

ORIGINAL

Cambios fisiopatológicos durante el transporte en helicóptero sanitario en el archipiélago canario y su relación con las condiciones meteorológicas

Alejandro Artero García¹, Marisa Estarlich^{2,4}, Francisco Javier Fernández Carrasco⁵, Luciano Rodríguez Díaz⁵, Juana María Vázquez Lara⁵, Juan Gómez Salgado^{6,7}, Carmen Casal-Angulo^{2,8}

Objetivo. Identificar los cambios hemodinámicos en los pacientes helitransportados y cómo se ven afectados por factores meteorológicos y características del transporte.

Métodos. Se realizó un estudio longitudinal utilizando la base de datos de registros médicos del Servicio de Urgencias Canario, desde el 1 de enero de 2022 al 31 de diciembre de 2022. Se utilizaron datos de pacientes sin ventilación mecánica o administración de fármacos vasoactivos. Se recogieron las variables de presión arterial (PA) sistólica y diastólica, saturación de oxígeno y frecuencia cardiaca (FC) antes, durante y al final del traslado. Se tuvieron en cuenta las variables meteorológicas durante el vuelo, así como variables sociodemográficas. Para los análisis bivariados, se utilizaron las pruebas t de Student y ANOVA para evaluar la relación entre las variables descritas anteriormente. Se utilizaron modelos de regresión lineal mixta para evaluar los factores asociados a los cambios hemodinámicos.

Resultados. Los 383 pacientes experimentaron cambios en la FC, saturación de oxígeno y PA. Estos cambios se deben a la altitud, exposición a variaciones de viento y temperatura. El estudio también muestra que la duración del vuelo y la velocidad del helicóptero afectan la estabilidad hemodinámica.

Conclusiones. Durante el vuelo se producen cambios significativos en la FC, saturación de oxígeno y PA sistólica, que se restauran tras el aterrizaje. Las condiciones climáticas y la altitud características de esta zona influyen en la fisiología del paciente.

Palabras clave: Transporte aeromédico. Cambios fisiológicos. Transporte en ambulancia aérea. Transporte interinsular.

Pathophysiological changes during medical helicopter transport in the Canary Islands and their relationship with meteorological conditions

Objectives. To identify hemodynamic changes in helitransported patients and how they are affected by meteorological factors and transport characteristics.

Methods. A longitudinal study was conducted using the Canary Islands Emergency Service medical records database, from January 1, 2022, to December 31, 2022. Data from patients without mechanical ventilation or administration of vasoactive drugs were used. Systolic and diastolic blood pressure (BP), oxygen saturation, and heart rate (HR) variables were collected before, during, and at the end of the transfer, were collected. Meteorological variables during the flight, as well as sociodemographic variables, were taken into account. For bivariate analyses, Student's t-tests and ANOVA were used to assess the relationship between the variables described above. Mixed linear regression models were used to assess factors associated with hemodynamic changes.

Results. The 383 patients experienced changes in HR, oxygen saturation, and BP. These changes are due to altitude, exposure to wind and temperature variations. The study also shows that the duration of the flight and the speed of the helicopter affect hemodynamic stability.

Conclusions. Significant changes in HR, oxygen saturation and systolic BP during flights, which are restored after landing. The climatic conditions in the islands and altitude characteristic of this area influence the patient's physiology.

Keywords: Aeromedical transport. Physiological changes. Air ambulance transportation. Inter-island transport.

DOI: XXXXX

Filiación de los autores:

¹Departamento de Emergencias, Hospital Universitario de Ceuta, Ceuta, España.

²Facultat d'Infermeria i Podologia, Universitat de València, España.

³Centro de Investigación Biomédica en Red de Epidemiología y Salud Pública (CIBERESP), Madrid, España.

⁴Unidad Mixta Epidemiología, Ambiente y Salud. FISABIO-UJI-UV, Valencia, España.

⁵Departamento de Enfermería, Facultad de Ciencias de la Salud, Ceuta, España. Universidad de Granada, Granada, España.

⁶Departamento de Sociología, Trabajo Social y Salud Pública, Facultad de Ciencias del Trabajo, Universidad de Huelva, Huelva, España.

⁷Universidad de Especialidades Espíritu Santo, 092301 Guayaquil, Ecuador.

⁸Servicio de Emergencias Sanitarias Comunidad Valenciana (SES-CV), Valencia, España.

Contribución de los autores:

Todos los autores han confirmado su autoría en el documento de responsabilidades del autor, acuerdo de publicación y cesión de derechos a EMERGENCIAS.

Autor para correspondencia:

Marisa Estarlich
Facultat d'Infermeria i Podologia,
Universitat de València
Universidad de Valencia
C/ Menéndez Pelayo, 19
46010 Valencia, España

Correo electrónico:

maeses2@uv.es

Información del artículo:

Recibido: 12-7-2024
Aceptado: 30-9-2024
Online: 25-10-2024

Editor responsable:

Agustín Julián-Jiménez

DOI:

XXXX

Introducción

Todo paciente trasladado en un medio de transporte está sometido a una serie de sucesos físicos que pro-

vocan modificaciones en el organismo. En el transporte aéreo existen, además de los factores meteorológicos, diversos factores fisiopatológicos mayores (disminución de la presión parcial de oxígeno y expansión de volu-

men) y menores (vibraciones, ruido y temperatura)¹. Está demostrado que las vibraciones y turbulencias e incluso el ruido, asociadas al vuelo, generan estrés psicológico. Este estrés, a su vez, afecta la frecuencia cardíaca (FC) y la presión arterial (PA), y es más notorio en pacientes con antecedentes cardíacos^{2,3}. Además de las vibraciones, las fuerzas G asociadas al vuelo también afectan al sistema cardiovascular durante el despegue, el vuelo y el aterrizaje. A su vez, los cambios de temperatura ambiental durante el vuelo, incluida la exposición al viento, pueden repercutir en la temperatura corporal del paciente, lo cual añade otro punto más de complejidad a los cambios hemodinámicos.

El presente estudio se lleva a cabo en el archipiélago canario situado en el océano Atlántico frente a la costa noroeste de África (Figura 1). Este archipiélago está formado por ocho islas que se dividen en dos provincias: Las Palmas y Tenerife. Debido a la imposibilidad del transporte terrestre y a la inviabilidad del transporte marítimo en caso de urgencia o emergencia por su lentitud, el transporte aéreo es de suma importancia^{4,5}. Por este motivo, el transporte en helicóptero del Servicio de Urgencias Canario (SUC) está considerado como el de mayor frecuencia de vuelo de toda Europa, con 1.100 horas de vuelo durante el año del estudio^{6,7}.

Aunque los factores meteorológicos son impredecibles, la meteorología de las Islas Canarias tiene una serie de características: las temperaturas son suaves y estables durante todo el año, lo que se traduce en una escasa variabilidad estacional. La calima es un fenómeno meteorológico de los meses de verano y principios de otoño. Este fenómeno se asocia a la llegada de vientos cálidos y secos procedentes del desierto del Sahara, lo que provoca un aumento de la temperatura y una reducción de la visibilidad, afectando al transporte aéreo^{8,9}. Por todo ello, el transporte aéreo de pacientes genera alteraciones significativas en las variables fisiológicas. Además, los cambios en la temperatura ambiental durante el vuelo, incluyendo la exposición al viento, afectan a la temperatura corporal del paciente y contribuyen a variaciones en la estabilidad hemodinámica. Por tanto, el objetivo del estudio es identificar los cambios hemodinámicos en los pacientes helitransportados en el archipiélago canario y cómo se ven afectados por factores meteorológicos y características del transporte.

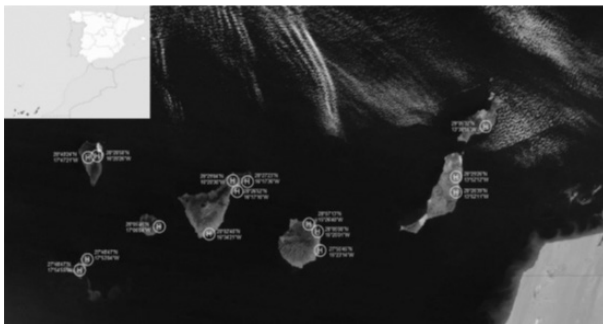


Figura 1. Área de estudio que muestra los diferentes puntos de aterrizaje y despegue de los helicópteros sanitarios. (IDECanarias³⁰, elaboración propia).

Método

Se realizó un estudio longitudinal retrospectivo utilizando datos de la base de datos de registros médicos del SUC que abarcó el periodo del 1 de enero de 2022 al 31 de diciembre de 2022. Como criterios de inclusión se tomaron datos de pacientes transportados en helicóptero y los de exclusión aquellos en los que no pueden valorarse los parámetros hemodinámicos por la interferencia de la ventilación mecánica o las drogas vasoactivas. El equipo aerosanitario del SUC está compuesto por dos pilotos, un médico, un enfermero y un técnico de mantenimiento de aeronaves en tierra. El modelo de helicóptero utilizado es un EC145 C2.

Se recopilaron las variables de PA sistólica (PAS), diastólica (PAD) y media (PAM), saturación de oxígeno (SatO₂) y FC antes, durante y al finalizar el traslado en helicóptero, así como la edad, sexo y diagnóstico de los pacientes. Todos estos datos se obtuvieron de los registros médicos del departamento de emergencias de las Islas Canarias. Los registros de los signos vitales tomados durante el transporte coincidieron con el "Punto de crucero", que es la fase de vuelo en la que la aeronave ha alcanzado su altitud y velocidad óptimas para un vuelo estable y eficiente, manteniendo estas condiciones durante una parte significativa del trayecto. Las variables meteorológicas como la dirección y velocidad del viento, humedad relativa, número de precipitaciones, presión atmosférica y la temperatura de cada día de cada uno de los vuelos fueron obtenidas del Instituto Cartográfico del Gobierno de Canarias. Además, se recopilaron la duración y la fecha del vuelo, así como los datos sobre el tipo de servicio (primario/secundario). A partir de la fecha del vuelo, se calcularon la estación, el mes y el día del traslado en helicóptero.

Se utilizaron estadísticos descriptivos que incluyeron medias y desviación estándar (DE) o mediana y rango intercuartílico (RIC) para variables continuas, así como frecuencias y porcentajes para variables categóricas para resumir las características basales de la población de estudio. Para los análisis bivariantes, se emplearon la prueba t de Student y la prueba de ANOVA para evaluar la relación entre covariables categóricas y variables de resultado.

Se utilizaron modelos de regresión lineal mixta para evaluar los factores asociados con los cambios hemodinámicos durante el traslado en helicóptero. Todos los modelos fueron ajustados por edad y sexo del paciente, independientemente de su significación estadística en los modelos. Se siguieron varios pasos en los modelos de regresión: 1) se realizaron modelos iniciales considerando covariables relacionadas significativamente con las variables de resultado con $p < 0,20$ en los análisis bivariantes y 2) posteriormente se excluyeron aquellas variables con un valor de $p > 0,10$ en el modelo ajustado basado en la prueba de razón de verosimilitud.

El nivel de significación se estableció en $p < 0,05$. En los modelos de SatO₂ se excluyeron los pacientes que recibieron asistencia respiratoria. El análisis de datos se realizó utilizando R Core Team 2021¹⁰.

El diseño de este estudio fue aprobado por el Comité de Ética e Investigación Clínica de la Universitat de Valencia. Se obtuvo una exención del consentimiento informado de los participantes.

Resultados

Un total de 383 pacientes fueron transportados desde el lugar del incidente hasta su hospital de referencia en las Islas Canarias. El 62% de los pacientes trasladados en helicóptero eran hombres (205), con una edad media de 58,4 años (DE 22) (Tabla 1). Entre los diagnósticos más prevalentes, las enfermedades cardíacas representaron el 35,3%, seguidas por las neurotraumatológicas con el 16,7% y las enfermedades digestivas con el 17%. Los diagnósticos menos prevalentes fueron las afecciones urológicas (4,6%), respiratorias (3%), traumatológicas (2,1%), vasculares (3%) y otras causas (6,1%). El 69,6% de todos los transportes se realizaron en días no laborables.

En cuanto a las variables meteorológicas durante el vuelo, la dirección del viento fue mayoritariamente dirección norte (56% de los vuelos), mientras que hacia el este fue el 30,7% y en menor medida hacia el sur (8,8%) y oeste (4%). El tiempo medio de vuelo fue de 70 minutos (DE 30), la humedad relativa media del 39% (DE 21), la precipitación media 2,8 l/m² (DE 0,7), la presión atmosférica media 1015,17 (DE 3), la temperatura media 21,77 (DE 2,83) grados y la velocidad del viento 10,82 (DE 3,44) km/h.

Se encontraron diferencias significativas en los parámetros hemodinámicos antes, durante y después del vuelo, excepto para la PAD. La FC y la SatO₂ disminuyeron durante el vuelo con respecto al valor inicial y luego aumentaron nuevamente (Tabla 2). Esto no fue el caso para la PAD, PAS y PAM, que se mantuvieron similares en las tres fases del vuelo.

En relación a las variables relacionadas con los cambios fisiológicos, los modelos multivariantes (Tablas 3, 4 y 5) mostraron que la FC y la SatO₂ disminuyeron durante el vuelo, mientras que la PAS aumentó significativamente. Además, después de finalizar el vuelo, la FC fue más baja que antes del vuelo y la PAS fue más alta que antes del vuelo. La edad y el sexo no fueron estadísticamente significativos en ninguno de los modelos, excepto en el modelo de SatO₂, donde se observó una relación marginalmente significativa con la edad. Se obtuvieron registros más bajos de FC y SatO₂ en vuelos secundarios en compa-

Tabla 1. Características sociodemográficas, clínicas y del transporte

	n (%)
Sexo	
Mujer	124 (37,7)
Hombre	205 (62,3)
Edad [(media DE)]	58,38 (22,03)
Diagnóstico	
Cardiología	116 (35,3)
Neurotrauma	55 (16,7)
Neurológica	41 (12,5)
Digestiva	56 (17)
Urología	15 (4,6)
Vascular	10 (3)
Respiratoria	9 (2,7)
Traumatología	7 (2,1)
Otras	20 (6,1)
Modalidad de transporte sanitario	
Primario	22 (6,7)
Secundario	307 (93,3)
Estación del año	
Invierno	88 (26,7)
Primavera	70 (21,3)
Verano	89 (27,1)
Otoño	82 (24,9)
Días de la semana	
Entre semana	229 (69,6)
Fin de semana	100 (30,4)
Dirección del viento	
Este	101 (30,7)
Norte	186 (56,5)
Oeste	13 (4)
Sur	29 (8,8)
Tiempo de vuelo en horas [(media DE)]	1,16 (0,5)
Humedad relativa % [(media DE)]	39 (21)
Precipitación (l/m²) [(media DE)]	0,7 (2,8)
Presión atmosférica máxima atm [(media DE)]	1015,7 (3)
Media temperatura grados centígrados [(media DE)]	21,77 (2,83)
Velocidad del viento km/h [(media DE)]	10,82 (3,44)

DE: desviación estándar.

ración con vuelos primarios. En el modelo de FC se encontró que la velocidad de vuelo disminuía la FC. Por otro lado, en el modelo de SatO₂ se obtuvieron resultados más altos de SatO₂ en primavera en comparación con el invierno, en fines de semana en comparación con días laborables y cuanto mayor era la velocidad del viento. Mientras que fueron más bajos en días con más precipitación. Para la PA se encontró que un aumento en el tiempo de vuelo aumentaba los registros de PA (PAS, PAD y PAM). Además, la PAS y PAM aumentaron en vuelos con mayor presión atmosférica.

Tabla 2. Diferencias en las medias y desviaciones estándar de las mediciones hemodinámicas antes, durante y después del vuelo

	Prevuelo	Durante el vuelo	Postvuelo	Valor p
	Media (DE)	Media (DE)	Media (DE)	
Frecuencia cardíaca	77,2 (17,8)	74,6 (18,1)	76,3 (18,4)	0,165
Saturación de oxígeno	98,1 (1,1)	96,8 (1,5)	98,1 (1,1)	< 0,0001
Presión arterial sistólica	137,2 (19,3)	138,7 (19,4)	138,2 (18,7)	0,578
Presión arterial diastólica	83 (11,6)	83,1 (9,5)	83 (11,1)	0,997
Presión arterial media	101 (13,3)	101,6 (11,7)	101,4 (12,8)	0,847

DE: desviación estándar.

Tabla 3. Factores asociados a la frecuencia cardíaca durante el transporte en HEMS

	Frecuencia cardíaca			p valor
	Beta	IC 95%		
Periodo [Prevuelo (referencia)]				
Durante el vuelo	-2,64	-3,19	-2,09	0,001
Postvuelo	-0,94	-1,48	-0,39	0,001
Edad	-0,06	-0,15	0,03	0,17
Sexo: hombre	3,02	-0,87	6,90	0,129
Transporte sanitario secundario	-13,22	-20,80	-5,64	0,001
Velocidad del vuelo (km/h)	-0,50	-1,01	0,02	0,06

HEMS: Helicópteros de los Servicios de Emergencias Médicas; IC 95%: Intervalo de confianza al 95%.
Los valores en negrita denotan significación estadística (p < 0,05).

Discusión

Este estudio es pionero en documentar las modificaciones hemodinámicas asociadas con el transporte aéreo sanitario entre las Islas Canarias, y proporciona una comprensión detallada de cómo el entorno de vuelo afecta la fisiología cardiovascular y respiratoria de los pacientes. Los resultados obtenidos ponen de manifiesto la complejidad de mantener estables los signos vitales durante el vuelo, y evidencian cambios significativos en la FC, la SatO₂ y la PA en las diferentes fases del transporte¹¹⁻¹³.

La reducción en la SatO₂ durante el vuelo es consistente con la disminución de la presión parcial de oxígeno a mayores altitudes. Según la literatura a partir de los 8.000 pies la SatO₂ en sangre tiende a disminuir. Los presentes resultados coinciden con estas observaciones, ya que en los vuelos analizados hemos identificado una disminución estadísticamente significativa. Aunque el cambio observado es pequeño, resulta relevante dado que las aeronaves alcanzaron una altitud de 10.000 pies. Si bien no se disponen de datos de la frecuencia respiratoria, se puede afirmar que la hiperventilación que inmediatamente provoca la hipoxia hipobárica mejora la oxigenación. Por todo ello, se subraya la necesidad de monitorizar la oxigenación durante el transporte aéreo, especialmente en vuelos que alcanzan o superan esta altitud^{11,13,14}.

Por otra parte, la disminución observada en la FC durante el vuelo puede atribuirse a varios factores, que incluyen la respuesta compensatoria del organismo ante la hipoxia inducida por la altitud. Es importante destacar que, aunque la hipoxia puede influir en la FC, du-

Tabla 4. Factores asociados a la saturación de oxígeno durante el transporte en HEMS

	Saturación de oxígeno			p valor
	Beta	IC 95%		
Periodo [Prevuelo (referencia)]				
Durante el vuelo	-1,22	-1,29	-1,14	0,001
Postvuelo	0,02	-0,05	0,09	0,567
Edad	0,01	-0,00	0,01	0,093
Sexo: hombre	-0,14	-0,39	0,11	0,29
Transporte sanitario secundario	-0,67	-1,16	-0,18	0,008
Estación del año [Invierno (referencia)]				
Primavera	0,36	-0,01	0,72	0,054
Verano	-0,28	-0,63	0,07	0,124
Otoño	0,09	-0,27	0,44	0,621
Fin de semana	0,42	0,15	0,68	0,002
Precipitaciones (l/m²)	-0,07	-0,12	-0,02	0,003
Velocidad del vuelo (km/h)	0,07	0,03	0,11	0,001

HEMS: Helicópteros de los Servicios de Emergencias Médicas; IC 95%: Intervalo de confianza al 95%.
Los valores en negrita denotan significación estadística (p < 0,05).

rante el ascenso a altitudes elevadas se produce un aumento transitorio de la actividad simpática, lo que provoca un incremento en la FC y el gasto cardíaco (hasta un 30%), así como una mejora en el tono venoso. Esta respuesta fisiológica tiene como objetivo aumentar el flujo sanguíneo y favorecer la oxigenación^{14,15}. En cuanto al comportamiento de la FC durante el vuelo en helicóptero, existe un estudio reciente de traslado por este medio de pacientes con COVID-19 en el que no se registró un aumento significativo de la FC, pero sí del gasto cardíaco y del volumen sistólico durante el despegue¹⁶. Contrariamente a lo previsto, la FC mostró una disminución cuando se esperaría un aumento como mecanismo compensatorio fisiológico ante la reducción de la SatO₂ inducida por la hipoxia hipobárica. Un factor que podría haber influido en este resultado es la posible administración de medicación ansiolítica o sedante; sin embargo, en este estudio no se dispone de información al respecto.

Por otra parte, la PAS, PAD y PAM se mantuvo similar en todas las fases del vuelo. Este hallazgo sugiere que, a pesar de las variaciones en la FC y la SatO₂, la PA puede permanecer estable en pacientes sin condiciones preexistentes que afecten a su regulación¹⁷. El aumento en la PAS durante el vuelo podría reflejar una respuesta al estrés fisiológico inducido por la hipoxia y las condiciones del entorno aéreo. Este hallazgo es coherente

Tabla 5. Factores asociados a la presión arterial durante el transporte en HEMS

	Presión arterial sistólica				Presión arterial diastólica				Presión arterial media			
	Beta	IC 95%		p	Beta	IC 95%		p	Beta	IC 95%		p
Periodo [Prevuelo (referencia)]												
Durante el vuelo	1,53	1,07	2,00	0,001	0,06	-0,52	0,65	0,831	0,55	0,13	0,97	0,01
Postvuelo	1,01	0,55	1,48	0,001	0,05	-0,53	0,64	0,855	0,37	-0,05	0,80	0,082
Edad	0,05	-0,04	0,14	0,30	0,03	-0,02	0,07	0,30	0,03	-0,03	0,09	0,3
Sexo: hombre	-0,88	-5,00	3,23	0,67	-0,80	-3,05	1,44	0,48	-0,90	-3,60	1,79	0,512
Tiempo de vuelo (minutos)	7,93	3,99	11,88	0,001	4,43	2,26	6,59	0,001	5,58	3,00	8,17	0,001
Presión atmosférica máxima (atm)	0,98	0,32	1,65	0,004					0,48	0,04	0,91	0,033

HEMS: Helicópteros de los Servicios de Emergencias Médicas; IC 95%: Intervalo de confianza al 95%.
Los valores en negrita denotan significación estadística (p < 0,05).

con la literatura que describe cómo la hipoxia y el estrés asociado al vuelo pueden activar el sistema nervioso simpático, y así inducir un aumento de la PA¹⁸. No obstante, en este estudio, la PAS regresó a registros cercanos a los valores prevuelo tras el aterrizaje, lo que podría indicar que los cambios observados son transitorios.

Se observó una relación marginalmente significativa entre la SatO₂ y la edad, que sugiere que los pacientes de mayor edad podrían ser más susceptibles a las variaciones en la oxigenación. Esto está en línea con estudios que destacan la vulnerabilidad de esta población frente a la hipoxia¹⁹.

Por otro lado, la presión atmosférica resultó ser relevante. En el presente estudio a mayor presión atmosférica se produce una mayor PA. Este dato está en consonancia con el estudio de Beninati *et al.*²⁰, en donde se describe que la exposición aguda a grandes altitudes produce una vasodilatación sistémica sobre la base de mecanismos dependientes del endotelio, así como independientes de él. Esto puede conducir a un cierto nivel de reducción de la PA durante un periodo de tiempo. Después de este tiempo, este efecto hipotensor inicial es contrarrestado por una hipertonia simpática generalizada²⁰. Otra alteración que origina la altitud del vuelo es la temperatura que provoca una disminución de 2°C por cada 1.000 pies de altura. En los vuelos del presente estudio, la altitud media es la mínima de 2.000 pies, con una máxima de 10.000 pies (como índice de seguridad y de protección contra la calima). Esta hipotermia, además de provocar vasoconstricción y escalofríos iniciales con aumento del consumo de oxígeno y del trabajo cardíaco, también puede a su vez alterar la SatO₂ y la PA^{21,22}.

Con respecto a los factores meteorológicos, el viento puede provocar movimientos de aceleración, desaceleración y vibración que conlleva efectos sobre el estado hemodinámico del paciente. Silbergleit *et al.*²³ encontraron que en el transporte en helicóptero las aceleraciones transversal y anteroposterior son de mayor importancia. Sin embargo, en este estudio la dirección del viento no es estadísticamente significativa. Por el contrario, sí se ha confirmado que a mayor velocidad del viento existe un aumento de la SatO₂. Hasta el momento, no hay un estudio específico que relacione de forma directa la velocidad del viento con la modificación de esta variable durante el transporte aéreo sanitario. Esto podría ser debido a que la aeronave pueda encontrar corrientes de aire más estables, por lo que pasaría a resultar un vuelo más suave y menos turbulento. La velocidad del viento podría estar también correlacionada con la precaución de volar a altitudes más bajas y seguras, donde la presión atmosférica es mayor y, por lo tanto, la SatO₂ podría mantenerse o incluso aumentar.

Otro dato climatológico es la lluvia, factor que provoca una alteración en la temperatura del entorno. Nuestros resultados sugieren que, durante los vuelos con precipitaciones, la SatO₂ de los pacientes disminuye. Asimismo, también se encuentra una disminución

de este parámetro durante el invierno en comparación con la primavera, sin diferencias significativas en verano y otoño^{24,25}.

Por otro lado, estos resultados revelan que en los vuelos que se realizan durante el fin de semana se produce un aumento de la SatO₂. Esto podría ser debido a un aumento de los transportes primarios en esta fase de la semana. De hecho, mientras que el 54,5% de los transportes primarios se realizan en fin de semana, solo el 28% de los secundarios se realizan en este periodo. La relación entre el aumento de transportes primarios durante el fin de semana y los mayores registros de FC y SatO₂ puede explicarse por la naturaleza aguda de las emergencias, la respuesta fisiológica al estrés y la intervención médica más agresiva. Por otro lado, los transportes secundarios al realizarse en pacientes ya estabilizados tienden a mostrar valores más bajos de estas variables.

Por último, si el viento contribuye a un vuelo más rápido o eficiente, el tiempo total en vuelo puede reducirse. Esto puede implicar que el paciente pase menos tiempo sometido a la presión fisiológica que genera la altitud, lo que puede reducir la carga sobre el sistema cardiovascular. Un tiempo de vuelo más corto también podría limitar el impacto de la hipoxia relativa que puede ocurrir durante vuelos a gran altitud, y permitir una recuperación más rápida en la FC. Los datos del presente estudio corroboran que, al tener un tiempo de vuelo más largo, la PA aumenta. No obstante, los resultados sugieren que, si bien estos signos vitales pueden experimentar fluctuaciones durante las distintas fases del vuelo, estos cambios no suelen ser clínicamente significativos. Este hallazgo concuerda con investigaciones más amplias que demuestran que el impacto sobre los signos vitales, como la PA, puede minimizarse con intervenciones se mantuvieron similares²⁶⁻²⁸.

Como limitaciones del estudio, cabe mencionar la casuística del transporte aéreo en Canarias y la existencia variable de la calima y ciertos aspectos meteorológicos propios. En casos de calima intensa puede ser necesario suspender las operaciones aéreas no esenciales y priorizar solo los vuelos de extrema urgencia, lo que ha podido sesgar los resultados²⁹. Otra limitación es que los datos son exclusivos de esta zona, por lo que podrían no ser generalizables a otras áreas. Asimismo, no se han considerado los pacientes trasladados con ventilación mecánica, ya que los parámetros respiratorios son los "impuestos" por los profesionales y porque podrían estar expuestos a la acción de fármacos vasoactivos. Otra limitación importante es el desconocimiento de si han sido administrados fármacos ansiolíticos o sedantes para mejorar su acomodación durante el vuelo, lo que podría haber influido en la FC. Por último, no se han recogido los datos de la frecuencia respiratoria, lo que podría ayudar a entender porque los niveles de SatO₂ no haya tenido grandes variaciones.

Aun así, cabe destacar que este estudio es el primero de estas características que se realiza en el archipiélago canario y que, por su entorno geográfico, sería difícil trasladar a los pacientes críticos por otro medio que

no fuera el aéreo. A pesar de que la mayoría de los resultados son consistentes con la literatura existente, aporta datos específicos que reflejan las condiciones particulares del transporte aéreo en Canarias. Aunque no se encontró una relación estadísticamente significativa entre la dirección del viento y los cambios en los signos vitales, sí se evidenció que mayor velocidad del viento mejoraba la SatO_2 y reducía la FC, lo que podría relacionarse con vuelos más estables y menos turbulentos. Además, la lluvia y temperaturas bajas se asociaron con una disminución en la SatO_2 , especialmente en invierno. Estos factores, junto con la altitud alcanzada durante los vuelos, generan un entorno que puede exacerbar las respuestas fisiológicas observadas. Asimismo, la observación de que la PAS se mantiene estable en pacientes sin condiciones preexistentes sugiere una cierta resiliencia en la respuesta hemodinámica. Las diferencias observadas en la FC y SatO_2 entre vuelos primarios (estos en fin de semana) y secundarios apuntan a una respuesta más aguda al estrés y a la intervención médica intensiva en estos pacientes.

Como conclusión, podemos decir que los hallazgos indican que durante el vuelo se producen cambios significativos en la FC, la SatO_2 y la PAS. Estos cambios subrayan la necesidad de una monitorización continua durante el transporte, particularmente en vuelos de larga duración o a mayor altitud. Sin embargo, estas alteraciones fueron transitorias, restableciéndose los parámetros tras el aterrizaje.

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener conflictos de interés en relación con el presente artículo.

Financiación: Los autores declaran no tener financiación en relación con el presente artículo.

Responsabilidades éticas: Todos los autores han confirmado el mantenimiento de la confidencialidad y respeto de los derechos de los pacientes en el documento de responsabilidades del autor, acuerdo de publicación y cesión de derechos a EMERGENCIAS.

Artículo no encargado por el Comité Editorial y con revisión externa por pares.

Bibliografía

- Velasco Diaz C. Fisiopatología general del transporte aéreo. En: Garrote Moreno I., editor. Manual de transporte aéreo medicalizado, ala fija y HEMS. Jaén: Formación Alcalá Editorial; 2019. p.559-73.
- Mahapatra B, Nayyar A. Home energy management system (HEMS): Concept, architecture, infrastructure, challenges and energy management schemes. *Energy Systems*. 2022;13:643-69.
- Florez-Perdomo WA, García-Ballestas E, Konar SK, Ramos-Gomez L, Al-Mufti F, Sursal T, et al. Effect of Helicopter Transportation of Acute Ischemic Stroke Patients on Mortality and Functional Outcomes: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Air Med J*. 2022;41:476-83.
- Strony R, Slimmer K, Slimmer S, Corros P, Davis R, Zhu B, et al. Helicopter Emergency Medical Services Performed Extended Focused Assessment With Sonography: Training, Workflow, and Sustainable Quality. *Air Med J*. 2022;41:209-16.
- Lubillo Montenegro S, Burillo Putze G, García González S, Minaya García JA, Afonso López F, Herranz Duarte I. Helitransporte sanitario en las Islas Canarias. *Emergencias*. 1997;9:282-8.
- Felipe Leal MA. Gestión hospitalaria: indicadores de calidad del servicio de urgencias del hospital universitario de canarias. Universidad de La Laguna [Tesis doctoral]. 2008 (Consultado 5 Septiembre 2024). Disponible en: <https://portalciencia.ull.es/documentos/5e3170282999523690ffd890>
- Ramos Hernández A. Gestión y calidad de la atención en urgencias del Hospital Universitario de Canarias. Universidad de La Laguna. 2022 (Consultado 6 Septiembre 2024). Disponible en: <http://riull.ull.es/xmlui/handle/915/28891>.
- Peng C, Su P. Visualized analysis of research on helicopter emergency medical service. *Medicine (Baltimore)*. 2022;101:e30463.
- López-Villarubia E, Costa Estirado O, Iñiguez Hernández C, Ballester Díez F. ¿Los días de calma sahariana conllevan un riesgo de hospitalización por enfermedades respiratorias para los ciudadanos de las Islas Canarias, España? *Arch Bronconeumol*. 2021;57:464-70.
- CoreTeam R. A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. 2013.
- Kawai Y, Yamamoto K, Miyazaki K, Takano K, Asai H, Nakano K, et al. Comparison of changes in vital signs during ground and helicopter emergency medical services and hospital interventions. *Air Med J*. 2022;41:391-05.
- Mallet RT, Burtscher J, Richalet JP, Millet G, Burtscher M. Impact of high altitude on cardiovascular health: current perspectives. *Vasc Health Risk Manag*. 2021;17:317-35.
- West JB. The physiologic basis of high-altitude diseases. *Ann Intern Med*. 2004;16:789-800.
- Sinclair Avila J, Gutierrez SDR, Olivero L et al. Physiology of High-Altitude Illness. En: Hidalgo J, Gutierrez SDR, Gandra D'Almeida A (editors). *High Altitude Medicine. A Case-Based Approach*. Cham, Switzerland: Springer; 2023. p.35-44.
- Luks AM, Hackett PH. Medical Conditions and High-Altitude Travel. *N Engl J Med*. 2022 27:364-73.
- Slagt C, Spoelder EJ, Tacken MCT, Frijlink M, Servaas S, Leijte G, et al. Safety during interhospital helicopter transfer of ventilated COVID-19 patients. No clinical relevant changes in vital signs including non-invasive cardiac output. *Respir Res*. 2022 19:256.
- Falla M, Hüfner K, Falk M, Weiss EM, Vögele A, Jan van Veelen M, et al. Simulated Acute Hypobaric Hypoxia Effects on Cognition in Helicopter Emergency Medical Service Personnel - A Randomized, Controlled, Single-Blind, Crossover Trial. *Hum Factors*.2024;66:404-23.
- Richalet JP, Lhuissier FJ. Aging, tolerance to high altitude, and cardiorespiratory response to hypoxia. *High Alt Med Biol*. 2015;16:117-24.
- Mortazavi BJ, Eisenberg MJ, Langleben D, Ernst P, Shiff RL. Altitude-related hypoxia: risk assessment and management for passengers on commercial aircraft. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*. 2003;74:922-7.
- Beninati W, Grissom TE. Critical Care Air Transport: Patient Flight Physiology and Organizational Considerations. En: Hurd W., Beninati, W. (eds) *Aeromedical Evacuation*. EEUU: Springer; 2019. p.127-44.
- Avellanas ML, Ricart A, Botella J, Mengelle F, Soteras I, Veres T, et al. Management of severe accidental hypothermia. *Medicina Intensiva*. 2012; 36:200-12.
- Lundgren P, Henriksson O, Naredi P, Björnstig U. The effect of active warming in prehospital trauma care during road and air ambulance transportation-a clinical randomized trial. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*. 2011;19:1-7.
- Silbergleit R, Dedrick DK, Pape J, Burney RE. Forces acting during air and ground transport on patients stabilized by standard immobilization techniques. *Ann Emerg Med*. 1991;20:875-7.
- Ambrosio LA, Carriedo C, Serrano A. Activación y gestión de recursos aéreos helicópteros sanitarios. En: Gerencia de Urgencias, Emergencias y Transporte sanitario del Servicio de Salud de Castilla – La Mancha. *Guía Asistencial Urgencias y Emergencias Extrahospitalarias*. Castilla La Mancha; 2014. p. 665-9.
- Hohenauer E. Physiological Adaptions to Acute Hypoxia. *Exercise Physiology*. IntechOpen; [Revista electrónica] 2022. (Consultado 31 Agosto 2024). Disponible en: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.102532>
- Black J, Ward M, Lockey D. Appropriate use of helicopters to transport trauma patients from incident scene to hospital in the United Kingdom: an algorithm. *Emerg Med J*. 2004;21:355-61.
- Thornton R, Vyrnwy-Jones P. Environmental factors in helicopter operations. *J R Army Med Corps*. 1984;130:157-61.
- Insel JR, Wiessman C, Kemper M, Askenazi J, Hymen AI. Cardiovascular changes during transport of critically ill and postoperative patients. *Crit Care Med*. 1986;14:539-42.
- Armas J. Efectos de la calma sobre la salud cardiológica y respiratoria en la población: una revisión narrativa. Universidad La Laguna (repositorio institucional). 2022. (Consultado 2 Setiembre 2024). Disponible en: <https://riull.ull.es/xmlui/handle/915/28838>
- IDE Canarias. Instituto de Estadística de Canarias. (internet) (Consultado 5 Septiembre 2024). Disponible en: <http://www.idecanarias.es/>.