

# Universidad de Huelva

Departamento de Ciencias Integradas



## Helitransporte sanitario: cambios fisiopatológicos y su papel en la atención prehospitalaria

Memoria para optar al grado de doctor  
presentada por:

**Alejandro Artero García**

Fecha de lectura: 17 de septiembre de 2025

Bajo la dirección de los doctores:

Juan Gómez Salgado

Luciano Rodríguez Díaz

Juan Jesús García Iglesias

**Huelva, 2025**





**Universidad  
de Huelva**

ESCUELA DE DOCTORADO

DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA SALUD

**HELITRANSPORTE SANITARIO:  
CAMBIOS FISIOPATOLÓGICOS Y SU PAPEL  
EN LA ATENCIÓN PREHOSPITALARIA**

Memoria para optar al grado de doctor presentada por:

**Alejandro Artero García**



Bajo la dirección de los doctores:

Dr. Juan Gómez Salgado

Dr. Luciano Rodríguez Díaz

Dr. Juan Jesús García Iglesias

Huelva, 2025









**Universidad  
de Huelva**

ESCUELA DE DOCTORADO

DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA SALUD

**HELITRANSPORTE SANITARIO:  
CAMBIOS FISIOPATOLÓGICOS Y SU PAPEL  
EN LA ATENCIÓN PREHOSPITALARIA**

Memoria para optar al grado de doctor presentada por:

**Alejandro Artero García**

Bajo la dirección de los doctores:

Dr. Juan Gómez Salgado

Dr. Luciano Rodríguez Díaz

Dr. Juan Jesús García Iglesias

Huelva, 2025











## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, me gustaría agradecer a mis directores de tesis Juan Gómez Salgado, Luciano Rodríguez Díaz y Juan Jesús García Iglesias.

Juan, muchas gracias por estar siempre ahí para todo lo que he necesitado, por sacar tiempo de donde no lo hay, eres la persona que mejor gestiona las 24 horas del día. Durante este largo camino has sido una inyección de optimismo y sabiduría, gracias por haber confiado en mí desde el primer momento.

Juan Jesús, darte las gracias por tu implicación y ayuda, personas como tú, son las que hacen que las cosas difíciles parezcan fáciles.

Luciano, gracias por tu optimismo, motivación, eterna confianza, por saber ver la parte positiva de todo, por tu saber interpretar mis necesidades, tus consejos y finalmente gracias por estar siempre ahí y no dejar por un momento que me desanimase con el doctorado por tu AMISTAD.

Carmen Casal, querida amiga, mil gracias por la ayuda y el apoyo incondicional, junto a Marisa, sois parte de mi tesis doctoral.

Una mención especial debe ir dirigida a mi familia.


A mis padres, sois el ejemplo de trabajo, sacrificio y esfuerzo, nada hubiera sido posible sin vosotros.

Mi esposa y mis hijos, sois las personas a las que más tengo que agradecer. Gracias por entender, gracias por soportar los momentos eternos al ordenador y al teléfono, gracias por acompañar, gracias por esperarme y gracias por vuestro esfuerzo.

Sois mi mayor inspiración, mi éxito es vuestro, por tanto, enhorabuena por los que alcanzamos entre todos.

Un abrazo probablemente al cielo, ya que el día de la lectura de la Tesis Doctoral, no estarás Tito Pepo, “Alex sigue trabajando en lo tuyo, no te preocupes por mi”.

Os quiero.



*"El éxito no es la clave de la felicidad. La felicidad es la clave del éxito. Si amas lo que haces, tendrás éxito."*

*Albert Schweitzer 1875-1965*





## GLOSARIO DE SIGLAS, ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

DB	Decibelios
DE	Desviación estándar
EE. UU	Estados Unidos de América
EFAST	Extended Focused assessment with sonography in Trauma
EPOC	Enfermedad Pulmonar Obstructiva crónica
FiO <sub>2</sub>	Fracción de oxígeno inspirado
FC	Frecuencia Cardíaca
GC	Gasto cardiaco
HEMS	Helicóptero de Emergencias Médicas (del inglés, Emergency Helicopter Medical Service)
Hz	Hercio
IOT	Intubación Orotraqueal
MMHg	Milímetros de Mercurio
N <sub>2</sub>	Dinitrógeno
O <sub>2</sub>	Oxígeno
PA	Presión Arterial
PAS	Presión arterial sistólica
PAD	Presión arterial diastólica

PAM	Presión arterial media
PAO <sub>2</sub>	Presión arterial de oxígeno
PHTLS	Soporte Vital en Trauma Prehospitalario (del inglés, <i>Prehospital Trauma Life Support</i> )
PVC	Presión Venosa Central
RIC	Rango Intercuartílico
StO <sub>2</sub>	Saturación de oxígeno en sangre
SUC	Servicio de Urgencias Canario
TA	Tensión Arterial
TCE	Traumatismo Craneoencefálico
UCI	Unidad de Cuidados Intensivos

## Estructura General de la Tesis

El presente trabajo de investigación está basado en dos ideas fundamentales. En primer lugar, se defiende la importancia del concepto de continuidad de las investigaciones en enfermería. En este sentido, la presente investigación que es la base de la tesis doctoral constituye la continuación de un estudio iniciado en el análisis de los cambios hemodinámicos en el helitransporte sanitario con el objetivo de entender mejor los riesgos fisiológicos asociados a esta modalidad de traslado sanitario y optimizar la atención al paciente crítico en vuelo.

En una segunda parte, se describe el contexto del transporte aéreo sanitario, destacando sus ventajas en situaciones de emergencia y acceso rápido a centros especializados. A continuación, se aborda la fisiología del vuelo, explicando cómo las condiciones propias del entorno aéreo (como la altitud, vibraciones, ruido y aceleraciones) afectan la homeostasis del paciente: la disminución de la presión parcial de oxígeno y su efecto sobre la oxigenación tisular; la variación en la precarga y poscarga debido a la redistribución del volumen sanguíneo; la estimulación simpática secundaria al estrés del vuelo; y las alteraciones en la farmacocinética de los fármacos.

Se incluyen también estudios de casos, monitoreo clínico en vuelo y recomendaciones para la estabilización hemodinámica previa al traslado. Finalmente, se discuten estrategias para mitigar los efectos adversos, incluyendo el uso adecuado de oxigenoterapia, control de fluidos, y monitoreo invasivo cuando sea necesario.

La tesis concluye que una comprensión profunda de estos cambios es crucial para garantizar la seguridad del paciente, permitiendo una atención médica efectiva y adaptada al entorno único del transporte aéreo sanitario.

La siguiente tesis por compendio incluye la producción científica generada a raíz de las distintas investigaciones realizadas con tres artículos publicados en diferentes revistas incluidas en la Journal Citation Reports (Web of Science). Las tres contribuciones son las que siguen:

1. Artero-García A, Gómez-Salgado J, Fernández-Carrasco FJ, Vázquez-Lara JM, García-Iglesias JJ, Mérida-Yáñez B, Muñoz-Vela FJ, Rodríguez-Díaz L. Haemodynamic Changes in Adult Patients Transported in Emergency Medical Helicopters. A Systematic Review. *Ther Clin Risk Manag.* 2024 Nov 23; 20:775-787. doi: 10.2147/TCRM.S488502.
2. Artero García A, Estarlich M, Fernández Carrasco FJ, Rodríguez Díaz L, Vázquez Lara JM, Gómez Salgado J, et al. Cambios fisiopatológicos durante el transporte en helicóptero sanitario en el archipiélago canario y su relación con las condiciones meteorológicas. *Emergencias.* 2025; 37:111-6. doi: 10.55633/s3me/005.2025.
3. Artero-García A, Gómez-Salgado J, Rodríguez Díaz L. Helicóptero de emergencias médicas (HEMS): un pilar fundamental en la atención prehospitalaria. *Emergencias.* 2025; 37:149-51. doi: 10.55633/s3me/109.2024



## RESUMEN

### Título

Helitransporte Sanitario: cambios fisiopatológicos y su papel en la atención prehospitalaria

### Introducción

El transporte aéreo de pacientes críticos mediante Servicios Médicos de Emergencia en Helicóptero (HEMS) es más eficiente que otros medios de transporte en cuanto a la resolución de situaciones de urgencia y emergencia, ya que permite el acceso a localizaciones geográficas complejas y además proporciona un traslado seguro en condiciones meteorológicas adversas en un tiempo mínimo. En comparación con otros transportes sanitarios, incluso reduce la morbimortalidad durante el transporte, especialmente en patologías dependientes del tiempo.

Todo paciente trasladado en un medio de transporte está sometido a una serie de sucesos físicos que ocasionan 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 volumen) y menores (vibraciones, ruido y temperatura). Está demostrado que las vibraciones, turbulencias y el ruido, asociadas al vuelo, generan estrés mental. Este estrés, a su vez, afecta la frecuencia cardíaca (FC) y la presión arterial (PA), y es más notorio en pacientes con antecedentes cardíacos

Por todo ello, el transporte aéreo de pacientes genera alteraciones significativas en las variables fisiológicas. Además, los cambios en la temperatura durante el vuelo, incluyendo la exposición al viento, afectan a la temperatura corporal del paciente y a la estabilidad hemodinámica.

## **Metodología**

La presente investigación se desarrolló en tres fases diferenciadas. En la primera, se realizó una revisión sistemática de la literatura relacionada con los cambios hemodinámicos en el paciente helitransportado. A continuación, en la segunda fase se realizó estudio de campo identificando los cambios hemodinámicos en los pacientes helitransportados en el archipiélago canario y cómo se ven afectados por factores meteorológicos y características del transporte. Y, finalmente, se procedió a analizar la importancia del helicóptero de emergencias médicas en la atención prehospitalaria.

## **Objetivo**

Identificar los cambios hemodinámicos en pacientes adultos transportados por el Servicio de Transporte Sanitario en Helicóptero y cómo estos se ven afectados por factores externos e internos del transporte

## **Resultados**

En la revisión sistemática de la literatura se incluyeron ocho estudios en la revisión, que mostraron cambios hemodinámicos significativos durante el transporte en HEMS. Todos los estudios registraron lecturas en tres momentos de la misión:

antes, durante y después del vuelo. El mayor cambio en las variables fisiológicas se observa en la saturación de oxígeno durante el vuelo, con una disminución de este valor. La presión arterial aumentó principalmente en varias fases de la misión, especialmente durante el vuelo. La frecuencia cardíaca también varió a lo largo de las fases de la misión, principalmente antes y después del vuelo, con aumentos y descensos durante el vuelo.

Un total de 383 pacientes fueron transportados desde el lugar del incidente hasta el hospital, en las Islas Canarias. Se encontraron diferencias significativas en los parámetros hemodinámicos antes, durante y después del vuelo, excepto para la presión arterial diastólica. La frecuencia cardíaca y saturación oxígeno disminuyeron durante el vuelo con respecto al valor inicial y luego aumentaron nuevamente.

Los HEMS constituyen una modalidad de evacuación crucial en la atención de pacientes críticos en localizaciones remotas. Estudios previos han demostrado la superioridad de los HEMS frente a métodos de transporte terrestre en términos de rapidez y cobertura, pues garantizan un traslado seguro y reducen la morbimortalidad en pacientes con patologías tiempo-dependientes. En el mundo, el 81,1% de los casos atendidos por HEMS se refieren a servicios de primera respuesta, que ofrecen atención de emergencia en el lugar de los hechos. Las emergencias más frecuentes incluyen traumatismos y enfermedades cardiovasculares. El 18,9% de intervenciones restante corresponde a traslados interhospitalarios.

## **Conclusiones**

Como conclusión, es posible afirmar decir que los hallazgos indican que durante el vuelo se producen cambios significativos en la frecuencia cardíaca, la saturación de oxígeno y la presión arterial sistólica. 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.

## **Palabras claves:**

Transporte aeromédico; Cambios fisiológicos; Transporte en ambulancia aérea; Transporte interinsular; Servicios médicos de emergencia; Signos vitales.

## ABSTRACT

### Title

Helicopter Emergency Medical Services: Pathophysiological Changes and Their Role in Prehospital Care

### Introduction

Air transport of critically ill patients using Helicopter Emergency Medical Services (HEMS) is more efficient than other means of transport in resolving urgent and emergency situations, as it allows access to complex geographical locations and also provides safe transport in adverse weather conditions in minimal time. Compared to other medical transport methods, it even reduces morbidity and mortality during transport, especially in weather-dependent conditions.

Every patient transported by means of transport is subject to a series of physical events that cause changes in the body. In addition to meteorological factors, air transport involves various major (decrease in partial pressure of oxygen and volume expansion) and minor (vibrations, noise, and temperature) pathophysiological factors. It has been proven that vibrations and turbulence, and even noise, associated with flight, generate psychological stress. This stress, in turn, affects heart rate (HR) and blood pressure (BP), and is more noticeable in patients with a history of cardiac disease.

For all these reasons, air transport of patients generates significant changes in physiological variables. Furthermore, changes in ambient temperature during the

flight, including exposure to wind, affect the patient's body temperature and contribute to variations in hemodynamic stability.

## **Methodology**

This research was conducted in three distinct phases. The first phase involved a systematic review of the literature related to hemodynamic changes in patients transferred by helicopter. The second phase involved a field study identifying hemodynamic changes in patients transferred by helicopter in the Canary Islands and how they are affected by meteorological factors and transport characteristics. Finally, the importance of the medical emergency helicopter in prehospital care was analyzed.

## **Objective**

To identify hemodynamic changes in adult patients transported by Helicopter Emergency Medical Services and how these are affected by external and internal factors related to the transport.

## **Results**

In the systematic literature review, eight studies were included, which showed significant hemodynamic changes during transport in HEMS. All studies recorded readings at three points during the mission: before, during, and after the flight. The greatest change in physiological variables was observed in oxygen saturation during the flight, with a decrease in this value. Blood pressure increased primarily at various phases of the mission, especially during the flight. Heart rate also varied

throughout the mission phases, primarily before and after the flight, with increases and decreases during the flight.

A total of 383 patients were transported from the incident site to their referral hospital in the Canary Islands. Significant differences were found in hemodynamic parameters before, during, and after the flight, except for diastolic blood pressure. Heart rate and oxygen saturation decreased during the flight compared to the initial value and then increased again.

HEMS are a crucial evacuation modality for the care of critically ill patients in remote locations. Previous studies have demonstrated the superiority of HEMS over ground transportation methods in terms of speed and coverage, ensuring safe transport and reducing morbidity and mortality in patients with time-dependent conditions. Worldwide, 81.1% of cases treated by HEMS are referred to first responders, who provide emergency care on the scene. The most common emergencies include trauma and cardiovascular disease. The remaining 18.9% of interventions correspond to interhospital transfers.

## **Conclusions**

In conclusion, we can say that the findings indicate that significant changes in heart rate, oxygen saturation, and systolic blood pressure occur during flight. These changes underscore the need for continuous monitoring during transport, particularly on long-duration flights or at higher altitudes. However, these changes were temporary, and the parameters were restored after landing.

**Keywords:**

Aeromedical transport. Physiological changes. Air ambulance transportation.

Inter-island transport; Emergency Medical Services; Vital signs

# ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>24</b>
<b>1.1. Contexto del helitransporte sanitario .....</b>	<b>24</b>
<b>1.2. Fisiología de la hemodinamia. ....</b>	<b>29</b>
<b>1.3. Importancia de la estabilidad hemodinámica en pacientes críticos durante el traslado .....</b>	<b>32</b>
<b>1.4. Monitorización de la hemodinamia.....</b>	<b>33</b>
<b>1.5. Factores fisiológicos y físicos que afectan la hemodinamia en vuelo.....</b>	<b>36</b>
<b>1.6. Implicaciones clínicas y estrategias de manejo para minimizar riesgos.....</b>	<b>46</b>
<b>2. JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>49</b>
<b>3. OBJETIVOS .....</b>	<b>51</b>
<b>3.1. Objetivo General.....</b>	<b>51</b>
<b>3.2. Objetivos Específicos.....</b>	<b>51</b>
<b>4.METODOLOGÍA .....</b>	<b>52</b>
<b>4.1 Método: Objetivo Específico 1. Revisión sistemática relacionada con los cambios hemodinámicos en pacientes adultos transportados por los Servicios Médicos de Emergencia en Helicóptero (HEMS) .....</b>	<b>52</b>
4.1.1. Diseño.....	52
4.1.2. Estrategia de búsqueda .....	52
4.1.3. Criterios de selección .....	54

4.1.4. Recogida y extracción de datos .....	55
4.1.5. Evaluación de calidad metodológica .....	56
<b>4.2. Método: Objetivo Específico 2. Cambios fisiopatológicos durante el transporte en helicóptero sanitario en en el archipiélago canario y su relación con las condiciones metereológicas. ....</b>	<b>58</b>
4.2.1. Diseño.....	58
4.2.2. Participantes .....	58
4.2.3. Variables.....	58
4.2.4. Análisis de datos.....	59
4.2.5. Aspectos éticos .....	60
<b>4.3. Método: Objetivo Específico 3. Analizar la relevancia del helicóptero de emergencias médicas (HEMS) en la atención prehospitalaria en el traslado de pacientes en áreas de difícil acceso o remotas, y su influencia en los resultados clínicos de los pacientes .....</b>	<b>61</b>
4.3.1. Diseño.....	61
4.3.2. Participantes .....	61
4.3.3. Análisis de datos.....	61
4.3.4. Aspectos éticos .....	62

## **5.RESULTADOS ..... 63**

**5.1. Resultados Objetivo Específico 1. Revisión sistemática relacionada con los cambios hemodinámicos en pacientes adultos transportados en helicópteros médicos de emergencia..... 63**

**5.2. Resultados Objetivo Específico 2. Cambios fisiopatológicos durante el transporte en helicóptero sanitario en el archipiélago canario y su relación con las condiciones meteorológicas ..... 72**

**5.3. Resultados Objetivo Específico 3. Analizar la relevancia del helicóptero de emergencias médicas (HEMS) en la atención**

**prehospitalaria en el traslado de pacientes en áreas de difícil acceso o remotas, y su influencia en los resultados clínicos de los pacientes. .... 77**

**6.DISCUSIÓN..... 80**

**6.1. Hallazgos generales..... 80**

**6.2. Limitaciones de investigación ..... 90**

6.2.1. Limitaciones. Revisión sistemática de la literatura ..... 90

6.2.2. Limitaciones. Investigación de trabajo de campo ..... 90

6.3. Futuras líneas de investigación..... 91

6.4. Implicaciones para la práctica ..... 92

**7. CONCLUSIONES..... 93**

**8. BIBLIOGRAFÍA..... 95**

**9. ANEXOS..... 109**

**9.1. Indicios de calidad ..... 109**

## *ÍNDICE DE TABLAS*

Tabla 1. Presión parcial de O <sub>2</sub> Traqueal y Alveolar respirando aire a distintas alturas.....	39
Tabla 2. Relación Hz con afectación del dolor.....	43
Tabla 3. Relación dB tiempo de exposición. ....	45
Tabla 4. PECOT Formato: Palabras clave .....	52
Tabla 5. Terminología utilizada en la estrategia de búsqueda.....	53
Tabla 6. Estrategia de búsqueda llevada a cabo en las diferentes bases de datos	54
Tabla 7. Evaluación de la calidad metodológica y calidad de la evidencia.....	57
Tabla 8. Principales resultados. ....	69
Tabla 9. Características sociodemográficas, clínicas y del transporte.....	73
Tabla 10. Diferencias en las medias y desviaciones estándar de las mediciones hemodinámicas antes, durante y después del vuelo.....	75
Tabla 11. Factores asociados a la frecuencia cardiaca durante el transporte en HEMS .....	75
Tabla 12. Factores asociados a la saturación de oxígeno durante el transporte en HEMS .....	76



## *ÍNDICE DE FIGURAS*

Figura 1. Curva disociación de hemoglobina .....	38
Figura 2. Ley de Boyle-Mariotte. ....	40
Figura 3. Relación altitud – temperatura. ....	44
Figura 4. Identificación de estudios a través de bases de datos (Diagrama de flujo PRISMA). ....	64



## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Contexto del helitransporte sanitario

El helitransporte sanitario constituye una modalidad especializada del transporte aéreo, destinada al traslado rápido y seguro de pacientes en estado crítico o que requieren atención sanitaria urgente. Utiliza aeronaves, principalmente helicópteros, equipadas con tecnología médica avanzada y personal entrenado, permitiendo intervenir en situaciones donde el tiempo de respuesta es determinante para la supervivencia del paciente (1).

El transporte aéreo de pacientes críticos mediante Servicios Médicos de Emergencia en Helicóptero (HEMS) es más eficiente que otros medios de transporte en cuanto a la resolución de situaciones de urgencia y emergencia, ya que permite el acceso a localizaciones geográficas complejas y además proporciona un traslado seguro en condiciones meteorológicas adversas en un tiempo mínimo (2).

En comparación con otros transportes sanitarios, incluso reduce la morbimortalidad durante el transporte, especialmente en patologías dependientes del tiempo y el Centro de Coordinación de Atención de Urgencias y Emergencias para garantizar la disponibilidad de recursos humanos y tecnológicos para la atención del paciente (3).

HEMS, vuelo con reglas, el perfil de despegue de categoría A es el tipo de despegue que los helicópteros médicos deben cumplir con la normativa JARPOPS3, que rige las normas de vuelo sanitario. Se trata de una salida vertical con una ligera desviación hacia atrás respecto a la verticalidad al despegar. En otros continentes, los modelos habituales son el EC-145, el EC-135, el Leonardo 109 y el Leonardo 139, debido a su maniobrabilidad (4).

El Servicio de Emergencias Médicas (HEMS) proporciona primeros auxilios, es decir, atención de emergencia in situ, en la mayoría de los casos a nivel mundial (81,1%). Las emergencias más comunes son traumatismos y afecciones cardiovasculares. Solo el 18,9% son traslados interhospitalarios. Entre los usuarios habituales de este servicio se incluyen pacientes con afecciones cardiovasculares, respiratorias y traumatológicas (5).

La necesidad de traslados interhospitalarios de pacientes de cuidados intensivos ha aumentado gradualmente en los últimos años. Cuando los recursos terapéuticos locales para tratamientos complejos son limitados o cuando se indica atención especializada, se recomienda el traslado interhospitalario para facilitar el tratamiento más adecuado. Para obtener resultados óptimos, los traslados deben realizarse lo antes posible en el curso de la enfermedad o lesión, cumpliendo con altos estándares de atención (6).

Al brindar atención médica durante el transporte, ya sea antes, durante o después del vuelo, es necesario tener en cuenta dos factores: por un lado, la

desestabilización hemodinámica derivada de la propia patología del paciente y, por otro, la derivada del propio transporte aéreo, que incluye factores climatológicos, variaciones de temperatura, cambios en la presión atmosférica, niveles de ruido, vibraciones y aceleración (7).

Estos factores se describen como impulsos físicamente estresantes, lo que hace que el cuidado de la fisiopatología del transporte aéreo sea impredecible. Para garantizar condiciones estables que eviten la desestabilización hemodinámica de los pacientes, se requiere una variedad de procedimientos de atención de enfermería, lo que a su vez implica un alto grado de especialización (8).

Los pacientes transportados en helicóptero pueden sufrir cambios hemodinámicos como consecuencia del propio transporte en helicóptero, ya que los expone a situaciones físicas que pueden predisponerlos a alteraciones fisiológicas, lo que representa estadísticamente el 13% de la morbilidad. Las funciones fisiológicas que pueden verse alteradas son: frecuencia cardíaca, presión arterial, saturación de oxígeno y estado emocional. Esto da lugar a una relación directa entre los cambios hemodinámicos que experimenta el paciente y la fisiopatología de su transporte (9).

Algunos estudios demuestran las ventajas del transporte médico en helicóptero en comparación con otros tipos de transporte, a pesar de que pueden producirse cambios hemodinámicos durante el mismo que requieran actuar en

consecuencia. Sin embargo, no se han encontrado muchos estudios que describan los cambios hemodinámicos en el transporte en helicóptero (10).

El objetivo principal del transporte en helicóptero es el traslado rápido de un paciente a un hospital que disponga de los recursos necesarios para optimizar la atención; en este sentido, es vital asegurar una comunicación fluida entre la entidad receptora, el HEMS (11).

Esta forma de traslado se emplea habitualmente en escenarios de emergencias médicas, accidentes de tráfico, catástrofes naturales, y en áreas rurales o de difícil acceso, donde el transporte terrestre no es una opción eficiente o segura. Además, se utiliza para el traslado interhospitalario de pacientes que requieren cuidados intensivos o servicios especializados no disponibles en el centro de origen (12).

El entorno aéreo impone desafíos particulares tanto para el personal sanitario como para los pacientes. Factores como la altitud, las variaciones de presión, el ruido, las vibraciones, las aceleraciones y la limitación de espacio pueden influir significativamente en la fisiología del paciente, especialmente en aquellos con condiciones hemodinámicamente inestables. Por tanto, el conocimiento de estos aspectos es esencial para garantizar un traslado eficaz y seguro (13).

El uso de helicópteros sanitarios ha demostrado mejorar el pronóstico en pacientes con politraumatismos, infartos agudos de miocardio, accidentes cerebrovasculares, emergencias obstétricas y otras situaciones en las que el factor

tiempo es determinante para la supervivencia y la calidad de vida posterior del paciente. Además, el helitransporte facilita el acceso a centros de referencia desde zonas rurales, áreas remotas o regiones con dificultades geográficas que limitan el acceso rápido por vía terrestre (14).

El medio aéreo presenta una serie de desafíos únicos que diferencian esta modalidad del transporte terrestre convencional. Entre los factores más relevantes se encuentran la reducción de la presión atmosférica con el aumento de altitud, las variaciones térmicas, la vibración constante, el ruido elevado, las limitaciones de espacio para maniobrar y operar equipos médicos, y las aceleraciones o desaceleraciones propias del vuelo. Estos elementos pueden influir directa o indirectamente en la fisiología del paciente, lo que cobra especial importancia en individuos hemodinámicamente inestables, con enfermedades cardiovasculares, respiratorias o con lesiones traumáticas graves (14).

El entorno cerrado y controlado del helicóptero obliga al personal sanitario a mantener una vigilancia continua del estado del paciente, así como a realizar intervenciones precisas y eficaces en condiciones subóptimas. Por ello, el conocimiento profundo de los efectos fisiológicos del vuelo, junto con una preparación técnica y clínica adecuada, es esencial para mitigar los riesgos asociados al transporte aéreo sanitario (13).

En este contexto, resulta crucial analizar y comprender cómo el helitransporte afecta la estabilidad hemodinámica de los pacientes, ya que

cualquier alteración en parámetros como la presión arterial, la frecuencia cardíaca, el gasto cardíaco o la perfusión tisular puede tener consecuencias graves durante el traslado. Esta comprensión permite optimizar el cuidado prehospitalario avanzado y diseñar estrategias efectivas para garantizar un traslado seguro, eficiente y con los menores riesgos posibles (14).

## 1.2. Fisiología de la hemodinamia

Cuando hablamos de trastornos hemodinámicos, nos referimos a los problemas que afectan al corazón en cuanto bomba encargada de hacer llegar con normalidad el oxígeno a los tejidos orgánicos, y a las alteraciones del flujo de sangre hacia y desde los tejidos (15).

La eficacia del corazón como mecanismo de bombeo de la sangre determina lo que conocemos como Gasto Cardíaco (GC). Gasto Cardíaco es la cantidad de sangre que el corazón bombea en un minuto. Se mide en litros por minuto (L/min), y viene determinado por dos factores fundamentales: el volumen de sangre que el corazón bombea cada latido, y la frecuencia con que late. Conocidos estos dos factores, sabremos también el resultado final. Expresado de forma matemática sencilla, se puede decir que:

$$\text{Gasto Cardíaco} = \text{Volumen Sistólico} \times \text{Frecuencia Cardíaca}$$

De esta forma, cualquier variación en el volumen del latido o en la frecuencia cardiaca puede determinar un cambio en el GC (15).

El volumen sistólico, por una parte, depende en gran medida del volumen de sangre que le llegue al corazón en la diástole, y de su capacidad de expulsión de ese volumen en la sístole. Si no llega suficiente sangre, el ventrículo no se llena, y por tanto no expulsa la que se necesita. Si, por el contrario, llega demasiado volumen, el corazón se verá incapaz de expulsar todo lo que le llega y la sangre se acumulará en el circuito pulmonar. Por su parte, la capacidad de eyección de la bomba cardiaca dependerá del estado del músculo cardiaco, e indirectamente también del volumen de llenado del ventrículo: recordemos la Ley de Frank-Starling por la que, dentro de ciertos límites, la fuerza del latido depende de cuánto se distiendan las fibras musculares. Así, si las fibras se distienden lo suficiente, el latido será fuerte y sano; si, por el contrario, no llegan a distenderse bien o se distienden demasiado, el latido será insuficiente. Y, además, si no hay suficientes fibras cardiacas eficaces, o las que hay no funcionan como es debido, el corazón tampoco podrá latir con vigor (16).

El problema se plantea cuando la frecuencia cardiaca sobrepasa los límites fisiológicos del organismo, o la capacidad de latido del corazón. Una frecuencia muy alta impide que el ventrículo se llene con suficiente volumen (porque no da tiempo a que le entre la sangre) y por lo tanto disminuirá el volumen sistólico y en consecuencia el gasto. Una frecuencia de latido muy baja, por su parte, también

disminuirá el gasto cardiaco, aunque permita un llenado ventricular correcto, simplemente porque no llega a cubrir las necesidades de los tejidos (17).

Pero el gasto cardiaco no sólo depende de los dos factores mencionados, volumen sistólico y frecuencia de latido. Hay otras dos importantes variables relacionadas con la mecánica de fluidos, al fin y al cabo, estamos hablando básicamente de un líquido moviéndose por una red de conducciones, que son: la presión en el interior de los vasos, y en concreto la diferencia de presión entre dos puntos del recorrido de la sangre por ellos; y la resistencia que ejercen los vasos al paso de la sangre (18).

El gradiente de presión viene determinado por la presión que existe al principio y al final del recorrido, es decir: la presión arterial (presión del fluido al comienzo del circuito) y la presión venosa central (presión del fluido al final del circuito). Si no hay diferencias de presión, un líquido no se mueve (19).

Conviene dejar claro, sin embargo, que la simple diferencia de presión entre dos puntos de un vaso no garantiza el flujo de sangre. Hasta ahora se ha ido reduciendo a modelos sencillos el comportamiento de un organismo realmente complicado. Siempre cabe la posibilidad, por ejemplo, de que una obstrucción entre los dos puntos de medición impida el movimiento, manteniendo una diferencia de presiones. Por lo tanto, presión arterial es presión arterial, que no es lo mismo que flujo. Conviene recordarlo porque lo que verdaderamente nos

interesa en un paciente es que haya flujo suficiente de sangre oxigenada en los tejidos, y no sólo una adecuada diferencia de presiones (20).

Por su parte, la resistencia que ejercen los vasos se deriva de factores como su distensibilidad (capacidad de aumentar su diámetro si aumenta el volumen circulante), su elasticidad (capacidad de recuperar su diámetro normal después de aumentar el volumen de su interior), o su grado de constricción o de dilatación. Si la distensibilidad aumenta, la resistencia disminuye; si la elasticidad disminuye, la resistencia aumenta; si los vasos se dilatan, la resistencia disminuye (20).

### **1.3. Importancia de la estabilidad hemodinámica en pacientes críticos durante el traslado**

La estabilidad hemodinámica es un componente esencial en la atención de pacientes críticos, ya que garantiza el mantenimiento de una perfusión tisular adecuada y, por tanto, el suministro de oxígeno y nutrientes necesarios para el funcionamiento de los órganos vitales. En situaciones de enfermedad grave, como sepsis, shock, trauma o falla multiorgánica, los mecanismos de regulación cardiovascular pueden verse comprometidos, lo que pone en riesgo la vida del paciente (21).

El traslado de un paciente crítico ya sea dentro del intrahospitalario o extrahospitalario, representa una situación de alto riesgo que requiere una

planificación cuidadosa. Durante este proceso, la estabilidad hemodinámica del paciente es un factor determinante para su seguridad y supervivencia (22).

Los pacientes en estado crítico dependen del soporte vital, medicación intravenosa continua y monitorización intensiva. Cualquier cambio en su estado hemodinámico puede desencadenar una descompensación rápida y potencialmente mortal. Durante el traslado, las condiciones pueden cambiar: disminuye la capacidad de intervención inmediata, puede haber fallos técnicos, y el acceso a recursos es limitado. Resulta de gran relevancia garantizar la estabilidad hemodinámica antes y durante el traslado es esencial (23).

La función principal del sistema hemodinámico es asegurar un aporte adecuado de oxígeno y nutrientes a los órganos vitales. Cuando este equilibrio se altera por shock, sepsis, insuficiencia cardíaca u otras causas, la perfusión tisular se compromete, y los órganos comienzan a fallar.

Estudios clínicos han demostrado que una intervención hemodinámica oportuna, como la optimización del gasto cardíaco, la presión arterial media y el volumen circulante, reduce significativamente la mortalidad, especialmente en los primeros momentos de descompensación aguda (24).

#### 1.4. Monitorización de la hemodinamia

Entre los métodos de control y medición habitualmente disponibles en los monitores de transporte, los más útiles en la valoración hemodinámica van a ser: electrocardiografía, presión arterial, diuresis horaria y pulsioximetría. También, ocasionalmente, el control de temperatura. Tiene enorme importancia los controles hemodinámicos, utilizados correctamente (25).

El electrocardiograma nos informa fundamentalmente de la frecuencia y el ritmo cardiacos, y de sus cambios durante el traslado. Interesa advertir que, durante el arranque, el despegue, los primeros minutos de vuelo, y la toma de tierra pueden producirse variaciones de la frecuencia que pueden considerarse normales, sobre todo en pacientes despiertos o en vuelos en condiciones meteorológicas adversas. Pero alteraciones de la frecuencia por encima o por debajo de los límites considerados normales para ese paciente (hay que tener constancia de cómo estaba *antes* de comenzar el transporte), y todas las alteraciones del ritmo, a excepción de alguna contracción prematura aislada, deben ser objeto de vigilancia especial y del tratamiento oportuno (26).

La medición de la presión arterial, generalmente no invasiva, tiene un valor que no es necesario recordar. Nos interesa sobre todo conocer sus variaciones significativas, por lo que la medición aislada nos sirve de poco. Hay que hacer mediciones seriadas, con la frecuencia que el estado del paciente aconseje (mayor frecuencia cuanto mayor sea la inestabilidad). Además, es importante configurar

el monitor para que no sólo nos muestre las presiones sistólica y diastólica, sino también la presión arterial media que, como antes hemos visto, tiene una influencia decisiva en el gasto cardiaco (27).

La pulsioximetría no va a dar una buena orientación sobre el estado de oxigenación de los tejidos periféricos del paciente. Conviene recordar que tiene sus limitaciones, y que también pueden producirse determinadas variaciones durante el vuelo. Pero, si se puede configurar el monitor de forma que nos ofrezca la onda de pletismografía, que ofrecerá bastantes más datos que la simple medición de la saturación. Por el trazado de la onda podremos saber la fuerza o debilidad del latido, si los latidos eléctricos son eficaces y si su eficacia es regular o no. Y de ello podemos deducir otros datos (18).

Un último parámetro, muchas veces olvidado, pero que refleja casi siempre con fidelidad el estado hemodinámico global de un paciente, es la diuresis horaria. En ausencia de medicación diurética, si la diuresis se mantiene dentro de los límites normales, la situación hemodinámica es sostenible; si es excesiva o muy escasa, refleja un problema que urge corregir (28).

Como colofón, y a pesar de todo lo anterior, conviene tener presente que monitorizar (medir) no cura; simplemente ofrece datos. Somos nosotros los que, con los datos obtenidos al monitorizar, con la exploración clínica y con la debida interpretación, curamos a los enfermos. Además de los parámetros fisiológicos que podemos medir, conviene conocer también determinados parámetros ambientales

que durante el vuelo pueden influir en la situación hemodinámica del paciente, por razones que ya se han estudiado en otro capítulo. A estos efectos, conviene conocer sobre todo la temperatura exterior, la temperatura ambiente en el interior de la aeronave, y la presión barométrica. Todos ellos son datos de los que dispone habitualmente el comandante del helicóptero y que conviene preguntarle. Solamente recordar, en este ámbito, que una temperatura exterior elevada o muy baja pueden provocar en los pacientes respuestas vasoactivas (vasodilatación o vasoconstricción). Y que las alteraciones importantes de la presión atmosférica no sólo pueden tener efectos sobre los vasos, sino también sobre la saturación de oxígeno en sangre y sobre el volumen de determinados gases disueltos en la sangre (pacientes con problemas de descompresión) (29).

### **1.5. Factores fisiológicos y físicos que afectan la hemodinamia en vuelo**

La fisiopatología dentro del helitransporte, cumplen una relevancia muy importante, ya que la afectación de la hemodinámica de los pacientes es debida, a ellas. Viendo como las leyes de la física, hacen su aparición en el helitransporte (30).

Para Serrano, la troposfera es la capa que se encuentra inmediatamente por encima de la superficie terrestre y su espesor es variable según la latitud. Se caracteriza por (31):

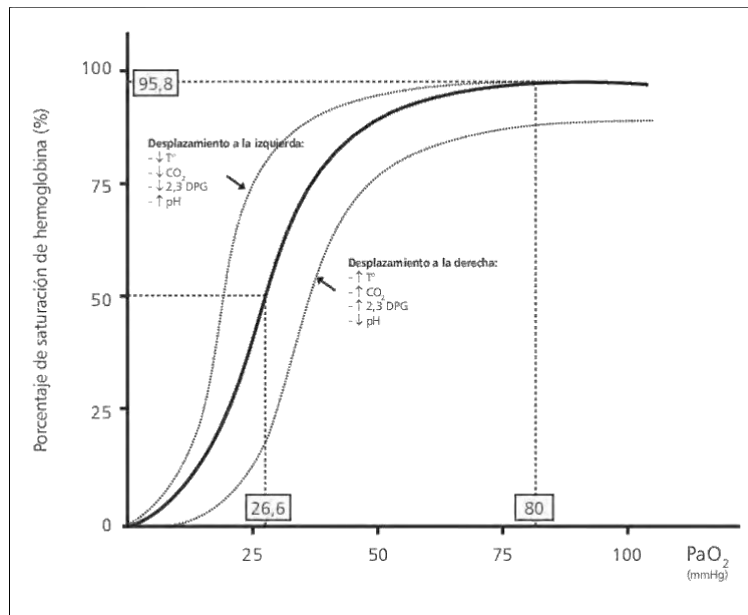
- Una disminución constante de la temperatura según nos elevamos en esta capa ( $-2^{\circ}\text{C}$  cada 1000 pies)
- Humedad variable del aire.
- Aire turbulento en forma de vientos.

La troposfera es la capa más inestable de la atmósfera, en ella se desarrollan los fenómenos meteorológicos más importantes para la navegación aérea, entre ellas:

- Presión barométrica. La presión barométrica es el peso que ejerce una columna de aire con una sección o diámetro de una pulgada cuadrada desde el barómetro hacia el espacio. En la evacuación aérea se pueden producir efectos adversos derivados del propio medio de transporte y, sobre todo, del descenso de la presión atmosférica.

La disminución de la presión atmosférica condiciona el descenso de la presión parcial de oxígeno en aire ambiente y en el alveolo, lo que produce igualmente una caída en la presión del oxígeno transportado en sangre. Los helicópteros no presurizados no sobrevuelan altitudes mayores de 4000-5000 pies (1200-1500 m) sobre el nivel del mar. Esto supone una presión barométrica superior a 632 mmHg, por lo que la  $p\text{AO}_2$  será mayor de 80 mmHg y la saturación de hemoglobina superior al 90% (32). (Fig.1)

Figura1. Curva disociación de hemoglobina



- Leyes de los Gases. Para explicar el comportamiento de los gases en el organismo humano, hay que recurrir a la llamada leyes de los gases.

- Ley de difusión gaseosa: “todo gas difunde un área de mayor presión a un área de menor presión hasta igualar las presiones.” Esta ley se observa con relación a la difusión de gases a nivel pulmonar y celular del organismo, permitiendo el intercambio gaseoso entre la célula y la atmósfera.

- Ley de Dalton o de las presiones parciales. “En una mezcla gaseosa, la presión total equivale a la suma de las presiones parciales de cada uno de los gases que conforman dicha mezcla”. Esta ley explica la hipoxia que tiene lugar al aumentar la altura. Así, la presión atmosférica a nivel del mar es de 760mmHg = 78%N<sub>2</sub> (592,8 mmHg) +21% O<sub>2</sub> (159,9 mmHg) + 1% otros gases (7,6 mmHg). A 10000 pies de altura la presión atmosférica es de 523 mmHg = 78% N<sub>2</sub> (407,9

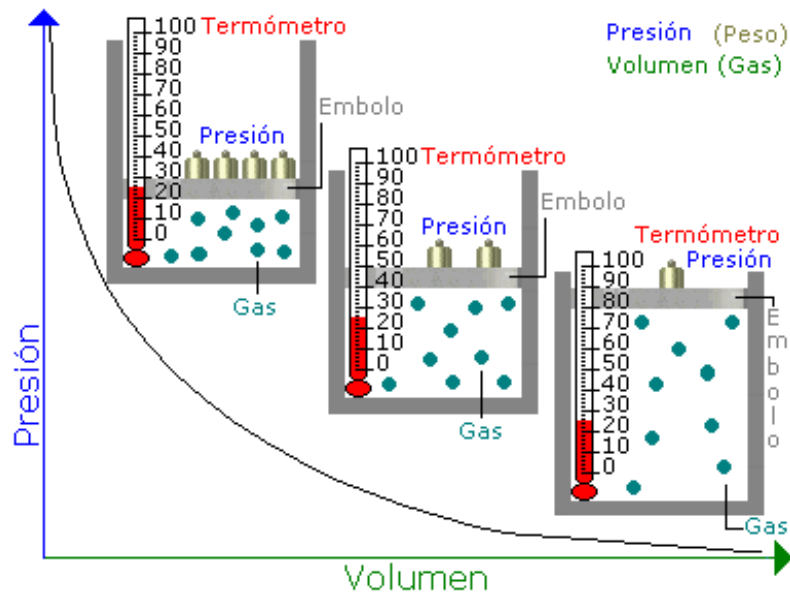
mmHg) + 21% O<sub>2</sub> (109,8 mmHg) + 1% otros gases (5,23 mmHg). Las proporciones se mantienen constantes independientemente de la altura (33) (Tabla 1).

**Tabla 1.** Presión parcial de O<sub>2</sub> Traqueal y Alveolar respirando aire a distintas alturas.

Altitud (m)	P. Barométrica (mmHg)	PO <sub>2</sub> Traqueal (mmHg)	PO <sub>2</sub> Alveolar (mmHg)	pCO <sub>2</sub> Alveolar (mmHg)	pO <sub>2</sub> Arterial (mmHg)
<b>Nivel del mar</b>	760	149	103	40	
<b>5.000 Pies</b>	632	122	79	38	79
<b>10.000 Pies</b>	523	100	61	36	50-60
<b>15.000 Pies</b>	429	80	46	33	
<b>20.000 Pies</b>	349	53	33	30	
<b>22.000 Pies</b>	321	67	30	28	

- Ley de Boyle-Mariotte: “A temperatura constante, el volumen de un gas varía de forma inversamente proporcional a la presión que está sometido”. Los gases que se encuentran atrapados en las cavidades orgánicas, a temperatura constante, van a aumentar de volumen al disminuir la presión barométrica, es decir, el ascenso de la aeronave. Así se explica los barotraumatismos: baropatía intestinal, barotitis, barodontalgia, barosinusitis. Explica que a partir de 8000 pies (2438m), los gases se expanden un 25%. Un litro a nivel del mar pasa a ocupar 1,31 a 6000 pies de altura (34) (Figura 2)

Figura 2. Ley de Boyle-Mariotte.



El balón de neumotaponamiento del tubo endotraqueal altera su volumen al variar la presión.

- Ley de Charles: “A volumen constante, la presión de un gas es directamente proporcional a la temperatura de este.” Un cilindro de oxígeno (volumen constante), al ser enfriado de forma importante hará que la presión de oxígeno en su interior disminuya y viceversa.

- Ley de Gay-Lussac: “El volumen de un gas es directamente proporcional a la temperatura”. Al aumentar la temperatura aumenta el volumen de oxígeno de las botellas de oxígeno, por tanto, hay que tener precaución con las altas temperaturas que se puedan obtener en la cabina del helicóptero (31).

El transporte sanitario aéreo también produce una serie de alteraciones que afectan generalmente al estado del paciente. Dichas alteraciones están relacionadas con la altitud, aceleraciones y desaceleraciones, vibraciones y a todo esto se le añade la propia intranquilidad del paciente ante la inminencia de un tipo de transporte que posiblemente sea la primera vez que utiliza (31).

### *1.5.1. Aceleraciones y desaceleraciones*

Se aplican directamente las leyes de Newton:

1. Primera ley o ley de la inercia. Todo cuerpo en reposo permanecerá en reposo y todo cuerpo en movimiento se desplazará con movimiento uniforme en trayectoria rectilínea y a velocidad constante (35).
2. Segunda ley o principio fundamental de la dinámica: Cuando una fuerza actúa sobre un cuerpo, este sufre una aceleración directamente proporcional a la fuerza e inversamente a la masa de dicho cuerpo en movimiento ( $\text{fuerza} = \text{masa} \times \text{aceleración}$ ).
3. Tercera ley o principio de acción-reacción. Establece que a toda acción se opone una reacción igual y de sentido contrario. Las fuerzas de la inercia son iguales y en sentido contrario (36).

Por ejemplo, en un vuelo de crucero supersónico en un Concorde, de pie en el pasillo, notaríamos la misma aceleración que en el salón de nuestra casa, es

decir, ninguna, ya que la velocidad no produce por si misma aceleración. Para que exista debería haber una modificación de su velocidad y/o dirección.

Los efectos sobre el organismo serían:

Fuerza inercial + (la cabeza a los pies):

- Sensación de aumento de peso corporal, si aumentamos la aceleración, aumentamos el peso.
- Limitación de movilidad.
- Hipoxia por estancamiento. La sangre se acumula en las extremidades inferiores, lo que produce una insuficiencia de presión sanguínea en los capilares cerebrales.
- Taquicardia y taquipnea.
- Confusión mental, convulsiones, pérdida del conocimiento.
- Roturas de capilares por el aumento de presión.
- Visión gris debido a la falta de riego de la arteria central de la retina.
- Fuerza inercial – (de los pies a la cabeza):
- Visión roja debido a que el párpado inferior, sus vasos congestivos, cubren la córnea.

- Pueden producir elevaciones en la presión venosa central (PVC) y la presión arterial (PA).
- Bradicardias, llegando a la parada cardiaca.

### **1.5.2. Vibraciones**

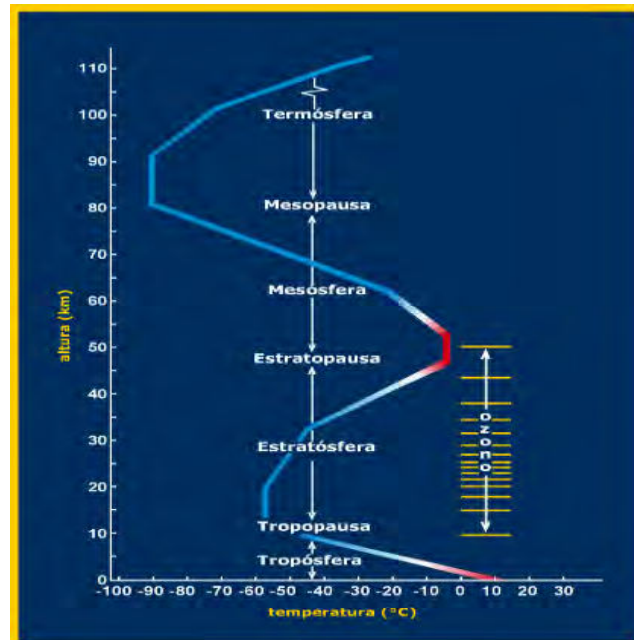
Las vibraciones biológicamente peligrosas se sitúan entre 3 y 20 Hz, por inducir fenómenos de resonancia en los órganos, actuando llega especialmente en los capilares sanguíneos, a los que llega a romper, con el consiguiente riesgo de hemorragia en pacientes con traumas graves y/o shock, produciéndose así la inestabilidad hemodinámicamente (37) (Tabla 2).

**Tabla 2.** Relación Hz con afectación del dolor

Hz	DOLOR
1-3 Hz	Dolor vesical
5-7 Hz	Dolor torácico
6-8 Hz	Dolor mandibular
5-10 Hz	Dolor abdominal
8-12 Hz	Dolor lumbo-sacro
10-16 Hz	Tenesmo rectal

### **1.5.3. Altitud**

Cambios de temperatura: disminución de 2°C cada 1000 pies, puede provocar hipotermia, debemos llevar monitorizada la temperatura. Especial cuidado en pacientes quemados, con cardiopatías, o traumas graves (37) (Figura 3).

**Figura 3.** Relación altitud – temperatura.

La caída de la presión parcial de O<sub>2</sub> según la Ley de Dalton. La hipoxia va a producir en el paciente una respuesta compensadora en forma de incremento del gasto cardíaco, hiperventilación, alcalosis respiratoria, llegando incluso a provocar espasmos tetánicos e inconsciencia. Por lo tanto, empeorarán situaciones de enfermedades obstructivas pulmonares crónicas (EPOC), enfisema, crisis de asma, edema pulmonar agudo, estados anémicos e isquémicos, especialmente de carácter coronario (38).

#### *1.5.4. Alteraciones por la presión atmosférica*

A medida que se asciende se puede producir un aumento de la presión intracraneal, neumotórax, distensión del tubo digestivo, complicaciones en volet costal.

De acuerdo con lo explicado con anterioridad, hay que tener en cuenta cuál es la situación en la que se encuentra el paciente antes de ser trasladado, ya que su estado crítico o de inestabilidad se podría ver agravado en el aire, aun así, el personal, que se encargan de realizar este tipo misiones HEMS, está entrenado para trasladar todo tipo de pacientes, no priorizando en el estado de inestabilidad del paciente (39).

### 1.5.5. Ruidos

El ruido es otro factor a tener en cuenta. Los ruidos en aviones se encuentran entre los 60 a 70 decibelios, alcanzándose en helicópteros hasta los 80 o 90 dB. Este nivel de ruidos en helicópteros impide la auscultación y toma de tensión arterial del paciente y puede obligar a la protección del paciente con auriculares (39) (Tabla 3).

**Tabla 3.** Relación dB tiempo de exposición.

dB	Tiempo máximo permitido
85	8 horas
90	4 horas
95	2 horas
100	1 hora
105	30 minutos
110	15 minutos

## 1.6. Implicaciones clínicas y estrategias de manejo para minimizar riesgos

El helitransporte sanitario constituye una herramienta esencial para el traslado rápido de pacientes críticos, especialmente en contextos donde el acceso terrestre es limitado o el tiempo de respuesta es un factor determinante para la supervivencia. Sin embargo, este tipo de transporte implica consideraciones clínicas complejas y riesgos inherentes que deben ser identificados, evaluados y gestionados adecuadamente para garantizar la seguridad del paciente y del equipo médico (40).

El entorno aeroespacial introduce desafíos fisiológicos únicos para los pacientes. La altitud, la vibración, el ruido, la presión atmosférica reducida y las limitaciones de espacio pueden exacerbar ciertas condiciones médicas, como traumatismos craneoencefálicos, patologías respiratorias, cardiovasculares o quemaduras extensas. Además, la monitorización clínica puede verse limitada por el entorno ruidoso y reducido, lo que dificulta la evaluación continua del paciente (41).

También es crucial considerar la selección adecuada del paciente para el helitransporte. No todos los pacientes son candidatos ideales; aquellos con inestabilidad hemodinámica no controlada o requerimientos técnicos complejos que excedan las capacidades del helicóptero pueden tener un mayor riesgo durante el traslado (42).

Entre las estrategias de manejo para minimizar los riesgos durante el helitransporte es fundamental implementar estrategias clínicas y operativas bien definidas (43):

- **Evaluación Previa al Traslado:** Realizar una evaluación médica exhaustiva antes del vuelo, asegurando la estabilidad del paciente dentro de los límites aceptables. La estabilización pretraslado es crítica para evitar descompensaciones durante el vuelo.
- **Capacitación del Personal:** El personal médico y de vuelo debe contar con formación especializada en medicina aeroespacial, emergencias críticas y protocolos de evacuación aérea, incluyendo simulacros regulares y entrenamiento en escenarios adversos.
- **Comunicación y Coordinación:** Mantener una comunicación constante y efectiva entre el equipo de transporte, el centro emisor y el centro receptor, asegurando la continuidad de la atención y la adecuada preparación del equipo receptor.
- **Equipamiento Específico:** Asegurar que la aeronave esté equipada con tecnología médica adaptada al entorno aéreo, como monitores portátiles, sistemas de ventilación compatibles con vuelo y dispositivos de sujeción seguros para el paciente y los equipos
- **Gestión del Riesgo Operacional:** Evaluar factores meteorológicos, rutas de vuelo, tiempos estimados y disponibilidad de recursos alternativos en caso

de desvío o emergencia. Las decisiones deben estar respaldadas por protocolos de seguridad aeronáutica y criterios médicos bien establecidos.

- Registro y Seguimiento de Incidentes: Llevar un control de eventos adversos durante el helitransporte para analizarlos, implementar mejoras continuas en los protocolos y reducir futuras incidencias.

## 2. JUSTIFICACIÓN

El helitransporte sanitario representa un pilar fundamental en la atención prehospitalaria y en el traslado interhospitalario de pacientes críticos. Su rapidez y capacidad de acceso a zonas remotas o de difícil acceso ha demostrado mejorar los tiempos de respuesta. No obstante, el entorno aeromédico impone condiciones fisiológicas únicas, como cambios en la presión barométrica, disminución de la presión parcial de oxígeno, vibraciones, ruido constante, y aceleraciones, que pueden afectar significativamente la estabilidad hemodinámica de los pacientes.

Estudios previos han documentado variaciones en parámetros fisiológicos durante el vuelo, pero aún existen lagunas importantes en cuanto a la comprensión completa de los cambios hemodinámicos que ocurren durante el helitransporte sanitario. La evaluación y documentación precisa de estos cambios es crucial para optimizar el monitoreo, la toma de decisiones clínicas y la seguridad del paciente durante el traslado.

Esta investigación se justifica por la necesidad de generar evidencia clínica actualizada que permita identificar los factores que predisponen a la inestabilidad hemodinámica en el contexto del transporte aéreo, así como evaluar la eficacia de las intervenciones terapéuticas durante el vuelo. Los resultados podrían contribuir al desarrollo de protocolos específicos para la preparación, monitoreo y manejo de pacientes durante el helitransporte, lo que podría traducirse en una mejora significativa de la calidad asistencial y de los resultados clínicos.

Además, al considerar el creciente uso del helitransporte en muchos sistemas de salud, tanto públicos como privados, este estudio cobra relevancia en términos de salud pública, ya que puede orientar políticas de formación del personal sanitario, equipamiento de aeronaves, y criterios de selección de pacientes para este tipo de traslado.

### 3. OBJETIVOS

#### 3.1. Objetivo General

Evaluar los cambios fisiopatológicos en pacientes adultos en el helitransporte sanitario durante la atención prehospitalaria e interhospitalaria.

#### 3.2. Objetivos Específicos

##### *Objetivo específico 1*

Describir los cambios hemodinámicos en pacientes adultos transportados por los Servicios Médicos de Emergencia en Helicóptero (HEMS)

##### *Objetivo específico 2*

Identificar los cambios hemodinámicos en pacientes helitransportados canarios y cómo son afectados por factores meteorológicos y características del transporte.

##### *Objetivo específico 3*

Evaluar la relevancia del helicóptero de emergencias médicas (HEMS) en la atención prehospitalaria en el traslado de pacientes en áreas de difícil acceso o remotas, y su influencia en los resultados clínicos de los pacientes.

## 4. METODOLOGÍA

### 4.1 Método: Objetivo Específico 1. Revisión sistemática relacionada con los cambios hemodinámicos en pacientes adultos transportados por los Servicios Médicos de Emergencia en Helicóptero (HEMS)

#### 4.1.1. Diseño

Se realizó una revisión bibliográfica sobre los cambios hemodinámicos durante el transporte médico en helicóptero utilizando el formato de revisión sistemática siguiendo los criterios de las guías actualizadas PRISMA 2020 (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) (44). El protocolo implementado ha sido registrado en el *International Prospective Register of Systematic Reviews* (PROSPERO) con código CRD42023470716.

#### 4.1.2. Estrategia de búsqueda

La formulación de la pregunta de investigación se basó en la estructura estandarizada de PECOT (Tabla 4).

**Tabla 4.** PECOT Formato: Palabras clave

<b>P: Population</b>	Pacientes transportados en helicóptero
<b>E: Exposure</b>	Transporte en helicóptero
<b>C: Comparison</b>	Factores de riesgo/protección
<b>O: Outcomes</b>	Cambios hemodinámicos durante el vuelo en helicóptero
<b>T: Time</b>	2013 -2023

Pregunta de investigación: *¿Qué cambios hemodinámicos se producen en pacientes adultos transportados en helicópteros?*

Se utilizaron los siguientes descriptores de Medical Subject Headings (MeSH) para crear la cadena de búsqueda: Helicopter Emergency; Hemodynamics; y Patient Transport. Con el fin de maximizar la búsqueda, se añadieron términos libres a la búsqueda utilizando los operadores booleanos AND y OR (Tabla 5).

**Tabla 5.** Terminología utilizada en la estrategia de búsqueda

MeSH	Palabras clave
<b>Helicopter Emergency</b>	Helicopter Emergency or Air ambulance or emergency care
<b>Haemodynamics</b>	Haemodynamics or monitoring haemodynamics
<b>Transportation of Patients</b>	Transportation of Patients

La Tabla 6, se muestra el proceso de búsqueda realizado en abril de 2023 en diversas bases de datos (Pubmed, Scopus y Web of Science Complete) y las diferentes cadenas de búsqueda, filtrando desde enero de 2013 hasta abril de 2023.

**Tabla 6.** Estrategia de búsqueda llevada a cabo en las diferentes bases de datos

Base de datos	Estrategia de búsqueda	Resultados
Pubmed	((helicopter[Title/Abstract] OR air plane[Title/Abstract] OR "Transportation of Patients"[Title/Abstract]) AND (emergenc*[Title/Abstract] OR critical*[Title/Abstract])) AND (hemodynamic*[Title/Abstract] OR haemodynamic*[Title/Abstract] OR cardiovascular*[Title/Abstract] OR monitoring[Title/Abstract] OR "vital sign*" [Title/Abstract] OR cardiac[Title/Abstract])	287
Scopus	helicopter OR "air plane" OR "transportation of patients" AND emergenc* OR critical* h*emodynamic* OR cardiovascular* OR monitoring OR "vital sign*" OR cardiac	1830
Web Of Science	helicopter OR "air plane" OR "transportation of patients" (Topic) AND emergenc* OR critical* (Topic) AND h*emodynamic* OR cardiovascular* OR monitoring OR "vital sign*" OR cardiac (Topic)	2000
Fecha de búsqueda 20/04/2023		4117

#### 4.1.3. Criterios de selección

Para la selección de los artículos se utilizaron los siguientes criterios de inclusión y exclusión:

*Criterios de inclusión:*

- Artículos publicados en inglés, español, francés y portugués.

- Artículos realizados entre 2013 y 2023.
- Tipología: estudios descriptivos, estudios correlacionales, estudios de cohortes de casos y controles.
- Artículos que evalúan los siguientes indicadores: transporte de pacientes adultos en helicóptero; cambios hemodinámicos durante el vuelo, como la presión arterial, la saturación de oxígeno y la frecuencia cardíaca; Evaluación en vuelo, previa y posterior al vuelo.

*Criterios de exclusión:*

- Artículos de baja calidad metodológica tras la evaluación aplicando el instrumento de evaluación de la calidad.
- Artículos sobre investigaciones con mujeres embarazadas y niños.
- No relacionado con el objetivo.

#### ***4.1.4. Recogida y extracción de datos***

La búsqueda fue realizada de forma independiente por dos revisores utilizando los descriptores acordados y la combinación de operadores booleanos indicados en la estrategia de búsqueda. Posteriormente, los artículos fueron leídos y seleccionados de acuerdo con los criterios de inclusión y aplicando los criterios de exclusión. En caso de desacuerdos durante los procesos de selección de estudios y extracción de datos, un tercer revisor actuó como mediador para llegar a una decisión.

#### *4.1.5. Evaluación de calidad metodológica*

La evaluación de la calidad metodológica mediante una herramienta de evaluación crítica fue realizada de forma independiente por ambos revisores, quienes aplicaron la herramienta del Joanna Briggs Institute (JBI) para estudios en la Universidad de Adelaida (45). El uso de esta herramienta permite evaluar la metodología utilizada en la investigación al identificar la ausencia de sesgos en su diseño, procedimiento, o análisis. En la presente revisión, se utilizó la versión para estudios cuantitativos transversales que constaba de 8 ítems y el punto de corte se estableció por consenso de ambos investigadores en 6/8 para ser considerado elegible para su inclusión en la presente revisión.

En cuanto a la evaluación metodológica de la calidad, se utilizó la escala de Newcastle-Ottawa. Esta escala evalúa tres categorías: Selección (con un máximo de 6 puntos), Comparabilidad (con un máximo de 2 puntos) y Resultado (con un máximo de 5 puntos). Los estudios con 6 puntos o más sugieren una buena calidad. La calidad justa recibe entre 5 y 6 puntos. La mala calidad se indica de cero a dos puntos. Los estudios incluidos se puntuaron de 8 a 9 puntos (Tabla 7).

**Tabla 7.** Evaluación de la calidad metodológica y calidad de la evidencia.

Autor, año	Selección	Comparabilidad	Resultado	Evaluación metodológica de la calidad
Slagt et al., 2022 (46)	****	**	***	2++
Stromy et al., 2022 (34)	****	**	***	2++
Kawai et al., 2022 (38)	****	**	***	2++
Leitch et al., 2021 (48)	****	**	***	2+
Spoelder et al., 2022 (49)	****	**	***	2++
Johannigman et al., 2015 (50)	****	**	**	2+
Broman et al., 2015 (10)	****	**	***	2++
Nozawa et al., 2020 (5)	****	**	***	2++

## **4.2. Método: Objetivo Específico 2. Cambios fisiopatológicos durante el transporte en helicóptero sanitario en el archipiélago canario y su relación con las condiciones meteorológicas.**

### ***4.2.1. Diseño***

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.

### ***4.2.2. Participantes***

Un total de 383 de 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.

### ***4.2.3. Variables***

Se recopilaron las variables de PA sistólica (PAS), diastólica (PAD) y media (PAM), saturación de oxígeno (SatO<sub>2</sub>) 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 velocidades 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.

#### *4.2.4. Análisis de datos*

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 bivariados, 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  $\text{SatO}_2$  se excluyeron los pacientes que recibieron asistencia respiratoria. El análisis de datos se realizó utilizando R Core Team 202110.

#### *4.2.5. Aspectos éticos*

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.

### **4.3. Método: Objetivo Específico 3. Evaluar la relevancia del helicóptero de emergencias médicas (HEMS) en la atención prehospitalaria en el traslado de pacientes en áreas de difícil acceso o remotas, y su influencia en los resultados clínicos de los pacientes**

#### ***4.3.1. Diseño***

El estudio se enmarca en un enfoque cuantitativo, que permite analizar datos estadísticos sobre el impacto del HEMS en la atención prehospitalaria e interhospitalaria.

#### ***4.3.2. Participantes***

Profesionales de la salud prehospitalaria (sanitarios y pilotos) y pacientes atendidos por HEMS.

#### ***4.3.3. Análisis de datos***

El análisis de datos en esta investigación se desarrolló con el objetivo de comprender el impacto y la efectividad del servicio de Helicóptero de Emergencias Médicas (HEMS) dentro del sistema de atención prehospitalaria. Para ello, se empleó un enfoque de análisis cuantitativo.

Los datos cuantitativos recopilados a través de registros operativos se aplicó estadística descriptiva, utilizando frecuencias, porcentajes, promedios y desviaciones estándar, con el fin de caracterizar variables como:

- Tiempo de respuesta del HEMS.

- Tipo de emergencia atendida.
- Estado del paciente al ingreso hospitalario.

#### *4.3.4. Aspectos éticos*

La presente investigación respeta los principios éticos fundamentales establecidos para estudios en el ámbito de la salud y las ciencias sociales, garantizando la integridad científica, la dignidad de los participantes y la confidencialidad de los datos obtenidos.

## 5. RESULTADOS

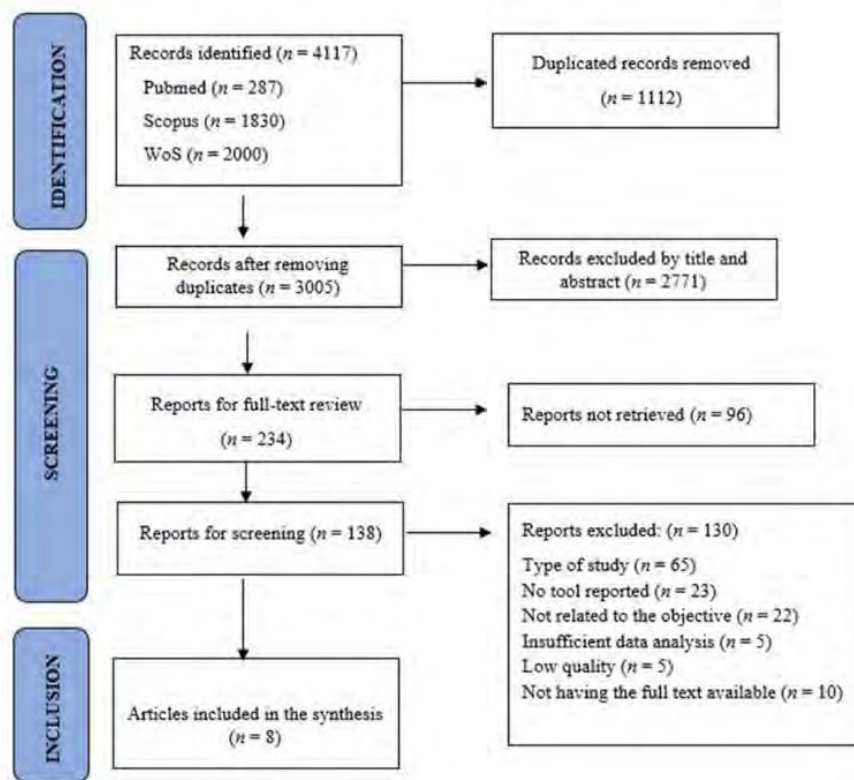
### 5.1. Resultados Objetivo Específico 1. Revisión sistemática relacionada con los cambios hemodinámicos en pacientes adultos transportados en helicópteros médicos de emergencia.

Se identificaron un total de 4117 artículos de las bases de datos mencionadas utilizando las cadenas de búsqueda especificadas en la Tabla 3. Después de eliminar los artículos 1112 duplicados, se identificaron un total de 3005 artículos. Luego, se excluyeron 2771 artículos después de leer el título y el resumen.

Posteriormente, 96 artículos fueron eliminados por diferentes motivos después de leer el texto completo. Estos incluyeron el tipo de estudio ( $n=65$ ), la baja calidad metodológica ( $n=23$ ), no estar relacionados con el objetivo de la revisión ( $n=22$ ), el análisis de datos nulo o escaso ( $n=5$ ), la ausencia de detalles de la herramienta utilizado ( $n=5$ ), y no disponer del texto completo ( $n=10$ ).

En la Figura 4 se detalla el proceso seguido para la identificación, el cribado y la selección de los estudios incluidos en esta revisión.

**Figura 4.** Identificación de estudios sobre los cambios hemodinámicos en el helitransporte sanitario.



Por último, los artículos incluidos para la revisión fueron 8, que reportaron cambios hemodinámicos en pacientes adultos transportados en helicóptero.

### 5.1.1. Principales resultados

Para sintetizar los artículos incluidos en la revisión, se ha elaborado una tabla en la que se presentan las principales características de los estudios, incluyendo información sobre el autor o autores, localización, objetivo principal, tipo de investigación, muestra, herramientas utilizadas, principales resultados y calidad metodológica (Tabla 5).

La procedencia de los diferentes estudios fue variada: los estudios se habían realizado en Estados Unidos (18) (22), Japón (5) (19), Reino Unido (21), Países Bajos (17), Dinamarca (10), e Inglaterra (20), uno en cada país; No hubo estudios multinacionales.

En resumen, todos los artículos informaron sobre cambios hemodinámicos en los signos vitales durante el vuelo, como la presión arterial, la frecuencia cardíaca y la saturación de oxígeno durante las misiones HEMS; en uno de ellos, también se estudió la prevención de posibles alteraciones hemodinámicas e inestabilidad mediante EFAST (*Extended Focused Assessment with Sonography in Trauma*) (18).

Los cambios hemodinámicos durante las misiones HEMS fueron el objetivo principal del estudio y se evaluaron (5) (17) (19).

En relación con el periodo de recolección de muestras, los estudios se realizaron en 2022, (18), 2015 (22), entre 2020-2021 (17) (21), entre 2017-2020 (19), entre 2014-2019 (20) entre 2015-2019 (5) (10).

### **5.1.2. Frecuencia cardíaca**

La frecuencia cardíaca ha sido una de las variables más estudiadas por la mayoría de los investigadores, obteniendo resultados muy similares ya que coinciden en que sí existen cambios. Slagt et al. (46), analizaron las variables que se pueden extraer fuera del hospital para determinar el aumento del gasto cardíaco al despegue y la disminución de la resistencia vascular sistémica. Así, esta

correlación se estableció en base a que se produce una disminución de la frecuencia cardíaca durante el vuelo. Cabe señalar que algunos pacientes requirieron un aumento de la sedación (46). Existe una similitud con Strony et al. (34) donde la frecuencia cardíaca disminuyó durante el vuelo, pero aumentó antes y después del vuelo. Se utilizó EFAST para ayudar en presencia de inestabilidad, además de la monitorización cardíaca (51) (52).

En el estudio de Nozawa et al. (53), se identificaron los mismos cambios, donde la frecuencia cardíaca aumentaba durante el pre-vuelo y post-vuelo y disminuía durante el vuelo. Esto es consistente con el estudio de Spoelder (49), en el que los resultados son similares.

Sin embargo, hay estudios en los que se mantuvo la estabilidad, como el de Kawai et al. (38), en los que la frecuencia cardíaca no cambió significativamente.

### *5.1.3. Presión sanguínea*

En los estudios revisados, se han observado cambios en la presión arterial principalmente durante el vuelo. En el estudio de Nozawa et al. (5), la presión arterial diastólica se mantuvo durante el despegue y el aterrizaje y aumentó durante el vuelo. De manera similar, en el estudio de Slagt et al. (46), la presión arterial diastólica aumentó durante el vuelo, pero la presión arterial sistólica también disminuyó durante el vuelo en este estudio. En la investigación llevada a cabo por Spoelder (49), la presión arterial no fue desagregada, pero se reportó un aumento de la presión arterial durante el vuelo, que no existe en el pre-vuelo y post-vuelo.

Sin embargo, en un estudio observacional retrospectivo realizado por Kawai et al. (38), la presión arterial diastólica aumentó después del vuelo y la presión arterial sistólica disminuyó.

#### *5.1.4. Saturación de oxígeno*

La saturación de oxígeno mostró resultados muy similares en todas las investigaciones, con la excepción de los pacientes con ventilación mecánica. En consecuencia, en el estudio de Slagt et al. (46), no hubo variación significativa en los niveles de StO<sub>2</sub> (saturación de oxígeno). Un factor para considerar es que la altitud de vuelo fue de 800 y 1200 pies, donde la aplicación de las leyes físicas resulta en poca variación en el StO<sub>2</sub>, agregando que los pacientes estaban en ventilación mecánica y, por lo tanto, recibían un suministro adicional de oxígeno (47). En contraste, la investigación de Strony et al. (34) encontró que el StO<sub>2</sub> cambió significativamente, con una disminución durante la fase de vuelo y un aumento durante las fases de pre-vuelo y post-vuelo. Esto contrasta con el estudio de cohorte retrospectivo de Leicht et al. (48), donde los pacientes llegaron con hiperoxia. Sin embargo, esto fue abordado por el personal de traslado y bajo sedación anestésica, ya que el 61% de los pacientes presentaron hiperoxemia grave, el 20,4% hiperoxemia leve y solo el 19,7% normoxia. Estas mediciones fueron precisas, ya que se realizaron mediante la gasometría arterial, mientras que las lecturas de oximetría periférica mostraron un StO<sub>2</sub>  $\geq$  del 97%.

Dos estudios informaron resultados similares, el de Spoelder (49), en el que el StO<sub>2</sub> disminuyó durante el vuelo y aumentó durante el prevuelo y el posvuelo,

y el estudio de Broman et al. (10), en el que el  $StO_2$  aumentó durante el prevuelo y después del vuelo y disminuyó durante el vuelo.

A diferencia del resto de los estudios, el de Kawai et al.(38), fue el único en el que se evaluó un pequeño aumento de la frecuencia respiratoria durante el transporte.

**Tabla 8. Principales resultados.**

Estudios	Contexto	Objetivos	Tipo de estudio	Participantes	Instrumentos	Principales resultados	JBI
Slagt et al., 2022 (46)	Países Bajos Abril 2020- Junio 2021 El tiempo de exposición fue de 7451 min	Explorar el impacto del traslado interhospitalario en helicóptero en los signos vitales de pacientes con COVID-19 grave ventilados mecánicamente, con especial énfasis en el despegue, el vuelo y el aterrizaje.	Estudio descriptivo transversal	98 pacientes con COVID-19 en cuidados intensivos ventilados	Datos sociodemográficos, tubo oral, traqueostoma, modo de ventilación, catéter venoso central, bombas de jeringa y uso de drogas	Durante el despegue no hubo cambios significativos en los signos vitales básicos como FC, CO <sub>2</sub> , StO <sub>2</sub> e IAP. El período de tiempo medio fue el más estable con respecto a los signos vitales; solo se observó una diferencia a lo largo del tiempo para el StO <sub>2</sub> . En el momento del despegue, un aumento del gasto cardíaco (de 6,7 a 8,2 L min <sup>-1</sup> ; Se observó P < 0,0001), que se determinó por una disminución de la resistencia vascular sistémica (de 1071 a 739 dyn·cm <sup>-5</sup> ; P < 0,0001) acompañado de un aumento del volumen sistólico (de 88,8 a 113,7 mL; P < 0,0001).	8/8
Strony et al., 2022 (34)	Febrero 2022 Estados Unidos	Mejorar el control de la presión de los exámenes EFAST* realizados por los equipos de HEMS tras la implementación de un flujo de trabajo novedoso para permitir una formación multifacética y garantizar la calidad continua de la atención.	Estudio descriptivo transversal	175 pacientes con patología cardiovascular y respiratoria	Datos sociodemográficos EFAST POCUS	La aplicación del nuevo método de prueba EFAST permite al equipo de HEMS evaluar el estado pulmonar y cardíaco con una sensibilidad del 53% y una especificidad del 98%. Permite al equipo de HEMS detectar rápidamente alteraciones mínimas que amenacen el estado hemodinámico del paciente. Tanto la frecuencia cardíaca como la saturación de oxígeno disminuyeron significativamente durante el vuelo, mientras que la presión arterial sistólica aumentó.	7/8
Kawai et al., 2022 (38)	marzo de 2017 a junio de 2020 Japón	Comparación de los cambios en los signos vitales durante los servicios médicos de emergencia en tierra y helicóptero y las intervenciones hospitalarias.	Estudio descriptivo transversal	168 pacientes con traumatismos	Datos sociodemográficos, medicamentos (betabloqueantes/terapia antitrombótica), gravedad del traumatismo, métodos de transporte, necesidad de tratamiento hemostático (hemostático/intervención vascular radiológica), mortalidad a los 28 días y mediciones de signos vitales (frecuencia cardíaca, presión arterial sistólica, frecuencia	Se calcularon la presión arterial sistólica, la frecuencia respiratoria y el índice de choque medidos en respuesta a las intervenciones y se dividieron por el tiempo de intervención, y se compararon los cambios observados durante las intervenciones. La presión arterial sistólica aumentó y el índice de choque disminuyó después de la intervención HEMS, mientras que la presión arterial sistólica disminuyó y el índice de choque aumentó durante las intervenciones intrahospitalarias. La frecuencia cardíaca no mostró cambios significativos (P = 0,12) y la frecuencia respiratoria mostró cambios muy leves. La presión arterial sistólica aumentó significativamente durante las intervenciones en los Servicios Médicos de Emergencia Hospitalaria en comparación con los periodos pre y post intervención.	7/8

					respiratoria e índice de shock)		
Leitch et al., 2021 (48)	Inglaterra 2021 octubre de 2014 a mayo de 2019. El tiempo medio desde la PHEA hasta la presentación en el hospital fue de 59 min	Incidencia de hiperoxia en pacientes traumatizados que reciben anestesia prehospitalaria de urgencia: resultados de un análisis retrospectivo de 5 años.	Estudio descriptivo transversal	147 pacientes traumatizados con anestesia prehospitalaria	Datos sociodemográficos, mecanismo de la lesión, regiones corporales lesionadas, Glasgow inicial Puntuación de coma, oxigenación previa y apneica por PHEA*****, ocurrencia de desaturaciones de oxígeno (SpO <sub>2</sub> < 90%) peri o post PHEA, FiO <sub>2</sub> post-intubación, tiempo desde la PHEA hasta la presentación en el hospital y SpO <sub>2</sub>	La hiperoxia se definió como una PaO <sub>2</sub> > 16 kPa en la primera lectura de gases arteriales a la llegada al Centro Médico Trauma. La mayoría de los pacientes (90/147, 61,2%) tenían hiperoxia grave, mientras que 30 pacientes (20,4%) tenían hiperoxia leve y 26 pacientes (19,7%) tenían normoxia. Solo 1 paciente (0,7%) presentó hipoxia. La mediana de PaO <sub>2</sub> en la primera gasometría arterial (ABGA) después de la transferencia de HEMS fue de 36,7 [Rango Intercuantílico 18,5-52,2] kPa, con un rango de 7,0-86,0 kPa. Las lecturas de StO <sub>2</sub> en oximetría de pulso antes de la transferencia se asociaron de forma independiente con la presencia de hiperoxia. Un StO <sub>2</sub> ≥ 97 % se asoció con un aumento significativo de las probabilidades de hiperoxia (OR 3,99 [1,58-10,08]), y tuvo una sensibilidad del 86,7 % [79,1-92,4], una especificidad del 37,9 % [20,7-57,8], un valor predictivo positivo del 84,5 % [70,2-87,9] y un valor predictivo negativo del 42,3 % [27,4-58,7] para la presencia de hiperoxemia.	7/8
Spoelder et al., 2022 (49)	Reino Unido Marzo 2020-Marzo 2021	Descripción de la atención médica en HEMS a un paciente con COVID-19	Estudio descriptivo transversal	117 Pacientes respiratorios con ventilación mecánica	Datos sociodemográficos PICCO	Los pacientes permanecieron en el aire durante 50 min (DE=15). Durante Tref, el promedio de MAP, SpO <sub>2</sub> , HR y PET CO <sub>2</sub> fue de 84 mmHg (IC95% = 82-86), 93,8 % (93,5-94,2), 83 lpm (79-87) y 42 mmHg (40-43), respectivamente. Durante Tref, estos los valores disminuyeron con 1,8 mmHg (1,2-2,5), 0,2 % (0,1-0,3), 1,7 lpm (1,4-2,1) y 1,4 (1,3-1,6) mmHg, respectivamente. Esto también se aplica a las estimaciones puntuales en cuanto a todo el rango de los intervalos de confianza del 95%.	7/8
Johannian et al., 2015 (50)	USA 2015	Descripción de la atención médica en la evacuación aeromédica de un paciente con lesiones traumáticas	Estudio Descriptivo transversal	61 pacientes con lesiones traumáticas	Datos sociodemográficos PICCO	Los pacientes fueron monitoreados antes de EA durante un breve período, lo que arrojó un tiempo total de registro de 10,28 horas. La hemoglobina media (DE) en el momento de la inscripción fue de 13,2 ± 3,5 g/dl (9,4-18,0 g/dl). Se observó hipoxemia (SpO <sub>2</sub> < 90%) en 55 (90%) de 61 sujetos. La duración media de la SpO <sub>2</sub> inferior al 90% fue de 44 minutos. El cambio medio (DE) en la SpO <sub>2</sub> desde el inicio hasta la SpO <sub>2</sub> media en vuelo fue del 4% (1,2%). Treinta y cuatro pacientes (56%) presentaron una SpO <sub>2</sub> inferior al 85% durante 11,7 ± 15 minutos.	7/8

Broman et al., 2015 (54)	Dinamarca 2010-2013	Descripción de la experiencia de los pacientes en ECMO*** transportados en helicóptero o en tierra.	Estudio descriptivo transversal	322 pacientes con enfermedades respiratorias graves, refractarias y insuficiencia circulatoria ECMO	Datos sociodemográficos equipos y ECMO	Los pacientes transportados en helicóptero mostraron cambios hemodinámicos con un aumento de la saturación de oxígeno en el despegue y el aterrizaje y una disminución durante el vuelo, lo que requirió un suministro adicional de oxígeno.	7/8
Nozawa et al., 2020 (53)	Japón Abril 2015 y Marzo 2019	Descripción de la atención médica en HEMS a un paciente con pacientes con accidente cerebrovascular tratados	Estudio descriptivo transversal	119 pacientes tratados con ictus	Datos sociodemográficos y equipamiento	La PA media de los pacientes con ictus aumentó tras el ingreso en la hemodinámica (antes = 156,8 mm Hg y después = 165,0 mm Hg, P < 0,01). Tanto el grupo de infarto como el grupo de sangrado presentaron PA elevada tras el ingreso (grupo de infarto: antes = 151,2 mm Hg y después = 157.8 mm Hg, P = 0,02; grupo de sangrado: antes = 167,5 mm Hg y después = 178,5 mm Hg, P = 0,04).	7/8

\* EFAST: Evaluación Enfocada Extendida con Sonografía en Trauma; ecografía rápida.

\*\* PICCO: Pulse Index Continuous Cardiac Output: un método de monitorización hemodinámica, capaz de medir el gasto cardíaco por termodilución transpulmonar (TDTP) y estimar la precarga por volumen sanguíneo intratorácico.

\*\*\*ECMO: oxigenación por membrana extracorpórea.

\*\*\*\*GEDI: índice global de volumen diastólico final

\*\*\*\*\*PHEA: herramienta para mejorar la calidad de la atención a pacientes intubados, optimizar procesos y desarrollar estrategias de manejo más efectivas.

## **5.2. Resultados Objetivo Específico 2. Cambios fisiopatológicos durante el transporte en helicóptero sanitario en el archipiélago canario y su relación con las condiciones meteorológicas**

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 ( $n=205$ ), con una edad media de 58,4 años (DE 22) (Tabla 10). Entre los diagnósticos más prevalentes, las enfermedades cardiacas 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.

**Tabla 9.** Características sociodemográficas, clínicas y del transporte

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

DE: desviación estándar.

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/m<sup>2</sup> (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. Con relación a las variables relacionadas con los

cambios fisiológicos, los modelos multivariantes (Tablas 10, 11 y 12) mostraron que la FC y la SatO<sub>2</sub> 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 SatO<sub>2</sub>, donde se observó una relación marginalmente significativa con la edad. Además, después de finalizar el vuelo la FC fue más baja que antes del vuelo. La edad y el sexo no fueron estadísticamente significativos en ninguno de los modelos, excepto en el modelo de SatO<sub>2</sub>, donde se observó una relación marginalmente significativa, con la edad. Se obtuvieron registros más bajos de FC y SatO<sub>2</sub> en vuelos secundarios en comparación 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 SatO<sub>2</sub>, se obtuvieron resultados más altos de SatO<sub>2</sub>, 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 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 10.** 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 cardiaca	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.

Los valores en negrita denotan significación estadística ( $p < 0,05$ )**Tabla 11.** Factores asociados a la frecuencia cardiaca durante el transporte en HEMS

	Frecuencia cardiaca			p valor
	Beta	IC 95%		
<b>Periodo [Prevuelo (referencia)]</b>				
Durante el vuelo	-2,64	-3,19	-2,09	<b>0,001</b>
Postvuelo	-0,94	-1,48	-0,39	<b>0,001</b>
<b>Edad</b>	-0,06	-0,15	0,03	0,17
<b>Sexo varón</b>	3,02	-0,87	6,90	0,129
<b>Transporte sanitario secundario</b>	-13,22	-20,80	-5,64	<b>0,001</b>
<b>Velocidad del vuelo (km/h)</b>	-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 ( $p < 0,05$ ).

**Tabla 12.** Factores asociados a la saturación de oxígeno durante el transporte en HEMS

	Saturación de oxígeno			p valor
	Beta	IC 95%		
<b>Periodo [Prevuelo (referencia)]</b>				
Durante el vuelo	-1,22	-1,29	-1,14	0,001
Postvuelo	0,02	-0,05	0,09	0,567
<b>Edad</b>	0,01	-0,00	0,01	0,093
<b>Sexo varón</b>	-0,14	-0,39	0,11	0,29
<b>Transporte sanitario secundario</b>	-0,67	-1,16	-0,18	<b>0,008</b>
<b>Estación del año [Invierno (referencia)]</b>				
Primavera	0,36	-0,01	0,72	<b>0,054</b>
Verano	-0,28	-0,63	0,07	0,124
Otoño	0,09	-0,27	0,44	0,621
<b>Fin de semana</b>	0,42	0,15	0,68	<b>0,002</b>
<b>Precipitaciones (l/m<sup>2</sup>)</b>	-0,07	-0,12	-0,02	<b>0,003</b>
<b>Velocidad del vuelo (km/h)</b>	0,07	0,03	0,11	<b>0,001</b>

HEMS: Helicópteros de los Servicios de Emergencias Médicas; IC 95%: Intervalo de confianza al 95%.

Los valores en negrita denotan significación estadística ( $p < 0,05$ ).

### **5.3. Resultados Objetivo Específico 3. Evaluar la relevancia del helicóptero de emergencias médicas (HEMS) en la atención prehospitalaria en el traslado de pacientes en áreas de difícil acceso o remotas, y su influencia en los resultados clínicos de los pacientes.**

En el mundo, el 81,1% de los casos atendidos por HEMS se refieren a servicios de primera respuesta, que ofrecen atención de emergencia en el lugar de los hechos. Las emergencias más frecuentes incluyen traumatismos y enfermedades cardiovasculares. El 18,9% de intervenciones restante corresponde a traslados interhospitalarios.

La evolución de los HEMS en España ha sido significativa, con servicios que han implementado operatividad nocturna (H24) para la asistencia. El objetivo del servicio de 24 horas es garantizar que las personas que viven en zonas aisladas tengan el mismo acceso a una atención rápida y eficaz que aquellos que residen en ciudades, y resulta fundamental para lograrlo que exista una operatividad continua (24 horas al día, 7 días a la semana). En España, el vuelo nocturno comenzó en las Islas Canarias (4) y Baleares y Ceuta. En la península, los helicópteros medicalizados comenzaron a operar H24 en Castilla-La Mancha. Y, actualmente, se están extendiendo a Cantabria y Cataluña. Además, se dispone de cuatro aviones medicalizados H24 en las comunidades insulares y en Melilla (55). El vuelo nocturno de los HEMS presenta un conjunto de ventajas e inconvenientes. Por un lado, la menor densidad del tráfico aéreo durante la noche facilita la planificación

de rutas y reduce los tiempos de espera (56). Además, las condiciones atmosféricas suelen ser más estables, lo que aumenta la seguridad. Sin embargo, el vuelo nocturno también plantea desafíos. La visibilidad reducida aumenta la dependencia de instrumentos de navegación e iluminación, lo que puede ser complejo en zonas con obstáculos, donde además se complican las tareas de rescate. La fatiga del piloto es otro factor para considerar, ya que los vuelos nocturnos alteran los ritmos circadianos y pueden afectar su rendimiento, con lo cual se requiere entrenamiento adicional y una gestión de riesgos adecuada

La efectividad de los HEMS ha sido demostrada en diversas situaciones que avalan su impacto en la atención de emergencias. Sobre los accidentes de tráfico, el transporte en HEMS se ha asociado con una reducción del 16% en la mortalidad en comparación con el transporte terrestre, especialmente en áreas rurales.

Según Johnsen et al. (57) el helitransporte puede disminuir significativamente los tiempos de llegada a la escena y traslado al centro hospitalario reduciendo el tiempo de respuesta en aproximadamente 15-30 minutos en comparación con los servicios terrestres.

Por otro lado, la atención rápida y especializada en casos de trauma severo, politraumatismos o emergencias médicas críticas, ha demostrado aumentar las tasas de supervivencia en un 20-30%. Además, la intervención temprana en la escena y durante el traslado contribuye a reducir complicaciones y mejorar la recuperación (58).

A pesar de las limitaciones con las que se encuentran los HEMS, se ha demostrado que la capacidad de acceso rápido a zonas aisladas, la atención médica avanzada en la escena y el traslado a centros especializados los convierten en una herramienta vital para salvar vidas y mejorar los resultados en situaciones críticas.

## 6. DISCUSIÓN

### 6.1. Hallazgos generales

En la revisión sistemática, utilizamos el acrónimo PECOT (*Population, Exposure, Comparator, Outcomes, Time*) para abordar los cambios hemodinámicos en pacientes adultos transportados por el Servicio Médico de Urgencias en Helicóptero. Los cambios se evaluaron durante el pre-vuelo (antes de que el helicóptero despegara), durante el vuelo (cuando el helicóptero estaba en vuelo continuo) y post-vuelo (cuando la aeronave aterrizó). Los riesgos médicos potenciales derivados de la exposición a grandes altitudes durante el vuelo y los viajes a altas velocidades a bordo de una aeronave se encuentran entre los factores que contribuyen a los cambios fisiológicos (59) (60).

Muchos estudios epidemiológicos han descrito la atención sanitaria de urgencia extrahospitalaria, principalmente en lo que respecta al transporte terrestre, pero muy pocos se han referido exclusivamente al transporte aéreo sanitario de urgencia. HEMS ofrece muchos beneficios, incluida la capacidad de acceder rápidamente a ubicaciones rurales o remotas, proporcionar múltiples configuraciones avanzadas a bordo e intervenir cuando las unidades terrestres no están disponibles. Otras consideraciones para el uso de HEMS incluyen cambios en la fisiología asociados con el vuelo (61) (62).

Los estudios analizados mostraron, como principal modificación hemodinámica, cambios en la frecuencia cardíaca, la presión arterial y la saturación de oxígeno.

La saturación de oxígeno está predispuesta al cambio, y se deben implementar mecanismos de compensación de oxígeno para evitar el desarrollo de otras patologías durante el transporte en helicóptero. La presión atmosférica disminuye con el aumento de la altitud, con la consiguiente disminución de la presión parcial de oxígeno, causando hipoxia. La hipoxia puede definirse como una deficiencia de oxígeno en los tejidos corporales suficiente para causar un deterioro de la función fisiológica (63) (64). El aspecto más amenazante de la hipoxia es su aparición insidiosa. Se da por sentado que la ley física de Gay Lussac, la Ley de Charles y la Ley de Boyle (que se puede observar cuando una persona infla un globo porque, si se ejerce más presión dentro del globo, su volumen aumenta) se observarán en pacientes que son transportados en helicóptero ya que obviamente estarán volando a una altura sobre el nivel del mar (65) (66).

La investigación realizada por Thomas et al, en la que 30 pacientes fueron transportados en diferentes modos de ventilación mecánica invasiva, 10 de ellos en ventiladores Oxilog®, mostró variaciones en la saturación de oxígeno debido a un fallo en él. El ventilador mostró variaciones en la saturación de oxígeno debido a una falla en el ventilador que no favoreció el volumen minuto, causando hiperventilación en estos pacientes (66). Sin embargo, en el estudio de Strony et

al. (34) de 28 pacientes que fueron intubados y conectados a un ventilador tipo Oxilog® durante el transporte de los pacientes, el 43% de ellos sufrieron alteraciones en la saturación de oxígeno durante el vuelo, recuperando su estado basal una vez llegados a su destino.

Según el estudio realizado por Andrews et al, los pacientes que fueron transportados sufrieron alteraciones hemodinámicas antes, durante y después del transporte en una proporción del 80% del total, de las cuales el 51% de los pacientes sufrieron estas alteraciones durante el transporte y el 66% de los pacientes las sufrieron antes del transporte (67). Esto lleva a la conclusión de que, para que los cambios hemodinámicos en los pacientes no se agraven aún más durante el transporte, se debe iniciar con la mayor estabilización posible y bajo un control hemodinámico adecuado.

Según el estudio realizado por Andrews et al. (67) los pacientes que fueron transportados sufrieron alteraciones hemodinámicas antes, durante y después del transporte en una proporción del 80% del total, de las cuales el 51% de los pacientes sufrieron estas alteraciones durante el transporte y el 66% de los pacientes las sufrieron antes del transporte. Esto lleva a la conclusión de que, para que los cambios hemodinámicos en los pacientes no se agraven aún más durante el transporte, se debe iniciar con la mayor estabilización posible y bajo un control hemodinámico adecuado.

La presión arterial juega un papel importante en el transporte en helicóptero ya que, según la evidencia, se observan cambios mínimos en la presión arterial, principalmente con tendencia a aumentar la presión arterial sistólica durante el vuelo como respuesta al estrés fisiológico y la hipoxia, lo que requiere un seguimiento cuidadoso para prevenir complicaciones (68) (69).

En cuanto a la frecuencia cardíaca, observamos que sufre cambios relevantes con una tendencia descendente durante el vuelo y aumentando antes y después del vuelo sin causar taquicardia, sin embargo en el estudio realizado por Taylor (62) en el cual tuvo una muestra de 50 pacientes de los cuales, 42 presentaron arritmias cardíacas con tendencias a la taquicardia durante el traslado, y 22 de ellos fueron considerados graves, deduciendo que el mero hecho de trasladar a los pacientes ya producía interacción en los cambios en la frecuencia cardíaca.

Hay estudios que, aunque no involucran helicópteros de emergencia, son relevantes para nuestro estudio. Demostraron que se observaron cambios hemodinámicos y fisiológicos en pacientes con diferentes patologías que fueron trasladados intrahospitalarios. El 66% de los pacientes trasladados de la UCI para las pruebas

experimentaron cambios fisiológicos antes, durante y después del traslado, pero estos cambios no se debieron a la fisiopatología del transporte, sino a la gravedad de la enfermedad del paciente (69).

La dinámica del vehículo en el paciente transportado influye en su estado de salud. Específicamente, las aceleraciones lineales pueden aumentar la presión arterial y podrían causar cambios rápidos en la frecuencia cardíaca y la presión arterial (70). Por lo tanto, en este estudio se señala la importancia de monitorear y manejar los cambios hemodinámicos durante el transporte de HEMS. Es probable que los equipos de HEMS no solo proporcionen habilidades clínicas avanzadas, sino que también apoyen la toma de decisiones clínicas en términos de condiciones de triaje y transporte. En este sentido, para mantener el control hemodinámico, se sabe que la identificación inmediata de pérdidas de sangre, neumotórax y enfermedades cardiovasculares mediante exámenes ecográficos es efectiva para pacientes con trauma y enfermedades cardiovasculares en entornos prehospitalarios (71) (72). De hecho, los estándares de seguimiento extrahospitalario no deben interrumpirse en ningún momento, para que los pacientes puedan ser transportados de manera segura (73). Además, la monitorización invasiva de la presión arterial y el análisis de gases arteriales de alta fidelidad adquieren relevancia en el entorno prehospitalario de HEMS para garantizar un transporte seguro (74).

El estudio de investigación 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 SatO<sub>2</sub> y la PA en las diferentes fases del transporte (52) (75) (76) (77).

La reducción en la SatO<sub>2</sub> 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 SatO<sub>2</sub> 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 (77) (75).

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, durante el ascenso a altitudes elevadas se produce un aumento transitorio de la actividad simpática, lo que provoca un incremento de la FC y el gasto cardiaco (hasta un 30%), así como mejora en el tono venoso. Esta respuesta fisiológica tiene como objetivo aumentar el flujo sanguíneo y favorecer

la oxigenación (78) (79). 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 despegue (46). Contrariamente a lo previsto, la FC mostró una disminución cuando se esperaría un aumento como mecanismo compensatorio fisiológico ante la reducción de la  $\text{SatO}_2$  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.

En este sentido, 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  $\text{SatO}_2$ , la PA puede permanecer estable en pacientes sin condiciones preexistentes que afecten a su regulación. 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 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 PA (80). 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  $\text{SatO}_2$  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 hipoxia (81).

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. (82), 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 generalizada. 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 SatO<sub>2</sub> y la PA (83) (84).

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. (85) 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 SatO<sub>2</sub>. 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 SatO<sub>2</sub> 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 SatO<sub>2</sub> 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 (86) (87).

Por otro lado, estos resultados revelan que en los vuelos que se realizan durante el fin de semana se produce un aumento de la SatO<sub>2</sub>. 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 SatO<sub>2</sub> 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 similares (88) (89) (90).

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<sub>2</sub> 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 (91).

## **6.2. Limitaciones de investigación**

### ***6.2.1. Limitaciones. Revisión sistemática de la literatura***

Entre las limitaciones del estudio, se abordó la dificultad en la selección de artículos relacionados con el transporte sanitario en helicóptero y su relación con los cambios hemodinámicos, así como la relación entre el transporte aéreo en función de cada patología y los parámetros meteorológicos y físicos variables fisiológicas implicados, como altitud, vibraciones, temperatura, etc. Además, los estudios seleccionados tuvieron un diseño transversal que evita generalizaciones o conclusiones sobre la prevalencia.

### ***6.2.2. Limitaciones. Investigación de trabajo de campo***

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 resultados (91) . 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 SatO<sub>2</sub> no haya tenido grandes variaciones.

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 de trasladar pacientes críticos por otro medio que no fuera el aéreo. A pesar de que la mayoría de los resultados son conscientes con la literatura existente, aporta datos específicos que reflejan las condiciones particulares del transporte aéreo en Canarias.

### **6.3. Futuras líneas de investigación**

Una vez analizados los resultados y las conclusiones derivadas de las diferentes investigaciones que componen la presente tesis doctoral y ha quedado plasmada con anterioridad se presentan futuras y posibles líneas de investigación:

1. Tomando como referencia los resultados y conclusiones del estudio de investigación y revisión bibliográfica se pone de manifiesto la necesidad de realizar futuras investigaciones sobre los cambios hemodinámicos en helicóptero sanitario incluyendo pacientes bajo drogas vasoactivas.
2. Una línea que tratar para ver las modificaciones hemodinámicas sufridas sería en el Transporte neonatal y pediátrico, debido a sus peculiaridades y hemodinamia diferente al adulto.
3. Sería recomendable en un futuro, realizar más estudios en los diferentes puntos geográficos, sobre los cambios hemodinámicos que sufren los pacientes evacuados en HEMS, dependiendo de la meteorología.

#### **6.4. Implicaciones para la práctica**

La monitorización para el control hemodinámico del paciente es una herramienta relevante en el traslado HEMS.

De esta forma proponemos que cualquier paciente que sea trasladado en helicóptero independientemente de su patología tenga que ir monitorizado para la vigilancia y control hemodinámico. De esta forma además de una calidad asistencial a nuestro paciente, estamos adecuando al paciente para el control ante posibles aspectos.

## 7. CONCLUSIONES

En relación con los objetivos planteados, las principales conclusiones son:

1. En conclusión, la revisión sistemática demuestra que las misiones HEMS generan cambios hemodinámicos significativos, evidenciados en la variación de la frecuencia cardíaca, la presión arterial y la saturación de oxígeno. Estos parámetros fisiológicos permanecen relativamente estables durante el despegue y el aterrizaje, pero disminuyen durante el vuelo, en concordancia con las leyes físicas aplicables. Esto resalta la importancia de monitorear cuidadosamente a los pacientes durante toda la misión para garantizar su estabilidad y seguridad, reafirmando la relevancia de la atención especializada en estos procedimientos.
2. Los pacientes enfermos se benefician del transporte sanitario en helicóptero, especialmente cuando se encuentran en zonas alejadas de un hospital de referencia.
3. Basándose en la literatura revisada, es imprescindible que se realicen más estudios sobre este tema. Solo así se podrá ampliar de manera significativa el conocimiento de los profesionales de la salud y mejorar la atención en las misiones HEMS. La investigación adicional es fundamental para avanzar en la comprensión y garantizar la seguridad y eficacia de estos procedimientos.

4. En la investigación realizada, se concluye, que los hallazgos obtenidos, indican que durante el vuelo se producen cambios significativos en la FC, la SatO<sub>2</sub> y la PAS.
5. Tras evidenciar estos cambios, en la investigación, se subraya la necesidad de una monitorización continua durante el transporte, particularmente en vuelos de larga duración o a mayor altitud.
6. Las alteraciones hemodinámicas, fueron transitorias, restableciéndose los parámetros tras el aterrizaje.
7. Es recomendable que los profesionales que realizan este tipo de servicios tengan conocimiento de meteorología, así como de fisiopatología del transporte aéreo, para una correcta atención y previsión de cambios hemodinámicos.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

1. Serrano A. Manual de Helitransporte Sanitario. Barcelona: Elsevier; 2009.
2. Sinisterra J, Gutiérrez J.M. Gestión de recursos aéreos medicalizados: el helicóptero sanitario. Puesta al día en urgencias, emergencias y catástrofes. 2010; 1: p. 26–32.
3. Asberry C, Copper D. Historia del vuelo vertical y el transporte médico aéreo. Crit Care Nurs Q. 2024; 2(47): p. 95–101.
4. Montenegro SL, Putze GB, González SG, García JM, López FA, Duarte IH. Helitransporte sanitario en las Islas Canarias. Emergencias. 1997; 9(5).
5. Tellería-Díaz, A. Tratamiento agresivo de la hemorragia intracerebral. Rev Neurol. 2008; 46: 65-6.
6. Bustamante Espinoza, LK. Proceso de atención de enfermería integral emergente del paciente politraumatizado en el área de emergencia del hospital Luis Fernando Martínez Amoroso de la ciudad de Cañar.2017
7. Galo Z. La Unidad Médica de Aeroevacuación..Sanidad Militar.2015; 4(71): 222.

8. Lanzarot F, Gómez-Calcerrada P, Sinisterra A. Traslado en helicóptero medicalizado (HEMS) de pacientes portadores de un balón intraaórtico Cuidado. *Cuidados Criticos*. 2015;19: p. 278.
9. Julca Carrillo, LE. Supervivencia en la Selva del Perú Posterior a un Accidente Aéreo para los Tripulantes de la Aviación del Ejército, 2012-2021.2024.
10. Burgueño P, González C, Sarralde A, Gordo, F. Transporte interhospitalario con membrana de oxigenación extracorpórea: cuestiones a resolver. *Medicina Intensiva*. 2019; 43(2): 90-102.
11. Abundis-Villanueva F, Reyes-Reynoso JM, Martínez-Gutiérrez M. Cambios de la saturación de oxígeno en traslado interhospitalarios en pacientes con asistencia mecánica. *Revista Asociación Mexicana Medicina Crítica y Terapia Intensiva*. 2014; 5(18): p. 148-152.
12. Eaton G, Brown S, Raitt J. HEMS: una revisión sistemática. *Trauma*. 2018; 1(20): p. 3-10.
13. Ringburg AN, de Ronde G, Thomas SH. Validez de los criterios de despacho de servicios médicos de emergencia en helicóptero para lesiones traumáticas: una revisión sistemática. *Atención de Emergencias Prehospitalarias*.2019; 1(13): p. 28-26.

14. Carchietti E, Valent F, Cecchi A. Influencia de los factores de estrés en los tripulantes de HEMS en vuelo. *Air Medical J.* 2011; 5(30): p. 270-275.
15. Maier RV. El paciente en choque: Harrison. Principios de Medicina Interna, 16ª ed. McGraw-Hill Interamericana. 2006.
16. Donoso-Fuentes A, Arriagada-Santis D. Otto Frank y Ernest Starling. Más allá de una ley o un mecanismo. Breve reseña histórica. *Revista Colombiana de Cardiología.* 2022; p. 16-22.
17. Ira Fox S. Fisiología Humana. MacGraw- Hill. 2016.
18. Gamboa R. Fisiología y fisiopatología cardiovascular durante la exposición aguda a la altura. *Acta andin.* 1998; p. 35-46.
19. Castillo Moya A, Del Pozo Bascañán P. Interacciones cardiopulmonares: De la fisiología a la clínica. 89(5). *Revista chilena de pediatría.* 2018; 5(89): p. 582-591.
20. Guyton AC, Hall JE. Compendio de fisiología médica : Elsevier. 2012.
21. Catalán-Ibars RM, Martín-Delgado MC, Puigoriol-Juventeny E, Zapater-Casanova E, Lopez-Alabern M, Lopera-Caballero JL, et al. Incidentes relacionados con la seguridad del paciente crítico durante los traslados intrahospitalarios. *Medicina Intensiva.* 2022; 1(46): p. 14-22.

22. Marcillo AAA. Rol de Enfermería en los Servicios de Emergencias. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*. 2023; 6(7): p. 5034-5050.
23. González-Merino P. Incidencia y prevención de eventos adversos en el traslado intrahospitalario del paciente crítico. *Implicación de la enfermería*. 2017.
24. Mayol J, Perna A, Albornoz H. Comité de Hemodinamia. Angioplastia en el infarto agudo de miocardio dentro de las 24 h. *Sociedad uruguaya*; 2012.
25. Torres AHR, Zúñiga EC. Transporte aeromédico de pacientes. *Revista Médicas UIS*. 2008; 2(21): p. 94-102.
26. Cano AG, García MM, González FB. Evidencia de la utilidad de la monitorización hemodinámica en el paciente crítico. *Medicina intensiva*. 2012; 9(36): p. 650-655.
27. Naeije R. Physiological adaptation of the cardiovascular system to high altitude. *Prog Cardiovasc Dis*. 2010;52(6):456–466
28. Portas Á, Romero Domínguez RM. Helitransporte del paciente quemado grave. *Puesta día urgenc. emerg. catastr*. 2009; p. 93-96.
29. Gomes ESA. Accidente cerebrovascular en helitransporte: código ictus. *Manual de helitransporte sanitario*: Elsevier. 2009.

30. Garrote Moreno JL. Fisiopatología general del transporte aéreo. Manual de transporte aéreo medicalizado ala fija y HEMS. Jaén: Formación Alcalá; 2019
31. Kruger AJ, Skogvoll E. Servicios médicos de emergencia escandinavos prehospitalarios: ¿el mismo concepto a través de las fronteras? Resucitación. 2010; 81: p. 427-33.
32. Tal S MS. The impact of helicopter emergency medical service on acute ischemic stroke patients: A systematic review. Am J Emerg Med. 2021; 42: p. 178-187.
33. Florez-Perdomo WA, Garcia-Ballestas E, Ramos-Gomez L. Effect of Helicopter Transportation of Acute schemic Stroke Patients on Mortality and Functional Outcomes: A Systematic Review and Meta-Analysis. Air Med J. 2022; 41: p. 476-483.
34. Strony R, Slimmer K, Slimmer S, Corros P, Davis R, Zhu B. Helicopter Emergency Medical Services Performed Extended Focused Assessment With Sonography: Training, Workflow, and Sustainable Quality. Air Med J.. 2022; 41: p. 209-216.
35. 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: p. 282-288.

36. Peng C SP. Visualized analysis of research on helicopter emergency medical service.. *Medicine (Baltimore)*. 2022; 101.
37. Chuliá VC. Transporte Sanitario. Fisiopatología. Las norias de evacuación. *Manual de Asistencia Sanitaria en las Catástrofes*. Madrid. Ed. ELA.1992.
38. Kawai Y, Yamamoto K, Miyazaki K, Takano K, Asai H, Nakano K. Comparision of changes in vital signs during ground and helicopter emergency medical services and hospital interventions. *Air Med J*. 2022; 41.
39. Alonso Maté O, Sinisterra Aquilino JA, Lázaro Almarza R, Rodríguez Almansa A, Marcos Castro C. Conocimiento del recurso HEMS (helitransporte sanitario) por los trabajadores del Servicio de Salud. *Puesta día urgenc. emerg. disastr.* 2009;p. 15-22.
40. Pérez Salvador P, Campuzano Fernández-Colina JA. *Manual de técnicos de transporte sanitario*. Arán Ediciones. 2009.
41. García-Moya Sánchez R. *Organización del entorno de trabajo en transporte sanitario*. Ediciones Paraninfo. 2018.
42. Armesilla JRC. Manejo de la Vía Aérea en el Paciente Crítico en el Transporte Aéreo Medicalizado-Parte 3. *Revista electrónica Anestesiari*. 2017; 5(9).

43. Morales Yebra A. Particularidades del transporte aéreo sanitario. el rol de enfermería. 2023.
44. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*. 2021; 17: p. 372.
45. Moola S, Munn Z, Tufanaru C. Manual for Evidence Synthesis. Adelaide. JBI Manual for Evidence Synthesis. 2020.
46. Slagt C, Spoelder EJ, Tacken MCT. Helicopter transport of critical care COVID-19 patients in the Netherlands: protection against COVID-19 exposure-a challenge to critical care retrieval personnel in a novel operation. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*. 2021; 1(29): p. 41.
47. Popa TO, Cimpoesu DC, Nedelea, PL. Urgencias prehospitalarias en traumatismos agudos. En *Medicina de Urgencias y Traumatología*. IntechOpen. 2019.
48. Leitch P, Hudson AL, Griggs JE. Air Ambulance Kent Surrey Sussex. Incidence of hyperoxia in trauma patients receiving pre-hospital emergency anaesthesia: results of a 5-year retrospective analysis. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*. 2021; 1(29): p. 134.

49. Spoelder EJ, Lerou J, Bronkhorst E, Slagt C. Time course of physiological variables during inter-hospital helicopter transport of ventilated COVID-19 patients. *Intensive Care Med.* 2022; 6(48): p. 756-758.
50. Johannigman J, Gerlach T, Cox D. Hypoxemia during aeromedical evacuation of the walking wounded. *J Trauma Acute Care Surg.* 2015; 4(79).
51. Partyka C, Coggins A, Bliss J, Burns B, Fiorentino M, Goorkiz P, Miller M. A multicenter evaluation of the accuracy of prehospital eFAST by a physician-staffed helicopter emergency medical service. *Emergency Radiology.* 2022; 29(2): 299-306.
52. Fjaeldstad A, Kirk MH, Knudsen L, Bjerring J, Christensen, EF. El helicóptero de emergencia con personal médico reduce el tiempo de transporte desde la llamada de alarma hasta el centro altamente especializado. *Dan Med J,* 2013; 60(7): A4666.
53. Nozawa M IKHSETSND. Does Transport by a Doctor Helicopter Affect Blood Pressure in Stroke Patients? *Air MeJ.* 2020; 5(39): p. 360-369.
54. Broman LM, Holzgraefe B, Palmér K. The Stockholm experience: interhospital transports on extracorporeal membrane oxygenation.. *Crit Care.* 2015; p. 278.

55. Rodríguez A.P. Servicios de Emergencia Médica Extrahospitalaria en España. Tránsitos, experiencias y recuerdos. *Rev Esp Urg Emerg.* 2023; 2: p. 175-179.
56. Hoffman C. Night flight operations in emergency medical services helicopters. *Air Med J.* 2002; 21: p. 26-31.
57. Johnsen AS. Servicios médicos de emergencia en helicóptero en incidentes graves de aparición repentina. *Patrones de uso.* 2021.
58. Brown J, Sajankila N, Claridge JA. Valoración prehospitalaria del trauma. *Clínicas Quirúrgicas.* 2017; 5(97): p. 961-983.
59. 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(8):875-7.
60. Guénot P, Coudreuse M, Lely L. Helicopter Rescue Missions for Emergency Medical Aid at Sea: a New Assignment for the French Military Medical Service? *Air. Med J.* 2021; 4(40): p. 225-231.
61. Godfrey A, Loyd JW. EMS Helicopter Activation. StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing. 2023.
62. Taylor JD. Monitoring high risk cardiac patients during transportation in hospital. *Lancet.* 2010; 2: p. 1205-1208.

63. Rudman JS, Fritz CL, Thomas SA, McCartin M, Price J, Blumen IJ, Thomas, SH. Investigación de resultados de servicios médicos de emergencia en helicóptero de 1983 a 2022: descripción general de la evidencia y tendencias longitudinales. *Revista Médica del Aire*. 2023;42(6), 429-435.
64. Hennelly D, Deasy C, Jennings P. The Development of Helicopter Emergency Medical Services in the Republic of Ireland. *Air Med J*. 2023; 3(42): p. 150-156.
65. Tintinalli JE. *Tintinalli's Emergency Medicine: a Comprehensive Study Guide*: McGraw-Hill Education. 2020.
66. Thomas SH, Cheema F, Wedel SK. Trauma helicopter emergency medical services transport: annotated review of selected outcomes-related literature. 2002; p. 359-371.
67. Andrews PJ, Piper IR, Dearden NM, Miller JD. Secondary insults during intrahospital transport of head-injured patients. *Lancet*. 1990; p. 327-330.
68. Moreno JIG, Atienza RC. *Manual de Transporte Aéreo Medicalizado, Ala Fija Y HEMS*. Madrid: Formación Alcalá Editorial. 2019.
69. Mendoza EM, Márquez PYG, Rojano RR. Propiedades y ecuaciones de los gases. *TEPEXI Boletín Científico de la Escuela Superior Tepeji del Río*. 2020; 14(7): p. 66-69.

70. Serre T, Naude C, Fournier M. Vehicle Dynamics Endured by Patients during Emergency Evacuation—Ambulance versus Helicopter. *Safety*. 2022; 1(8): p. 4.
71. Gavrilovski M, Griggs JE, Ter Avest E, Lyon RM. Ambulance Kent Surrey Sussex A. The contribution of helicopter emergency medical services in the pre-hospital care of penetrating torso injuries in a semi-rural setting. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*. 2021; 1(29): p. 112.
72. Wake K, Noguchi T, Hishinuma H. Characteristics of patients who received helicopter emergency medical services in Japan from 2012 to 2019: a retrospective analysis of data from Tochigi Prefecture. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*. 2022; 30(25).
73. Ehlers UE, Seiler O. Hemodynamics during an ambulance flight. *Air Med J*. 2012; 6(31): p. 289–293.
74. Butterfield ED, Price J, Bonsano M. Prehospital invasive arterial blood pressure monitoring in critically ill patients attended by a UK helicopter emergency medical service- a retrospective observational review of practice. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*. 2024; 1(32).

75. Mallet RT, Burtscher J, Richalet JP, Millet G, Burtscher M. Impact of high altitude on cardiovascular health: current perspectives. *VascHealth Risk Manag.* 2021; 17: p. 317-335.
76. Richalet JP, Lhuissier FJ. Aging, tolerance to high altitude, and cardiorespiratory response to hypoxia. *High Alt Med Biol.* 2015; 16(2): 123-130.
77. Sinclair Avila JG. *Physiology of High-Altitude Illness.* High Altitude Medicine. 2023; p. 35-44.
78. Luks AM, Hackett PH. Medical Conditions and High-Altitude Travel. *N Engl J Med.* 2022; 27: p. 364-373.
79. Falla M, HK, Falk M, Weiss EM, Vögele A, Jan van Veelen M. Simulated Acute Hypobaric Hypoxia Effects on Cognition in Helicopter Emergency Medical Service Personnel. *Human factor.* 2024; 66: p. 404-423.
80. Richalet JP, Lhuissier FJ. Aging, tolerance to high altitude, and cardiorespiratory response to hypoxia. *High Alt Med Biol.* 2015; 16.
81. 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: p. 922-927.

82. Beninati W, Grissom TE. Critical Care Air Transport: Patient Flight Physiology and Organizational Considerations. Springer. 2019; p. 127-144.
83. Avellanas ML, Ricart A, Botella J, Mengelle F, Soteras I, Veres T. Management of severe accidental hypothermia. *Medicina Intensiva*. 2012; 36: p. 200-212.
84. Lundgren P. 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: p. 1-7.
85. Silbergleit R, Dedrick DK, Pape J, Burney RE. *Ann Emerg Med*. 1991; 20: p. 875-877.
86. Ambrosio LA. Activación y gestión de recursos aéreos helicópteros sanitarios. *Guía Asistencial Urgencias y Emergencias Extrahospitalarias*. Castilla La Mancha. 2014.
87. Elo H. Physiological Adaptions to Acute Hypoxia. *Exercise Physiology*. TechOpen. 2024.
88. Black J. Appropriate use of helicopters to transport trauma patients from incident scene to hospital in the United Kingdom: an algorithm. *Emerg Med J*. 2004; 21: p. 335-361.

89. Thornton R. Environmental factors in helicopter operations. *Army Med Corps*. 1984; 130: p. 157-161.
90. 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: p. 539-542.
91. Armas J. Efectos de la calima sobre la salud cardiológica y respiratoria en la población: una revisión narrativa. Universidad de la Laguna. 2022.

## 9. Anexos. Artículos

Algunos de los trabajos científicos que forman parte del apartado “9. Anexos”, debido a restricciones relativas a derechos de autor, han sido retirado de la tesis. En sustitución de los artículos ofrecemos la siguiente información: referencia bibliográfica, enlace a la revista y resumen si lo tuviera.

- Artero García, A., Estarlich, M., Fernández Carrasco, F. J., Rodríguez Díaz, L., Vázquez Lara, J. M., Gómez Salgado, J., & Casal-Angulo, C. (2025). Pathophysiological changes during medical helicopter transport in the Canary Islands and their relationship with meteorological conditions. *Emergencias*. <https://doi.org/10.55633/s3me/005.2025>

Enlace al texto completo: <https://doi.org/10.55633/s3me/005.2025>

### RESUMEN:

**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.

- Artero-García, A., Gómez-Salgado, J., & Rodríguez Díaz, L. (2024). Helicopter emergency medical services: a pillar of prehospital care. *Emergencias*. <https://doi.org/10.55633/s3me/109.2024>

Enlace al texto completo: <https://doi.org/10.55633/s3me/109.2024>

## 9. ANEXOS

### 9.1. Indicios de calidad

#### *Artículo 1*

### **Haemodynamic Changes in Adult Patients Transported in Emergency Medical Helicopters. A Systematic Review**

Artero-García A, Gómez-Salgado J, Fernández-Carrasco FJ, Vázquez-Lara JM, García-Iglesias JJ, Mérida-Yáñez B, Muñoz-Vela FJ, Rodríguez-Díaz L. Haemodynamic Changes in Adult Patients Transported in Emergency Medical Helicopters. A Systematic Review. *Ther Clin Risk Manag.* 2024 Nov 23; 20:775-787. doi: 10.2147/TCRM.S488502.

#### **Therapeutics and Clinical Risk Management**

EISSN: 1178-203X

Languages. English

Publisher: DOVE MEDICAL PRESS LTD

JCR Year 2023

Edition: Science Citation Index Expanded (SCIE)

Category: HEALTH CARE SCIENCES & SERVICES

2023 journal Impact factor: 2.3

Ranking: 77/174

Position: Q2

# Haemodynamic Changes in Adult Patients Transported in Emergency Medical Helicopters. A Systematic Review

Alejandro Artero-García<sup>1</sup>, Juan Gómez-Salgado<sup>2,3</sup>, Francisco Javier Fernández-Carrasco<sup>4</sup>, Juana María Vázquez-Lara<sup>4</sup>, Juan Jesús García-Iglesias<sup>2</sup>, Beatriz Mérida-Yáñez<sup>4</sup>, Francisco Javier Muñoz-Vela<sup>5</sup>, Luciano Rodríguez-Díaz<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Department of Emergency, Ceuta University Hospital, Ceuta, 51002, Spain; <sup>2</sup>Department of Sociology, Social Work and Public Health, Faculty of Labour Sciences, University of Huelva, Huelva, 21007, Spain; <sup>3</sup>Safety and Health Postgraduate Programme, Universidad Espíritu Santo, Guayaquil, 092301, Ecuador; <sup>4</sup>Department of Nursing, Faculty of Health Sciences, University of Granada, Ceuta, 51005, Spain; <sup>5</sup>Regional University Hospital, Andalusian Health Service, Málaga, 29010, Spain

Correspondence: Juan Gómez-Salgado; Juan Jesús García-Iglesias, Department of Sociology, Social Work and Public Health, Faculty of Labour Sciences, University of Huelva, Avda. Tres de Marzo, S/N, Huelva, 21007, Spain, Tel +34 959219700, Email [salgado@uhu.es](mailto:salgado@uhu.es); [juanjesus.garcia@dstso.uhu.es](mailto:juanjesus.garcia@dstso.uhu.es)

**Objective:** Patients transported by Helicopter Emergency Medical Services (HEMS) suffer a series of haemodynamic changes, mainly in terms of blood pressure, heart rate, and oxygen saturation, which worsen at different stages of the flight. The aim of this study was to identify haemodynamic changes in adult patients transported by the Helicopter Emergency Medical Service.

**Methods:** A systematic review of studies published between January 2013 to April 2023 was conducted following the PRISMA 2020 guidelines criteria in the Pubmed, Scopus and Web of Science electronic databases. Methodological quality was assessed using the critical appraisal tool for non-randomised studies of the Joanna Briggs Institute (JBI). The followed protocol has been registered in the International Prospective Register of Systematic Reviews (PROSPERO) with code CRD420222355798. Two independent reviewers read and extracted the information of the studies.

**Results:** Eight studies were included in the review, which showed significant haemodynamic changes during transport by HEMS. All studies recorded readings at three points of the mission: pre-flight, in-flight, and post-flight. The greatest change in physiological variables is visible in oxygen saturation, during the in-flight phase, with a decrease in this value. Blood pressure mainly increased in various phases of the mission, especially in the in-flight phase. Heart rate also changed across the mission phases, mainly in the pre-flight and post-flight phases, increasing and decreasing during the flight.

**Conclusion:** Patients transported by helicopter undergo haemodynamic changes during the different stages of evacuation (pre-flight, in-flight, and post-flight). However, there is a need for further studies on helicopter transport of patients due to the paucity of publications on this topic.

**Keywords:** Air rescue, haemodynamics, patient transport, heart rate, oxygen saturation, blood pressure, haemodynamic monitoring

## Introduction

Air transport of critical patients by Helicopter Emergency Medical Services (HEMS) is more efficient than by other means of transport in terms of the resolution of urgent and emergency situations, as it allows access to complex geographical locations and also provides a safe transfer in adverse weather conditions in a minimum amount of time. Compared to other medical transports, it even reduces morbimortality during transport, especially in time-dependent pathologies.<sup>1</sup>

The main objective of helicopter transport is the rapid transport of a patient to a hospital that has the necessary resources to optimise care; in this sense, it is vital to ensure fluid communication between the receiving entity, the HEMS,

and the Emergency and Urgent Care Coordination Centre to guarantee the availability of human and technological resources for the care of the patient.<sup>2</sup>

HEMS, fly with rules, the Cat A take-off profile is the type of take-off that medical helicopters have to comply with the JARPOPS3 regulations, governing the sanitary flight regulations, being a vertical exit with a small backward deviation from the verticality at take-off. On other continents EC-145, EC-135, Leonardo 109 and Leonardo 139 are the usual models, since it has been seen that the manoeuvrability.<sup>3</sup>

HEMS provides first responders, ie on-site emergency care, in the majority of cases worldwide (81.1%). The most common emergencies involve traumas and cardiovascular conditions. Only 18.9% are inter-hospital transfers.<sup>4</sup> Among the common users of this service, it could include cardiovascular, respiratory and trauma patients.<sup>4,5</sup>

The need for inter-hospital transfer of intensive care patients has been gradually increasing in recent years. When local therapeutic resources for complex treatments are limited, or when specialised patient care is indicated, inter-hospital transfer is recommended to facilitate the most appropriate treatment for the patient. For optimal outcomes, transfers should be performed as early as possible in the disease/injury process, while adhering to a high level of standards of care.<sup>5</sup>

When providing health care during the transport, whether pre-flight, in-flight, or post-flight, it is necessary to bear in mind two factors. On the one hand, the haemodynamic destabilisation derived from the patient's own pathology and, on the other hand, that derived from the air transport itself, which includes climatological factors, temperature variations, changes in atmospheric pressure, noise levels, vibration, and acceleration.<sup>6,7</sup>

These factors are described as physically stressful impulses, thus making the care of air transport pathophysiology unpredictable. To ensure stable conditions to prevent haemodynamic destabilisation of patients, a variety of nursing care procedures is required, which in turn implies a high degree of specialisation.<sup>8-10</sup>

Patients transported by helicopter may suffer haemodynamic changes as a consequence of the HEMS transport itself, as it exposes the patient to physical situations that may predispose them to physiological alterations, accounting statistically for 13% of the morbidity.<sup>9</sup> The physiological functions that may be altered are: heart rate, blood pressure, oxygen saturation percentage, and their emotional state. This gives rise to a direct relationship between the haemodynamic changes experienced by the patient and the pathophysiology of their transport.<sup>11-14</sup>

Several publications show the benefits of medical helicopter transport compared to other types of transport, in spite of the fact that haemodynamic changes may occur during transport that will require to act accordingly. However, not many studies have been found describing haemodynamic changes in helicopter transport.

In this context, the objective of this review was to identify, synthesise, and assess the existing literature on haemodynamic changes in adult patients transported by HEMS.

## Methods

### Study Design

A literature review was conducted on haemodynamic changes during medical helicopter transport using the systematic review format by following the criteria of the updated PRISMA 2020 (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) guidelines.<sup>15</sup> The implemented protocol has been registered in the International Prospective Register of Systematic Reviews (PROSPERO) with code CRD42023470716.

### Search Strategy

The formulation of the research question was based on the standardised PECOT structure (Table 1).

Research Question: What haemodynamic changes occur in adult patients transported by air in helicopters?

The following Medical Subject Headings (MeSH) descriptors were used to create the search string: Helicopter Emergency; Hemodynamics; and Transportation of Patients. In order to maximise the search, free terms were added to the search using the Boolean operators AND and OR (Table 2).

Table 3 shows the search process conducted on April 2023 in various databases (Pubmed, Scopus and Web of Science Complete) and the different search strings, filtering from January 2013 to April 2023.

**Table 1** PECOT Format and Key Words

P: Population	Adult patients
E: Exposure	Helicopter transport
C: Comparison	Risk/protective factors
O: Outcomes	Haemodynamic changes
T: Time	During flight

**Table 2** Terminology Used in the Search Strategy

MeSH	Keywords
Helicopter Emergency	Helicopter Emergency or Air ambulance or emergency care
Haemodynamics	Haemodynamics or monitoring haemodynamics
Transportation of Patients	Transportation of Patients

**Table 3** Search Strategy in the Different Databases

Database	Search strategy	Date of search	Results
Pubmed	((helicopter[Title/Abstract] OR air plane[Title/Abstract] OR "Transportation of Patients"[Title/Abstract]) AND (emergenc*[Title/Abstract] OR critical*[Title/Abstract])) AND (hemodynamic*[Title/Abstract] OR hAemodynamic*[Title/Abstract] OR cardiovascular*[Title/Abstract] OR monitoring[Title/Abstract] OR "vital sign*[Title/Abstract] OR cardiac[Title/Abstract])	20/04/2023	287
Scopus	Helicopter OR "air plane" OR "transportation of patients" AND emergenc* OR critical* h*emodynamic* OR cardiovascular* OR monitoring OR "vital sign*" OR cardiac	20/04/2023	1830
Web Of Science	Helicopter OR "air plane" OR "transportation of patients" (Topic) AND emergenc* OR critical* (Topic) AND h*emodynamic* OR cardiovascular* OR monitoring OR "vital sign*" OR cardiac (Topic)	20/04/2023	2000
Total			4117

### Selection Criteria

The following inclusion and exclusion criteria were used for the selection of the articles:

#### Inclusion Criteria

- Articles published in English, Spanish, French, and Portuguese.
- Articles carried out between 2013 and 2023.
- Typology: descriptive studies, correlational studies, cohort or case-control studies.
- Articles assessing the following indicators: transport of adult patients by helicopter, in-flight haemodynamic changes such as blood pressure, oxygen saturation, and heart rate; in-flight, pre-flight, and post-flight assessment.

#### Exclusion Criteria

- Articles of low methodological quality after assessment applying the quality assessment tool.
- Articles on research involving pregnant women and children.
- Not related to the objective.
- Articles on military helicopters.

## Data Collection and Extraction

The search was conducted independently by two reviewers using the agreed descriptors and the combination of Boolean operators indicated in the search strategy. Subsequently, the articles were read and selected according to the inclusion criteria and applying the exclusion criteria. In case of disagreements during the study selection and data extraction processes, a third reviewer acted as mediator to reach to a decision.

## Methodological Quality Assessment

The assessment of methodological quality using a critical appraisal tool was carried out independently by both reviewers who applied the Joanna Briggs Institute (JBI) tool for studies at the University of Adelaide.<sup>16</sup> The use of this tool allows the assessment of the methodology used in the research by identifying the absence of bias in its design, procedure, or analysis. In the present review, the version for cross-sectional quantitative studies consisting of 8 items was used and the cut-off point was set by consensus of both researchers at 6/8 to be considered eligible for inclusion in the present review.

Regarding methodological quality assessment, the Newcastle-Ottawa scale was utilized. This scale evaluates three categories: Selection (with a maximum of 6 points), Comparability (with a maximum of 2 points), and Outcome (with a maximum of 5 points). Studies with 6 points or more suggest a good quality. Fair quality receives between 5 and 6 points. Poor quality is indicated from zero to two points. The included studies were scored from 8 to 9 points (Table 4).

## Results

A total of 4117 articles were identified from the aforementioned databases using the search strings specified in Table 3. After removing duplicate articles 1112, a total of 3005 articles were identified. Then, 2771 articles were excluded after reading the title and abstract.

Subsequently, 96 articles were eliminated for different reasons after reading the full text. These included the type of study (n=65), low methodological quality (n=23), not being related to the objective of the review (n=22), reporting no or little data analysis (n=5), no details of the tool used (n=5), and not having the full text available (n=10). Figure 1 details the process followed for the identification, screening, and selection of the studies included in this review.

Finally, the articles included for review were 8, that reported haemodynamic changes in adult patients transported by helicopter.

## Main Results

To synthesise the articles included in the review, a table has been drawn up which presents the main characteristics of the studies, including information on the author(s), location, main objective, type of research, sample, tools used, main results, and methodological quality (Table 5).<sup>5,10,17-22</sup>

**Table 4** Methodological Quality Assessment and Quality of Evidence

Author, year	Selection	Comparability	Outcome	Methodological quality assessment
Slagt et al, 2022 <sup>17</sup>	****	**	***	2++
Strony et al, 2022 <sup>18</sup>	****	**	***	2++
Kawai et al, 2022 <sup>19</sup>	****	**	***	2++
Leitch et al, 2021 <sup>20</sup>	****	**	***	2+
Spoelder et al, 2022 <sup>21</sup>	****	**	***	2++
Johannigman et al, 2015 <sup>22</sup>	****	**	**	2+
Broman et al, 2015 <sup>10</sup>	****	**	***	2++
Nozawa et al, 2020 <sup>5</sup>	****	**	***	2++

Note: \*Indicates the number of points received in each category.

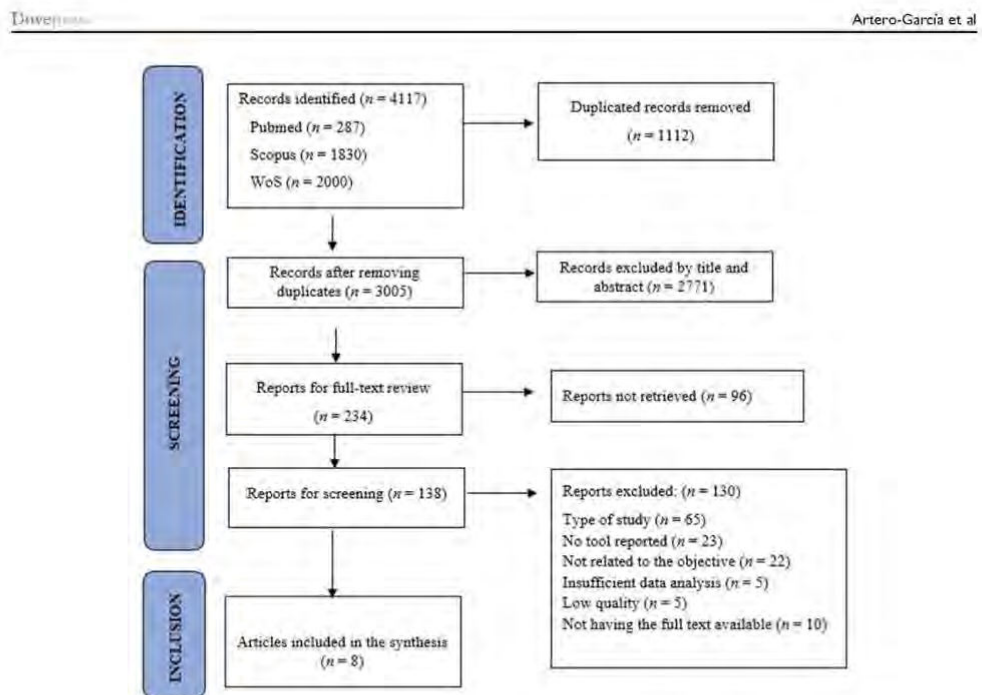


Figure 1 Identification of studies via databases (PRISMA Flowchart).

Note: Adapted from Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, et al. The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*. 2021;372:n71.<sup>15</sup>

The origin of the different studies was varied: the studies had been conducted in the United States,<sup>18,22</sup> Japan,<sup>5,19</sup> United Kingdom,<sup>21</sup> the Netherlands,<sup>17</sup> Denmark,<sup>10</sup> and England,<sup>20</sup> one in each country; there were no multinational studies.

To summarise, all the articles reported on haemodynamic changes in vital signs during flight, such as blood pressure, heart rate, and oxygen saturation during HEMS missions; in one of them, the prevention of possible haemodynamic changes and instability through EFAST (Extended Focused Assessment with Sonography in Trauma) was also studied.<sup>18</sup>

Haemodynamic changes during HEMS missions were the main objective of the study and were assessed.<sup>5,17-19</sup>

In relation to the sample collection period, the studies were conducted in 2022,<sup>18</sup> 2015,<sup>22</sup> between 2020-2021,<sup>17,21</sup> between 2017-2020,<sup>19</sup> between 2014-2019,<sup>20</sup> between 2015-2019,<sup>5</sup> and between 2010-2013.<sup>10</sup>

## Heart Rate

Heart rate has been one of the most studied variables by most researchers, obtaining very similar results as they coincide in that changes do exist. Slagt et al<sup>17</sup> analysed the variables that can be taken out of hospital to determine the increase in cardiac output at take-off and the decrease in systemic vascular resistance. Thus, this correlation was established based on the fact that there is a decrease in the heart rate during the flight. It should be noted that some patients required increased sedation.<sup>21</sup> A similarity exists with Strony et al,<sup>18</sup> where heart rate decreased during the flight, but increased before and after the flight. EFAST was used to assist in the presence of instability, in addition to cardiac monitoring.<sup>17,18</sup>

In the study by Nozawa et al,<sup>4</sup> the same changes were identified, where the heart rate increased during pre-flight and post-flight and decreased during the flight. This is consistent with the study by Spoelder<sup>21</sup> in which the results are similar.

However, there are studies in which stability was maintained, such as that by Kawai et al,<sup>19</sup> in which heart rate did not change significantly.

**Table 5** Main Results

Studies	Context	Objectives of the study	Type of study	Participants	Instruments	Main results	JBI
Slagt et al. 2022 <sup>1</sup>	Netherlands April 2020-June 2021 The exposure time was 7451 min	To explore the impact of inter-hospital helicopter transfer on the vital signs of mechanically ventilated patients with severe COVID-19, with special emphasis on take-off, flight, and landing.	Descriptive cross-sectional study	96 ventilated critical care COVID-19 patients	Socio-demographic data, oral tube, Tracheostoma, Ventilation mode, Central venous catheter, Syringe pumps, and drug use.	During take-off there were no significant changes in basic vital signs such as HR, CO <sub>2</sub> , SpO <sub>2</sub> , and IAF. Mid-flight was the most stable time period with respect to vital signs; a difference over time was observed only for SpO <sub>2</sub> . At take-off, an increase in cardiac output (from 6.7 to 8.2 L min <sup>-1</sup> ; P < 0.0001) was observed which was determined by a decrease in systemic vascular resistance (from 1071 to 739 dyn cm <sup>-2</sup> ; P < 0.0001) accompanied by an increase in stroke volume (from 88.8 to 113.7 mL; P < 0.0001).	8/8
Strongy et al. 2022 <sup>2</sup>	February 2022 USA	To improve the control of pressure of EFAST examinations performed by HEMS teams following the implementation of a novel workflow to enable multi-faceted training and ensure continuous quality of care.	Descriptive cross-sectional study	175 patients with cardiovascular and respiratory pathology	Socio-demographic data EFAST POCUS	Applying the new EFAST testing method allows the HEMS team to assess pulmonary and cardiac status with 53% sensitivity and 96% specificity. It allows the HEMS team to quickly detect minimal alterations that threaten the haemodynamic status of the patient. Both heart rate and oxygen saturation decreased significantly during the flight, while systolic blood pressure increased.	7/8
Kawai et al. 2022 <sup>3</sup>	March 2017 to June 2020 Japan	Comparison of changes in vital signs during ground and helicopter emergency medical services and hospital interventions.	Descriptive cross-sectional study	168 trauma patients	Socio-demographic data, medicine (beta blockers/antithrombotic therapy), trauma severity, transport methods, necessity of haemostatic treatment (haemostatic/VR), 28-day mortality and vital signs measurements (heart rate, systolic blood pressure, respiratory rate and shock index)	Systolic blood pressure, respiratory rate, and shock index as measured in response to the interventions were calculated and divided by intervention time, and changes observed during the interventions were compared. Systolic blood pressure increased and shock index decreased after the HEMS intervention, while systolic blood pressure decreased and shock index increased during in-hospital interventions. Heart rate showed no significant changes (P = 0.12), and respiratory rate showed very slight changes. Systolic blood pressure increased significantly during the Hospital Emergency Medical Services Interventions compared to the pre- and post-intervention periods.	7/8

Loitch et al. 2021 <sup>20</sup>	England October 2014 to May 2019. The average time from PHEA to presentation in hospital was 59 min	Incidence of hyperoxia in trauma patients receiving pre-hospital emergency anaesthesia: results of a 5-year retrospective analysis	Descriptive cross-sectional study	147 trauma patients with pre-hospital anaesthesia	Socio-demographic data, mechanism of injury, body regions injured, Initial Glasgow Coma Score, PHEA pre-oxygenation- and titanic oxygenation, the occurrence of oxygen desaturations (SpO <sub>2</sub> < 90%) peri- or post PHEA, PICO <sub>2</sub> post intubation, time from PHEA to presentation in hospital and SpO <sub>2</sub>	Hyperoxia was defined as a PaO <sub>2</sub> > 16 kPa on the first arterial blood gas reading on arrival at major trauma centre. Most patients (90/147; 61.2%) had severe hyperoxia, while 30 patients (20.4%) had mild hyperoxia and 26 patients (19.7%) had normoxia. Only 1 patient (0.7%) presented hypoxia. PaO <sub>2</sub> median on the first arterial blood gas analysis (ABGA) after HEMS transfer was 26.7 [IQR 18.5–32.2] kPa, with a range of 7.0–86.0 kPa. Pulse oximetry readings of SpO <sub>2</sub> before transfer were independently associated with the presence of hyperoxia. An SpO <sub>2</sub> ≥ 97% was associated with a significantly increased odds of hyperoxia (OR 3.99 [1.58–10.08]), and had a sensitivity of 86.7% [79.1–92.4], a specificity of 57.9% [20.7–57.8], a positive predictive value of 84.5% [70.2–87.9], and a negative predictive value of 42.3% [27.4–56.7] for the presence of hyperoxemia.	7/8
Spoelder et al. 2022 <sup>21</sup>	United Kingdom March 2020–March 2021	Description of medical care in HEMS to a patient with COVID-19	Descriptive cross-sectional study	117 respiratory patients with mechanical ventilation	Socio-demographic data PICCO	Patients were airborne for 50 min (SD=15). During Trif, average MAP, SpO <sub>2</sub> , HR, and PET CO <sub>2</sub> were 84 mmHg (95% CI=82–86), 93.8% (93.5–94.2), 83 bpm (79–87) and 42 mmHg (40–43), respectively. During Trif, these values decreased with 1.8 mmHg (1.2–2.3), 0.2% (0.1–0.3), 1.7 bpm (1.4–2.1) and 1.4 (1.3–1.6) mmHg, respectively. This applies to the point estimates as well as to the entire range of the 95% confidence intervals.	7/8
Johannin et al. 2015 <sup>22</sup>	USA 2015	Description of medical care in aeromedical evacuation of a patient with traumatic injuries	Descriptive cross-sectional study	61 patients with traumatic injuries	Socio-demographic data PICCO	Patients were monitored before AE for a brief period, yielding a total recording time of 10.28 hours. The mean (SD) hemoglobin at the time of enrollment was 13.2 (3.5) g/dL (9.4–18.0 g/dL). Hypoxemia (SpO <sub>2</sub> < 90%) was seen in 55 (90%) of 61 subjects. The mean duration of SpO <sub>2</sub> less than 90% was 44 minutes. The mean (SD) change in SpO <sub>2</sub> from baseline to mean in-flight SpO <sub>2</sub> was 4% (1.2%). Thirty-four patients (56%) exhibited an SpO <sub>2</sub> less than 85% for 11.7 (15) minutes.	7/8
Broman et al. 2015 <sup>23</sup>	Denmark 2010–2013	Description of the experience of patients on ECMO transported by helicopter or on the ground.	Descriptive cross-sectional study	322 patients with refractory, severe respiratory, or/and circulatory failure ECMO	Socio-demographic data equipment and ECMO	Helicopter-transported patients showed hemodynamic changes with increasing oxygen saturation at take-off and landing and decreasing during the flight, requiring additional oxygen supply.	7/8

(Continued)

Table 5 (Continued).

Studies	Context	Objectives of the study	Type of study	Participants	Instruments	Main results	JBI
Nozawa et al., 2020 <sup>7</sup>	Japan April 2015 and March 2019	Description of medical care in HEMS to a patient with stroke patients treated	Descriptive cross-sectional study	119 treated stroke patients	Socio-demographic data equipment and	The average BP of stroke patients increased after admission to the DH (before = 156.8 mm Hg and after = 165.0 mm Hg, $P < 0.01$ ). Both the infarct group and the bleeding group had elevated BP after admission (infarct group: before = 151.2 mm Hg and after = 157.8 mm Hg, $P = 0.02$ ; bleeding group: before = 167.5 mm Hg and after = 178.5 mm Hg, $P = 0.04$ ).	7/8

Abbreviations: EFAST: Extended Focused Assessment with Sonography in Trauma; fast echography; PICCO: Pulic Index; Continuous Cardiac Output: a hemodynamic monitoring method, capable of measuring cardiac output by transpulmonary thermodilution (TDT) and estimating preload by intrathoracic blood volume; ECHO: extracorporeal membrane oxygenation.

### Blood Pressure

In the reviewed studies, changes in blood pressure have been observed mainly during flight. In the study by Nozawa et al,<sup>5</sup> diastolic blood pressure was maintained during take-off and landing and increased during the flight. Similarly, in the study by Slagt et al,<sup>17</sup> diastolic blood pressure increased during the flight, but systolic blood pressure also decreased during the flight in this study. In the research carried out by Spoelder,<sup>21</sup> blood pressure was not disaggregated, but there is a reported increase in blood pressure during the flight, which does not exist in pre-flight and post-flight. However, in a retrospective observational study by Kawai et al,<sup>19</sup> diastolic blood pressure increased post-flight and systolic blood pressure decreased.

### Oxygen Saturation

Oxygen saturation showed very similar results across research, with the exception of patients on mechanical ventilation. Accordingly, in the study by Slagt et al,<sup>17</sup> there was no significant variation in StO<sub>2</sub> (oxygen saturation) levels. One factor to consider is that the flight altitude was at 800 and 1200 feet, where the application of physical laws results in little variation in StO<sub>2</sub>, adding that the patients were on mechanical ventilation and therefore receiving extra oxygen supply.<sup>17</sup> In contrast, the research by Strony et al<sup>18</sup> found that StO<sub>2</sub> changed significantly, with a decrease during the flight phase and an increase during the pre-flight and post-flight phases. This is in discrepancy with the retrospective cohort study by Leicht et al,<sup>20</sup> where the patients arrived with hyperoxia. Yet, this was addressed by the transfer staff and under anaesthetic sedation, as 61% of the patients presented with severe hyperoxaemia, 20.4% with mild hyperoxaemia, and only 19.7% with normoxia. These measurements were accurate as they were made by means of arterial blood gas measurement, while peripheral oximetry readings showed StO<sub>2</sub> ≥ 97%.

Two studies reported similar outcomes, the one by Spoelder,<sup>21</sup> in which StO<sub>2</sub> decreased during flight and increased during pre-flight and post-flight, and the study by Broman et al,<sup>10</sup> in which StO<sub>2</sub> increased during pre-flight and post-flight and decreased during flight.

In contrast to the rest of the studies, the one by Kawai et al<sup>19</sup> was the only one in which a small increase in respiratory rate during transport was assessed.

### Discussion

In this review, we use the acronym PECOT (Population, Exposure, Comparator, Outcomes, Time) to address haemodynamic changes in adult patients transported by the Helicopter Emergency Medical Service. The changes were assessed during pre-flight (before the helicopter took off), during the flight (when the helicopter was in continuous flight), and post-flight (when the aircraft landed). Potential medical risks from exposure to high altitude during flight and travelling at high speeds on board an aircraft are among the factors contributing to physiological changes.<sup>6,23</sup>

Many epidemiological studies have described out-of-hospital emergency health care, mainly regarding ground transport, but very few have referred exclusively to emergency medical air transport. HEMS offers many benefits, including the ability to quickly access rural or remote locations, provide multiple advanced on-board configurations, and intervene when ground units are unavailable. Other considerations for the use of HEMS include changes in physiology associated with the flight.<sup>24,25</sup>

The analysed studies showed, as the main haemodynamic modification, changes in heart rate, blood pressure, and oxygen saturation.

Oxygen saturation is predisposed to change, and oxygen compensation mechanisms must be in place to avoid developing other pathologies during the helicopter transport. Atmospheric pressure decreases with increasing altitude, with a consequent decrease in oxygen partial pressure, causing hypoxia. Hypoxia can be defined as a deficiency of oxygen in body tissues sufficient to cause impairment of the physiological function.<sup>9,26</sup> The most threatening aspect of hypoxia is its insidious onset. It is taken for granted that Gay Lussac's physical law, Charles' Law, and Boyle's Law (which can be observed when a person inflates a balloon because, if there is more pressure exerted inside the balloon, its volume increases),<sup>19</sup> will be observed in patients who are transported by helicopter as they will obviously be flying at a height above the sea level.<sup>3,27,28</sup>

The research conducted by Thomas et al<sup>29</sup> in which 30 patients were transported on different modes of invasive mechanical ventilation, 10 of them on Oxilog<sup>®</sup> ventilators, showed variations in oxygen saturation due to a failure in the ventilator that

failed to favour minute volume, causing hyperventilation in these patients. However, in the study by Strony et al,<sup>18</sup> of 28 patients who were intubated and connected to an Oxilog<sup>®</sup>-type ventilator during patient transport, 43% of them suffered alterations in oxygen saturation during the flight, recovering their baseline state once they arrived at their destination.

According to the study conducted by Andrews et al,<sup>30</sup> patients who were transported suffered haemodynamic changes before, during, and after transport in a proportion of 80% of the total, of which 51% of patients suffered these changes during transport and 66% of patients suffered them prior to transport. This leads to the conclusion that in order for the haemodynamic changes in the patients not to be further aggravated during transport, this should be started with as much stabilisation as possible and under proper haemodynamic control.

Blood pressure plays an important role in helicopter transport since, according to evidence, minimal changes in blood pressure are observed, mainly with a tendency to increase systolic blood pressure during the flight as a response to physiological stress and hypoxia, which requires careful monitoring to prevent complications.<sup>29,31,32</sup>

Regarding heart rate, we observed that it undergoes relevant changes with a downward trend during the flight and increasing before and after the flight without causing tachycardia, however in the study by Taylor carried out in which he had a sample of 50 patients of which, 42 presented cardiac arrhythmias with tendencies towards tachycardia during the transfer, and 22 of them were considered serious, deducing that the mere fact of transferring patients already produced interaction in the changes in heart rate.<sup>25</sup>

There are studies that, although they do not involve emergency helicopters, are relevant to our study. They showed that haemodynamic and physiological changes were observed in patients with different pathologies who were transported intra-hospital. 66% of the patients transferred from the ICU for tests experienced physiological changes before, during, and after the transfer, but these changes were not due to the physiopathology of the transport, but to the severity of the patient's illness.<sup>32</sup>

The vehicle dynamics on the transported patient have an influence on their health status. Specifically, linear accelerations can increase blood pressure and could cause rapid changes in heart rate and blood pressure.<sup>33</sup> Thus, the importance of monitoring and managing hemodynamic changes during HEMS transportation is noted in this study. HEMS teams are likely not only provide advanced clinical skills, but also to support clinical decision-making in terms of triage and transport conditions. In this sense, in order to maintaining hemodynamic control, the immediate identification of blood loss, pneumothorax, and cardiovascular diseases via ultrasound examinations is known to be effective for patients with trauma and cardiovascular diseases in prehospital settings.<sup>34,35</sup> Indeed, out-of-hospital standards of monitoring should not be interrupted at any time, so that patients can be safely transported.<sup>36</sup> Also, high-fidelity invasive arterial blood pressure monitoring and arterial blood gas analysis become relevant in the HEMS prehospital setting to assure a safe transportation.<sup>37</sup>

Among the limitations of the study, the difficulty in selecting articles related to medical helicopter transport and its relationship with haemodynamic changes, as well as the relationship between air transport in terms of each pathology and the meteorological and physical parameters physiological variables involved, such as altitude, vibrations, temperature, etc., were addressed. Also, the selected studies had a cross-sectional design which avoid generalizations or conclusions about prevalence.

## Conclusion

Based on the available literature, it can be concluded that the haemodynamic changes that occur during HEMS missions modify most notably heart rate, blood pressure, and oxygen saturation. These parameters physiological variables remain similar during take-off and landing and decrease during the flight, thus applying the laws of physics.

Ill patients benefit from medical transport by helicopter, especially when they are in areas far from a reference hospital. It would be interesting to carry out more studies on this subject, in order to increase the knowledge of health professionals on the matter. In clinical practice, the different emergency services should also carry out studies on the activity of their HEMS, both in first response and in interhospital transfer, taking into account pathologies, and monitoring of vital signs.

## Key Points

### Question

Not many studies have been found describing haemodynamic changes in helicopter transport. In this context, the objective of this review was to describe haemodynamic changes in adult patients transported by Helicopter Emergency Medical Services.

### Findings

Haemodynamic changes that occur during HEMS missions modify most notably heart rate, blood pressure, and oxygen saturation. These parameters physiological variables remain similar during take-off and landing and decrease during the flight, except for blood pressure, which rises during the flight, thus applying the laws of physics.

### Meaning

Healthcare HEMS professionals must be aware of these alterations of in order to assess the appropriateness of the transport and apply optimal care.

## Abbreviations

EFAST, Extended Focused Assessment with Sonography in Trauma; HEMS, Helicopter Emergency Medical Services; JBI, Joanna Briggs Institute; PRISMA, Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses; PROSPERO, Prospective Register of Systematic Reviews; StO<sub>2</sub>, Oxygen Saturation.

## Data Sharing Statement

All data are available within this article.

## Author Contributions

Conceptualization, AAG, JGS, FJFC, JMVL, JJGI, BMY, FJMV, LRD.

Data curation, AAG, JGS, FJFC, JMVL, JJGI, BMY, FJMV, LRD.

Formal analysis, AAG, JGS, FJFC, JMVL, JJGI, BMY, FJMV, LRD.

Investigation, AAG, JGS, FJFC, JMVL, JJGI, BMY, FJMV, LRD.

Methodology, AAG, JGS, FJFC, JMVL, JJGI, BMY, FJMV, LRD.

Project administration, AAG, LRD.

Resources, AAG, JGS, FJFC, JMVL, JJGI, BMY, FJMV, LRD.

Software, AAG, JGS, FJFC, JMVL, JJGI, BMY, FJMV, LRD.

Supervision, AAG, JGS, FJFC, JMVL, JJGI, BMY, FJMV, LRD.

Validation, AAG, JGS, FJFC, JMVL, JJGI, BMY, FJMV, LRD.

Visualization, AAG, JGS, FJFC, JMVL, JJGI, BMY, FJMV, LRD.

Writing—original draft preparation, AAG, JGS, FJFC, JMVL, JJGI, BMY, FJMV, LRD.

Writing—review and editing, AAG, JGS, FJFC, JMVL, JJGI, BMY, FJMV, LRD.

All authors made a significant contribution to the work reported, whether that is in the conception, study design, execution, acquisition of data, analysis and interpretation, or in all these areas; took part in drafting, revising or critically reviewing the article; gave final approval of the version to be published; have agreed on the journal to which the article has been submitted; and agree to be accountable for all aspects of the work.

## Funding

The authors declare the non-existence of funding in relation to this article.

## Disclosure

The authors declare that they have no conflicts of interest in relation to this article.

## References

- Serrano A. *Manual de Helitransporte Sanitario*. Barcelona: Elsevier; 2009.
- Sinisterra J, Gutiérrez JM, Udi E, et al. Gestión de recursos aéreos medicalizados: el helicóptero sanitario. *Puesta al día en urgencias, emergencias y catástrofes*. 2010;1:26–32.
- Asberry C, Copper D. The History of Vertical Flight and Air Medical Transport. *Crit Care Nurs Q*. 2024;47(2):95–101. doi:10.1097/CNQ.0000000000000497
- Lubillo S, Burillo G, García S, et al. Helitransporte sanitario en las Islas Canarias. *Emergencias*. 1997;9:282–288.
- Nozawa M, Iwata K, Hiraizumi S, Echigo T, Shiomi N. Does Transport by a Doctor Helicopter Affect Blood Pressure in Stroke Patients? *Air Med J*. 2020;39(5):360–363. PMID: 33012472. doi:10.1016/j.amj.2020.06.002
- Silbergleit R. Forces acting during air and ground transport on patients stabilized by standard immobilization techniques. *Am Emerg Med*. 2021;20:875–877.
- Galo Z. La Unidad Médica de Aeroevacuación. *Sanidad Militar*. 2015;71(4):222.
- Lanzarot F, Gómez-Calcerrada P, Sinisterra A, et al. Traslado en helicóptero medicalizado (HEMS) de pacientes portadores de un balón intraabdominal de contrapulsación (BIAC). *Puesta al día en urgencias, emergencias y catástrofes*. 2012;8(3):125–131.
- Peng C, Su P. Visualized analysis of research on helicopter emergency medical service. *Medicine*. 2022;101(36):e30463. doi:10.1097/MD.00000000000030463
- Broman LM, Holzgraefe B, Palmér K, et al. The Stockholm experience: interhospital transports on extracorporeal membrane oxygenation. *Crit Care*. 2015;19:278. doi:10.1186/s13054-015-0994-6
- Abundis-Villanueva F, Reyes-Reynoso JM, Martínez-Gutiérrez M, et al. Cambios de la saturación de oxígeno en traslado interhospitalarios en pacientes con asistencia mecánica respiratoria. *Revista Asociación Mexicana Medicina Crítica y Terapia Intensiva*. 2014;18(5):148–152.
- Eaton G, Brown S, Raitt J. HEMS dispatch: a systematic review. *Trauma*. 2018;20(1):3–10. doi:10.1177/1460408617721565
- Ringburg AN, de Ronde G, Thomas SH, et al. Validity of helicopter emergency medical services dispatch criteria for traumatic injuries: a systematic review. *Prehosp Emerg Care*. 2009;13(1):28–36. doi:10.1080/10903120802472012
- Carchietti E, Valent F, Cecchi A, et al. Influence of Stressors on HEMS Crewmembers in Flight. *Air Medical J*. 2011;30(5):270–5. doi:10.1016/j.amj.2011.02.002.
- Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*. 2021;372(17). doi:10.1136/bmj.n71
- Moola S, Munn Z, Tufanaru C, et al. Manual for Evidence Synthesis. *Adelaide: JBI Manual for Evidence Synthesis*. 2020. doi:10.46658/JBIMES-20-01
- Slagt C, Spoelder EJ, Tacken MCT, et al. Helicopter transport of critical care COVID-19 patients in the Netherlands: protection against COVID-19 exposure—a challenge to critical care retrieval personnel in a novel operation. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*. 2021;29(1):41. doi:10.1186/s13049-021-00845-x
- Strony R, Slimmer K, Slimmer S, et al. Helicopter Emergency Medical Services Performed Extended Focused Assessment With Sonography: training, Workflow, and Sustainable Quality. *Air Med J*. 2022;41(2):209–216. doi:10.1016/j.amj.2022.11.005
- Kawai Y, Yamamoto K, Miyazaki K, et al. Comparison of Changes in Vital Signs During Ground and Helicopter Emergency Medical Services and Hospital Interventions. *Air Med J*. 2022;41(4):391–395. doi:10.1016/j.amj.2022.03.002
- Leitch P, Hudson AL, Griggs JE, et al. Air Ambulance Kent Surrey Sussex: Incidence of hyperoxia in trauma patients receiving pre-hospital emergency anaesthesia: results of a 5-year retrospective analysis. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*. 2021;29(1):134. doi:10.1186/s13049-021-00951-w
- Spoelder EJ, Lerou J, Bronkhorst E, van Geffen GJ, Slagt C. Time course of physiological variables during inter-hospital helicopter transport of ventilated COVID-19 patients. *Intensive Care Med*. 2022;48(6):756–758.
- Johannigman J, Gerlach T, Cox D, et al. Hypoxemia during aeromedical evacuation of the walking wounded. *J Trauma Acute Care Surg*. 2015;79(4 Suppl 2):S216. PMID: 26406433. doi:10.1097/TA.0000000000000736
- Guénot P, Coudreuse M, Lely L, et al. Helicopter Rescue Missions for Emergency Medical Aid at Sea: a New Assignment for the French Military Medical Service? *Air Med J*. 2021;40(4):225–231. doi:10.1016/j.amj.2021.03.016
- Godfrey A, Loyd JW. *EMS Helicopter Activation*. StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023.
- Taylor JD. Monitoring high risk cardiac patients during transportation in hospital. *Lancet*. 2010;2:1205–1208.
- Hennelly D, Deasy C, Jennings P, et al. The Development of Helicopter Emergency Medical Services in the Republic of Ireland. *Air Med J*. 2023;42(3):150–156. doi:10.1016/j.amj.2023.01.012
- Sborov KD, Gallagher KC, Medvez AJ, et al. Impact of a New Helicopter Base on Transport Time and Survival in a Rural Adult Trauma Population. *J Surg Res*. 2020;254:135–141. doi:10.1016/j.jss.2020.04.020
- Tintinalli JE. *Tintinalli's Emergency Medicine: a Comprehensive Study Guide*. McGraw-Hill Education; 2020. Available from: <https://accessmmergencymedicine.mhmedical.com/content.aspx?bookid=2353&ionid=183421313>. Accessed November 14, 2024.
- Thomas SH, Cheema F, Wedel SK, et al. Trauma helicopter emergency medical services transport: annotated review of selected outcomes-related literature. *Prehosp Emerg Care*. 2002;6(3):359–371. doi:10.1080/10903120290938508
- Andrews PJ, Piper IR, Dearden NM, Miller JD. Secondary insults during intrahospital transport of head-injured patients. *Lancet*. 1990;335(8685):327–330.
- Moreno JIG, Atienza RC. *Manual de Transporte Aéreo Medicalizado, Ala Fija Y HEMS*. Madrid: Formación Alcalá Editorial; 2019.
- Mendoza EM, Márquez PYG, Rojano RR, et al. Propiedades y ecuaciones de los gases. *TEPEXI Boletín Científico de la Escuela Superior Tepeji del Río*. 2020;7(14):66–69.
- Serre T, Naude C, Fournier M. Vehicle Dynamics Endured by Patients during Emergency Evacuation—Ambulance versus Helicopter. *Safety*. 2022;8(1):4. doi:10.3390/safety8010004
- Gavrilovski M, Griggs JE, Ter Avest E, Lyon RM, Ambulance Kent Surrey Sussex A. The contribution of helicopter emergency medical services in the pre-hospital care of penetrating torso injuries in a semi-rural setting. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*. 2021;29(1):112. doi:10.1186/s13049-021-00929-8

Dovepress

Artero-García et al

35. Wake K, Noguchi T, Hishinuma H, et al. Characteristics of patients who received helicopter emergency medical services in Japan from 2012 to 2019: a retrospective analysis of data from Tochigi Prefecture. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med.* 2022;30:25.
36. Ehlers UE, Seiler O. Hemodynamics during an ambulance flight. *Air Med J.* 2012;31(6):289–293. doi:10.1016/j.amj.2011.12.012
37. Butterfield ED, Price J, Bonsano M, et al. Prehospital invasive arterial blood pressure monitoring in critically ill patients attended by a UK helicopter emergency medical service- a retrospective observational review of practice. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med.* 2024;32(1):20. doi:10.1186/s13049-024-01193-2

Therapeutics and Clinical Risk Management

Dovepress

**Publish your work in this journal**

Therapeutics and Clinical Risk Management is an international, peer-reviewed journal of clinical therapeutics and risk management, focusing on concise rapid reporting of clinical studies in all therapeutic areas, outcomes, safety, and programs for the effective, safe, and sustained use of medicines. This journal is indexed on PubMed Central, CAS, EMBase, Scopus and the Elsevier Bibliographic databases. The manuscript management system is completely online and includes a very quick and fair peer-review system, which is all easy to use. Visit <http://www.dovepress.com/testimonials.php> to read real quotes from published authors.

Submit your manuscript here: <http://www.dovepress.com/therapeuticsandclinicalriskmanagementjournal>

Therapeutics and Clinical Risk Management 2024:20

    Dovepress **787**

*Artículo 2*

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

Artero García A, Estarlich M, Fernández Carrasco FJ, Rodríguez Díaz L, Vázquez Lara JM, Gómez Salgado J, et al. Cambios fisiopatológicos durante el transporte en helicóptero sanitario en el archipiélago canario y su relación con las condiciones meteorológicas. *Emergencias*. 2025; 37:111-6

**Emergencias**

ISSN: 1137-6821 / EISSN: 2386-5857

Languages: Spanish

Publisher: Soc Espanola Medicina Urgencias & Emergencias - SEMES

2023 JCR Year

Edition: Science Citation Index Expanded (SCIE)

Category: EMERGENCY MEDICINE

2023 journal Impact factor: 5.4

Ranking: 5/54

Position: Q1/D1

*Artículo 3*

**Helicóptero de emergencias médicas (HEMS): un pilar fundamental en la atención prehospitalaria**

Artero-García A, Gómez-Salgado J, Rodríguez Díaz L. Helicóptero de emergencias médicas (HEMS): un pilar fundamental en la atención prehospitalaria. *Emergencias*. 2025;37:149-51

**Emergencias**

ISSN: 1137-6821 / EISSN: 2386-5857

Languages: Spanish

Publisher: Soc Espanola Medicina Urgencias & Emergencias - SEMES

2023 JCR Year

Edition: Science Citation Index Expanded (SCIE)

Category: EMERGENCY MEDICINE

2023 journal Impact factor: 5.4

Ranking: 5/54

Position: Q1/D1









Universidad  
de Huelva

Alejandro Artero García