de la PaO₂ a nivel del mar y de la altitud. Tomado de Gong et al⁶⁷.

TABLA III
Factores de riesgo adicionales para el desarrollo de hipoxia grave durante un vuelo en avión

- Hipercapnia
- Cáncer de pulmón
- Trastorno de tipo restrictivo
- Soporte ventilatorio
- Enfermedad cardíaca o cerebrovascular asociada
- Anemia grave
- Ingreso hospitalario por exacerbación de enfermedad pulmonar o cardíaca hace menos de 6 semanas

TABLA IV
Ecuaciones de predicción de la hipoxemia en vuelo

Ecuación	Referencia
$\text{PaO}_2 \text{ ALT} = 22,8 - (0,00274 \times \text{Alt}) + (0,68 \times \text{PaO}_2 \text{ SL})$	67
$\text{PaO}_2 \text{ ALT} = 1,59 + (0,98 \times \text{PaO}_2 \text{ SL}) + (0,0031 \times \text{Alt}) - (0,000061 \times \text{PaO}_2 \text{ SL} \times \text{Alt}) - (0,000065 \times \text{PaCO}_2 \text{ SL} \times \text{Alt}) + (0,000000092 \times \text{Alt}^2)$	70
$\text{PaO}_2 \text{ 2.438 m} = 0,410 \times \text{PaO}_2 \text{ SL} + 17,652$	28
$\text{PaO}_2 \text{ 2.438 m} = (0,417 \times \text{PaO}_2 \text{ SL}) + 17,802$	69
$\text{PaO}_2 \text{ 2.438 m} = (0,519 \times \text{PaO}_2 \text{ SL}) + (11,855 \times \text{FEV}_1 \text{ [L]}) - 1,760$	28
$\text{PaO}_2 \text{ 2.438 m} = (0,453 \times \text{PaO}_2 \text{ SL}) + (0,386 \times \text{FEV}_1 \text{ [% pred.]}) + 2,440$	28
$\text{PaO}_2 \text{ 2.438 m} = (0,294 \times \text{PaO}_2 \text{ SL}) + (0,086 \times \text{FEV}_1 \text{ [% pred.]}) + 23,211$	69
$\text{PaO}_2 \text{ 2.438 m} = (0,245 \times \text{PaO}_2 \text{ SL}) + (0,171 \times \text{FEV}_1/\text{FVC} \text{ [% pred.]}) + 21,028$	69
$\text{PaO}_2 \text{ 2.438 m} = (0,238 \times \text{PaO}_2 \text{ SL}) + (20,098 \times \text{FEV}_1/\text{FVC}) + 22,258$	69
$\text{PaO}_2 \text{ 2.438 m} = \text{PaO}_2 \text{ SL} \times e^{-(0,02002 - [0,00976 \times \text{FEV}_1 \text{ [L]}) \times (\text{PIO}_2\text{G} - \text{PIO}_2\text{ALT})}$	66
$\text{PaO}_2 \text{ 2.438 m} = \text{PaO}_2 \text{ SL} \times e^{-(0,01731 - [0,00019 \times \text{FEV}_1 \text{ [% pred.]}) \times (\text{PIO}_2\text{G} - \text{PIO}_2\text{ALT})}$	66
$\text{PaO}_2 \text{ 2.438 m} = 5,55 + (0,390 \times \text{PaO}_2 \text{ SL}) + (0,2475 \times \text{TLCO} \text{ [% pred.]})$	71
$\text{PaO}_2 \text{ 2.438 m} = (0,54 \times \text{PaO}_2 \text{ SL}) + 4,700$	72

Alt: altitud (pies); PaO₂ ALT: PaO₂ estimada en altitud (en mmHg); PaO₂ 2.438 m: PaO₂ estimada a 2.438 m (8.000 pies); PaO₂ SL: PaO₂ a nivel del mar (en mmHg); PIO₂G: presión parcial de oxígeno inspirado, saturada con vapor de agua, en tierra; PIO₂ALT: presión parcial de oxígeno inspirado, saturada con vapor de agua, en condiciones de altitud; FEV₁: volumen espiratorio forzado en el primer segundo; FVC: capacidad vital forzada; TLCO: actor de transferencia de monóxido de carbono; PaCO₂ SL: presión parcial de anhídrido carbónico a nivel del mar (en mmHg).

del vuelo ni las condiciones de la cabina. Además, no se han validado con otra prueba hipóxica repetida después de la realizada para obtenerlas. Es posible que aquellas ecuaciones que incluyen el FEV₁ subestimen la gravedad de la hipoxemia desencadenada por la altitud en pacientes hipercápnicos⁶⁹, puesto que algunos autores han demostrado una relación inversamente proporcional entre la PaO₂ en altitud y la presión parcial de anhídrido carbónico (PaCO₂) a nivel del mar⁶³. En este mismo sentido, las ecuaciones que emplean el FEV₁ o el cociente FEV₁/FVC en sujetos sanos probablemente sobrestimen la PaO₂ en altitud⁷³. También es probable que deba considerarse la causa que lleva a la hipoxemia. Así, por ejemplo, la hipoxemia secundaria a *shunt* se afecta muy poco por la exposición a la altitud, mientras que la secundaria a un desequilibrio ventilación/perfusión resulta muy dependiente de la PIO₂^{74,75}.

Recientemente, se ha desarrollado una ecuación de predicción específica para pacientes con trastornos restrictivos, en la que se incluye el factor de transferencia de CO⁷¹, así como otra aplicable a pacientes con EPOC o enfermedad intersticial⁷². También, en los últimos años, se han desarrollado estimaciones que incorporan la PaCO₂, tanto en sujetos sanos como en pacientes con EPOC⁷⁰.

A la luz de los datos actuales, la ecuación de Muhm⁷⁰ sería la más recomendable en sujetos sanos y pacientes con EPOC, mientras que la de Christensen et al⁷¹ sería la aconsejable en enfermos con trastornos restrictivos.

Prueba de simulación hipóxica. Aunque la prueba ideal para estimar el grado de hipoxemia durante un vuelo comercial es la hipoxia hipobárica, no resulta posible efectuarla en la práctica clínica habitual por la limitada disponibilidad de centros con cámaras hipobáricas (apéndice II). Como alternativa, se recomienda recurrir a la simulación hipóxica isobárica, descrita ini-

cialmente por Gong et al⁶⁷. Esta prueba asume que la respiración de una mezcla de gas hipóxico a nivel del mar (hipoxia normobárica) simula la hipoxia hipobárica característica de la altitud⁶⁹. La altitud máxima de presurización de la cabina (2.438 m) puede simularse por la respiración de una mezcla del 15% de oxígeno en nitrógeno.

No se requiere una preparación específica para la prueba. Se recomienda realizarla sin que el paciente interrumpa su medicación habitual, tratando de no inducir cambios en la dosis ni en los intervalos de la medicación⁶⁹.

Una vez que el paciente se encuentre sentado, es posible hacerle respirar la mezcla de gas hipóxico mediante una bolsa de Douglas, una cabina pletismográfica o una mascarilla tipo Venturi.

La modalidad más clásica y sencilla consiste en pedirle al sujeto que respire la mezcla de gas contenido en una bolsa de Douglas de 30-100 l, que se rellena desde cilindros presurizados con un 15% de oxígeno y nitrógeno como balance. En este caso, los pacientes pueden respirar a través de una boquilla, con pinza nasal, o a través de una mascarilla facial con una válvula anti-reinhalação^{7,14}.

La segunda opción consiste en llenar una cabina pletismográfica sellada con esa mezcla de gas (15% de oxígeno en nitrógeno), que se puede mantener constante introduciendo oxígeno o nitrógeno por un puerto comunicante. Este procedimiento tiene la ventaja de no necesitar mascarilla ni pieza bucal⁷⁶ y, además, permite titular el flujo de oxígeno necesario para corregir la hipoxemia, mediante la administración de oxígeno por gafas nasales dentro del entorno hipóxico de la cabina. Sin embargo, mientras el paciente permanece en la cabina pletismográfica no es posible obtener muestras de sangre arterial, por lo que la monitorización se limitaría a la SpO₂.

Como tercera posibilidad, se propone utilizar una mascarilla tipo Venturi en la que como gas conductor se sustituye al oxígeno por nitrógeno. Se ha comprobado con diferentes dispositivos que un sistema Venturi al 35% genera una fracción inspirada de oxígeno del 16%, mientras que al 40% origina una fracción inspirada de oxígeno del 14%, tanto en sujetos sanos como en pacientes con EPOC⁷³. Sin embargo, es necesario recordar que no todos los modelos comerciales basados en el principio Venturi son capaces de administrar oxígeno con un error menor del 1%, como se establece en sus especificaciones. Además, la FIO_2 puede disminuir si el flujo inspiratorio del paciente excede el flujo total generado por el aparato. Aunque su papel es menor, el espacio muerto de la mascarilla también afecta a la concentración de oxígeno suministrada⁷². También es necesario considerar que el nitrógeno es un 14% menos denso que el oxígeno, por lo que su capacidad de arrastre de aire a través del sistema Venturi es menor que la del oxígeno, con lo que el grado de precisión alcanzado en la FIO_2 será menor⁷⁷. Por todo ello, parece razonable aconsejar que si se opta por este sistema para la administración de la mezcla de gas hipóxico se realice simultáneamente una monitorización de la FIO_2 .

Durante la prueba, se le pedirá al paciente que respire a volumen corriente y se finalizará a los 20 min^{67,69} o cuando se alcance un estado estable, definido por la no variabilidad de la SpO_2 ($\pm 2\%$) ni de la frecuencia cardíaca (± 5 lpm) durante al menos 2 min⁶⁷.

Se recomienda una monitorización continua de la saturación de oxihemoglobina mediante pulsioxímetro y la realización de una gasometría arterial antes y al finalizar la prueba. En cuanto a la pulsioximetría no debe olvidarse que puede sobreestimar ligeramente la oxigenación real en fumadores, puesto que no discrimina entre oxihemoglobina y carboxihemoglobina⁷⁸. Además, la mayoría de los pulsioxímetros presentan cierto grado de imprecisión y variabilidad en el rango de saturación entre el 88 y el 92%⁷⁹. Por tanto, la SpO_2 sólo debería emplearse para el control de la prueba, pero su interpretación debería considerar la PaO_2 .

La prueba de simulación hipóxica proporciona, tanto en sujetos sanos como en pacientes con EPOC, una medida comparable a las obtenidas simulando la misma altitud en una cámara hipobárica⁶⁹. La relación entre la hipoxia isobárica y la hipoxia hipobárica no resulta condicionada por la edad ni el género de los sujetos⁶⁹. A su vez, también se ha demostrado que existe una buena correlación entre la PaO_2 obtenida durante la simulación hipóxica y la determinada en vuelo³², aunque esta relación empeora cuando el intervalo entre ambas es superior a 4 meses³².

En cuanto a su seguridad, la tolerancia de la simulación hipóxica es buena, describiéndose únicamente efectos secundarios muy leves como taquicardia, disnea, vértigo o mareo, cefalea y somnolencia⁶⁷.

La simulación hipóxica ofrece ciertas ventajas con respecto a las ecuaciones de predicción. Proporciona una valoración más precisa de la respuesta individual a la hipoxia. Además, permite evaluar posibles efectos de la hipoxia, tales como síntomas o alteraciones electrocar-

diográficas. Aunque los estudios iniciales realizaban monitorización continua de electrocardiograma (ECG)^{67,69}, se identificaron muy pocas arritmias relacionadas con la hipoxia, todas ellas de naturaleza benigna, por lo que en la actualidad no se recomienda la monitorización ECG de forma sistemática⁷. Quizá se podría considerar de forma individual en los pacientes con comorbilidad cardiovascular asociada.

Pese a todo, la simulación hipóxica es un procedimiento que también presenta limitaciones⁸⁰. No se reproducen las condiciones de la cabina (presión ni densidad del aire). Sin embargo, para que la disminución de la densidad del aire o de la turbulencia del flujo origine un incremento del FEV_1 o reduzca el trabajo respiratorio, se requieren alturas superiores a 3.000 m⁸¹, por lo que no es previsible que tengan una gran influencia. Además, el posible efecto beneficioso originado por la disminución de la densidad del aire nunca será mayor que el efecto negativo ocasionado por la disminución en la PIO_2 , el incremento de la distensibilidad pulmonar, del atrapamiento aéreo y de la mala distribución de la ventilación^{80,82}.

Durante la simulación hipóxica tampoco se considera la duración del vuelo. Sin embargo, recientemente se ha analizado la evolución de los gases arteriales durante un vuelo de 5 h en pacientes con EPOC³⁶. Se ha comprobado que, cuando los pacientes permanecen sentados, se produce una caída de la PaO_2 al alcanzar la altura de crucero y que, a partir de ese momento, la PaO_2 permanece estable durante el resto del vuelo³⁶.

La aplicación de estas recomendaciones en niños con enfermedades respiratorias resulta más controvertida. Existe poca información sobre el comportamiento fisiológico de los niños en altitud. Además, el espectro de enfermedad puede resultar muy amplio. En los niños prematuros con infección respiratoria viral aguda, existe un mayor riesgo de apnea por la inmadurez del patrón respiratorio. En este caso, la hipoxia ambiental puede aumentar el riesgo de apnea, por lo que se recomienda que no vuelen hasta 6 meses después de la fecha prevista para el parto a término. Por otra parte, algunos niños con fibrosis quística están mejor adaptados al ambiente hipóxico, probablemente por cambios en las características de disociación de la hemoglobina. En función de lo anterior, la recomendación actual considera que niños con un FEV_1 menor del 50% de su valor de referencia por fibrosis quística u otra enfermedad pulmonar crónica deberían ser sometidos a una prueba de simulación hipóxica y que si la $SpO_2 < 90\%$ durante la prueba, se debería prescribir oxígeno en vuelo^{7,83}. En niños, la vía de administración de la mezcla hipóxica más recomendable es la respiración dentro de una cabina pletismográfica.

Prescripción de suplemento de oxígeno en vuelo

Se considera que aquellos pacientes con una PaO_2 estimada en vuelo < 50 mmHg por ecuaciones de predicción, o preferiblemente por una prueba de simulación hipóxica, deberían recibir oxígeno suplementario en el avión (fig. 6)^{9,76}. El criterio seguido para la elección de este punto de corte resulta arbitrario⁶⁷. Puesto que las

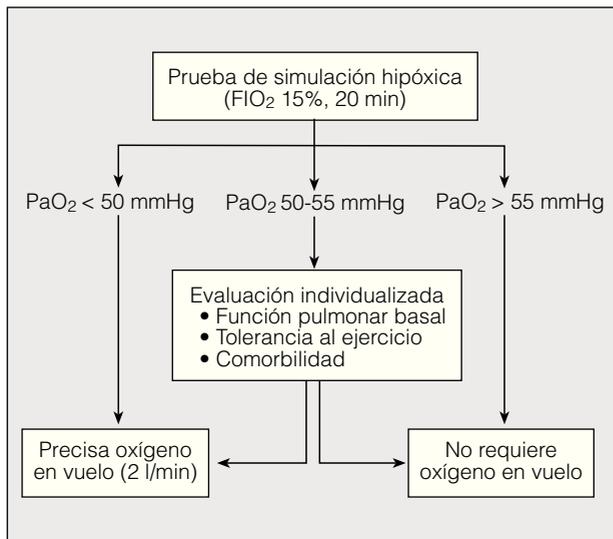


Fig. 6. Algoritmo para la interpretación de la prueba de simulación hipóxica.

personas sanas pueden alcanzar una PaO_2 55-60 mmHg a la altitud de cabina³⁵, se consideró que 50 mmHg representaría el límite inferior de la PaO_2 clínicamente aceptable⁶⁷. Por tanto, este punto de corte se basa en una decisión de consenso de expertos, pero no existe un soporte científico para el mismo³⁵.

Los enfermos con una PaO_2 estimada > 55 mmHg podrían volar sin precisar oxígeno suplementario. Por último, el grupo de pacientes con una PaO_2 estimada entre 50 y 55 mmHg deberían ser evaluados de forma individual. En este caso, si existe un deterioro grave de la función pulmonar basal, una acusada limitación al ejercicio, tanto en la prueba de la caminata como en la prueba de ejercicio cardiorrespiratorio progresivo, o comorbilidad asociada, también se podría recomendar el aporte de oxígeno durante el viaje en avión (fig. 6).

El suministro de oxígeno en vuelo se realiza mayoritariamente con gafas nasales. En pacientes con EPOC grave sometidos a condiciones de hipoxia hipobárica similares a las de la cabina de un avión comercial, se ha comprobado que la administración de oxígeno por gafas nasales a 3 l/min produce un mayor aumento de la PaO_2 que cuando se suministraba mediante una mascarilla tipo Venturi al 24 o al 28%⁸⁴. De hecho, los sistemas Ventimask pueden favorecer la dilución del aire ambiente a flujos relativamente bajos⁸⁵.

Un flujo de oxígeno de 2 l/min parece suficiente para corregir la hipoxemia en la mayoría de las ocasiones. En sujetos sanos y pacientes con alteraciones obstructivas o restrictivas que respiraban una FIO_2 ambiental del 15%, se comprobó que la administración de oxígeno con gafas nasales a 2 l/min lograba alcanzar una SpO_2 similar a la registrada cuando respiraban una FIO_2 del 21%⁷⁶. En trastornos restrictivos, un flujo de 2 l/min también parece suficiente para mantener una adecuada oxigenación durante el vuelo, aunque cuando el paciente se mueve por el avión, podría resultar aconsejable aumentar el flujo a 4 l/min, siempre y cuando exista la posibilidad de utilizar un prolongador⁷¹.

Por último, se debería considerar que el suplemento de oxígeno constituye un procedimiento seguro y efectivo para el control de muchos enfermos respiratorios crónicos durante la realización de viajes en avión^{41,65,84}. A modo de ejemplo, recientemente se ha descrito que el suministro de oxígeno durante vuelos de hasta 13.000 km permitió llegar a su destino de forma satisfactoria a un grupo de pacientes con enfermedad pulmonar grave⁸⁶. Únicamente, se registraron escasos episodios casi-sincopales por una oxigenación insuficiente al ir al baño sin oxígeno⁸⁶.

Recomendaciones específicas en algunas enfermedades respiratorias

Enfermedad pulmonar obstructiva crónica

La EPOC y la necesidad de su tratamiento con oxígeno durante un vuelo es la causa más frecuente de consulta médica previa al inicio de un desplazamiento aéreo⁸⁷. No obstante, nuestra respuesta en el momento actual no puede ser sólida y clara, ya que no existe la suficiente evidencia científica y muchos aspectos permanecen controvertidos.

En general, una primera recomendación ante un paciente con EPOC e hipoxemia sería que evitara el desplazamiento aéreo y que buscara otras vías de transporte. Esta indicación podría valer hace varias décadas, pero en la actualidad es insuficiente para muchos de los pacientes, ya que puede condicionar su calidad de vida y en algunos casos su actividad laboral. De hecho, una pequeña encuesta realizada en Estados Unidos sobre pacientes con EPOC grave mostró que aproximadamente 1 de cada 5 realizó un desplazamiento aéreo al año⁸⁸. No obstante, estas cifras pueden no ser extrapolables a nuestro país, donde probablemente la proporción sea menor.

Al igual que sucede en otros trastornos, se admite que durante un vuelo los pacientes con EPOC deberían mantener un nivel de PaO_2 superior a 50 mmHg^{13,35,89}. Con este umbral no se han observado problemas en los estudios de simulación de hipoxemia y parece razonable dada la experiencia clínica acumulada en pacientes con EPOC y oxigenoterapia crónica domiciliar (OCD). Sin embargo, este nivel es arbitrario y no existen estudios que hayan analizado su posible repercusión usando períodos más próximos a los habitualmente empleados en los vuelos aéreos, aunque la duración de los vuelos parece tener un menor efecto que la altitud alcanzada durante ellos²⁹.

A pesar de su potencial impacto, se han descrito pocos estudios en la EPOC que aborden el problema de la hipoxemia en la altitud durante los transportes aéreos. Además, se han realizado sobre pequeñas muestras de pacientes, sin hipoxemia grave, la mayor parte eucápnicos y sin gran comorbilidad cardiovascular^{28,32,65,90,91}. De ellos se desprende que los pacientes pueden tener descensos de la PaO_2 de hasta 25 mmHg cuando alcanzan una altura de vuelo de 2.438 m (8.000 pies). Esta situación no es rara en los transportes aéreos habituales²⁹ y, aunque la incidencia de problemas médicos parece mínima en la población general^{35,92}, no ocurre lo mismo en

la EPOC, donde la presencia de síntomas y el requerimiento de asistencia médica durante el vuelo son más prevalentes⁸⁸. No obstante, la relevancia de estos eventos no parece importante y cuando lo es, suele tener un origen cardiovascular^{88,92}. Aunque la interpretación de estos datos puede ser errónea por las limitaciones en su recogida, también es posible que la tolerancia de los pacientes con EPOC (sin otros factores que puedan alterar el transporte del oxígeno tales como cardiopatía o anemia) a la hipoxemia sea superior a la esperada.

Según los conocimientos actuales, se podría recomendar que todo paciente con EPOC moderada-grave que desee realizar un desplazamiento aéreo debería ser valorado clínicamente, incidiendo en los siguientes aspectos: *a)* descartar que no presente una exacerbación o que se encuentre en una fase precoz de recuperación de ésta; *b)* el tratamiento que realiza, y *c)* reducir la comorbilidad concomitante. Una vez que se ha comprobado su estabilidad clínica y optimizado su tratamiento, se le debería realizar una gasometría arterial y una espirometría en los días previos al vuelo. Las cifras de PaO₂ obtenidas deben ajustarse al nivel del mar y esto en algunas zonas de nuestro país puede suponer un incremento de hasta 10 mmHg.

Con objeto de simplificar la evaluación, se podría recomendar el siguiente sistema de actuación ante la presencia de hipoxemia (fig. 7):

1. PaO₂ > 70 mmHg. En general, no van a presentar hipoxemia hipobárica grave por lo que la estimación de la PaO₂ en vuelo no es necesaria de forma sistemática. No obstante, se debe valorar la existencia de síntomas (disnea o dolor torácico) durante vuelos previos y recomendar soporte de oxígeno a flujos bajos (1-2 l/min) si éstos han estado presentes. También parece prudente, hacer extensible esta opción terapéutica a aquellos casos en los que la presión en cabina durante el vuelo sea superior a los 2.438 m (8.000 pies) y coexistan formas muy graves de EPOC (FEV₁ ≤ 30%), que pueden tener más limitaciones en los mecanismos de compensación de la hipoxemia o enfermedades que alteren el transporte de oxígeno.

2. PaO₂ = 60-70 mmHg. Se debería realizar una estimación de la PaO₂ en vuelo mediante fórmula o preferiblemente mediante simulación hipóxica. Se recomienda la prescripción de oxígeno a bajo flujo en las siguientes situaciones:

- PaO₂ estimada durante el vuelo menor de 50 mmHg.
- Vuelos en los que la presión en el interior de la cabina sea superior a 1.859 m (6.000 pies).
- Presencia de comorbilidad cardiovascular y/o anemia.

3. PaO₂ < 60 mmHg. Estos pacientes ya se encuentran habitualmente recibiendo OCD. Se tratará de mantener sus mismos niveles de oxígeno durante el vuelo, para lo que será necesario incrementar en 1-1,5 l/min su soporte de oxígeno habitual. Esto no debiera generar problemas en los pacientes con EPOC eucápnicos, donde se ha observado una tendencia a la hipocapnia por hiperventilación. Pero si existe hipercapnia sería recomendable un estudio previo de la variación del intercambio de gases tras incrementar el aporte de oxígeno.

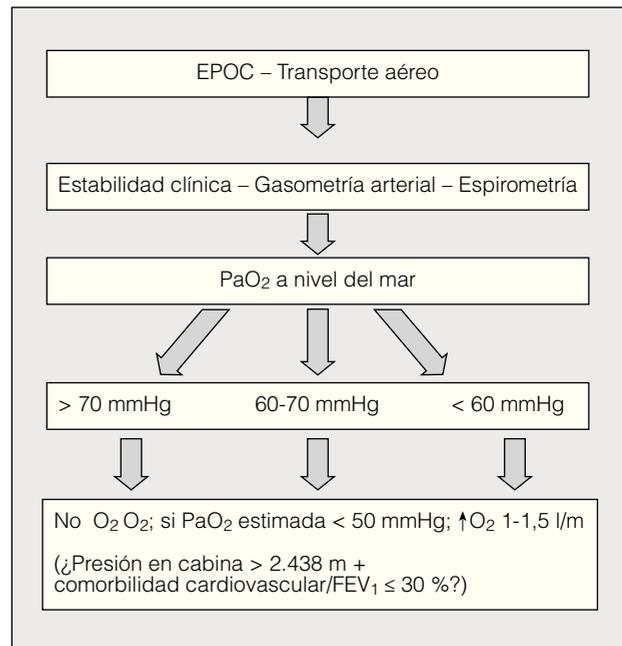


Fig. 7. Algoritmo simplificado para la prescripción de oxigenoterapia en vuelo a pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC).

Es importante remarcar que los pacientes que no están en programas de OCD tienen una menor sensación de gravedad de su enfermedad y un porcentaje importante puede no consultar al médico para realizar un viaje aéreo⁸⁸. Debe implementarse un mayor desarrollo de la educación terapéutica en este sentido.

Junto a la planificación prevuelo condicionada por las cifras de la PaO₂, existen otras indicaciones generales para evitar el deterioro de la hipoxemia, como son:

- Evitar grandes esfuerzos físicos: no cargar peso y reservar un asiento cerca de las áreas de servicio. No obstante, esto no debe ser una contraindicación para la necesaria movilización de las extremidades inferiores como prevención de la TVP.
- Evitar el sueño.
- No realizar comidas copiosas.

Sería aconsejable que las compañías aéreas dispusieran de personal entrenado que pudiera controlar periódicamente, mediante pulsioximetría, el nivel de oxígeno de los pacientes que precisan oxígeno durante el vuelo (niveles de SpO₂ entre el 85 y el 93% podrían ser adecuados). Además, podría ayudar a detectar alteraciones en el ritmo cardíaco, que, aunque raras, tienen una importante variabilidad individual⁹³. Esta monitorización es imprescindible si el paciente realiza un desplazamiento urgente en una situación de inestabilidad clínica.

A la espera de nuevos estudios que mejoren las importantes limitaciones de nuestros conocimientos, el mensaje global es que se debe aconsejar a todos los pacientes con EPOC que sean valorados por su neumólogo si van a realizar un desplazamiento aéreo. Se debe suple-

mentar con oxígeno a aquellos enfermos cuya PaO₂ estimada durante el vuelo sea inferior a 50 mmHg, teniendo especial precaución en aquellos con comorbilidad cardiovascular concomitante.

Infecciones

Los vuelos comerciales son un entorno apropiado para la expansión de patógenos transportados por pasajeros o por el personal de vuelo como quedó puesto de manifiesto durante el último brote de SARS. Son pocos los estudios y datos que hay sobre este tema y no es fácil cuantificar globalmente su repercusión, posiblemente infravalorada, ya que la práctica totalidad de las enfermedades implicadas tienen un período de incubación menor a la duración del viaje, algunas de estas enfermedades son tratadas como procesos banales y en los estudios realizados existe una proporción significativa de pasajeros ilocalizables⁹⁴. Las Regulaciones de Salud Internacional adoptadas a nivel mundial en 1969 para limitar la expansión de enfermedades están siendo revisadas^{95,96}. Recientemente la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha publicado una normativa acerca de las infecciones y los vuelos aéreos⁹⁷.

Factores de riesgo. Las infecciones respiratorias que han sido objeto de mayor interés son la tuberculosis pulmonar, el SARS y las producidas por los virus influenza. Estos gérmenes se transmiten fundamentalmente por vía aérea, por lo que además de las características patógenas, la epidemiología de la infección en cada zona y las condiciones inmunitarias del sujeto, el peligro de transmisión durante los viajes aéreos está condicionado por su duración, la proximidad al caso índice y la ventilación de la cabina.

La utilización de filtros adecuados y la correcta renovación del aire en el avión disminuyen el riesgo de infección. Aunque se ha cuestionado la seguridad de los HEPA frente a los virus⁹⁸, es más grave el hecho de que no existe una legislación que obligue a su utilización en la mayoría de los países. El 15% de los vuelos con más de 100 pasajeros realizados en Estados Unidos no llevaba filtros HEPA y esta cifra es considerablemente mayor en los aviones más pequeños que realizan trayectos regionales⁹⁹.

De los casos estudiados y de investigaciones mediante modelos matemáticos se desprende que los individuos que estén sentados en cualquiera de las dos filas de asientos próximos al pasajero afectado son los que sufren el mayor riesgo de transmisión de *Mycobacterium tuberculosis* y que si se duplica la ventilación, disminuye el riesgo a la mitad. La probabilidad de contagio también disminuye a casi cero en pasajeros sentados a 15 filas de la zona de infección^{100,101}. Sin embargo, esta "distancia de seguridad" no sirve en el caso de un paciente con SARS que podría contagiar a cualquier otro viajero sano que se encuentre sentado en las 7 filas siguientes¹⁰².

Las investigaciones de la OMS no han demostrado que la recirculación del aire por sí misma facilite la transmisión de enfermedades infecciosas a bordo del avión, aunque debe asegurarse su funcionamiento ade-

cuado y continuo mientras haya personas a bordo, independientemente de que el avión esté en vuelo o detenido en las pistas. Un funcionamiento inadecuado del sistema de ventilación de la cabina favorece el contagio¹⁰³.

Recientemente se ha solicitado desde revistas científicas, así como en medios de opinión general, que se considere seriamente las regulaciones sobre los filtros HEPA e incrementa el número de revisiones a los aviones realizadas por las autoridades^{104,105}.

Tuberculosis. Un tercio de la población mundial está infectada por *Mycobacterium tuberculosis*, por lo que es el modelo de transmisión más estudiado durante los viajes aéreos. Existen evidencias de que la transmisión desde personas bacilíferas es más frecuente durante vuelos largos (más de 8 h) y puede afectar tanto a los pasajeros como a miembros de la tripulación.

Se han estudiado 7 episodios de posible transmisión de tuberculosis durante viajes aéreos, 2 de ellos con cepas resistentes a isoniácida y rifampicina. En sólo 2 de estos episodios se ha podido establecer una posible transmisión de la infección (conversión del Mantoux) al resto de pasajeros o a los miembros de la tripulación, aunque en ningún caso se ha podido demostrar el desarrollo de la enfermedad como resultado de la exposición en un vuelo comercial^{94,106}. En el resto, los estudios no evidenciaron transmisión¹⁰⁷, no fueron concluyentes^{108,109} o la posibilidad de transmisión fue considerada muy baja¹¹⁰. En todos los casos el paciente índice tenía importante afectación radiológica y las tinciones de esputo demostraron bacilos ácido-alcohol resistentes con cultivos de esputo positivos.

A pesar de que la adquisición de la enfermedad y posiblemente la transmisión de la infección es menos probable que en otros medios de transporte, se ha generado gran ansiedad entre la población, autoridades sanitarias y las compañías aéreas, por lo que la OMS ha publicado una normativa con un protocolo de actuación que concluye con una serie de recomendaciones para los pasajeros, médicos, autoridades sanitarias y compañías aéreas (apéndice III)¹¹¹.

Síndrome respiratorio agudo grave. El brote epidémico del SARS, cuyo agente etiológico es un coronavirus, es el ejemplo más reciente y representativo de una enfermedad transmitida por un escaso número de viajeros a otros países y continentes en pocas semanas¹¹².

En 5 de los 40 vuelos investigados que transportaron pacientes infectados por el virus SARS, se consideró que existió probablemente transmisión del virus a otros pasajeros^{102,113-116}. La mayoría de los pasajeros que adquirieron la infección se habían sentado en las 5 filas más próximas al caso índice, aunque al menos en un vuelo de una duración de 3 h (Hong Kong-Pekín) se produjo un brote que afectó a un alto porcentaje de pasajeros hasta una distancia de 7 filas y posteriormente a más de 300 casos secundarios¹⁰². Se han buscado posibles explicaciones para este brote y aunque no ha habido resultados concluyentes, se ha especulado con un predominio de la transmisión aérea sobre el contacto directo o indirecto, que parte de los pasajeros estuvieran infectados previamente a la realización del viaje o a un funcionamiento

deficiente en la ventilación de la aeronave. El personal auxiliar de vuelo podría tener un riesgo superior en la adquisición de la enfermedad dada su movilidad por el avión¹⁰².

La OMS elaboró una serie de recomendaciones y normas, entre las que figuraba una serie de medidas que debían ser seguidas por todos los países (apéndice IV)^{114,115}. Tras su puesta en marcha no se identificaron nuevos casos de propagación de la enfermedad a distancia¹⁰¹.

Influenza. La infección por el virus influenza A aparece en forma epidémica entre los meses de octubre a abril en el hemisferio norte y de mayo a septiembre en el hemisferio sur. En un reciente estudio realizado en Suiza, casi el 13% de los viajeros que sufrían un episodio febril durante un viaje a zonas subtropicales o tropicales poseía al regreso un título significativo de anticuerpos contra los virus gripales y en más del 6% se podía demostrar una seroconversión de más de 4 veces el título inicial. Fuera de los períodos epidémicos locales, los virus de la gripe eran los más frecuentemente implicados¹¹⁷. Esta fuente puede ser el origen de algunos de los brotes limitados en época no epidémica^{118,119}. Otros virus como el influenza B y parainfluenza también han demostrado su capacidad patogénica^{120,121}. Al igual que en los brotes epidémicos convencionales, existe una serie de factores de riesgo para la adquisición de la infección, como ser mayor de 65 años, presentar comorbilidades y tener un contacto estrecho con el caso índice, por lo que el turismo en grupo puede facilitar el contagio¹²⁰.

A pesar de lo anteriormente comentado sólo se han documentado 3 estudios de contagio durante viajes aéreos^{103,118,121}. Los pasajeros sentados en las filas más próximas al caso índice eran los que se afectaban con mayor frecuencia aunque dada la elevada capacidad infectiva del virus, en los vuelos de más de 3 h de duración podían enfermar entre el 25-70% del pasaje y hasta un 20% de los contactos familiares secundarios desarrollaron la enfermedad. La suspensión o avería en el sistema de ventilación favorece la transmisión de enfermedades como se demostró en un vuelo en el que un pasajero con gripe contagió al 72% de los pasajeros¹⁰³.

Algunos países recomiendan la vacunación antigripal para aquellos viajeros que tengan como lugar de destino el hemisferio Sur durante los meses de verano, siempre que no hayan sido vacunados durante el año anterior¹²².

Otras transmisiones por vía respiratoria. Hay gérmenes que, a pesar de que no producen síntomas respiratorios o al menos no es su sintomatología principal, se transmiten por vía respiratoria. Entre ellos destaca por su contagiosidad y/o morbimortalidad el meningococo y el virus del sarampión.

Entre 1999-2001, se han estudiado 21 casos de pacientes con enfermedad meningocócica, que habían utilizado el avión durante el período de contagio sin demostrar ningún caso secundario. A pesar de ello, dada

la gravedad de la enfermedad, se aconseja que las personas sentadas próximas al caso índice inicien profilaxis en las siguientes 24 h de la comunicación del caso, siempre que el tiempo desde el contacto haya sido inferior a 14 días^{101,123}.

El virus del sarampión es altamente contagioso ya que desarrolla la enfermedad hasta el 80% de las personas expuestas y se han descrito algunos casos de transmisión durante viajes aéreos¹²⁴⁻¹²⁷. Actualmente el calendario vacunal de las diferentes comunidades autónomas incluye la vacuna para el meningococo a partir de los 2 años y para el sarampión a partir de los 15 meses, por lo que el riesgo de transmisión de estas enfermedades presumiblemente es irrelevante, aunque pudieran verse afectados ciudadanos de otros países no vacunados o sin anticuerpos.

No se han reportado brotes epidémicos producidos por los virus del catarro común, pero presumiblemente esta circunstancia se deba a la elevada frecuencia de la enfermedad y a las dificultades de su investigación¹⁰¹. En un estudio no se demostró que el sistema de recirculación del aire en la cabina del avión facilitara la aparición de síntomas de infección de vías altas¹²⁸.

Actualmente, existe una gran preocupación por la posible propagación del virus de la gripe aviaria (H5N1). Este virus posee un menor período de incubación y un mayor grado de contagiosidad que el virus del SARS. Estados Unidos ha elaborado un plan nacional para evitar la propagación de brotes estableciendo una serie de medidas sanitarias específicas en los aeropuertos. Además de un incremento en el número de técnicos de salud, se han construido oficinas de salud que permitan evaluar el estado médico de los pasajeros y habitaciones de aislamiento para poder establecer una cuarentena en los aeropuertos internacionales. Estas oficinas están en contacto permanente con los Centers for Disease Control and Prevention (CDC) y tienen acceso a los registros de cada vuelo con el fin de facilitar los contactos de un posible caso índice¹²⁹.

Hasta el momento, no se han demostrado los beneficios de esta estrategia y es poco probable que evite o retrase una epidemia por importación de virus influenza o SARS¹³⁰. La detección de enfermos en el aeropuerto de destino exclusivamente tendría repercusión sobre la detección de sujetos que hubieran desarrollado la clínica durante el vuelo y los contactos, por lo que su sensibilidad sería baja. La mayoría de los expertos defiende estrategias similares a las seguidas en el brote del SARS que incluyan controles para la detección de sujetos con clínica en el aeropuerto de partida con el fin de impedir el embarque de los sujetos enfermos¹³¹⁻¹³⁴.

Si se confirmara un caso de infección por influenza aviaria, deben establecerse medidas de aislamiento similares a las seguidas en pacientes y contactos con SARS, iniciar tratamiento con inhibidores de la neuraminidasa de forma inmediata y en los contactos instaurar profilaxis con estos fármacos en las primeras 48 h. Si se dispusiera de una vacuna específica, debería administrarse de forma inmediata a los contactos¹³⁵. La OMS ha establecido un plan global en el que se contemplan estos apartados^{136,137}.

Recientemente, se ha elaborado una serie de recomendaciones y consideraciones sobre el manejo de la exposición a una enfermedad infecciosa durante un vuelo comercial¹⁰¹:

- Aunque las compañías de transporte de viajeros pueden negarse a transportar personas enfermas, no es posible realizar exploraciones sistemáticas para lograr detectar a estos viajeros enfermos.

- Es preciso realizar un diagnóstico precoz para establecer medidas para el resto de los pasajeros.

- Los gobiernos tienen autoridad legal para, de acuerdo con las leyes internacionales, establecer controles a los pasajeros con enfermedades transmisibles de declaración obligatoria.

- Las autoridades pueden establecer alertas de cuarentena a pasajeros que lleguen a sus aeropuertos.

- Los médicos deben identificar a aquellos sujetos que no tienen un estado de salud adecuado para realizar un viaje en avión e informar de cómo puede afectar el vuelo a su estado de salud.

- El mejor método es la prevención, y se debe aconsejar postergar el viaje.

- El lavado de manos reduce el riesgo de transmisión de enfermedades infectocontagiosas y debería ser una rutina habitual durante los viajes y siempre antes de comer.

- Cubrirse la nariz y la boca si estornuda o tose y lavarse después sus manos para proteger a los demás.

- En caso de un pasajero con sospecha de SARS en el avión, se debe proporcionar una mascarilla NIOSH N 95 y establecer una zona de aislamiento en el avión.

Fibrosis quística

Los pacientes con fibrosis quística han incrementado sus expectativas de supervivencia y calidad de vida, por lo que no es infrecuente que deseen ir de vacaciones e incluso desarrollar una vida laboral en la que se contempla el desplazamiento en avión.

Existen pocos estudios que hayan analizado las modificaciones que los vuelos comerciales desencadenan en enfermos con fibrosis quística. La estimación del grado de hipoxemia durante el vuelo genera algunas controversias en estos enfermos. Aunque en un estudio inicial realizado en un pequeño grupo de niños de 11-16 años, la prueba de simulación hipóxica predecía con gran sensibilidad y especificidad el desarrollo de desaturación durante el vuelo, estudios posteriores no han confirmado estos hallazgos¹³⁸. Un trabajo del mismo grupo de investigadores con un mayor número de sujetos y duración del vuelo (8-13 h) contradecía estos hallazgos y demostraba que un $FEV_1 < 50\%$ del valor de referencia identificaba mejor a los desaturadores que la prueba de simulación hipóxica⁸³.

Sólo un pequeño porcentaje de los pacientes que experimentaron caídas de la SpO_2 por debajo del 90% presentó síntomas y requirió oxígeno suplementario⁸³. Sin embargo, hay que destacar que los pacientes incluidos en estos estudios estaban en situación estable, con enfermedad no muy evolucionada y edades inferiores a otros grupos de pacientes portadores de diferentes en-

fermedades cardíacas o respiratorias para los que caídas de la PaO_2 por debajo de 50 mmHg obligan a instaurar oxigenoterapia durante el vuelo. Esto explicaría la mejor tolerancia a la hipoxia de los pacientes con fibrosis quística, confirmada tanto en exposiciones agudas en cámaras hipobáricas¹³⁹ como durante la permanencia en altitud¹⁴⁰. Además, en los pacientes con fibrosis quística, la prueba de simulación hipóxica resulta especialmente variable con el tiempo, pudiéndose modificar en pocas semanas^{141,142}.

Por estas razones, en los pacientes con fibrosis quística la indicación de oxigenoterapia durante el vuelo no debería basarse de forma exclusiva en la prueba de simulación hipóxica, sino valorar además la situación clínica y el grado de obstrucción bronquial¹⁴⁰. Otras recomendaciones a considerar por los pacientes con fibrosis quística que planifiquen un viaje aéreo se resumen en la tabla V.

Algunos autores han descrito un incremento de las exacerbaciones después de unas semanas de vacaciones^{141,142}, relacionado con un peor control de la enfermedad. El correcto seguimiento del tratamiento y, sobre todo, de la fisioterapia mejora las condiciones en las que se realiza el vuelo de regreso y disminuye posibles complicaciones¹⁴³.

Enfermedad tromboembólica venosa

La incidencia estimada de la enfermedad tromboembólica venosa (ETV) en la población general es de 1 por cada 1.000 personas y año¹⁴⁴. La patogenia de la TVP, aún vigente, fue descrita por Virchow en 1856 y está basada en la tríada formada por la estasis de la circulación venosa, el daño vascular endotelial y la hipercoagulabilidad. Éstas concurren en situaciones adquiridas, transitorias o persistentes, o congénitas, denominadas factores de riesgo, presentes en aproximadamente el 75% de los pacientes con ETV¹⁴⁵.

Los viajes prolongados se han asociado con un aumento de la incidencia de la ETV¹⁴⁶ e incluidos en los listados de factores de riesgo^{147,148}. En 1977, se acuñó el término “síndrome de la clase turista” después de la descripción de 8 casos de ETV tras un viaje en avión en clase turista¹⁴⁹. Se quería resaltar con ello que el espacio reducido para el estiramiento de las extremidades inferiores durante un período prolongado reduce el retorno venoso favoreciendo la estasis de la circulación venosa¹⁵⁰. Esta circunstancia no es exclusiva de los viajes en

TABLA V
Recomendaciones específicas para pacientes con fibrosis quística que pretenden realizar un viaje en avión

Ingerir abundantes líquidos con el fin de evitar los efectos nocivos que el aire seco de la cabina ejerce sobre la mucosa de la vía respiratoria y las secreciones
Si el paciente utiliza nebulizadores, algunas aerolíneas permiten la utilización del nebulizador propio o proveen uno para los viajes de largo recorrido
Si es posible, en las escalas de los vuelos de largo recorrido es aconsejable realizar ejercicios de fisioterapia

TABLA VI
Factores de riesgo para el desarrollo de enfermedad tromboembólica venosa (ETV) que deben valorarse en viajes de larga duración

Cirugía mayor reciente
Fracturas o inmovilizaciones recientes con escayola de extremidades inferiores
Inmovilización reciente por enfermedades médicas
Trombofilia congénita: déficit de antitrombina, proteína C o proteína S, mutación factor V Leiden homocigoto o heterocigoto, déficits combinados, factor II G20210A heterocigoto, hiperhomocistinemia, aumento de la concentración plasmática de factor VIII, otras*
ETV previa, especialmente en las idiopáticas
Cáncer, especialmente con metástasis
Síndrome antifosfolípido
Edad avanzada
Embarazo, puerperio
Obesidad
Trombosis venosa superficial, varices
Anticonceptivos orales, terapia hormonal sustitutiva, tamoxifeno
Miscelánea: policitemia vera, trombocitosis, hemoglobinuria paroxística nocturna, síndrome nefrótico, enfermedad inflamatoria intestinal, síndrome de Behçet, lupus eritematoso, antipsicóticos

*Otras trombofilias: aumento de la concentración plasmática de factor IX, factor XI y del inhibidor de la fibrinólisis activable por la trombina, disfibrinogenemias.

avión en clase turista. También ha sido descrita en clase *business*¹⁵¹ y en otros medios de locomoción, como automóviles o autobuses¹⁵², donde se mantengan, durante largos períodos, las extremidades inferiores flexionadas y en reposo.

Además de la estasis venosa, en los viajes en avión existe controversia sobre otros factores que podrían contribuir a la TVP, como la deshidratación, favorecida por la baja humedad de la cabina y en algunos casos incrementada por el efecto diurético de café o bebidas alcohólicas, y la hipoxia hipobárica propia de la cabina presurizada. La deshidratación podría predisponer a la TVP por hemoconcentración e hiperviscosidad, aunque esta hipótesis resulta controvertida. En estudios experimentales, se ha observado que la hipoxia hipobárica favorece la activación de la coagulación^{153,154} y la reducción de la actividad fibrinolítica fisiológica de las células endoteliales¹⁵⁴, aunque estos resultados no se han reproducido en estudios posteriores¹⁵⁵.

Incidencia y riesgo de enfermedad tromboembólica venosa. Los estudios realizados sobre incidencia y riesgo trombótico asociado a los viajes en avión de larga duración han sido metodológicamente muy heterogéneos y los resultados, dispares. Para pasajeros de riesgo trombótico alto, por la presencia de otros factores de riesgo adicionales, la incidencia de ETV parece elevada, del 3 al 5%^{156,157}. En viajeros de riesgo bajo-moderado descende a 0-1%^{157,158}.

La mayoría de los eventos de ETV identificados fueron TVP asintomáticos que afectaban exclusivamente al territorio venoso sural, aunque el método de cribado utilizado en casi todos los estudios fue la ecografía venosa de compresión con o sin Doppler, lo que cuestiona los resultados por su limitada sensibilidad en el territorio distal. La influencia de otros factores de riesgo individuales parece decisiva para desencadenar la TVP¹⁵⁹.

La incidencia de tromboembolia pulmonar (TEP) fue evaluada en estudios de cohortes¹⁶⁰⁻¹⁶². Según datos recogidos en los aeropuertos de París entre 1984 y 1998¹⁶⁰, la incidencia de TEP ha ido en aumento. Se han descrito diferencias significativas en la incidencia de TEP según la distancia recorrida, desde 0,01 casos por cada 106 de pasajeros en distancias inferiores a 5.000 km, hasta 4,8 casos por cada 106 en recorridos de más de 10.000 km¹⁶¹. En un estudio realizado en el aeropuerto de Madrid-Barajas también se han encontrado diferencias según la duración del vuelo¹⁶². En los vuelos de más de 8 h, la incidencia de TEP fue de 1,65 por 106 viajeros, en los de 6-8 h de 0,65 por 106 viajeros y en los de menos de 6 h no se produjeron casos de TEP. Por este motivo, un período de 6 h se ha considerado como el tiempo límite para aconsejar medidas generales de movilización periódica de las extremidades¹⁶³.

El riesgo relativo de ETV es difícil de establecer dada la heterogeneidad de los estudios^{152,157,164}. Considerando sólo los viajes en avión, el riesgo no es evidente (*odds ratio* = 1,3)¹⁶⁴, por lo que no se podría concluir que son un factor de riesgo independiente. Sin embargo, en viajeros con factores de riesgo trombótico adicional la *odds ratio* se incrementa en todos los estudios, significando un riesgo de ETV 3-4 veces superior. Recientemente, se ha demostrado que la inmovilización originada por un vuelo de más de 8 h de duración incrementa algunos marcadores de activación de la coagulación en sujetos sin factores de riesgo trombótico, pero queda por establecer si ello supone un mayor riesgo de ETV¹⁶⁵.

Medidas profilácticas. Para adoptar medidas profilácticas intervencionistas debe individualizarse e identificar la presencia de otros factores de riesgo trombótico venoso (tabla VI). Clasificar el nivel de riesgo como moderado o alto en estas circunstancias no está bien establecido. Parece razonable extrapolar el impacto de cada uno de estos factores en la ETV.

MEDIDAS GENERALES. Una adecuada hidratación, la movilización periódica de las extremidades inferiores y evitar mantener durante largo tiempo las piernas flexionadas son las medidas aconsejadas por la mayoría de los expertos. Éstas se recomiendan con carácter general para vuelos de más de 6 h de duración¹⁶³.

MEDIAS ELÁSTICAS. En viajeros de riesgo trombótico alto, las medias elásticas, en general por debajo de la rodilla y con una presión de 15 a 30 mmHg, han demostrado ser eficaces para reducir la incidencia de ETV¹⁶⁶⁻¹⁶⁸, sin efectos adversos y con una buena tolerancia.

PROFILAXIS FARMACOLÓGICA. En pasajeros de riesgo trombótico alto, se han ensayado el ácido acetilsalicílico y heparinas de bajo peso molecular. Una dosis de 400 mg de ácido acetilsalicílico durante 3 días resultó ineficaz, provocando además molestias gastrointestinales en un 13% de los viajeros¹⁶⁹. Por el contrario, se ha comprobado que una dosis única de enoxaparina, tanto terapéutica ajustada al peso como en dosis profiláctica de alto riesgo, aplicada 2-4 h antes del vuelo, reduce la incidencia de TVP sin reacciones adversas¹⁶⁹.

Las conclusiones generales sobre ETV y viajes en avión se resumen en la tabla VII.

Insuficiencia respiratoria crónica

Hay pocos estudios referentes al impacto de los viajes aéreos en pacientes con enfermedades respiratorias que presentan insuficiencia respiratoria o trastornos graves de la regulación de la ventilación. En los viajes aéreos de estos pacientes, además de las características y de la duración del vuelo, hay que tener en cuenta: *a*) la duración total del viaje (tiempo de vuelo más esperas predecibles y riesgo de posibles imprevistos); *b*) el desplazamiento del aeropuerto al punto final de destino; *c*) los aspectos logísticos (como el suministro de oxígeno o la posibilidad de cargar las baterías del aparato o de la silla de ruedas durante el viaje y en el punto de destino), y *d*) la altitud del lugar de llegada y el tiempo de permanencia en él. La mayor parte de los pacientes, a pesar de la discapacidad, puede viajar a condición de preparar el viaje adecuadamente y procurar no dejar al azar ningún aspecto¹⁷⁰.

En general, en los pacientes con oxigenoterapia domiciliaria, se recomienda incrementar el flujo de oxígeno 1-2 l durante el viaje en avión¹⁷¹. Además, es impres-

cindible conocer las condiciones de cada compañía aérea antes de emprender el vuelo, tanto en lo que se refiere al transporte y suministro de oxígeno como a los accesorios que necesite el paciente (silla de ruedas, ventilador) y la obligatoriedad o no de ir acompañado. Algunas compañías aceptan que el pasajero transporte pequeñas botellas de oxígeno (máximo dos botellas de menos de 0,5 m de largo y 250 mm de diámetro)¹⁷², pero otras compañías no aceptan el transporte de oxígeno, aunque permiten el uso de ciertos concentradores de oxígeno, según una regulación muy estricta, siempre que el usuario disponga de las baterías suficientes para todo el vuelo¹⁷³.

Enfermedades restrictivas

Se describen casos de pacientes con cifoescoliosis o enfermedades neuromusculares en los que largos viajes aéreos precipitan el fallo cardíaco derecho¹⁷⁴, presumiblemente en relación con la hipoxia mantenida durante el vuelo.

Desde un punto de vista teórico, en los pacientes con enfermedades restrictivas no hipercápnicas (por afectación del parénquima), que presentan riesgo de hipoxia durante el vuelo, estaría indicado el oxígeno para disminuir el impacto de la hipoxemia sobre la hipertensión pulmonar.

En los pacientes con enfermedades restrictivas que utilizan ventilación mecánica (por afectación extrapulmonar), es recomendable que lleven el aparato consigo durante el vuelo, aunque únicamente lo utilicen durante la noche. Es evidente que los pacientes con ventilación continua deben estudiar con detenimiento el viaje dado que deberán utilizar el ventilador durante el viaje y los desplazamientos.

Desde un punto de vista logístico es muy importante asegurar el equipaje de mano que podrá llevar el paciente, especialmente en lo que se refiere a la silla de ruedas, el ventilador y la batería de repuesto. En los pacientes con gran discapacidad, la mayoría de compañías aéreas exigen un acompañante y consideran que un acompañante puede cuidar a dos viajeros con discapacidad. El paciente también debe considerar el espacio físico que puede necesitar. Suele ser recomendable contactar directamente con la compañía aérea para valorar todas las necesidades del paciente¹⁷⁵.

TABLA VII

Consideraciones generales en relación con la enfermedad tromboembólica venosa (ETV) y los viajes en avión

La asociación entre ETV y viajes en avión de larga duración es débil
El riesgo más evidente es presentar una trombosis venosa profunda (TVP) asintomática limitada al territorio sural
Los episodios de ETV sintomáticos, incluidas las tromboembolias pulmonares fatales, son infrecuentes
El riesgo aumenta en viajes de más de 6 h de duración en pasajeros con otros factores de riesgo adicionales
La movilización periódica de las piernas y la hidratación deben aconsejarse con carácter general
En pasajeros con otros factores de riesgo trombótico venoso, debe individualizarse la decisión de aplicar otras medidas profilácticas
Las medias elásticas por debajo de la rodilla son efectivas y reducen la incidencia de TVP
Las heparinas de bajo peso molecular son eficaces en pacientes de alto riesgo trombótico
En general, una dosis única de heparina de bajo peso molecular a dosis profiláctica de alto riesgo parece adecuada, aunque es aconsejable individualizar
La aspirina es ineficaz; no debe ser recomendada

Síndrome de apneas-hipopneas durante el sueño

Hay pocas referencias en la literatura médica sobre el impacto de los viajes aéreos en pacientes con síndrome de apneas-hipopneas durante el sueño (SAHS). Algunas complicaciones se han asociado a viajes largos seguidos de estancia en altitud. Todos los enfermos con SAHS deberían evitar el consumo de alcohol inmediatamente antes y durante el vuelo. Los pacientes graves deberían utilizar presión positiva continua en la vía respiratoria (*continuous positive airway pressure* [CPAP]) durante vuelos de larga duración. Para ello, deben disponer de una batería seca que sirva de fuente de energía para su propio equipo.

Asma

Aunque la baja humedad del aire en la cabina de los aviones podría favorecer el desarrollo de broncospasmo por pérdida de agua de la mucosa bronquial, se ha considerado que las crisis asmáticas durante los vuelos resultaban poco frecuentes⁷. Además, a veces resulta difícil diferenciarlas de disnea por hiperventilación o pánico⁷. Más recientemente, se ha descrito una mayor incidencia de episodios de broncospasmo en vuelo, que llegaron a precisar tratamiento¹⁷⁶.

Los pacientes con asma controlada y sin insuficiencia respiratoria no tienen problemas para volar, aunque deben asegurarse de disponer de su medicación a mano. Los pacientes con asma grave, con frecuentes exacerbaciones y crisis graves, deberían estar bien controlados antes del día del vuelo.

Desde 2004, la medicación de emergencia de la mayoría de los aviones incluye broncodilatadores, tanto en cartucho presurizado como en ampollas. No obstante, en caso de crisis, se recomienda que el paciente se administre su medicación de rescate habitual¹⁷⁷.

Cáncer de pulmón

Los pacientes con tumores primarios o metastásicos generalmente pueden volar con seguridad. No obstante, puede resultar necesario considerar medidas para paliar la hipoxemia o el dolor.

Neumotórax

El neumotórax es una contraindicación para el vuelo. Sólo se aceptará al paciente para volar, cuando el pulmón se haya reexpandido por completo. No debería ser admitido para volar hasta 72 h después de retirado el drenaje pleural y con una radiografía realizada 48 h después de retirado el drenaje para confirmar la resolución del neumotórax⁷.

De forma opcional, algunas compañías aéreas pueden aceptar el transporte de un pasajero con un drenaje pleural. En este caso, como es difícil garantizar una aspiración continua durante el vuelo, se recomienda la colocación de una válvula de una vía de Heimlich¹². Con carácter excepcional, puede resultar necesario evacuar un neumotórax durante el vuelo. Esto sólo debe realizarse por personal entrenado y cuando la presión de la cabina corresponda al nivel del mar¹².

Traumatismos torácicos

Las fracturas costales simples no suelen plantear problemas durante el vuelo, sobre todo cuando no existe daño pulmonar ni una enfermedad pulmonar previa¹². El principal problema asociado con las fracturas es el dolor, que puede reducir la ventilación. Por tanto, es importante garantizar la adecuada analgesia en vuelo. Fracturas múltiples pueden causar inestabilidad torácica y, en ese caso, se debería considerar la necesidad de un transporte especial.

En todo paciente con insuficiencia respiratoria aguda por una contusión pulmonar, el vuelo debería postergarse hasta que la función pulmonar resulte normal^{7,12}. De igual modo, el enfisema mediastínico o subcutáneo constituye una contraindicación para la realización de vuelos comerciales¹². En cualquiera de estas situaciones, si el transporte aéreo resulta imprescindible, se requiere una ambulancia aérea.

Cirugía torácica

Aunque se precisa una evaluación individual, como regla general se aconseja no volar hasta que hayan transcurrido al menos 2 semanas de la operación⁷.

Organización y logística

Los pacientes con enfermedades respiratorias que precisen oxígeno a bordo o requieran algún tipo de cuidados sanitarios durante el vuelo se consideran pasajeros enfermos que precisan autorización médica (caso MEDA). Todos los pacientes que comuniquen alguna de estas situaciones deben ser informados al realizar la reserva del vuelo del proceso que se sigue para obtener la autorización médica, de las limitaciones y requisitos existentes, del número de acompañantes requeridos y de la tarifa para el servicio solicitado. A su vez, deben cumplimentar el impreso INCAD/MEDIF proporcionado por la compañía (apéndice V), basado en las recomendaciones de la IATA, y remitirlo por fax al servicio médico de la compañía aérea para que autorice el vuelo y ponga en marcha el operativo correspondiente.

El suministro de oxígeno suele realizarse mediante mascarilla, aunque el paciente podría utilizar sus propias gafas nasales. En los aviones, se puede disponer de tres fuentes de oxígeno. Ante una despresurización, los pasajeros pueden recibir oxígeno a través de mascarillas insertadas encima de los asientos. Sin embargo, esta fuente de oxígeno, que tiene una duración limitada, no se puede emplear para la suplementación de oxígeno durante el vuelo de pacientes enfermos. Lo más habitual es recurrir a cilindros de 22 pies cúbicos, que a un flujo de 4 l/min pueden suministrar oxígeno durante 4 h^{80,178}, por lo que resulta importante estimar el número de cilindros que necesitará un paciente en función del flujo prescrito y de la duración del viaje. Recientemente, el American Department of Transportation ha aprobado el empleo de concentradores de oxígeno portátiles, que permiten su uso durante el despegue y el aterrizaje y al moverse por la cabina. A su vez, pueden ayudar al

TABLA VIII
Recomendaciones generales para enfermos respiratorios durante un viaje en avión

<p>Solicitar un informe de la situación clínica del paciente en el que figure la última valoración funcional y el tratamiento. Esto es imprescindible si la estancia es de varias semanas y el destino no cuenta con los recursos sanitarios habituales</p> <p>En los países en los que todavía se permite fumar en los aviones, el paciente debe sentarse en una zona de no fumadores</p> <p>Evitar el exceso de alcohol antes y durante el vuelo, especialmente en los casos de síndrome de apneas-hipopneas y riesgo de enfermedad tromboembólica venosa</p> <p>Mantener la movilidad durante los vuelos de larga duración, salvo si requieren oxígeno</p> <p>Si precisa oxígeno, tratar de utilizarlo durante los desplazamientos por el avión en vuelo (con una alargadera que lo permita)</p> <p>Realizar medidas profilácticas ante el riesgo de enfermedad tromboembólica</p> <p>Llevar la medicación, y especialmente los inhaladores de rescate, en el equipaje de mano</p> <p>Si factura medicación, asegurarse de que no se afecte por las condiciones extremas del compartimento de carga</p> <p>Emplear cámaras espaciadoras en lugar de nebulizadores</p> <p>Si necesita CPAP para un vuelo de larga duración, llevar una batería seca, que deberá apagar antes de aterrizar</p> <p>Los pacientes que precisen un ventilador deben tolerar desconexiones transitorias, durante el despegue y el aterrizaje</p> <p>La necesidad de oxígeno o cualquier otro tipo de asistencia médica debe ser comunicada al realizar la reserva, 48 h antes del vuelo</p> <p>Si es preciso, se debe gestionar con el servicio médico de la compañía la asistencia necesaria para el traslado del enfermo dentro del aeropuerto</p>

CPAP: presión positiva en la vía respiratoria.

paciente a desplazarse entre el avión y la terminal. Hasta la actualidad, sólo se han aprobado modelos fabricados por Inogen (www.inogen.net) y Airsep (www.airsep.com)³³. Es importante considerar que la mayoría de las compañías aéreas no permiten el uso de oxígeno líquido a bordo. Si se desea transportar una mochila de oxígeno líquido, debe facturarse vacía y cargarla al llegar al destino.

En general, el oxígeno en vuelo se administra a flujos de 2 o 4 l/min y, con carácter excepcional, a 8 l/min. El servicio médico de la compañía puede exigir que el enfermo vaya acompañado por una persona entrenada en el manejo del sistema de oxigenoterapia. En la mayoría de los casos, el suministro de oxígeno durante el vuelo es una prestación que paga el viajero. Con carácter orientativo, desde enero de 2006 Iberia cobra 165 euros por vuelo y establece como tiempo mínimo para la reserva de oxígeno las 48 h previas a la salida del vuelo o las 24 h anteriores en los casos urgentes. De forma más excepcional, algunas compañías pueden exigir la adquisición de una plaza supletoria para la fuente de oxígeno.

Experiencias previas de desplazamiento con enfermos con oxigenoterapia o ventilación mecánica demuestran que los principales problemas provienen del traslado de los enfermos⁸⁰. De forma general, la mayoría de las compañías sólo suministra oxígeno durante la estancia dentro del avión o durante el tránsito entre aviones de la misma compañía. En caso de necesitarlo durante el período de embarque o la estancia en el aeropuerto, el pasajero lo debería comunicar a los servicios médicos de la compañía para articular formas de transporte especiales, como el traslado en ambulancia hasta el avión. El transporte con oxígeno durante el vuelo no supone una excepcionalidad. Datos de Iberia señalan que unas 2.000 personas requieren suplementación de oxígeno en vuelo durante cada año.

También es posible utilizar un equipo de CPAP o ventiladores durante los viajes en avión. En este caso, el paciente debe llevar su propia máquina, puesto que no son suministradas por las compañías aéreas. Es importante

mencionar que, dado que la inmensa mayoría de los aviones comerciales no dispone de enchufes en la cabina, el paciente debe llevar una batería seca para la alimentación autónoma del equipo.

El uso a bordo de CPAP o de un ventilador también debe ser solicitado al hacer la reserva y es necesario contar con la autorización del servicio médico de la compañía. En general, para el empleo de CPAP no se exige acompañante, mientras que para los pacientes en ventilación mecánica se suele requerir la presencia de un cuidador adiestrado en su manejo. Los pacientes con total dependencia del ventilador, que no toleren desconexiones transitorias durante el despegue, el aterrizaje o ante la existencia de cualquier eventualidad, no pueden volar en aviones comerciales. En ese caso, deberían utilizar ambulancias aéreas.

No obstante, existe una considerable disparidad en las regulaciones, disponibilidad, coste y facilidad para la gestión del oxígeno en vuelo¹⁷⁹, por lo que es recomendable que el paciente o su representante conozca los criterios establecidos por la compañía con la que piensa volar. Resulta posible acceder a esta información directamente en las agencias de viaje, al realizar la reserva, o a través de la página web de la British Lung Foundation¹⁸⁰.

Por último, es aconsejable que todos los pacientes con enfermedades respiratorias que pretendan volar consideren algunas indicaciones de carácter general (tabla VIII) e incluso que accedan a material informativo específico para pacientes¹⁸⁰⁻¹⁸².

Agradecimientos

Los autores desean manifestar su agradecimiento al Dr. Fernando Merelo de Barberá, jefe de Medicina Aeronáutica de IBERIA, y al Dr. Francisco Ríos Tejada, jefe del Servicio de Medicina Aeroespacial del Centro de Instrucción en Medicina Aeroespacial, por su asesoramiento técnico en la redacción de este manuscrito.

BIBLIOGRAFÍA

1. WHO. Travel by air: health considerations. *Wkly Epidemiol Rec.* 2005;21:181-91.
2. Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea (AENA). Aeropuertos. Estadísticas. (Accedido 17 Feb 2006) Disponible en: <http://www.aena.es>
3. Johnson A. Flying with respiratory disease. *Breath.* 1993;42:2-5.
4. Cummins RO, Chapman PJ, Chamberlain DA, Schubach JA, Litwin PE. Inflight deaths during commercial air travel. How big a problem? *JAMA.* 1988;259:1983-8.
5. Hordinsky JR, George MH. Utilization of emergency kits by air carriers. Oklahoma city: FAA Civil Aeromedical Institute, 1991; DOT/FAA report AM-91/2.
6. Hordinsky JR, George MH. Response capability during civil air carrier inflight medical emergencies. Oklahoma City: FAA Civil Aeromedical Institute, 1991; DOT/FAA report AM-91/3.
7. British Thoracic Society Standards for Care Committee. Managing passengers with respiratory disease planning air travel: British Thoracic Society recommendations. 2004. [Accedido 26 Nov 2005]. Disponible en: <http://www.brit-thoracic.org.uk>
8. MedAire. Health and Security. Expert care, everywhere. [Accedido 26 Nov 2005.] Disponible en: <http://www.medaire.com>
9. British Thoracic Society. Managing passengers with respiratory disease planning air travel: British Thoracic Society recommendations. *Thorax.* 2002;57:289-304.
10. American Thoracic Society. Standards for the diagnosis and care of patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med.* 1995;152:S78-S83.
11. Lien D, Turner M, the Canadian Thoracic Society Standards Committee. Recommendations for patients with chronic respiratory disease considering air travel: a statement from the Canadian Thoracic Society. *Can Respir J.* 1998;5:95-100.
12. Aerospace Medical Association. Medical Guidelines Task Force. Alexandria. Medical guidelines for airline travel. 2nd ed. *Aviat Space Environ Med.* 2003;74:A1-A19.
13. Celli BR, MacNee W, committee members of ATS/ERS task force. Standards for the diagnosis and treatment of patients with COPD: a summary of the ATS/ERS position paper. *Eur Respir J.* 2004;23:932-46.
14. Aerospace Medical Association. Medical oxygen and air travel. *Aviat Space Environ Med.* 2000;71:827-31.
15. Aerospace Medical Association. Inflight medical emergencies. *Aviat Space Environ Med.* 2000;71:832-8.
16. Air Transport Medicine Committee, Aerospace Medical Association. Medical guidelines for airline travel. Virginia: Aerospace Medical Association; 1997.
17. Ernsting J, Nicholson AR, Rainford DJ. *Aviation Medicine.* 3rd ed. London: Butterworth Heinmann; 1999.
18. World Health Organization. TB and air travel: guidelines for prevention and control. Geneva: WHO; 1998.
19. Gong H. Advising patients with pulmonary diseases on air travel. *Ann Intern Med.* 1989;111:349-51.
20. DeHart R. *Fundamentals in Aerospace Medicine.* 2nd ed. Baltimore: Williams & Wilkins; 1996.
21. Ríos Tejada F. Modificaciones fisiopatológicas y psicopatológicas en la altitud y su significado en medicina aeronáutica. [Tesis Doctoral]. Madrid: Universidad Complutense; 1998.
22. Hunt EH, Reid DH, Space DR, Tilton FE. Commercial airliner environmental. Control system engineering aspects of cabin air quality. [Accedido 26 Nov 2005.] Disponible en: <http://www.boeing.com/commercial/cabinair/ecs.pdf>
23. Hunt EH, Space DR. The airplane cabin environment. Issues pertaining to flight attendant comfort. [Accedido 26 Nov 2005.] Disponible en: <http://www.boeing.com/commercial/cabinair/ventilation.pdf>
24. Coker RK, Partridge MR. What happens to patients with respiratory disease when they fly? *Thorax.* 2004;59:919-20.
25. Morgan MDL. Air travel and respiratory disease. *BMJ* 2002;325:1186-7.
26. Rayman RB. Cabin air quality: an overview. *Aviat Space Environ Med.* 2002;73:211-5.
27. Ríos Tejada F, Azofra García A. Patología pulmonar en grandes alturas. En: Villasante C, editor. *Enfermedades respiratorias.* Madrid: Grupo Aula Médica; 2002. p. 685-93.
28. Dillard TA, Berg BW, Rajagopal KR, Dooley JW, Mehm WJ. Hypoxaemia during air travel in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Ann Intern Med.* 1989;111:362-7.
29. Cottrell JJ. Altitude exposures during aircraft flights: flying higher. *Chest* 1988;92:81-4.
30. Aldrete JA, Aldrete LE. Oxygen concentrations in commercial aircraft flights. *South Med J.* 1983;76:12-4.
31. Gong H. Air travel and oxygen therapy in cardiopulmonary patients. *Chest.* 1992;101:1104-13.
32. Schwartz JS, Bencowitz HZ, Moser KM. Air travel hypoxemia with chronic obstructive pulmonary disease. *Ann Intern Med.* 1984;100:473-7.
33. Ibáñez Cuerda MD, Servera Pieras E. El pulmón y los viajes en avión. *Arch Bronconeumol.* 1995;31:526-33.
34. Seccombe LM, Peters MJ. Oxygen supplementation for chronic obstructive pulmonary disease patients during air travel. *Curr Opin Pulm Med.* 2006;12:140-4.
35. AMA Commission on Emergency Medical Services. Medical aspects of transportation aboard commercial aircraft. *JAMA.* 1982;247:1007-11.
36. Akero A, Christensen CC, Edvardsen A, Skjonsberg OH. Hypoxaemia in chronic obstructive pulmonary disease patients during a commercial flight. *Eur Respir J.* 2005;25:725-30.
37. Guyton AC. *Textbook of medical physiology.* 8th ed. Philadelphia: WB Saunders Company; 1991. p. 463-76.
38. Essebag V, Halabi AR, Churchill-Smith M, Lutchemedial S. Air medical transport of cardiac patients. *Chest* 2003;124:1937-45.
39. Cottrell JJ, Lebovitz BL, Fennell RG, Kohn GM. Inflight arterial saturation: continuous monitoring by pulse oximetry. *Aviat Space Environ Med.* 1995;66:126-30.
40. Nunn JF. *Applied Respiratory Physiology.* 3rd ed. London: Butterworth & Co, London; 1987.
41. Vohra KP, Klocke RA. Detection and correction of hypoxemia associated with air travel. *Am Rev Respir Dis.* 1993;148:1215-9.
42. Apte NM, Karnad DR. Altitude hypoxaemia and the arterial-to-alveolar oxygen ratio. *Ann Intern Med.* 1990;112:547-8.
43. Berg BW, Dillard TA. Hypoxemia during air travel. *Postgrad Med.* 1991;90:39-48.
44. Malagon I, Grounds R, Bennett E. Changes in cardiac output during air ambulance repatriation. *Intensive Care Med.* 1996;22:1396-9.
45. Gale GE, Torre-Bueno JR, Moon RE, Saltzman HA, Wagner PD. Ventilation-perfusion inequality in normal humans during exercise at sea level and simulated altitude. *J Appl Physiol.* 1985;58:978-88.
46. Schoene RB. Limits of human lung function at high altitude. *J Exp Biol.* 2001;204:3121-7.
47. West JB, Wagner PD. Predicted gas exchange on the summit of Mt. Everest. *Respir Physiol.* 1980;42:1-16.
48. Ward P. *High altitude medicine and physiology.* London: Chapman & Hall Medical; 1989.
49. Hohenhaus E, Paul A, McCullough RE, Kücherer H, Bärtsch P. Ventilatory and pulmonary vascular response to hypoxia and susceptibility to high altitude pulmonary edema. *Eur Respir J.* 1995;8:1825-33.
50. Wagner PD, Gale GE, Moon RE, Torre-Bueno JR, Stolp BW, Saltzman HA. Pulmonary gas exchange in humans exercising at sea level and simulated altitude. *J Appl Physiol.* 1986;61:260-70.
51. Wagner PD, Sutton JR, Reeves JT, Cymerman A, Groves BM, Malconian MK. Operation Everest II: pulmonary gas exchange during a simulated ascent of Mt. Everest. *J Appl Physiol.* 1987;63:2348-59.
52. Torre-Bueno JR, Wagner PD, Saltzman HA, Gale GE, Moon RE. Diffusion limitation in normal humans during exercise at sea level and simulated altitude. *J Appl Physiol.* 1985;58:989-95.
53. Kanick SC, Doyle WJ. Barotrauma during air travel: predictions of a mathematical model. *J Appl Physiol.* 2005;98:1592-602.
54. Cabin Pressurization. United States Naval Flight Surgeon's Manual. 3rd ed. *Physiology of Flight.* Naval Aerospace Medical Institute. [Accedido 26 Nov 2005.] Disponible en: <http://www.vnh.org/FSManual/01/06CabinPress.html>
55. Trapped Gas. United States Naval Flight Surgeon's Manual. 3rd ed. *Physiology of Flight.* Naval Aerospace Medical Institute. [Accedido 26 Nov 2005.] Disponible en: <http://www.vnh.org/FSManual/01/08TrappedGas.html>
56. Boothby WM, Lovelace WR II, Benson OJ Jr, Strehler AF. Volume and partial pressures of respiratory gases at altitude. En: Boothby WM, editor. *Handbook of respiratory physiology.* Texas: Air University, USAF School of Aviation Medicine; 1954.

57. Coker RK, Partridge MR. Assessing the risk of hypoxia in flight: the need for more rational guidelines. *Eur Respir J.* 2000;15:128-30.
58. Rodríguez-Roisín R, García-Navarro A, Burgos Rincón F, Casan Clarà P, Perpiñá Tordera M, Sánchez Agudo L, et al. Recomendación SEPAR sobre gasometría arterial. *Arch Bronconeumol.* 1998;34:142-53.
59. Sanchís Aldás J, Casan Clarà P, Castillo Gómez J, González Mangado N, Palenciano Ballesteros L, Roca Torrent J. Espirometría forzada. En: Caminero Luna JA, Fernández Fau L, editores. Recomendaciones SEPAR. Barcelona: Doyma; 1998. p. 1-18.
60. Miller MR, Hankinson J, Brusasco V, Burgos F, Casaburi R, Coates A, et al. ATS/ERS task force: Standardisation of lung function testing. Standardization of spirometry. *Eur Respir J.* 2005;26:319-38.
61. MacIntyre N, Crapo RO, Viegi G, Johnson DC, Van der Grinten CPM, Brusasco V, et al. ATS/ERS task force: Standardisation of lung function testing. Standardisation of the single-breath determination of carbon monoxide uptake in the lung. *Eur Respir J.* 2005;26:720-35.
62. American Thoracic Society. ATS Statement: Guidelines for the six-minute walk test. *Am J Respir Crit Care Med.* 2002;166:111-7.
63. Chistensen CC, Ryg M, Refvem OK, Skjonsberg OH. Development of severe hypoxaemia in COPD patients at 2438 m (8000 ft) altitude. *Eur Respir J.* 2000;15:635-9.
64. Cotton EK, Hiestand M, Philbin GE, Simmons M. Reevaluation of birth weights at high altitude. *Am J Obstet Gynecol.* 1980;138:220-2.
65. Gong H Jr, Tashkin DP, Lee EY, Simmons MS. Hypoxia-altitude simulation test. Evaluation of patients with chronic airway obstruction. *Am Rev Respir Dis.* 1989;130:980-6.
66. Dillard TA, Rosenberg AP, Berg BW. Hypoxaemia during altitude exposure. A meta-analysis of chronic obstructive pulmonary disease. *Chest.* 1993;103:422-5.
67. Gong H, Tashkin DP, Lee EY, Simmons MS. Hypoxia-altitude simulation test. *Am Rev Respir Dis.* 1984;130:980-6.
68. Henry JN, Krenis LJ, Cutting RT. Hypoxaemia during aeromedical evacuation. *Surg Gynecol Obstet.* 1973;136:49-53.
69. Dillard TA, Moores LK, Bilello KL, Phillips YY. The preflight evaluation. A comparison of the hypoxia inhalation test with hypobaric exposure. *Chest.* 1995;107:352-7.
70. Muhm MJ. Predicted arterial oxygenation at commercial aircraft cabin altitudes. *Aviat Space Environ Med.* 2004;75:905-12.
71. Christensen CC, Ryg M, Refvem OK, Skjonsberg OH. Effect of hypobaric hypoxia on blood gases in patients with restrictive lung disease. *Eur Respir J.* 2002;20:300-5.
72. Seccombe LM, Kelly PT, Wong CK, Rogers PG, Lim S, Peters MJ. Effect of simulated commercial flight on oxygenation in patients with interstitial lung disease and chronic obstructive pulmonary disease. *Thorax.* 2004;59:966-70.
73. Vohra KP, Klocke RA. Detection and correction of hypoxemia associated with air travel. *Am Rev Respir Dis.* 1993;148:1215-9.
74. Grant BJB, Bencowitz HZ, Aquilina AT, Saltzman AR, Klocke RA. Air transportation of patients with acute respiratory failure: theory. *Aviat Space Environ Med.* 1987;58:645-51.
75. Wagner PD, Dantzer DR, Dueck R, Clausen JL, West JB. Ventilation-perfusion inequality in chronic obstructive pulmonary disease. *J Clin Invest.* 1977;59:203-16.
76. Cramer D, Ward S, Geddes D. Assessment of oxygen supplementation during air travel. *Thorax.* 1996;51:202-3.
77. Johns DP, Streeton JS, Rochford PD. An air-entrainment device for preparing precision gas mixtures. *J Med Eng Technol.* 1983;3:140-3.
78. Barker SJ, Tremper KK. The effect of carbon monoxide inhalation on pulse oximetry and transcutaneous PO₂. *Anesthesiology.* 1987;66:677-9.
79. Mehm WJ, Dillard TA, Berg BW, Dooley JW, Rajagopal KR. Accuracy of oxyhemoglobin saturation monitors during simulated altitude exposure of men with chronic obstructive pulmonary disease. *Aviat Space Environ Med.* 1991;62:418-21.
80. Naughton M, Rochford P, Pretto J, Pierce RJ, Cain NF, Irving LB. Is normobaric simulation of hypobaric hypoxia accurate in chronic airflow limitation? *Am J Respir Crit Care Med.* 1995;152:1956-60.
81. Finkelstein S, Tomashewski JF, Shillito FH. Pulmonary mechanics at altitude in normal and obstructive lung disease patients. *Aerospace Med.* 1965;36:880-4.
82. Coates G, Gray G, Mansell A, Nahmias C, Powles A, Sutton J, et al. Changes in lung volume, lung density, and distribution of ventilation during hypobaric decompression. *J Appl Physiol.* 1979;46:752-5.
83. Buchdahl RM, Babiker A, Busch A, Cramer D. Predicting hypoxaemia during flights in children with cystic fibrosis. *Thorax.* 2001;56:877-9.
84. Berg BE, Dillard TA, Rajagopal KR, Mehm WJ. Oxygen supplementation during air travel in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Chest.* 1992;101:638-41.
85. Stonehill RB, Peoples AG. The accuracy of venturi masks at altitude. *Aviat Space Environ Med.* 192;53:818-21.
86. Kramer MR, Jakobson DJ, Springer C, Donchin Y. The safety of air transportation of patients with advanced lung disease. Experience with 21 patients requiring lung transplantation or pulmonary tromboendarterectomy. *Chest.* 1995;108:1292-6.
87. Gong H, Julia A, Mark L, Cowan MN. Preflight medical screenings of patients. Analysis of health and flight characteristics. *Chest.* 1993;104:788-94.
88. Dillard TA, Beninati WA, Berg BW. Air travel in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Arch intern Med.* 1991;151:1793-5.
89. Mortazavi A, Eisenberg MJ, Langleben D, Ernst P, Schiff RL. Altitude-related hypoxia: risk assessment and management for passengers on commercial aircraft. *Aviat Space Environ Med.* 2003;74:922-7.
90. Graham WGB, Houston CS. Short-term adaptation to moderate altitude. *JAMA.* 1978;240:1491-4.
91. Matthys H, Volz H, Ernst H, Konietzko N, Kleeberg HR. Kardio-pulmonale belastung von flagpassagierien mit obstruktiven ventilationsstorungen. *Schweiz Med Wochenschr.* 1974;104:1786-9.
92. Speizer C, Rennie C, Breton H. Prevalence of in-flight medical emergencies on commercial airlines. *Ann Emerg Med.* 1989;18:26-9.
93. Berg BW, Dillard TA, Derderian SS, Rajagopal KR. Hemodynamic effects of altitude exposure and oxygen administration in chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Med.* 1993;94:407-12.
94. Kenyon TA, Valway SE, Ihle WW, Honorato IM, Castro KG. Transmission of multidrug resistant Mycobacterium tuberculosis during a long airplane flight. *N Engl J Med.* 1996;334:933-8.
95. WHO. Revision of the international health regulations. *Wkly Epidemiol Rec.* 2002;77:157-64.
96. Gostin LO. International infectious disease law. Revision of the world health organization's international health regulations. *JAMA.* 2004;291:2623-7.
97. International travel and health. Situation as on 1 January 2005. Geneva: WHO; 2005. [Accedido 26 Sept 2005.] Disponible en: <http://whqlibdoc.who.int/publications/2005/9241580364.pdf>
98. Gammaitoni I, Nucci MC. Using a mathematical model to evaluate the efficacy of TB control measures. *Emerg Infect Dis.* 1997;3:335-42.
99. United States General Accounting Office. Aviation safety: more research needed on the effects of air quality on airliner cabin occupants. [Accedido 26 Sept 2005.] January 2004, Washington, DC. Disponible en: <http://www.gao.gov/new.items/d0454.pdf>
100. Ko G, Thompson KM, Nardell EA. Estimation of tuberculosis risk on a commercial airliner. *Risk Anal.* 2004;24:379-88.
101. Mangili A, Gendreau M. Transmission of infectious diseases during commercial air travel. *Lancet.* 2005;365:989-96.
102. Olsen S, Chang HI, Cheung TY, Tang AF, Fisk TL, Ooi SP, et al. Transmission of severe acute respiratory syndrome on aircraft. *N Engl J Med.* 2003;349:2416-22.
103. Moser MR, Bender TR, Margolis HS, Noble GR, Kendal AP, Ritter DG. An outbreak of influenza aboard a commercial airline. *Am J Epidemiol.* 1979;110:1-6.
104. Ozonoff D, Pepper L. Ticket to ride: spreading germs a mile high. *Lancet.* 2005;365:917-9.
105. El País, 26 de agosto de 2005: p. 5.
106. Driver CR, Valway SE, Morgan WM, Onorato IM, Castro KG. Transmission of Mycobacterium tuberculosis associated with air travel. *Lancet.* 1993;342:112-3.
107. McFarland JW, Hickman C, Osterholm MT, MacDonald KL. Exposure to Mycobacterium tuberculosis during air travel. *Lancet.* 1993; 342:112-3.
108. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Exposure of passengers and flight crew to Mycobacterium tuberculosis on commercial aircraft, 1992-1995. *MMWR.* 1995;44:137-40.

109. Miller MA, Valway S, Honorato IM. Tuberculosis risk after exposure on airplanes. *Tuberc Lung Dis*. 1996;77:414-9.
110. Moore M, Fleming KS, Sands L. A passenger with pulmonary/laryngeal tuberculosis: no evidence of transmission on two short flight. *Aviat Space Environ Med*. 1996;67:1097-100.
111. Valway S, Watson J, Bisgard C, Scudeller L, Espinal M, Raviglione M. Tuberculosis and air travel. Guidelines for prevention and control. WHO/TB98.256. Geneva: World Health Organization; 1998.
112. World Health Organization. Update 62. -more than 8000 cases reported globally, situation in Taiwan, date on in-flight transmission, report on Henan province, China. [Accedido 26 Sept 2005.] Geneva: WHO, 2003. Disponible en: http://www.who.int/csr/don/2003_05_22/en/
113. Consensus document on the epidemiology of severe acute respiratory syndrome (SARS). WHO/CDS/CSR/GAR/2003. [Accedido 26 Sept 2005.] Disponible en: <http://www.who.int/csr/sars/en/WHOconsensus.pdf>
114. WHO recommended measures for persons undertaking international travel from areas affected by severe acute respiratory syndrome (SARS). [Accedido 26 Sept 2005.] *Wkly Epidemiol Rec*. 2003;14:78-97-120. Disponible en: <http://www.who.int/wer>
115. World Health Organization. Summary of SARS and air travel. [Accedido 26 Sept 2005.] Geneva: WHO; 2003. Disponible en: <http://www.who.int/csr/sars/travel/airtravel/en/>
116. Wilder-Smith A, Leong H, Villacian J. In flight transmission of severe acute respiratory syndrome virus (SARS): a case report. *J Travel Med*. 2003;10:299-300.
117. Mutsch M, Tavernini M, Marx A, Gregory V, Pu Lin Y, Hay AJ, et al. Influenza virus infection in travelers to tropical and subtropical countries. *Clin Infect Dis*. 2005;40:1282-7.
118. Klontz KC, Hynes NA, Gunn RA, Wilder MH, Harmon MW, Kendal AP. An outbreak of influenza A/Taiwan 1/86 (H1N1) infections at a naval base and its association with airplane travel. *Am J Epidemiol*. 1989;129:341-8.
119. Laurel VL, De Witt CC, Geddie YA, Yip MC, Dolan DM, Canas LC, et al. An outbreak of influenza A caused by imported virus in United States, July 1999. *Clin Infect Dis*. 2001;32:1639-42.
120. Perz J, Craig AS, Schaffner W. Mixed outbreak of parainfluenza type 1 and influenza B associated with tourism and air travel. *J Infect Dis*. 2001;5:189-91.
121. Marsden AG. Influenza outbreak related to air travel. *Med J Aust*. 2003;179:172-3.
122. Centers for Disease Control and Prevention. Specific recommendations for vaccination and disease prevention: influenza. En: Health information for international travel, 1999-2000. Atlanta: Department of Health and Human Services; 1999. p. 104-6.
123. Centers for Disease Control and Prevention. Exposure to patients with meningococcal disease on aircraft – United States, 1999-2001. *MMWR*. 2001;50:485-9.
124. Amler RW, Bloch AB, Orenstein WA, Bart KJ, Turner PM Jr, Hinman AR. Imported measles in the United States. *JAMA*. 1982;248:2129-33.
125. Arnornful PN, Takahashi H, Bogard AK, Nakata M, Harpaz R, Effler PV. Low risk of measles transmission after exposure on an international airline flight. *J Infect Dis*. 2004;189 Suppl 1:S81-S5.
126. Centers for Disease Control and Prevention. Epidemiological notes and reports. Interstate importation of measles following transmission in an airport- California, Washington, 1982. *MMWR*. 1983; 32: 210-6.
127. Centers for Disease Control and Prevention. Epidemiological notes and reports. Multistate investigation of measles among adoptees from China. *MMWR*. 2004;53:309-10.
128. Zitter JN, Mazonson PD, Miller DP, Hulley SB, Balmes JR. Aircraft cabin air recirculation and symptoms of the common cold. *JAMA*. 2002;288:483-6.
129. Gillis J. U.S. to Triple Airport Quarantine Stations. Health Program Aims to Prevent Infectious Diseases From Entering Country. Washington Post Staff Writer. August 28, 2005; p. 16.
130. Pitman RJ, Cooper BS, Trotter CL, Gay NJ, Edmunds WJ. Entry screening for severe acute respiratory syndrome (SARS) or influenza: policy evaluation. *BMJ*. 2005 on line. [Accedido 27 Nov 2005.] Disponible en: <http://bmj.com/cgi/doi/10.136/bmj.38573.696100.3A>
131. Webby RJ, Webster RG. Are we ready for pandemic influenza? *Science*. 2003;302:1519-22.
132. Tsang KW, Eng Ph, Liam CK, Shim YS, Lam WK. H5N1 influenza pandemic: contingency plans. *Lancet*. 2005;366:533-4.
133. Fouchier R, Kuiken T, Rimmelzwaan G, Osterhaus A. Global task force for influenza. *Nature*. 2005;435:419-20.
134. Bartlett J, Hayden FG. Influenza A (H5N1). Will it be the next pandemic influenza. Are we really? *Ann Int Med*. 2005;143:460-2.
135. Trampuz A, Prabhu RM, Smith TF, Baddour LM. Avian influenza. A new pandemic threat? *Mayo Clin Proc*. 2004;79:523-30.
136. Responding to the avian pandemic influenza threat. Recommended strategic action. WHO/CDS/CSR/GIP/2005. [Accedido 26 Sept 2005.] Disponible en: http://www.who.int/csr/resources/publications/influenza/WHO_CDS_CSR_GIP_05_8-EN.pdf
137. WHO Global influenza preparedness plan. The role of WHO and recommendations for national measures before and during pandemics. [Accedido 26 Sept 2005.] WHO/CDS/CSR/GIP/2005.5 Disponible en: http://www.who.int/csr/resources/publications/influenza/WHO_CDS_CSR_GIP_2005_5.pdf
138. Oades PJ, Buchdhal RM, Bush A. Prediction of hypoxaemia at high altitude in children with cystic fibrosis. *BMJ*. 1994;308:15-8.
139. Thews O, Fleck B, Kamin WE, Rose DE. Respiratory function and blood gas variables in cystic fibrosis patients during reduced environmental pressure. *Eur J Appl Physiol*. 2004;92:493-7.
140. Fischer R, Lang SM, Brückner K, Hoyer HX, Meyer S, Griese M, et al. Lung function in adults with cystic fibrosis at altitude: impact on air travel. *Eur Respir J*. 2005;25:718-24.
141. Webb AK. Flying cystic fibrosis: getting there and back safely. *Thorax*. 2001;56:821-2.
142. Speechly-Dick ME, Rimmer SJ, Hodson ME. Exacerbations of cystic fibrosis after holidays at high altitude – a cautionary tale. *Respir Med*. 1992;86:55-6.
143. Kamin WE, Fleck B, Rose D. Intensified physiotherapy improves fitness to fly in cystic fibrosis patients. *Eur J Med Res*. 2000; 5:402-4.
144. White RH. The epidemiology of venous thromboembolism. *Circulation* 2003;107:14-18.
145. Heit JA, O'Fallon WM, Petterson TM, Lohse CM, Silverstein MD, Mohr DN, et al. Relative impact of risk factors for deep vein thrombosis and pulmonary embolism: a population-based study. *Arch Intern Med*. 2002;162:1245-8.
146. Samama MM. An epidemiologic study of risk factors for deep vein thrombosis in medical outpatients: the Sirius study. *Arch Intern Med*. 2000;160:3415-20.
147. Uresandi F, Blanquer J, Conget F, De Gregorio MA, Lobo JL, Otero R, et al. Normativa SEPAR. Guía para el diagnóstico, tratamiento y seguimiento de la tromboembolia pulmonar. *Arch Bronconeumol*. 2004;40:580-94.
148. Homans J. Thrombosis of the deep leg veins due to prolonged sitting. *N Engl J Med*. 1954;250:148-9.
149. Symington IS, Stack BH. Pulmonary thromboembolism after travel. *Br J Dis Chest*. 1977;71:138-40.
150. Ríos Tejada F, Villegas Fernández F, Azofra García JA, Callol Sánchez L. Síndrome del pasajero de clase económica. *An Med Intern*. 2002; 19:589-93.
151. Jacobson BF, Munster M, Smith A, Burnand KG, Carter A, Abdool-Carrim AT, et al. The BEST study – a prospective study to compare business class versus economy class air travel as a cause of thrombosis. *S Afr Med J*. 2003;93:522-8.
152. Ferrari E, Chevallier T, Chapelier A, Baudouy M. Travel as a risk factor for venous thromboembolic disease: a case-control study. *Chest* 2001;120:1047-8.
153. Bendz B, Rostrup M, Sevre K, Anderson TO, Sandset PM. Association between acute hypobaric hypoxia and activation of coagulation in human beings. *Lancet*. 2000;356:1657-8.
154. Schobersberger W, Fries D, Mittermayr M, Innerhofer P, Summann G, Schobersberger B, et al. Changes of biochemical markers and functional tests for clot formation during long-haul flights. *Thromb Res*. 2002;108:19-24.
155. Hodkinson PD, Hunt BJ, Parmar K, Ernsting J. Is mild normobaric hypoxia a risk factor for venous thromboembolism? *J Thromb Haemost*. 2003;1:2131-3.
156. Belcaro G, Geroulakos G, Nicolaides AN, Myers KA, Winford M. Venous thromboembolism from air travel: the LONFLIT study. *Angiology* 2001;52:369-74.
157. Schwarz T, Siegert G, Oettler W, Halbritter K, Beyer J, Frommhold R, et al. Venous thrombosis after long-haul flights. *Arch Intern Med*. 2003;163:2759-64.

158. Hughes RJ, Hopkins RJ, Hill S, Weatherall M, Van de WN, Nowitz M, et al. Frequency of venous thromboembolism in low to moderate risk long distance air travellers: the New Zealand Air Traveller's Thrombosis (NZATT) study. *Lancet*. 2003; 362:2039-44.
159. Paganin F, Bourde A, Yvin JL, Genin R, Guijarro JL, Bourdin A, et al. Venous thromboembolism in passengers following a 12-h flight: a case-control study. *Aviat Space Environ Med*. 2003;74:1277-80.
160. Clerel, Caillard G. Thromboembolic syndrome from prolonged sitting and flights of long duration experience of the Emergency Medical Service of the Paris Airports. *Bull Acad Natl Med*. 1999; 993:985-97.
161. Lapostolle F, Surget V, Borron SW, Desmaizieres M, Sordelet D, Lapandry C, et al. Severe pulmonary embolism associated with air travel. *N Engl J Med*. 2001;345:779-83.
162. Perez-Rodriguez E, Jimenez D, Díaz G, Perez-Walton I, Luque M, Guillen C, et al. Incidence of air travel-related pulmonary embolism at the Madrid-Barajas airport. *Arch Intern Med*. 2003; 163:2766-70.
163. Geerts WH, Pineo GF, Heit JA, Bergqvist D, Lassen MR, Colwell CW, et al. Prevention of venous thromboembolism. The Seventh ACCP Conference on Antithrombotic and Thrombolytic Therapy. *Chest*. 2004;126:338S-400S.
164. Arya R, Barnes JA, Hossain U, Patel RK, Cohen AT. Long-haul flights and deep vein thrombosis: a significant risk only when additional factors are also present. *Br J Haematol*. 2002;116:653-4.
165. Schreijer AJ, Cannegieter SC, Meijers JC, Middeldorp S, Buller HR, Rosendaal FR. Activation of coagulation system during air travel: a crossover study. *Lancet*. 2006;37:832-8.
166. Belcaro G, Cesarone MR, Shah SS, Nicolaidis AN, Geroulakos G, Ippolito E, et al. Prevention of edema, flight microangiopathy and venous thrombosis in long flights with elastic stockings. A randomised trial: The LONFLIT 4 Concorde Edema-SSL Study. *Angiology*. 2002; 53:635-45.
167. Belcaro G, Cesarone MR, Nicolaidis AN, Ricci A, Geroulakos G, Shah SS, et al. Prevention of venous thrombosis with elastic stockings during long-haul flights: the LONFLIT 5 JAP study. *Clin Appl Thromb Haemost*. 2003;9:197-201.
168. Cesarone MR, Belcaro G, Nicolaidis AN, Incandela L, De S, Geroulakos G, et al. Venous thrombosis from air travel: the LONFLIT 3 study – prevention with aspirin vs low-molecular-weight heparin (LMWH) in high-risk subjects: a randomised trial. *Angiology*. 2002;53:1-6.
169. Belcaro GV, Cesarone MR, Nicolaidis A. Prevention of flight venous thrombosis in high risk subjects with stockings or one-dose enoxaparin [abstract]. *Circulation*. 2002;106 Suppl:721.
170. Smeets F. Travel technology-dependent patients with respiratory disease. *Thorax*. 1994;49:77-81.
171. Stoller JK. Oxygen and Air Travel. *Respir Med*. 2000;45:214-21.
172. [Accedido 19 Dic 2005.] Disponible en: <http://www.easyjet.com/ES/Reserve/regulations.html#specialneeds>
173. [Accedido 19 Dic 2005.] Disponible en: http://www.southwest.com/travel_center/disability_espanol.html#oxygen
174. Noble JS, Davidson JA. Cor pulmonale presenting in a patient with congenital kyphoscoliosis following intercontinental air travel. *Anaesthesia*. 1999;54:361-3.
175. Kinnear WJM. Assisted ventilation at home. 1994. Oxford: Medical Publications; 1994.
176. Qureshi A, Porter KM. Emergencies in the air. *Emerg Med J*. 2005;22:658-9.
177. Gendreau M, DeJhon C. Responding to medical events during commercial airline flights. *N Engl J Med*. 2002;346:1067-73.
178. Lara B, Miravittles M. Viajar con oxígeno. Reflexiones a propósito de la primera reunión internacional de pacientes con déficit de alfa-1 antitripsina. *Arch Bronconeumol*. 2004;40:140-4.
179. Stoller JK, Hoisington E, Auger G. A comparative analysis of arranging in-flight oxygen aboard commercial air carriers. *Chest*. 1999;115:991-5.
180. British Lung Foundation. Air travel with a lung condition. [Accedido 26 Nov 2005.] Disponible en: <http://www.lunguk.org/info/index.html>
181. California Thoracic Society. Safe flying for people with lung disease. [Accedido 26 Nov 2005.] Disponible en: <http://www.thoracic.org/chapters/state/california/ca.html>
182. Aerospace Medical Association. Medical guidelines for airline passengers. [Accedido 26 Nov 2005.] Disponible en: <http://www.asma.org/publication.html>

APÉNDICE I

Conversión de la altitud expresada en pies a metros

Pies	Metros	Pies	Metros
1.000	305	26.000	7.925
2.000	610	27.000	8.230
3.000	914	28.000	8.534
4.000	1.219	29.000	8.839
5.000	1.525	30.000	9.144
6.000	1.829	31.000	9.449
7.000	2.134	32.000	9.754
8.000	2.438	33.000	10.058
9.000	2.743	34.000	10.363
10.000	3.048	35.000	10.668
11.000	3.353	36.000	10.973
12.000	3.658	37.000	11.278
13.000	3.962	38.000	11.582
14.000	4.267	39.000	11.887
15.000	4.572	40.000	12.192
16.000	4.879	41.000	12.497
17.000	5.182	42.000	12.802
18.000	5.486	43.000	13.107
19.000	5.791	44.000	13.411
20.000	6.096	45.000	13.716
21.000	6.401	46.000	14.021
22.000	6.706	47.000	14.326
23.000	7.010	48.000	14.630
24.000	7.315	49.000	14.935
25.000	7.620	50.000	15.240

APÉNDICE II

Centros nacionales con cámaras hipobáricas

Centro de Instrucción en Medicina Aeroespacial (CIMA)
Arturo Soria, 82. 28027 Madrid. Dr. Francisco Ríos Tejada. Teléfono: 914 101 300 Fax: 914 081 312 Correo electrónico: friotej@oc.mde.es
Institut Nacional d'Educació Física de Catalunya (INEFC)
Avda. de l'Estadi, s/n. 08038 Barcelona. Dr. Felip Santamaría. Teléfono: 934 255 445 Fax: 934 263 617 Correo electrónico: fsantamaria@gencat.net

APÉNDICE III

Diez recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud para evitar la transmisión de tuberculosis (TB) durante los viajes en avión¹¹

Para los pasajeros

1. Las personas con TB con capacidad de transmisión interindividual, como los pacientes bacilíferos respiratorios, deberán posponer su viaje hasta que dejen de serlo

Para los médicos y autoridades sanitarias

2. Si existe constatación en la historia clínica de un paciente con TB capaz de transmitir la enfermedad, que ha realizado recientemente un viaje en avión (p. ej., dentro de los últimos 3 meses), el médico debería informar a la autoridad sanitaria de forma inmediata en la declaración de caso de TB
3. Las autoridades sanitarias deberían contactar con la compañía aérea de forma inmediata si esta persona ha realizado en los últimos 3 meses un vuelo en avión comercial de por lo menos 8 h de duración

Para las compañías aéreas

4. Las compañías aéreas deberían cooperar estrechamente con las autoridades sanitarias en la información impartida a los pasajeros y a la tripulación de un vuelo con potencial exposición a *Mycobacterium tuberculosis*, así como en la selección de los pasajeros a los que se debería informar al respecto
5. Las compañías aéreas deberían cooperar estrechamente con las autoridades sanitarias en la información a pasajeros y a la tripulación cuando se sospeche de una potencial transmisión de *Mycobacterium tuberculosis*
6. Las compañías aéreas deberían requerir las direcciones particulares y comerciales así como los números de teléfonos de todos los pasajeros para proceder a informar en caso de un riesgo potencial de salud (exposición al *Mycobacterium tuberculosis* o a otras enfermedades infecciosas, exposiciones a toxinas, etc.)
7. Las compañías aéreas deberían procurar a toda la tripulación un adecuado entrenamiento de primeros auxilios y del uso de precauciones universales en lo que a exposición a fluidos orgánicos se refiera. Todos los aviones deben estar equipados con suministros de emergencia médica (incluidos guantes, máscaras HEPA y valijas de peligro biológico)
8. Las compañías aéreas deberían tener un acceso precoordinado con médicos con experiencia en enfermedades transmisibles disponibles para una posterior consulta con las autoridades sanitarias
9. Se deberían mantener los registros de todas las enfermedades y emergencias médicas que hayan sucedido en un período de por lo menos 3 años
10. Se debería reducir al mínimo las largas demoras e instalar y mantener adecuadamente los filtros HEPA con máxima eficiencia (99,97% a 0,3 micrones)

APÉNDICE IV

Recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud para evitar la transmisión del virus del síndrome respiratorio agudo grave durante los vuelos aéreos comerciales¹⁵

1. Establecer un sistema de cribado por parte de las autoridades de las zonas afectadas a todos los viajeros en el punto de partida por técnicos de salud
2. En caso de sospecha durante el vuelo, implantar medidas de aislamiento para el sujeto con sospecha de ser portador de la enfermedad (asignación de un baño exclusivo, y cubrir la boca y las fosas nasales del paciente con una mascarilla de protección adecuada), así como establecer comunicación por radio a las autoridades sanitarias del punto de destino acerca de la sospecha
3. Manejo de los contactos. Se considera contacto a toda persona sentada en las dos filas próximas al caso índice y a todo aquel que antes o durante el viaje hubiera tenido un contacto muy próximo. En caso de que el afectado fuera una persona de la tripulación, se consideraba contacto a todo el pasaje. Son obligados la identificación y el conocimiento de la dirección de estas personas por parte de las autoridades sanitarias durante los 14 días posteriores y en caso de desarrollar cualquier síntoma contactar con las autoridades sanitarias de forma urgente
4. Desinfección del aparato, según las guías de la Organización Mundial de la Salud³⁰

APÉNDICE V
Formulario INCAD/MEDIF



Para ser cumplimentado por la oficina de Ventas/Agencia		HOJA DE INFORMACIÓN PARA PASAJEROS QUE NECESITAN ASISTENCIA ESPECIAL																									
Contesta a todas las preguntas. Ponga una cruz (x) en las casillas "SÍ" o "NO". Utilice LETRAS MAYUSCULAS o MAQUINA DE ESCRIBIR al cumplimentar el formulario.																											
A	APELLIDOS/NOMBRE																										
B	ITINERARIO PROPUESTO (Cía/s, nº vuelo/s, clase/s, fecha/s, trayecto/s, situación de la reserva)			El transbordo de un vuelo a otro requiere a menudo un tiempo MAS LARGO de conexión																							
C	NATURALEZA DE LA INCAPACIDAD:																										
D	¿SE PRECISA CAMILLA A BORDO? (Todos los casos de camilla DEBEN ir acompañados)			No <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/>	Solicite la tarifa si no lo sabe																						
E	ACOMPANANTE PREVISTO (Apellidos, sexo, edad, profesión, trayectos si difieren de los del pasajero). Si no es facultativo indique "COMPAÑERO DE VIAJE"			Para ciegos y /o sordos indique si irá acompañado de perro lezarrillo																							
F	¿SE REQUIERE SILLA DE RUEDAS? Las clases son: WCHR, WCHS, WCHC Clase /de silla: _____		No <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/>	Silla propia: No <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/>	Plegable: No <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/>	Accionada a motor? No <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/>	Tipo de batería ¿derramable? No <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/>	Las sillas de ruedas con baterías derramables son artículos restringidos y son aceptados en el avión bajo determinadas condiciones. Solicite dichas condiciones de las Compañías aéreas. En adición determinados países pueden imponer restricciones de aceptación.																			
G	¿SE REQUIERE AMBULANCIA?		No <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/>	¿Debe prepararla la Cia? No <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> Indique señas compañía ambulancias Indique dirección de destino: _____		Solicite tarifa si no la sabe																					
H	OTROS PREPARATIVOS PRECISADOS EN TIERRA		No <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/>	En caso afirmativo, ESPECIFIQUELO a continuación e indique para cada punto: (a) Cía aérea u otra Empresa ENCARGADA de hacerlo, (b) con CARGO a quien, y (c) CONTACTAR con las señas/teléfonos indicados, cuando proceda, o siempre que se hayan designado personas determinadas para ponerse en contacto/ayudar al pasajero.																							
1	En el Aeropuerto de SALIDA		No <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/>	Especifique: _____																							
2	En PUNTOS DE CONEXION		No <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/>	Especifique: _____																							
3	En el Aeropuerto de LLEGADA		No <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/>	Especifique: _____																							
4	Otros requisitos o información pertinente		No <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/>	Especifique: _____																							
K	PREPARATIVOS ESPECIALES REQUERIDOS EN VUELO, tales como: comidas especiales, asiento especial, apoyapiernas, asientos adicionales, equipo especial, etc.		No <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/>	En caso afirmativo, DESCRIBA e indique para cada punto: (a) TRAYECTO/S en los que se requieran, (b) PREPARADO por la Compañía o por terceras partes, y (c) con cargo a quien. Para disponer de EQUIPO ESPECIAL, tal como oxígeno, etc., hay que rellenar siempre la Hoja de Información Médica al dorso.																							
L	¿POSEE EL PASAJERO UNA TARJETA MEDICA DE "PASAJERO FRECUENTE" CON VALIDEZ PARA ESTE VIAJE? (FREMEC)		No <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/>	En caso afirmativo, añada a continuación los datos FREMEC a sus peticiones de reserva. En caso negativo (o si la/s Compañía/s transportista/s precisa más datos), el médico deberá cumplimentar la Hoja de Información Médica al dorso.																							
<table border="1"> <tr> <td>FREMEC /</td> <td>_____</td> <td>_____</td> <td>_____</td> <td>_____</td> <td>_____</td> <td>_____</td> </tr> <tr> <td>(FREMEC Nº)</td> <td>(empleado por)</td> <td>(valido hasta)</td> <td>(sexo)</td> <td>(edad)</td> <td>(incapacidad)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>(incapacidad cont.)</td> <td colspan="2">(Limitaciones)</td> <td colspan="4"></td> </tr> </table>							FREMEC /	_____	_____	_____	_____	_____	_____	(FREMEC Nº)	(empleado por)	(valido hasta)	(sexo)	(edad)	(incapacidad)		(incapacidad cont.)	(Limitaciones)					
FREMEC /	_____	_____	_____	_____	_____	_____																					
(FREMEC Nº)	(empleado por)	(valido hasta)	(sexo)	(edad)	(incapacidad)																						
(incapacidad cont.)	(Limitaciones)																										

APÉNDICE V
Formulario INCAD/MEDIF (continuación)

HOJA DE INFORMACION MEDICA — MEDIF		(sólo para uso oficial)
Para ser cumplimentado por el MEDICO DEL PASAJERO	Este formulario tiene por objeto facilitar información CONFIDENCIAL para que los Servicios Médicos de las Cías aéreas puedan determinar la aptitud del pasajero para viajar. Si el pasajero es aceptable, esta información permitirá la emisión de las directrices necesarias destinadas a promocionar lo que sea pertinente para la seguridad y comodidad del pasajero. Se ruega al Médico que asiste al pasajero incapacitado, que RESPONDA TODAS LAS PREGUNTAS. (Ponga una cruz (x) en las casillas "Si" o "No" correspondientes, y/o dé respuestas necesarias y breves). AGRADECEMOS RELLENEN EL FORMULARIO CON MAYÚSCULAS O A MAQUINA.	El formulario deberá devolverse a: (Oficina designada de la Cía.)
Código de ref. de las Cías MEDA01	APELLIDOS, NOMBRE, SEXO, EDAD DEL PACIENTE	
MEDA02	MEDICO DEL PASAJERO: — Nombre y dirección: — Contacto telefónico: Profesional: Particular:	
MEDA03	DATOS MEDICOS: — DIAGNOSTICO detallado (incl. signos vitales) — Día/mes/año de los primeros síntomas:	Fecha de operación: Fecha del diagnóstico:
MEDA04	— PRONÓSTICO para el vuelo:	
MEDA05	— ¿Enfermedad contagiosa y transmisible?	No <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> Especifique:
MEDA06	— ¿Las condiciones físicas o mentales del paciente pueden causar angustia o molestias a otros pasajeros?	No <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> Especifique:
MEDA07	— ¿Puede utilizar el paciente el asiento normal de los aviones con el respaldo colocado en la posición VERTICAL cuando así se requiere?	Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
MEDA08	— ¿Puede valerse el paciente por sí solo SIN AYUDA* a bordo (incl. comidas, ir al lavabo, etc.)	Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> En caso negativo, tipo de ayuda necesaria:
MEDA09	— Si ha de ir ACOMPAÑADO ¿es satisfactorio para Vd. el preparativo?	Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> En caso negativo, tipo de acompañante propuesto por Vd.:
MEDA10	— ¿Necesita el paciente equipo de OXIGENO** en vuelo? (En caso afirmativo, indique el régimen de consumo)	No <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> Litros por minuto: <input type="text"/> No <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> Continuo?
MEDA11	— ¿Necesita el paciente cualquier MEDICACION* que no sea autoadministrada, y/o el empleo de aparatos especiales tales como respirador, incubadora, etc.**?	a) en TIERRA mientras esté en los Aeropuertos: No <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> Especifique:
MEDA12		b) a bordo del AVION: No <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> Especifique:
MEDA13	— ¿Necesita el paciente HOSPITALIZACIÓN? (En caso afirmativo, indique los preparativos hechos o caso de no haber hecho ninguno, indique "NO SE HA TOMADO NINGUNA MEDIDA".	a) durante una larga demora o escala nocturna en PUNTOS DE CONEXIÓN en ruta: No <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> Medida:
MEDA14		b) a la llegada al DESTINO: No <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> Medida:
MEDA15	— Otras observaciones o informaciones en interés de un transporte cómodo para su paciente:	Ninguna <input type="checkbox"/> Especifique, si las hubiera**:
MEDA16	— Otros preparativos hechos por el médico asistente:	
NOTA (*)	La Tripulación Auxiliar NO está autorizada a prestar ayuda especial a determinados pasajeros, en detrimento de sus servicios a otros pasajeros. Por otra parte está adiestrada tan sólo en PRIMEROS AUXILIOS y NO se le permite poner inyecciones ni dar medicación.	IMPORTANTE: LOS GASTOS QUE PUEDA OCASIONAR LA CUMPLIMENTACIÓN DE LA PRESENTE INFORMACIÓN, ASÍ COMO LA UTILIZACIÓN DEL EQUIPO ESPECIAL PROPORCIONADO POR EL TRANSPORTISTA, CORRERÁN A CARGO DEL PASAJERO (**)
Fecha:	Lugar:	Firma del Médico Asistente:
DECLARACIÓN DEL PASAJERO "AUTORIZO POR LA PRESENTE AL DOCTOR (Nombre del Médico)		
para que facilite a las Compañías Aéreas la información que solicitan los Servicios Médicos, con objeto de determinar mi aptitud para el transporte aéreo, exonerándome su reserva profesional con respecto a tal información y aceptando satisfacer sus honorarios médicos correspondientes. Acepto que, si soy admitido para el transporte, mi viaje estará sujeto a las condiciones generales de transporte/normas del transportista correspondiente; el cual no asumirá ninguna responsabilidad especial que exceda de mencionadas condiciones/normas. Me comprometo a reintegrar al transportista todo desembolso especial o gasto derivado de mi transporte. (Para ser leído por el pasajero, fechado y firmado por él o en su nombre.)		
Lugar:	Fecha:	Firma del Pasajero: