



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE MEDICINA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO
INSTITUTO NACIONAL DE CARDIOLOGÍA IGNACIO CHÁVEZ
TESIS DE POSGRADO
PARA OBTENER EL TÍTULO DE
ESPECIALISTA EN CARDIOLOGÍA CLÍNICA

TÍTULO:

**SEGURIDAD DEL TRANSPORTE EN HELICÓPTERO PARA PACIENTES CON
SÍNDROME ISQUÉMICO CORONARIO AGUDO**

PRESENTA:

DR. ALEJANDRO EZQUERRA OSORIO

DIRECTOR DE ENSEÑANZA:

DR. CARLOS RAFAEL SIERRA FERNÁNDEZ

DIRECTOR DE TESIS:

DR. DIEGO ARAIZA GARAYGORDOBIL

CIUDAD UNIVERSITARIA, CIUDAD DE MÉXICO, 2023



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ÍNDICE

- I. Introducción
- II. Marco Teórico
- III. Planteamiento del Problema
- IV. Justificación
- V. Objetivos
- VI. Hipótesis
- VII. Material y Métodos
 - a) Diseño de la Investigación
 - b) Población y Muestra
 - c) Criterios de Inclusión
 - d) Criterios de Exclusión
 - e) Métodos
 - f) Variables
 - g) Análisis estadístico
- VIII. Resultados
- IX. Discusión
- X. Conclusión
- XI. Referencias

I. INTRODUCCIÓN

La enfermedad cardiovascular es la principal causa de mortalidad de la población adulta en ambos sexos a nivel mundial y también en México. El tratamiento del infarto agudo del miocardio con elevación del segmento ST consiste en lograr la reperfusión del vaso en las primeras 12 horas del inicio de los síntomas. Una vez hecho el diagnóstico, la intervención coronaria percutánea primaria se debe realizar rápidamente en los primeros 120 minutos o la fibrinólisis en los primeros 10 minutos¹. La estrategia de intervención coronaria percutánea (ICP) primaria es más recomendable que la fibrinólisis siempre que se realice en los plazos indicados¹. Las redes de tratamiento para el infarto agudo del miocardio han permitido mejorar los tiempos para lograr las metas de reperfusión, siendo los helicópteros un eslabón clave para el traslado oportuno de pacientes con dicha patología no accesibles a estrategias de reperfusión mencionadas.

II. MARCO TEÓRICO

En el año 2020 el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) reportó 218,885 muertes por causa cardiovascular, lo cual aumentó respecto al 2019 con 156,041 muertes reportadas por la misma causa². Es por ello, que cualquier estrategia que mejore el diagnóstico y tratamiento oportuno de los síndromes isquémicos coronarios agudos (SICA) debe implementarse y continuarse mejorando.

Los síndromes isquémicos coronarios agudos se dividen en dos, infarto agudo del miocardio con elevación del segmento ST (IAMcST) y SICA sin elevación del segmento ST que a su vez se divide en infarto agudo del miocardio sin elevación del segmento ST (IAMsST) y angina inestable. En el caso de IAMsST y angina inestable los pacientes deben ser llevados a intervención coronaria percutánea (ICP) con base al riesgo. Se debe realizar en las primeras 2 horas cuando el paciente presenta inestabilidad hemodinámica, choque cardiogénico, dolor torácico recurrente o refractario, arritmias mortales, complicaciones mecánicas, insuficiencia cardíaca relacionada al SICA o depresión ≥ 1 mm del segmento ST en 6 derivaciones con elevación en aVR. Cuando existe

diagnóstico confirmado de IAMsST, cambios dinámicos del segmento ST, reanimación cardiopulmonar con retorno a la circulación espontánea o escala Global Registry of Acute Coronary Events (GRACE) mayor a 140 puntos deben ir en las primeras 24 horas. En caso de no presentar ningún de los criterios antes mencionados se clasifica como riesgo bajo y la decisión de ICP será con base a otros estudios de extensión³.

En el caso de IAMcST el tratamiento consiste en lograr la reperusión de la arteria culpable en las primeras 12 horas del inicio de los síntomas. Una vez hecho el diagnóstico, la ICP primaria se debe realizar rápidamente como meta en los primeros 120 minutos o la fibrinólisis en los primeros 10 minutos¹. La ICP primaria es superior a la fibrinólisis en mortalidad, reinfarto y evento vascular cerebral⁴, por lo cual la ICP primaria es más recomendable que la fibrinólisis siempre que se realice en los plazos indicados¹. Cuando la fibrinólisis es seguida de ICP de rescate (en caso de fibrinólisis fallida) o estrategia sistémica de ICP precoz (en caso de fibrinólisis exitosa) no hay diferencia con ICP primaria en mortalidad, reinfarto choque o insuficiencia cardiaca a 30 días como lo demostró en el año 2013 el estudio STREAM⁵. Se define como fibrinólisis fallida a los pacientes que posterior a 60-90 min de la administración del fibrinolítico la resolución del segmento ST es menor al 50% o cuando exista inestabilidad hemodinámica / eléctrica, empeoramiento de la isquemia o dolor torácico persistente¹.

El tratamiento óptimo del IAMcST debe basarse en redes entre el sistema prehospitalario y hospitalario con varios niveles de tecnología conectados por un servicio eficiente y priorizado de ambulancias terrestres o aéreas. El objetivo de estas redes es proporcionar una atención médica óptima, reducir los retrasos y, por lo tanto, mejorar los resultados clínicos¹. El equipo de respuesta no debe estar formado sólo por cardiólogos, sino paramédicos entrenados en SICA, personal de enfermería y médicos de otras especialidades.

En México existen muchos problemas para establecer la reperusión de IAMcST en las metas establecidas como lo son la falta de un programa universal de reperusión, extensión

geográfica, deficiencia en la capacidad diagnóstica y de referencia, falta de salas para cateterismo existiendo en sólo 15% de hospitales y la fragmentación en el sistema prehospitalario y hospitalario⁶. Debido a esto, se reporta en México un tiempo promedio de retraso del inicio de síntomas a puerta en pacientes con IAMcST de 648 minutos comparado a otros países como India y Francia de 300 y 180 minutos respectivamente⁷. Por lo tanto, 47.4% de pacientes con IAMcST no reciben terapia de reperfusión y de ellos sólo el 15% son llevados a ICP primaria⁷. En Estados Unidos el 70% de los pacientes con IAMcST se presentan a un hospital sin capacidad para ICP⁸.

Debido a la escasas y distancias entre las salas de cateterismo la terapia farmacoinvasiva, que consta de fibrinolítico y posterior ICP es la principal estrategia de reperfusión en México. Por lo tanto, cualquier esfuerzo en reducir los tiempo a reperfusión, trombólisis o ICP deben ser llevados a cabo. El Programa Nacional para la Reducción de la Mortalidad por Infarto Agudo al Miocardio IAM-MX (PREMIA) para mejorar los tiempos de reperfusión ha utilizado los helicópteros como ambulancias aéreas para el traslado de pacientes con SICA.

La transportación aeromédica se divide en aeronaves de ala rotatoria como los helicópteros o de ala fija como jets o aviones comerciales. El tipo de aeronave es seleccionado con base a la distancia y altura requerida. Los helicópteros alcanzan velocidades arriba de 150 millas por hora (240 kilómetros por hora), pueden llegar a las áreas de accesos difíciles a vehículos y generalmente se utilizan en distancias menores a 240km⁹. Los primeros traslados aeromédicos en helicóptero iniciaron en 1950 durante la guerra de Korea y continuó en incremento durante 1965 con la guerra de Vietnam¹⁰. En cualquier emergencia médica el helicóptero generalmente se solicita cuando el traslado terrestre no se puede realizar o el tiempo de traslado es prolongado que puede repercutir en complicaciones irreversibles.

Las ambulancias aéreas se deben equipar como unidad de terapia intensiva con medicamentos, bombas de infusión, monitor de signos vitales y desfibrilador. En la Norma Oficial Mexicana NOM-034-SSA3-2013 de Regulación de los servicios de salud y atención médica prehospitalaria así como el Modelo de Atención Médica Prehospitalaria de la Secretaría de Salud/STCONAPRA en la Ciudad de México publicado en 2017 no existen recomendaciones para el equipamiento y traslado aeromédico en helicóptero¹¹. En México la mayoría de los

traslados en helicóptero son realizados por paramédicos, en otros países suele ir además un médico o personal de enfermería. En México y en la mayoría de los países, el personal médico y paramédico pueden decidir el traslado por vía aérea de los pacientes pero es necesario conocer los cambios fisiológicos que ocurren después de 8000 pies (2438 metros) en cabinas no presurizadas como los helicópteros¹⁰.

La presión atmosférica a nivel del mar es de 760mmHg la cual disminuye con el aumento de altitud alterando las propiedades de los gases¹². De la misma forma la presión parcial de oxígeno (PO₂) disminuye con la altura, en altitudes menores a 1000 pies los cambios de presión atmosférica y PO₂ son mínimos⁹. Los aviones vuelan en promedio entre 42000 pies y 52000 pies donde la presión disminuye hasta 140mmHg al alcanzar 40000 pies siendo incompatible con la vida¹³, por lo cual las cabinas de aviones deben ser presurizadas a presiones atmosféricas equivalentes entre 5000 y 8000 pies de altura.

El centro de la Ciudad de México se encuentra a 7349 pies de altura (2240 metros). Se conoce que a 8,000 pies con una presión atmosférica de 564mmHg la PO₂ disminuye de 160-150mmHg a nivel del mar a 107mmHg y la FiO₂ a 15%. Esto se traduce que en personas sanas un descenso de presión arterial de oxígeno (PaO₂) de 98 a 55mmHg puede disminuir la saturación de oxígeno (SatO₂) a 90%, es decir, respirar aire a 8000 pies es como respirar FiO₂ de 15% a nivel del mar en vez de 21% (Tabla 1). En personas sanas estos cambios fisiológicos no representan sintomatología alguna, pero en personas con patología cardiovascular la SatO₂ puede disminuir aún más. Se conoce que la hipoxia es un estímulo para desencadenar arritmias y extrasístoles ventriculares. Una serie de 24 pacientes con cardiopatía isquémica transportados con altitud en cabina de 6900 pies disminuyó la SatO₂ 5.5% requiriendo O₂ suplementario en 3 pacientes⁹.

Tabla 1. Relación de presiones y FiO₂ a diferentes altitudes				
Altitud (pies)	Altitud (metros)	Presión atmosférica (mmHg)	PO₂ (mmHg)	FiO₂ equivalente a nivel del mar (%)

0	0	760	160	21
2000	610	707	148	19
4000	1220	659	138	18
6000	1830	609	127	16
8000	2440	564	118	15
10000	3050	523	110	14
12000	3660	483	101	12
14000	4270	446	94	11
40000	12200	140	29	2.8

Otra consideración a tomar en cuenta es la expansión de los gases. Con base a la ley de Boyle que predice la expansión de gases en espacios cerrados, es necesario contemplar su promedio un 35% cuando se encuentran a una altitud de 8,000 pies. Por lo cual cualquier contenedor de aire como monitor de presión arterial, drenajes, tubo endotraqueal, líneas arteriales y soluciones tendrán estos cambios de expansión en el ascenso¹⁰. Debido a esto se recomienda utilizar bombas de infusión para las soluciones, utilizar manómetro de presión para tubo endotraqueal o inflar el globo del tubo endotraqueal con agua para evitar broncoaspiración ya que en los descensos la presión del globo que disminuirá. En el caso de pacientes hemodinámicamente inestables se recomienda el monitoreo de presión arterial invasivo sobre un manguito de presión arterial debido a la expansión de gases. En caso que el monitoreo no invasivo con manguito sea la opción, se recomienda utilizar la presión arterial media en vez de la presión arterial sistólica¹⁴.

Otros riesgos asociados a la transportación aeromédica además de hipoxia y expansión de gases, son la ansiedad del paciente por el vuelo y complicaciones relacionadas al movimiento del paciente⁹. Esta última se observa en el 6% y puede ser menor como descanalización de vía periférica o grave como la ventilación mecánica⁹. El vuelo y no explicar el procedimiento al paciente pueden provocar taquicardia y taquipnea asociada a la ansiedad que en el caso de SICA es perjudicial.

La contraindicación absoluta para un vuelo es la condición climatológica no segura. Son relativas la inestabilidad hemodinámica, neumotórax, neumoperitoneo, neumoencéfalo, evento

vascular cerebral hemorrágico. Debido al reducido espacio o cantidad de personal en el vuelo pueden ser contraindicaciones el embarazo con inminente alumbramiento o paro cardíaco¹⁰.

Estudios hechos en Estados Unidos y Europa que comparan traslado terrestre vs helicóptero en pacientes con SICA son controvertidos en resultados acerca de morbi-mortalidad y optimización del tiempo⁴. Teóricamente el traslado aéreo debe ser más eficiente en reducir los tiempos de traslados, pero en un estudio multicéntrico en Estados Unidos en el 2007 con 111 casos trasladados a ICP primaria vía helicóptero sólo 3% se realizó tiempo ECG-balón en menos de 90 minutos¹⁵. La seguridad del paciente durante el vuelo también es contradictoria. Topol en 1986 con 150 pacientes con IAMcST de los cuales 55 recibieron trombólisis reportó que es seguro el traslado vía helicóptero¹⁶, mientras Schneider reportó mayor incidencia de choque cardiogénico, bradicardia, arritmias o dolor torácico en transportados vía aérea en helicóptero vs terrestre, 41% vs 7.5% respectivamente¹⁷. Existe un estudio que reportó mayores niveles de catecolaminas en pacientes trasladados por vía aérea en helicóptero que por tierra lo que puede contribuir a desarrollo de arritmias⁴.

Existen no más de 20 series a nivel mundial que describan los desenlaces en pacientes con SICA trasladados vía aérea en helicóptero, la mayoría de ellas van de 50 a 200 pacientes. La base más grande reportada es de Polonia llevada a cabo del 2011 al 2018 donde trasladaron 6099 pacientes con SICA de los cuales el promedio de edad fue 64 años. Encontraron que pacientes trasladados de área rural vs urbana tenían mayor mortalidad, 5.9% vs 3.9%. También documentaron mayor trastorno del ritmo entre área rural vs urbana de manera significativa siendo las más frecuentes fibrilación auricular en 5.6%, taquicardia ventricular 4.2%, bloqueos auriculo ventriculares 4% y ritmos de paro cardíaco en 2.1%. El 5.1% se trasladaron con ventilación mecánica y los promedio en distancia del traslado fueron 51.3km y 18.2 minutos¹⁸.

El primer estudio en demostrar beneficio en los desenlaces de pacientes con IAM trasladados vía helicóptero vs terrestre a centros de ICP fue en Estado Unidos por Cindy et al. donde el tiempo a reperusión en helicóptero fue menor, 55 minutos vs 51 minutos en terrestres, existió menor estancia hospitalaria y 38% en reducción del compuesto combinado en mortalidad,

reinfarto y evento vascular cerebral (EVC) a 30 días¹⁹. En Dinamarca en una serie de 398 pacientes transportados vía helicóptero comparado a transporte terrestre mostró la disminución de 30 y 60 minutos a quienes viven a 115km y 140km respectivamente, logrando en mortalidad una reducción relativa del 10% y el riesgo de insuficiencia cardiaca otro 10%²⁰.

Otro estudio en Dinamarca durante el 2010 compararon varios desenlaces del IAMcST de 384 pacientes trasladados a ICP primaria por helicóptero vs 1220 en vía terrestre. El helicóptero para ser despachado debía ser un traslado terrestre esperado mayor a 25 minutos. En ambos casos se podían administrar antiagregantes y heparina durante el traslado posterior a la autorización del cardiólogo del centro ICP. Con distancias promedio de 110km en helicóptero y 77km en ambulancia. En relación al tiempo de ECG al arribo del centro ICP, el tiempo en promedio fue 7 minutos inferior en helicóptero. La mortalidad a 30 días fue 5% en helicóptero vs 6.2% en ambulancia terrestre (OR = 0.82, 95% IC 0.44–1.51, P = 0.52). En este estudio observacional no existía beneficio estadísticamente significativo en la mortalidad en pacientes trasladados a ICP primaria vía helicóptero vs terrestre, sin embargo no se establecen las características poblaciones como Killip Kimbal y localización del infarto²¹.

Más recientemente, en Francia se comparó en áreas rurales el traslado pacientes con IAMcST a ICP primaria de los cuales 410 fueron en helicóptero y 1501 por vía terrestre. Con una población donde el 76% eran hombres, edad promedio de 62 años y 75% con Killip y Kimball clase I, encontraron que el objetivo primario de pacientes que llegan en 90 minutos a sala de cateterismo se alcanzó 5 veces menos en pacientes trasladados vía aérea (9.8% vs. 37.2%; OR 5.49; 95% IC 3.90; 7.73; P<0.0001) cuando el traslado era menor a 50km. No encontraron diferencia en mortalidad en traslado aéreo vs terrestre (6.9% vs. 6.6%; P=0.88). Este estudio finalizado en 2017 es el más grande en comparar ambas modalidades de traslado hospitalario en áreas rurales y concluyen considerar helicóptero en distancias mayores a 50km y comentan considerar el costo promedio de 10,000 euros por hora de vuelo²².

Las distancias de traslado reportadas en series de casos van desde 30km hasta 240km^{4, 23} y todas las altitudes reportadas son a nivel del mar, no hay reportes a la altura de la Ciudad de México o mayores.

A nivel mundial el traslado en helicóptero va en aumento. En Turquía del 2019 al 2021 el 39.5% de traslados aeromédicos en helicóptero correspondieron a patología cardiovascular, siendo infarto agudo del miocardio el 79% de estos casos con un tiempo promedio de traslado de 35 minutos²⁴. En la Ciudad de México los traslados vía helicóptero se realizan de forma gratuita para el paciente con el Agrupamiento Cóndores de la Secretaría de Seguridad Ciudadana, en el 2018 reportaron un total de 299 traslados de los cuales SICA fueron el 20.7%, aumentando en el primer trimestre del 2019 a 29.3%. De la misma forma en el Estado de México el Unidad de Rescate Aéreo del Estado de México con el agrupamiento Relámpagos realiza traslado aeromédicos en helicóptero de forma gratuita Foto 1.. A pesar de ir en incremento dichos traslados en México, no existen reportes y estadística de los traslados aeromédicos en helicóptero de pacientes con síndrome isquémico coronario.



Agrupamiento Cóndores de la Secretaría de Seguridad Ciudadana, CDMX. Crédito @condores.ssc



Unidad de Rescate Aéreo del Estado de México, Relámpagos. Crédito @GrupoRelampagos

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Es necesario generar la primera base de datos en México sobre pacientes con SICA trasladados vía helicóptero para evaluar la seguridad y desenlaces cardiovasculares. Conocer áreas de oportunidad en los traslados vía helicóptero para continuar mejorando los tiempos en los programas de reperfusión en infarto agudo del miocardio.

IV. JUSTIFICACIÓN

No existen reportes en México sobre la estadística de los pacientes con SICA que se trasladan en helicóptero a hospital para su tratamiento de reperfusión. Es importante conocer la situación actual de los desenlaces y complicaciones asociadas al traslado aeromédico en helicóptero en nuestra población.

V. OBJETIVOS

a) Objetivo General

- Evaluar la seguridad del transporte vía helicóptero para pacientes con infarto agudo del miocardio en la población mexicana.

b) Objetivos Específicos

- Evaluar las principales características clínicas, escalas de riesgo y desenlaces cardiovasculares en pacientes con síndrome isquémico coronario agudo trasladados vía aérea helicóptero a tercer nivel.
- Conocer las complicaciones asociadas al traslado vía aérea en helicóptero tanto en los subgrupos de trombólisis fallida, trombólisis exitosa, ICP primaria y no reperfundidas.
- Comparar si existen complicaciones y desenlaces en pacientes trasladados en las primeras 24 horas o posterior a ellas.
- Comparar con otras series los desenlaces cardiovasculares y complicaciones en pacientes trasladados en altitudes elevadas como la Ciudad de México.

VI. HIPÓTESIS

H1: el transporte en helicóptero para pacientes con IAMCEST se asocia a un incremento en eventos adversos de seguridad, en comparación con los traslados terrestres

H0: el transporte en helicóptero para pacientes con IAMCEST no se asocia a un incremento en eventos adversos de seguridad , en comparación con los traslados terrestres.

VII. MATERIAL Y MÉTODOS

- Diseño del estudio:

Se realizó un estudio prospectivo, observacional, descriptivo con información proveniente de una base de datos creada exclusivamente de pacientes con diagnóstico de infarto agudo del miocardio trasladados vía aérea en los helicópteros de la Unidad de Rescate Aéreo del Estado de México con indicativo Relámpagos así como del Agrupamiento Cóndores de la Secretaría de Seguridad Ciudadana de la Ciudad de México al helipuerto del Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez que ingresaron a urgencias y unidad coronaria del Instituto en el periodo del 30 de septiembre del 2021 al 17 de mayo del 2022.

- Población y muestra

La población se integró por pacientes mayores de 18 años de ambos sexos. La muestra fue no probabilística, se obtuvo del servicio de urgencias - unidad coronaria del Instituto Nacional de Cardiología así como datos proporcionados por la Unidad de Rescate Aéreo del Estado de México y del Agrupamiento Cóndores de la Secretaría de Seguridad Ciudadana de la Ciudad de México.

- Criterios de inclusión

Pacientes con diagnóstico de SICA (IAMcST, IAMsST y angina inestable) trasladados en helicóptero al Instituto Nacional de Cardiología.

- Criterios de exclusión

Pacientes sin datos demográficos completos (edad o género), datos del vuelo (altura y registro de complicaciones).

- Variables

Se enlistan en tabla 2.

Tabla 2	VARIABLE	TIPO DE VARIABLES Y ESCALA	UNIDADES
	Sexo	Cuantitativa dicotómica	0=mujer, 1= hombres
	Edad	Cualitativa continua	años
	Diabetes	Cualitativa dicotómica	0= no, 1=si
	Hipertensión Arterial	Cualitativa dicotómica	0= no, 1=si
	Dislipidemia	Cualitativa dicotómica	0= no, 1=si
	Tabaquismo	Cualitativa dicotómica	0= no, 1=si
	Obesidad	Cualitativa dicotómica	0= no, 1=si
	Cardiopatía Isquémica previa	Cualitativa dicotómica	0= no, 1=si
	Revascularización previa (percutánea o quirúrgica)	Cualitativa dicotómica	0= no, 1=si
	Frecuencia cardiaca	Cuantitativa continua	Lpm
	Presión arterial sistólica	Cuantitativa continua	mmHg
	Presión arterial diastólica	Cuantitativa continua	mmHg
	Frecuencia Respiratoria	Cuantitativa continua	rpm
	Escala Killip Kimball	Cualitativa categórica	1= I: Sin signos o síntomas de insuficiencia cardiaca 2= II: estertores crepitantes, tercer ruido, taquicardia 3= III: edema agudo de pulmón 4= IV: choque cardiogénico
	Escala TIMI	Cuantitativa continua	puntaje
	Riesgo GRACE	Cuantitativa continua	puntaje
	Hemoglobina	Cuantitativa continua	g/dL
	Creatinina	Cuantitativa continua	mg/dL
	Glucosa	Cuantitativa continua	mg/dL
	proBNP	Cuantitativa continua	pg/mL
	Tiempo primer contacto	Cuantitativa continua	minutos
	Tiempo puerta aguja	Cuantitativa continua	minutos
	Tiempo puerta balón	Cuantitativa continua	minutos
	Tiempo total isquemia	Cuantitativa continua	minutos
	Diagnóstico	Cualitativa categórica	1= Trombólisis fallida 2= Trombólisis exitosa 3= ICP Primaria 4= No reperfundido

		5= IAMsT 6= MINOCA
Localización infarto	Cualitativa categórica	1= inferior 2= anterior 3= posterior 4= posteroinferior 5= anterior extenso
Distancia primer contacto a INC	Cuantitativa continua	kilómetros
Tiempo inicio de síntomas a traslado	Cuantitativa continua	horas
Complicaciones	Cualitativa categórica	1= Descanalización 2= Hipoxia 3= Arritmia 4= Angina 5= Ansiedad 6= Sangrado 7= Hipotermia
Altura vuelo	Cuantitativa continua	pies

- Análisis Estadístico

Se realizó un análisis descriptivo de las variables cuantitativas, y dependiendo de su normalidad, corroborada por la prueba de Shapiro-Wilk, se describieron con media y desviación estándar, en caso de ser paramétricas, o con mediana y rangos intercuantiles, en caso de ser no paramétricas. De igual manera, tomando en cuenta la normalidad, se hizo un análisis bivariado para las variables cuantitativas por medio de t de Student o U de Mann-Whitney, según correspondiera.

Las variables cualitativas se describieron por medio de frecuencias y porcentajes, mientras que para su análisis bivariado se utilizó la prueba de χ^2 o la prueba exacta de Fisher, dependiendo del número de eventos recopilados.

En todos los análisis se consideró como significativo un valor de $p < 0.05$. Se utilizó el programa STATA v13 (StataCorp LP, College Station, Tx).

- Implicaciones Éticas

La investigación presente se fundamentó en las pautas para una buena práctica clínica con base a los lineamientos de la declaración de Helsinki. Además de las bases implementadas nacionales siguientes: la constitución política de los Estado Unidos Mexicanos (artículo 2, párrafo 2); la Ley General de Salud (título 5to, artículo 98 a 103), el Reglamento General de Salud (en materia de prestación de servicio de atención médica), el Reglamento de la Comisión Federal para la Protección de Riesgos Sanitarios (artículo 14, fracción 8) y por último en la Norma Oficial Mexicana de Expediente Clínico 004.

VIII. RESULTADOS

En el presente estudio se evaluaron 106 pacientes que se trasladaron vía aérea al helipuerto del Instituto Nacional de Cardiología con diagnóstico de infarto agudo del miocardio en los helicópteros de la Unidad de Rescate Aéreo del Estado de México con indicativo Relámpagos así como del Agrupamiento Cóndores de la Secretaría de Seguridad Ciudadana de la Ciudad de México ingresando a urgencias y unidad coronaria del Instituto en el periodo del 30 de septiembre del 2021 al 17 de mayo del 2022. Al conocer los cambios fisiológicos en cabinas no presurizadas y la altura de la CDMX, todos los pacientes recibieron oxígeno suplementario durante el traslado buscando garantizar saturación de oxígeno mayor al 90%.

Se identificó que la edad promedio fue de 54 años (± 10 años DE) y predominó el sexo masculino en 84.9%. La prevalencia de factores de riesgo cardiovasculares clásicos fueron tabaquismo (56.4%), hipertensión arterial sistémica (45.2%), diabetes tipo 2 (30.1%), obesidad (26.4%), dislipidemia (22.6%) y antecedente de cardiopatía isquémica (11.3%). Las características basales clínicas se mencionan en la tabla 3.

Tabla 3

VARIABLE	TOTAL N=106
Masculino n(%)	90 (84.9%)
Edad (años) ±DE	54 (±10 años)
Diabetes n(%)	32 (30.1%)
Hipertensión Arterial n(%)	48 (45.2%)
Dislipidemia n(%)	24 (22.6%)
Tabaquismo n(%)	60 (56.4%)
Obesidad n(%)	28 (26.4%)
Cardiopatía Isquémica previa n(%)	12 (11.3%)
Revascularización previa (percutánea o quirúrgica) n(%)	8 (7.5%)
Frecuencia cardiaca (lpm) ±DE	78 (± 63-92)
Presión arterial sistólica (mmHg) mediana (RIQ)	123 (± 111-134)
Presión arterial diastólica (mmHg) mediana (RIQ)	75 (± 70-80)
Frecuencia Respiratoria rpm mediana (RIQ)	18 (± 16-20)
Escala Killip Kimball n(%)	I: 67 (63.%) II: 30(28.3%) III: 3 (2.8%) IV: 6 (5.6%)
Escala TIMI mediana (RIQ)	3 (±2-5)
Escala GRACE mediana (RIQ)	113 (±97-136)
Hemoglobina mg/dL mediana (RIQ)	15.7 (±14.5-16.9)
Creatinina mg/dL mediana (RIQ)	0.9 (±0.8-1.1)
Glucosa mg/dL mediana (RIQ)	132 (±113-184)
NT-proBNP pg/mL mediana (RIQ)	993 (±390-2502)
Tiempo primer contacto minutos mediana (RIQ)	150 (±75-240)
Tiempo puerta aguja minutos mediana (RIQ)	40 (±17-95)
Tiempo puerta balón minutos mediana (RIQ)	65 (±60-74)
Tiempo total isquemia minutos mediana (RIQ)	274 (±185-430)
Diagnóstico n(%)	Trombólisis fallida 29 (27.3%) Trombólisis exitosa 55(51.8%) ICP Primaria 4 (3.7%) No reperfundido 10 (9.4%) IAMsST 6 (5.6%) MINOCA 2 (1.8%)
Localización infarto n(%)	Inferior 36 (36.7%) Anterior 41 (41.8%) Posterior 12 (12.2%)

	Posterior inferior 2 (2%) Anterior extenso 7 (7.1%)
Distancia primer contacto a INC kilómetros mediana (RIQ)	50 ($\pm 27-58.7$)
Tiempo inicio de síntomas a traslado horas mediana (RIQ)	16 ($\pm 7-23$)
Complicaciones n(%)	Descanalización 2 (1.8%) Hipoxia 2 (1.8%) Arritmia 0 (0%) Angina 1 (0.9%) Ansiedad 0 (0%) Sangrado 0 (0%) Hipotermia 0 (0%)
Altura vuelo pies mediana (RIQ)	10,100 ($\pm 8,300-11,300$)

El síndrome isquémico coronario más frecuente fue IAMcST trombolizado exitoso (51.8%), seguido de IAMcST con trombólisis fallida (27.3%) e IAMcST no reperfundido (9.4%). La localización del infarto más frecuente fue localización anterior (41.8%) seguido del inferior (36.7%). El tiempo de a traslado desde inició de síntomas fue de 5 horas en IAMcST para ICP primaria, 8 horas en IAMcST con trombólisis fallida, 18 horas en IAMcST trombolizado exitoso, 23.5 horas para el IAMsST y 44.5 horas para el IAMcST no reperfundidas.

Con base a las características del vuelo se documentó que el promedio de distancia fue de 50 kilómetros (km) siendo 10.8km la menor desde el hospital general Enrique Cabrera en Ciudad de México y la máxima de 116.6km desde hospital regional de Tejupilco del Estado de México. La altura promedio fue 10,100 pies con mínima de 8,300 pies y máxima de 12,607 pies.

Las complicaciones que se evaluaron fueron descanalización, hipoxemia, arritmias, angina, ansiedad, sangrado o hipotermia. Se presentaron 5 complicaciones siendo la descanalización en dos casos (1.8%) sin repercusión clínica ya que no llevaban inotrópicos, vasopresor o sedación. Englobados como eventos cardiovasculares mayores se documentó hipoxemia en dos pacientes (1.8%) y un episodio de angina posterior al iniciar el traslado (0.09%).

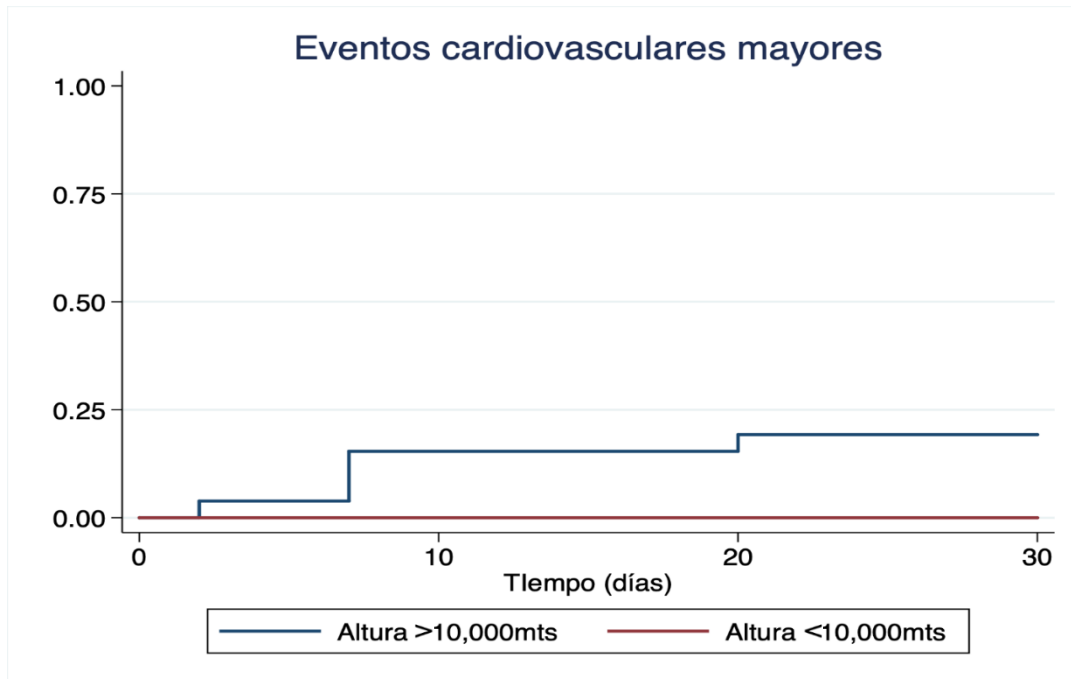
El primer paciente en presentar hipoxemia fue con diagnóstico de IAMcST posteroinferior con trombólisis exitosa, Killip Kimball clase 1 y altura de vuelo a 8300 pies. El segundo paciente con hipoxemia ocurrió en un IAMcST anterior trombolizado fallido, Killip Kimball clase 3 y con altura de vuelo a 8237. El paciente con angina durante el vuelo se trató de un IAMcST posteroinferior trombolizado exitoso, Killip Kimball clase 1 y altura de vuelo a 11,211 pies. Al analizar los resultados por altura de vuelo, todas las complicaciones reportadas ocurrieron al volar sobre los 10000 pies de altura y distancias mayores a 50km del hospital de envío al Instituto Nacional de Cardiología. Sin embargo al comparar por método Pearson Chi² por grupo de diagnósticos no existió diferencia estadísticamente significativa en las complicaciones (P=0.999).

Tabla 4.

Tabla 4. Comparación entre diagnósticos de base y complicaciones mayores.					
	Trombólisis fallida	Trombólisis exitosa	ICP Primaria	IAMsST	MINOCA
Hipoxia	1 (0.9%)	1 (0.9%)	0	0	0
Angina	0	1 (0.9%)	0	0	0

Al analizar los eventos cardiovasculares mayores definidos como reinfarto, choque cardiogénico, insuficiencia cardíaca y muerte por causas cardiovasculares, comparados por los traslados por altitud (mayor o menor a 10000 pies) no existió diferencia estadísticamente (P=0.14). Gráfica 1

Gráfica 1. Eventos cardiovasculares mayores en relación con altura de vuelo



IX. DISCUSIÓN

La implementación de redes de infarto ha disminuido la mortalidad del infarto agudo del miocardio y acortado los tiempo de reperfusión. Los traslados vía helicóptero de pacientes con SICA son un esfuerzo dentro de las redes para impactar en los desenlaces cardiovasculares. Desde 1987 se reportó la primera serie de 105 pacientes donde se documentaron 12% de complicaciones como hipotensión y arritmias que ameritaron tratamiento⁹. La siguientes series en 1986 y 1991 con 150 y 95 pacientes respectivamente reportaron 5% de taquicardia ventricular e hipotensión en 18% los trasladados⁹.

Al comparar nuestra población con las series antes mencionadas y la más grande de 6099 pacientes con SICA en Polonia del 2011 al 2018 encontramos que la edad de nuestra población es menor, 54 años vs 64 años y con distancia promedio de traslado similar de 50 km en ambas series¹⁸. Ellos documentaron arritmias serias durante el traslado, 4.2% de taquicardia ventricular con pulso y 2.1% en ritmos de paro cardiaco mientras que en nuestra serie, menor en población, no se

documentaron dichos trastornos del ritmo. Un estudio en Rumania donde se realizaron 45 traslados vía helicóptero la edad promedio también fue similar a la de Polonia: 63 años, donde el 70% eran hombres vs 84.9% en nuestra población¹⁸. Otra similitud es que en su serie el Killip Kimbal (KK) clase I fue 60% y clase IV del 7% vs 63% y 5.6% respectivamente en nuestra serie, sin embargo sus distancias a centro ICP fueron hasta de 240km⁴, mientras que en nuestra serie la mayor fue de 116.6km.

Activar un helicóptero incrementa costos y puede retrasar los tiempos de traslados en distancias cortas al implicar un dispositivo de seguridad en los sitios de aterrizaje comparado con los terrestres, por lo cual en Dinamarca concluyen que en distancias mayores a 75km se debe considerar el traslado aeromédico para acortar el tiempo de reperfusión²⁰. En nuestra serie el promedio en distancia fue de 50km alcanzando el 18.8% distancias mayores a 75km. Sin embargo hay que tomar en cuenta que todos los helicópteros cuentan con monitoreo cardíaco, y la mayoría de las ambulancias en México, al ser de urgencias básicas, no cuentan con monitor cardíaco. Por lo cual, debe ser considerado como otro factor a la hora de decidir el traslado a pesar de distancias cortas en pacientes con inestabilidad hemodinámica.

La evidencia en la reducción de la mortalidad en pacientes trasladados vía aérea en helicóptero cada vez es más sólida como se ha mencionado. Otro estudio que lo demuestra fue realizado en Japón, donde en traslados vía helicóptero con distancias menores a 70km se encontró menor mortalidad por causa cardíaca a 2 años en 6.3% vs. 14.9% en terrestre ($p = 0.019$)²³, lo cual motiva a realizar más estudios para evaluar desenlaces cardiovasculares a largo plazo en la población mexicana.

Otro punto a evaluar para futuras investigaciones es quien es personal de salud que realiza el traslado aeromédico. En Estados Unidos los traslados aeromédicos están hechos por paramédicos y sólo 5% por un médico con especialidad en urgencias. En una serie de pacientes con SICA trasladados vía helicóptero existieron diferencias con el no personal médico ocurriendo mayor administración de analgésicos intravenosos y nitroglicerina, mayor tiempo de ECG-balón (118 vs 107 minutos; $P=0.002$) así como 3 veces más riesgo de presentar efectos adversos hospitalarios como paro cardíaco (8.5% vs 1.2%; $P=0.003$), choque cardiogénico (14.1% vs 5.5%; $P=0.01$) y necesidad de balón de contrapulsación aórtica (21.1% vs 11.9%; $P=0.04$), no así eventos registrados durante el vuelo⁸. En nuestra serie todos

los traslados fueron realizados por paramédicos y los medicamentos administrados eran en infusión que se iniciaron en el hospital de envío y se continuaron durante el traslado sin administrar nuevos medicamentos.

El Instituto Vanderbilt en Nashville en EUA implementó en 2007 un protocolo donde los paramédicos de ambulancia terrestre que identifican IAMcST transfieren el ECG a paramédicos de helicóptero quienes al confirmarlo activan sala de hemodinamia y despegan al helipunto más cercano para su traslado a ICP primaria. Los paramédicos de vuelo recibieron educación por cardiólogos. Con 22 pacientes, el objetivo primario en el tiempo de arribo de ambulancia terrestre hasta cruce de guía fue menor comparados a registros previos aún en distancia de menor de 75km, durante sus traslados aeromédicos no se registró ninguna muerte durante traslado²⁵. Consideramos con toda la evidencia mencionada y con los hallazgos de nuestra serie, que al no existir complicaciones serias, se debe seguir capacitando en México a paramédicos de ambulancias terrestres y médicos de primer contacto en la identificación de IAMcST, para en casos de trombólisis fallida o de distancias grandes a centro con ICP el traslado vía helicóptero sea una prioridad.

Es relevante mencionar que al volar en cabinas no presurizadas como los helicópteros la FiO₂ a 10,000 pies disminuye a 14% y a 12,000 pies a 12%. En nuestro estudio la altura promedio fue 10,100 pies con mínima y máxima de 12,607 pies, a todos los pacientes se administró oxígeno suplementario por puntas nasales para prevenir hipoxemia relacionada a la altura del vuelo manteniendo saturación de oxígeno entre 90 y 96%. Sólo se registraron dos pacientes, 1.8% de los casos, con hipoxemia que apareció durante el vuelo a pesar del oxígeno suplementario. Todas las complicaciones, las cuales fueron no serias se reportaron en distancias de traslado mayor a 50km y no en relación a la altura de vuelo o diagnóstico. En resumen, podemos afirmar que el traslado de pacientes con síndrome isquémico coronario agudo, con o sin elevación del segmento ST, trombolizados o no es seguro en la población mexicana a pesar de las alturas a nivel del mar que existen en el Estado de México y Ciudad de México. Será necesario evaluar el costo – beneficio y continuar estableciendo en el resto de la República

Mexicana protocolos de atención para la activación de helicópteros en el traslado de pacientes con SICA para disminuir el tiempo total de isquemia.

Las limitaciones que reconocemos en nuestro estudio son el tamaño de la muestra, si bien comparado a las primeras publicaciones internacionales nuestra población es mayor, actualmente existe una serie mayor a 6000 pacientes. Existen pocas series reportadas en el mundo y ninguna reportada en Latinoamérica lo que limita comparar resultados.

X. CONCLUSIÓN

En la cadena de redes de infarto la atención prehospitalaria es un eslabón clave para acortar los tiempos de reperfusión al miocardio. Esta serie de casos es la primera reportada en México y Latino América en evaluar la seguridad de pacientes con infarto agudo del miocardio con y sin elevación del segmento ST los cuales son referidos a tercer nivel para intervención coronaria percutánea (ICP) primaria, facilitada o de rescate. Los resultados de este estudio confirman la seguridad en el traslado aeromédico y la baja tasa de complicaciones de pacientes con síndrome isquémico coronario a pesar de la altitud que tiene la Ciudad de México y el Estado de México.

Consideramos que nuestro estudio provee información que demuestra seguridad para fomentar en las redes de infarto el traslado oportuno vía helicóptero a salas de hemodinamia impactando en las metas de reperfusión.

XI. REFERENCIAS

1. Ibanez B, James S, Agewall S, Antunes MJ, Bucciarelli-Ducci C, Bueno H, et al. 2017 ESC Guidelines for the management of acute myocardial infarction in patients presenting with ST-segment elevation: The Task Force for the management of acute myocardial infarction in patients presenting with ST-segment elevation of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur Heart J*. 2018 Jan 7;39(2):119-177. doi: 10.1093/eurheartj/ehx393
2. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2020). Censo de Población y Vivienda 2020. México, DF. Recuperado de <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ccpv/cpv2010/>
3. Collet JP, Thiele H, Barbato E, Barthélémy O, Bauersachs J, Bhatt DL, et al. ESC Scientific Document Group. 2020 ESC Guidelines for the management of acute coronary syndromes in patients presenting without persistent ST-segment elevation. *Eur Heart J*. 2021 Apr 7;42(14):1289-1367. doi: 10.1093/eurheartj/ehaa575
4. Trifan A, Dragomir L, Anghel M, Elkan EM, Munteanu S, Moscu C, et al. Assessment of Transportation by Air for Patients with Acute ST-Elevation Myocardial Infarction from Non-PCI Centers. *Healthcare (Basel)*. 2021 Mar 8;9(3):299. doi: 10.3390/healthcare9030299.
5. Armstrong PW, Gershlick AH, Goldstein P, Wilcox R, Danays T, Lambert Y, et al. STREAM Investigative Team. Fibrinolysis or primary PCI in ST-segment elevation myocardial infarction. *N Engl J Med*. 2013 Apr 11;368(15):1379-87. doi: 10.1056/NEJMoa1301092.
6. Araiza-Garaygordobil Diego, Arias-Mendoza Alexandra, Martínez-Sánchez Carlos, Martínez-Ríos Marco Antonio, Ajit Mulasari S.. Reperfusion of myocardial infarction in India: Notions for México. *Arch. Cardiol. Méx.* [revista en la Internet]. 2018 88(2): 148-152. doi.org/10.1016/j.acmx.2017.10.006.
7. Araiza-Garaygordobil D, González-Pacheco H, Sierra-Fernández C, Azar-Manzur F, Cruz JLB, Martínez-Ríos MA, et al. Retraso prehospitalario en pacientes con infarto agudo de miocardio en la Ciudad de México. *Arch Cardiol Mex*. 2019;89(2):188-190. English. doi: 10.24875/ACM.M19000019.
8. Gunnarsson SI, Mitchell J, Busch MS, Larson B, Gharacholou SM, Li Z, Raval AN. Outcomes of Physician-Staffed Versus Non-Physician-Staffed Helicopter Transport for ST-Elevation Myocardial Infarction. *J Am Heart Assoc*. 2017 Feb 2;6(2):e004936. doi: 10.1161/JAHA.116.004936.
9. Essebag, Vidal et al. Air Medical Transport of Cardiac Patients: CHEST. 2003., (124) 5, 1937 – 1945. doi.org/10.1378/chest.124.5.1937.

10. Araiza A, Duran M, Surani S, Varon J. Aeromedical Transport of Critically Ill Patients: A Literature Review. *Cureus*. 2021 May 7;13(5):e14889. doi: 10.7759/cureus.14889.
11. Modelo de Atención Médica Prehospitalaria. Secretaría de Salud/STCONAPRA. México, Ciudad de México, 2017.
12. Shesser R: Medical aspects of commercial air travel. *Am J Emerg Med*. 1989, 7:216-26. 10.1016/0735-6757(89)90142-3
13. Coker RK, Boldy DAR, Buchdahl R, et al.: Managing passengers with respiratory disease planning air travel: British Thoracic Society recommendations. *Thorax*. 2002, 57:289-304. 10.1136/thorax.57.4.289
14. McMahon N, Hogg LA, Corfield AR, Exton AD: Comparison of non-invasive and invasive blood pressure in aeromedical care. *Anaesthesia*. 2012, 67:1343-7. 10.1111/j.1365-2044.2012.07302.x
15. McMullan JT, Hinckley W, Bentley J, Davis T, Fermann GJ, Gunderman M, et al. Reperfusion is delayed beyond guideline recommendations in patients requiring interhospital helicopter transfer for treatment of ST-segment elevation myocardial infarction. *Ann Emerg Med*. 2011 Mar;57(3):213-220.e1. doi: 10.1016/j.annemergmed.2010.08.031.
16. Topol EJ, Fung AY, Kline E, Kaplan L, Landis D, Strozeski M, Burney RE, Pitt B, O'Neill WW. Safety of helicopter transport and out-of-hospital intravenous fibrinolytic therapy in patients with evolving myocardial infarction. *Cathet Cardiovasc Diagn*. 1986;12(3):151-5.
17. Schneider MA, McMullan JT, Lindsell CJ, Hart KW, Deimling D, Jump D, Davis T, Hinckley WR. Reducing Door-in Door-out Intervals in Helicopter ST-segment Elevation Myocardial Infarction Interhospital Transfers. *Air Med J*. 2017 Sep-Oct;36(5):244-247. doi: 10.1016/j.amj.2017.04.004.
18. Świeżewski SP, Wejnarski A, Leszczyński PK, Wojak A, Fronczak A, Darocha T, et al. Characteristics of urban versus rural utilization of the Polish Helicopter Emergency Medical Service in patients with ST-segment elevation myocardial infarction. *Kardiol Pol*. 2020 Apr 24;78(4):284-291. doi: 10.33963/KP.15190.
19. Grines CindyL, Westerhausen DR Jr, Grines LL, Hanlon JT, Logemann TL, Niemela M, et al.; Air PAMI Study Group. A randomized trial of transfer for primary angioplasty versus on-site thrombolysis in patients with high-risk myocardial infarction: the Air Primary Angioplasty in Myocardial Infarction study. *J Am Coll Cardiol*. 2002 Jun

20. Knudsen L, Stengaard C, Hansen TM, Lassen JF, Terkelsen CJ. Earlier reperfusion in patients with ST-elevation myocardial infarction by use of helicopter. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*. 2012 Oct 4;20:70. doi: 10.1186/1757-7241-20-70.
21. Funder KS, Rasmussen LS, Siersma V, Lohse N, Hesselheldt R, Pedersen F, et al. Helicopter vs. ground transportation of patients bound for primary percutaneous coronary intervention. *Acta Anaesthesiol Scand*. 2018 Apr;62(4):568-578. doi: 10.1111/aas.13092.
22. R Hakim, E Revue, C Saint Etienne, P Marcollet, S Chassaing, M P Decomis, W Yafi, et al. Does helicopter transport delay prehospital transfer for STEMI patients in rural areas? Findings from the CRAC France PCI registry, *European Heart Journal*, 40,2019, doi.org/10.1093/eurheartj/ehz748.0493
23. Nishigoori S, Kobayashi N, Shibata Y, Shirakabe A, Yagi T, Takano M, Miyauchi Y, Shimizu W, Matsumoto H, Asai K. Helicopter emergency medical service for patients with acute coronary syndrome: selection validity and impact on clinical outcomes. *Heart Vessels*. 2022 Jul;37(7):1125-1135. doi: 10.1007/s00380-022-02022-1.
24. Yorulmaz S, Bekgoz B. Analysis of the Patients Transported by a Helicopter Ambulance in Turkey. *EJMI* 2022;6(1):64–69. DOI: 10.14744/ejmi.2022.47455
25. Huang RL, Thomasee EJ, Park JY, Scott C, Maron DJ, Fredi JL. Clinical pathway: helicopter scene STEMI protocol to facilitate long-distance transfer for primary PCI. *Crit Pathw Cardiol*. 2012 Dec;11(4):193-8. doi: 10.1097/HPC.0b013e318261c995