

Complicaciones neurovasculares posoperatorias y factores de riesgo asociados en pacientes adultos llevados a procedimientos cardiovasculares

Postoperative neurovascular complications and risk factors associated with adult patients after cardiovascular procedures

Camilo A. Romero¹, Jorge L. Molinares^{2*}, Jaime Camacho-Mackenzie³, Ivonne G. Pineda³
y Lina M. Ramírez³

¹Departamento de Neurología; ²Universidad del Rosario; ³Departamento de Cirugía Cardiovascular. Hospital Fundación Cardioc infantil-La Cardio, Bogotá, Colombia

Resumen

Introducción: Los eventos neurovasculares en el posoperatorio de cirugía cardiovascular son complicaciones mayores que aumentan la morbilidad y mortalidad. En Colombia hay escasa información sobre la incidencia y los factores de riesgo de estas complicaciones. **Objetivo:** Determinar la incidencia, el tipo y los factores de riesgo de las complicaciones neurovasculares en el posoperatorio de cirugía cardiovascular en una población adulta. **Métodos:** Se hizo un análisis retrospectivo de una base de datos prospectiva de 7063 pacientes adultos sometidos a cirugía cardiovascular en un centro hospitalario de alta complejidad, entre los años 2012-2022. **Resultados:** La incidencia de complicaciones neurovasculares posquirúrgicas fue de 1.6% (n = 113). El infarto cerebral fue la más frecuente en 73.5% (n = 83), seguido de hemorragia intracraneal en 13.3% (n = 15), isquemia medular en 9.7% (n = 11) y ataque isquémico transitorio en 3.5% (n = 4). Los factores de riesgo de estas complicaciones posquirúrgicas fueron la enfermedad carotídea ateromatosa (OR: 170; IC 95%: 40.8-714.2), la enfermedad renal crónica (OR: 44.2; IC 95%: 24.9-78.4), el trasplante cardíaco (OR: 91; IC 95%: 3.1-26.6) y la cirugía de aorta (OR: 6.5; IC 95%: 4.2-10.3). La estancia posoperatoria (14 vs. 6 días) y la mortalidad hospitalaria (29.2 vs. 3.6%) fueron mayores en los pacientes con complicaciones neurovasculares. **Conclusiones:** La incidencia de complicaciones neurovasculares posquirúrgicas fue baja y se asoció a mayor tiempo de estancia y mortalidad hospitalaria. La enfermedad carotídea ateromatosa, la falla renal crónica y el tipo de cirugía cardiovascular son factores de riesgo para estas complicaciones posquirúrgicas.

Palabras clave: Factores de riesgo. Incidencia. Infarto cerebral. Complicaciones posoperatorias. Colombia.

Abstract

Introduction: Neurovascular events in the postoperative period of cardiovascular surgery are major complications and increase morbidity and mortality. In Colombia, there is limited information on the incidence and risk factors for these complications. **Objective:** To determine the incidence, type, and risk factors for neurovascular complications in the postoperative period of cardiovascular surgery in an adult population. **Methods:** A prospective database of 7,063 adult patients under-

*Correspondencia:

Jorge L. Molinares
E-mail: Jorge.molinares@urosario.edu.co

Fecha de recepción: 01-04-2025

Fecha de aceptación: 24-09-2025
DOI: 10.24875/RCCAR.25000029

Disponible en internet: 05-01-2026

Rev Colomb Cardiol. 2025;32(6):360-372
www.rccardiologia.com

0120-5633 / © 2025 Sociedad Colombiana de Cardiología y Cirugía Cardiovascular. Publicado por Permanyer. Este es un artículo open access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

going cardiovascular surgery at a high-complexity hospital was retrospectively analyzed between 2012 and 2022. **Results:** The incidence of postoperative neurovascular complications was 1.6% ($n = 113$). The type of neurovascular complication was cerebral infarction in 73.5% ($n = 83$), intracranial hemorrhage in 13.3% ($n = 15$), spinal cord ischemia in 9.7% ($n = 11$), and transient ischemic attack in 3.5% ($n = 4$). Risk factors for postoperative neurovascular complications were atheromatous carotid artery disease (OR: 170; CI 95%: 40.8-714.2), chronic kidney disease (OR: 44.2; CI 95%: 24.9-78.4), heart transplantation (OR: 9.1; CI 95%: 3.1-26.6), and aortic surgery (OR: 6.5; CI 95%: 4.2-10.3). Postoperative length of stay (14 days vs. 6 days) and in-hospital mortality (29.2 vs. 3.6%) were higher in patients with neurovascular complications. **Conclusions:** The incidence of postoperative neurovascular complications was low, but it was associated with a longer hospital stay and mortality. Atheromatous carotid artery disease, chronic renal failure, and the type of cardiovascular surgery were risk factors for these postoperative complications.

Keywords: Risk factors. Incidence. Stroke. Postoperative complications. Colombia.

Introducción

En el mundo se estima que, cada año, alrededor de 170 adultos por cada millón son llevados a cirugía de corazón abierto. En los Estados Unidos de América, se realizan 1220 cirugías de corazón abierto por millón de habitantes¹. En Colombia, según los datos del Ministerio de Salud y Protección Social, se realizaron 10 703 procedimientos cardíacos en el 2019². En el posoperatorio de cirugía cardiovascular, las complicaciones de tipo neurológico son las segundas más frecuentes después de las cardiovasculares, con una incidencia entre 0.4 y 14%³. El entendimiento de la etiología de la complicación neurológica requiere conocimiento sobre la incidencia, el tipo, los factores de riesgo y los mecanismos de la lesión⁴.

Las complicaciones neurológicas en el posoperatorio de cirugía cardiovascular se pueden categorizar en tres tipos: a) neurovasculares, b) encefalopatía o de tipo neuropsiquiátrico y c) aquellas que comprometen el sistema nervioso periférico. Entre las de tipo neurovascular se encuentran el ataque cerebrovascular (ACV) isquémico o hemorrágico, el ataque isquémico transitorio (AIT) y la isquemia o hemorragia del cordón medular^{5,6}.

La incidencia de complicaciones neurovasculares en el posoperatorio de cirugía cardiovascular varía de acuerdo con el procedimiento realizado, y es del 7.4 al 7.9% en la revascularización miocárdica (RVM), concomitantemente con un procedimiento valvular; del 4.7 al 7.2% en cirugía de aorta, del 1.4 al 8.8% en intervenciones valvulares aórticas o mitrales y del 0.18 al 0.5% en la intervención coronaria percutánea y el trasplante cardíaco⁷.

Las complicaciones neurovasculares hospitalarias en el posoperatorio de cirugía cardiovascular se asocian con peores desenlaces clínicos a corto, mediano y largo plazo, e incrementan la mortalidad hospitalaria

hasta nueve veces, la estancia hospitalaria en promedio de tres a nueve días y la estancia en unidad de cuidados intensivos en promedio de dos días⁸.

Los predictores descritos para estas complicaciones son múltiples e incluyen factores demográficos (edad), clínicos (enfermedad vascular periférica, historia de ACV y de riesgo vascular) y los relacionados con el procedimiento (cirugía de urgencia/emergencia, tiempo de derivación cardiopulmonar y cirugía de aorta)^{4,6,7}.

En Colombia es escasa la información sobre dichas complicaciones en la población adulta. El propósito de este estudio es determinar la incidencia, el tipo y los factores de riesgo de las complicaciones neurovasculares hospitalarias en el posoperatorio de cirugía cardiovascular en una institución de alta complejidad en Bogotá, Colombia.

Métodos

Se realizó un estudio retrospectivo, analítico, de tipo cohorte, en el que se evaluaron sujetos mayores de 18 años, sometidos a diferentes tipos de cirugía cardiovascular en una institución de alta complejidad durante el periodo 2012-2022, que fueron ingresados en la base de datos del departamento de cirugía cardiovascular, el cual tiene recolección prospectiva sistemática de los datos administrativos y clínicos de todos los pacientes sometidos a cirugía cardiovascular, y almacenamiento en línea a través del servidor institucional.

Para el análisis, se incluyeron los datos de la cirugía índice durante el periodo de hospitalización de esta y se dividió a los pacientes en dos grupos: grupo 1: pacientes en posoperatorio de cirugía cardiovascular sin complicaciones neurovasculares y grupo 2: pacientes en posoperatorio de cirugía cardiovascular con complicaciones neurovasculares. Se excluyeron aquellos con procedimientos cardiovasculares índice, extra-institucionales y con datos incompletos.

El tipo de complicaciones neurovasculares hospitalarias se clasificó en ACV isquémico tipo infarto cerebral, ACV hemorrágico, AIT e isquemia/hemorragia medular. El ACV se definió como un déficit neurológico focal persistente de más de 24 horas, confirmado por una neuroimagen (tomografía de cráneo simple o resonancia magnética de cerebro), en tanto que el AIT se definió como un déficit neurológico focal menor a 24 horas y sin lesiones agudas en neuroimagen. Finalmente, la isquemia/hemorragia medular se definió por paraparesia aguda posoperatoria con o sin correlación por neuroimagen.

Para todos los pacientes se recolectaron variables que incluían, pero no se limitaron a: demográficas-antropométricas (edad, sexo, índice de masa corporal), clínicas preoperatorias (antecedentes médicos, antecedentes farmacológicos, estudios paraclínicos), quirúrgicas (indicación del procedimiento, procedimiento-electivo-urgente-emergente, tipo de cirugía, tiempo en bomba, tiempo de pinza aórtica, uso de soporte de oxigenación o hemodinámico externo –ECMO–, uso de balón intraaórtico) y de desenlace posoperatorio de cirugía cardiovascular (estancia hospitalaria, estancia en unidad de cuidados intensivos –UCI–, mortalidad, sitio de egreso).

Los tipos de cirugía se clasificaron en seis categorías: a) revascularización miocárdica (RVM) aislada, b) RVM asociada a otro procedimiento, c) cirugía valvular, d) cirugía de aorta, e) trasplante cardíaco y f) otros procedimientos cardiovasculares.

Las variables continuas se presentan con medidas de tendencia central (media $\pm$ desviación estándar o mediana y rango intercuartílico según su distribución). Las variables categóricas se presentan mediante frecuencias y proporciones.

Para la comparación entre los dos grupos (con y sin complicaciones neurovasculares), se utilizaron medidas estadísticas de chi-cuadrado o prueba exacta de Fisher, en tanto que para las variables categóricas y para las variables continuas, se utilizaron las pruebas estadísticas de T de Student o U de Mann-Whitney según su distribución. Se realizó un análisis de regresión logística bivariado y multivariado para determinar los factores de riesgo asociados a las complicaciones en estudio. Se calcularon los valores de razón de probabilidades (OR), con intervalos de confianza (IC) del 95% para cada factor de riesgo identificado en el análisis de regresión logística. Los análisis estadísticos se realizaron con el programa StataCorp. Versión 15.0. Stata: Software estadístico.

El estudio se desarrolló siguiendo los lineamientos de la normatividad vigente en Colombia para investigación

en salud (Resolución número 8430 de 1993 y Ley 23 de 1981). Por tratarse de un estudio en salud de no intervención y sin riesgo, no requirió consentimiento informado (Resolución número 8430 de 1993). El protocolo fue aprobado por el comité de investigaciones y de ética institucional. Los autores certifican la veracidad y fidelidad de la información presentada y reportan no conflicto de intereses.

Resultados

Durante el periodo 2012 al 2022, se realizaron 7063 procedimientos cardiovasculares en la institución, de los cuales el 66.9% (n = 4726) eran hombres con edad media de 64.9 años. Los principales antecedentes médicos fueron hipertensión arterial sistémica, dislipidemia, infarto de miocardio reciente, diabetes, falla cardíaca, enfermedad renal crónica y tabaquismo. La media de fracción de eyección cardíaca en los dos grupos fue de 51%, con 70.5% (n = 4978) de los pacientes en clase funcional II, de acuerdo con la escala de la NYHA (New York Heart Association). Los tipos de procedimientos más realizados fueron la cirugía valvular, en 38.6% (n = 2731) y la RVM aislada, en 33% (n = 2337); el 23.3% (n = 1646) recibió heparinas en el preoperatorio. De manera perioperatoria, se utilizó balón de contrapulsación intraaórtico en 5.5% (n = 393) y ECMO en 0.6% (n = 41) de los procedimientos. La mortalidad hospitalaria global fue del 4% (n = 286) (Tabla 1).

La incidencia de complicaciones neurovasculares en el posoperatorio de cirugía cardiovascular fue de 1.59% (n = 113). Al comparar los dos grupos, pacientes con o sin complicaciones neurovasculares, no se observaron diferencias estadísticamente significativas en las variables demográficas-antropométricas. En las variables clínicas preoperatorias en los pacientes con complicaciones neurovasculares, se observó mayor frecuencia, con significancia estadística, de enfermedad cerebrovascular previa (15.9 vs. 4%), fibrilación auricular (16.8 vs. 8.6%), enfermedad renal crónica (86 vs. 13.4%), enfermedad ateromatosa carotídea (15 vs. 0.1%) y uso de warfarina (11.5 vs. 1.4%). En cuanto a las variables quirúrgicas, se observó mayor frecuencia, con significancia estadística, de RVM asociada a otros procedimientos (8 vs. 5.5%), cirugía de aorta (40.7 vs. 13.7%), trasplante cardíaco (4.4 vs. 1.1%), uso de ECMO en el posoperatorio (4.4 vs. 0.3%) y procedimiento emergente (17.7 vs. 4.6%). En lo que atañe a los desenlaces posoperatorios de cirugía cardiovascular, fue mayor y con significancia estadística la media de estancia en días en UCI (6.1 vs. 2 días), la media de estancia en

Tabla 1. Características de los pacientes en el posoperatorio de cirugía cardiovascular con y sin complicaciones neurovasculares: periodo 2012-2022

Características	Pacientes en el posoperatorio de cirugía cardiovascular sin complicaciones neurovasculares (n = 6961) 98.4%	Pacientes en el posoperatorio de cirugía cardiovascular con complicaciones neurovasculares (n = 113) 1.59%	p
Sexo, masculino	4653 (66.8)	73 (64.6)	0.616
Edad, años	64.3 (55-72.3)	65.4 (55-74.6)	0.321
IMC, kg/m ²	26 (23.5-29.4)	25.7 (23-28.8)	0.134
Dislipidemia	2068 (29.7)	34 (30.1)	0.919
HTA	3850 (55.3)	66 (58.4)	0.444
ACV	220 (3.2)	12 (10.6)	< 0.001
AIT	59 (0.8)	6 (5.3)	< 0.001
EPOC	483 (6.9)	9 (8)	0.671
Tabaquismo	987 (14.2)	21 (18.6)	0.184
SAHOS	214 (3.1)	1 (0.9)	0.289
FA	599 (8.6)	19 (16.8)	0.002
ERC	932 (13.4)	88 (86)	< 0.001
Diálisis	259 (3.7)	6 (5.3)	0.319
Diabetes	1369 (19.7)	23 (20.4)	0.855
Enfermedad carotídea	5 (0.1)	17 (15)	< 0.001
Enfermedad vascular periférica	182 (2.6)	4 (3.5)	0.543
Falla cardíaca	1043 (15)	12 (10.6)	0.196
IAM < 90 días	1754 (25.2)	27 (23.9)	0.751
FEVI, %	51 (44-57)	51 (45-55)	0.442
NYHA			
I	521 (7.5)	7 (6.2)	
II	4899 (70.4)	79 (69.9)	
III	1314 (18.9)	24 (21.2)	
IV	227 (3.3)	3 (2.7)	
Anticoagulación			
Warfarina	95 (1.4)	13 (11.5)	< 0.001
DOAC	85 (1.2)	4 (3.5)	0.054
Heparinas	1638 (23.5)	8 (7.1)	< 0.001
Tipo de cirugía cardiovascular			
RVM + otros procedimientos	385 (5.5)	9 (8)	< 0.001
RVM aislada	2311 (33.2)	26 (23)	
Cirugía valvular	2707 (38.9)	24 (21.2)	
Cirugía de aorta	951 (13.7)	46 (40.7)	< 0.001
Trasplante cardíaco	75 (1.1)	5 (4.4)	< 0.001

(Continúa)

Tabla 1. Características de los pacientes en el posoperatorio de cirugía cardiovascular con y sin complicaciones neurovasculares: periodo 2012-2022 (*continuación*)

Características	Pacientes en el posoperatorio de cirugía cardiovascular sin complicaciones neurovasculares (n = 6961) 98.4%	Pacientes en el posoperatorio de cirugía cardiovascular con complicaciones neurovasculares (n = 113) 1.59%	p
Tipo de cirugía cardiovascular			
Otros	532 (7.6)	3 (2.7)	
Necesidad de BCIA			
Preoperatorio	122 (1.8)	8 (7.1)	< 0.001
Intraoperatorio	171 (2.5)	5 (4.4)	< 0.001
Posoperatorio	84 (1.2)	3 (2.7)	< 0.001
ECMO			
Preoperatorio	13 (0.2)	1 (0.9)	
Posoperatorio	22 (0.3)	5 (4.4)	< 0.001
Tipo de ingreso a salas de cirugía			
Electivo	2712 (39)	34 (30.1)	
Urgente	3923 (56.4)	59 (52.2)	
Emergente	326 (4.6)	20 (17.7)	< 0.001
Otros tiempos quirúrgicos, min (rangos)			
CBP	114 (89-152)	105 (26-173.5)	0.088
Pinza aórtica	90 (70-119)	77 (0-120)	< 0.001
Estancia hospitalaria, días (rangos)			
Preoperatorio	4 (1-7)	3 (1-8)	0.194
UCI	2 (1-3.8)	6.1 (3-11)	< 0.001
POP total	6 (4-9)	14 (8-26.5)	< 0.001
Mortalidad	253 (3.6)	33 (29.2)	< 0.001

ERC: enfermedad renal crónica; FA: fibrilación auricular; EPOC: enfermedad pulmonar crónica obstructiva; IMC: índice de masa corporal; AIT: accidente isquémico transitorio; IAM: infarto agudo de miocardio; DOAC: anticoagulante oral directo; RVM: revascularización miocárdica; POP: posoperatorio; BCIA: balón de contrapulsación intraaórtico; ECMO: oxigenación por membrana extracorpórea; CBP: bomba de *bypass* cardíaco; UCI: unidad de cuidados intensivos.

días en el posoperatorio (14 vs. 6 días) y la mortalidad hospitalaria (29.2 vs. 3.6%) en los pacientes con complicaciones neurovasculares (Tabla 1).

La cirugía de aorta fue el tipo de procedimiento con más número de complicaciones neurovasculares en el posoperatorio de cirugía cardiovascular, con 47 (41.6%) pacientes. Según el tipo de cirugía, la incidencia de complicaciones neurovasculares fue más alta para cirugía de aorta y trasplante cardíaco (Tabla 2).

El 97.3% (n = 110) de los pacientes con complicaciones neurovasculares en el posoperatorio de cirugía cardiovascular fueron valorados por neurología. El infarto cerebral, con 73.5% (n = 83), fue la complicación neurovascular más frecuente. El 84.3% (n = 70) de los

infartos cerebrales fueron cardioembólicos, 62.6% (n = 52) menores o moderados según la NIHSS (National Institute of Health Stroke Scale 1-15). El 90.3% (n = 75) en territorio anterior o múltiple y solo 3.6% (n = 3) fueron llevados a trombectomía; once (73.3%) de los quince ACV hemorrágicos fueron intraparenquimatosos (Tablas 3 y 4).

La estancia en UCI y la estancia hospitalaria posoperatoria fue mayor para los pacientes con complicaciones neurovasculares tipo isquemia/hemorragia medular, con una media de 8 y 20 días, respectivamente. La mortalidad hospitalaria de estos pacientes fue similar a la del ACV, con 27.2% (n = 3) en 11 pacientes (Tabla 3).

Tabla 2. Incidencia de complicaciones neurovasculares en el posoperatorio de cirugía cardiovascular según el tipo de cirugía: periodo 2012-2022

Tipo de cirugía cardiovascular	n	Pacientes en posoperatorio de cirugía cardiovascular sin complicaciones neurovasculares. n (%)	Pacientes en posoperatorio de cirugía cardiovascular con complicaciones neurovasculares, n (%)	Incidencia
RVM + otros procedimientos	394	385 (5.5)	9 (8)	2.2%
RVM aislada	2337	2311 (33.2)	26 (23)	1.1%
Cirugía valvular	2731	2707 (38.9)	24 (21.2)	0.8%
Cirugía de aorta	997	951 (13.7)	46 (40.7)	4.6%
Trasplante cardíaco	80	75 (1.1)	5 (4.4)	6.2%
Otros	535	532 (7.6)	3 (2.7)	0.5%

RVM: revascularización miocárdica.

Tabla 3. Caracterización de las complicaciones neurovasculares de pacientes en posoperatorio de cirugía cardiovascular: periodo 2012-2022

Variables	Total (n = 113)	ACV* (n = 98) (86.7%)	AIT (n = 4) (3.5%)	Isquemia/hemorragia medular (n = 11) (9.7%)	p
Etiología, n (%)					
1: aterotrombótica	5 (4.4)	5 (5.2)	0 (0)	-	0.133
2: cardioembólica	72 (63.7)	70 (72.2)	2 (66.7)	-	
3: pequeño vaso	2 (1.8)	1 (1.1)	1 (33.3)	-	
4: otras causas	2 (1.8)	2 (2.1)	0 (0)	-	
5: indeterminada	19 (16.8)	19 (19.6)	0 (0)	-	
Intervención, n (%)					
Reperusión	3 (2.7)	2 (2)	1 (25)	0 (0)	0.103
Hemicraniectomía	4 (3.5)	4 (4.1)	0 (0)		1
Valoración por neurología	110 (97.3)	96 (98)	4 (100)	10 (91)	0.35
Desenlaces principales, n (%)					
Fallecimiento	33 (29.2)	30 (30.6)	0 (0)	3 (27.3)	0.681
Egreso a casa	79 (69.9)	67 (68.4)	4 (100)	8 (72.7)	
Egreso por PHD	1 (0.9)	1 (1.0)	0 (0)	0 (0)	
Estancia hospitalaria, días (rangos)					
Preoperatorio	3 (1-8)	3 (1-8)	5 (2-8)	2 (1-9)	0.73
UCI	6.1 (3-11)	6 (3-12)	4 (1.2-7.6)	8 (4-10)	0.475
Tiempo total posoperatorio	14 (8-26.5)	13 (8-26)	8 (4-23)	20 (10-27)	0.286

ACV: ataque cerebrovascular isquémico y hemorrágico; AIT: ataque isquémico transitorio; PHD: plan de hospitalización domiciliario; UCI: unidad de cuidado intensivo.

En el análisis de regresión logística multivariado, los factores de riesgo identificados para complicaciones neurovasculares hospitalarias en el posoperatorio de

cirugía cardiovascular fueron: enfermedad ateromatosa carotídea (OR: 170; IC 95%: 40.8-714.2), enfermedad renal crónica (OR: 44.2; IC 95%: 24.9-78.4), trasplante

Tabla 4. Tipo y características de las complicaciones neurovasculares de pacientes en posoperatorio de cirugía cardiovascular: periodo 2012-2022

Variables	ACV isquémico (n = 87) 75%	Infarto cerebral agudo (n = 83) 73.5%	AIT (n = 4) 3.5%
NIHSS (puntaje)	n (%)	n (%)	n (%)
Menor (0-4)	34 (39.1)	30 (36.1)	4 (100)
Moderado (5-15)	22 (25.2)	22 (26.5)	0
Grave (16-20)	8 (9.2)	8 (9.6)	0
Muy grave (21-42)	8 (9.2)	8 (9.6)	0
No descrito	15 (17.2)	15 (18.1)	0
Territorio			
Múltiple	34 (39.1)	34 (40.9)	0
Anterior	45 (51.7)	41 (43.9)	4 (100)
Posterior	8 (9.2)	8 (9.6)	0
Etiología			
Aterotrombótica	2 (2.3)	2 (2.4)	0 (0)
Cardioembólica	71 (81.6)	69 (83.1)	2 (50)
Pequeño vaso	2 (2.3)	1 (1.2)	1 (25)
Otras causas	2 (2.3)	2 (2.4)	0
Indeterminada	10 (11.4)	9 (10.8)	1 (25)
Intervención			
Trombectomía mecánica	3 (3.4)	3 (3.6)	0
Hemicraniectomía	4 (4.6)	4 (4.8)	0
Ninguna	80 (91.9)	76 (91.5)	4 (100)
ACV hemorrágico (n = 15) 15%	HSA	2 (13.3)	
	Intraparenquimatosa	11 (73.3)	
	Hematoma subdural	4 (26.6)	

ACV: ataque cerebrovascular; AIT: ataque isquémico transitorio; NIHSS: *National Institutes of Health Stroke Scale*.

cardíaco (OR: 9.1; IC 95%: 3.1-26.6) y cirugía de aorta (OR: 6.5; IC 95%: 4.2-10.3) (Tabla 5).

Discusión

En este estudio, con 7063 procedimientos cardiovasculares, las complicaciones neurovasculares hospitalarias en el posoperatorio tuvieron una incidencia del 1.6%. El tipo de complicación neurovascular más frecuente fue el infarto cerebral. Los factores de riesgo identificados para complicaciones neurovasculares en el posoperatorio de cirugía cardiovascular fueron la enfermedad ateromatosa carotídea, la enfermedad renal

Tabla 5. Modelo de regresión logística de factores de riesgo para complicaciones neurovasculares de pacientes en posoperatorio de cirugía cardiovascular: periodo 2012-2022

Factor de riesgo	OR	p	IC 95%
Antecedente ERC	44.2	< 0.001	24.9-78.4
Enfermedad carotídea ateromatosa	170	< 0.001	40.8-714.2
Cirugía de aorta	6.5	< 0.001	4.2-10.3
Trasplante cardíaco	9.1	< 0.001	3.1-26.6

OR: razón de probabilidad; IC: intervalo de confianza; ERC: enfermedad renal crónica.

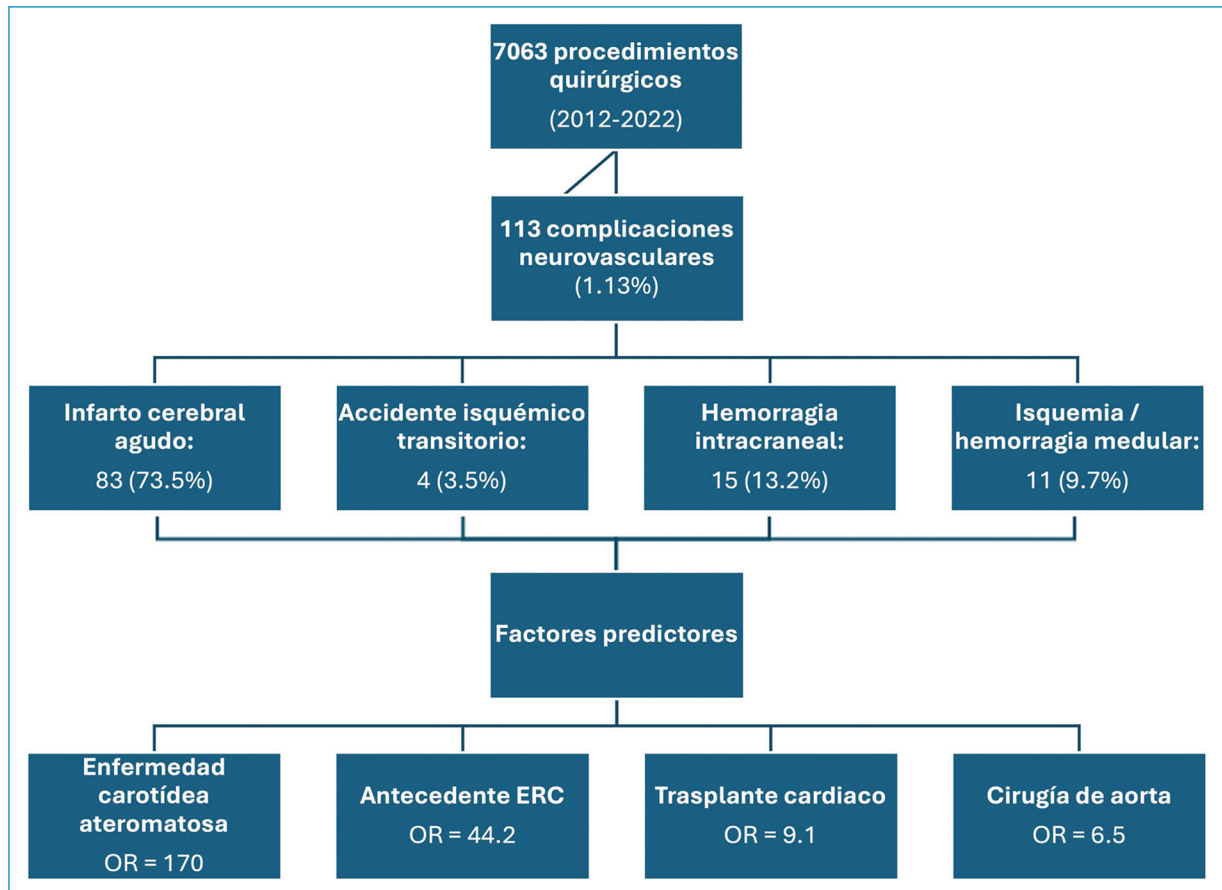


Figura 1. Figura central. Distribución de complicaciones neurovasculares en el posoperatorio de cirugía cardiovascular y factores predictores en su aparición. ERC: enfermedad renal crónica; OR: razón de probabilidades.

crónica, la cirugía de aorta y el trasplante cardíaco (Fig. 1). Los pacientes con complicaciones neurovasculares en el posoperatorio de cirugía cardiovascular tuvieron peores desenlaces, y mayores tiempos de estancia y mortalidad hospitalaria.

La incidencia de complicaciones neurovasculares en el posoperatorio de cirugía cardiovascular puede llegar al 6%, dependiendo de si el estudio es retrospectivo o prospectivo⁹. Arribas et al.⁹, en un estudio de cirugía cardiovascular, 2014-2015, describen una incidencia de 2.5% de ACV en 647 pacientes. En 2 569 597 cirugías de RVM realizadas entre los años 2004 y 2015, se observó una incidencia de ACV isquémico del 1.8%¹⁰. La cirugía valvular cardíaca difiere de la RVM y requiere derivación cardiopulmonar y apertura de las cavidades cardíacas, lo cual puede aumentar el riesgo de hipoperfusión cerebral. En un estudio de reemplazo valvular en cavidades izquierdas, llevado a cabo entre los años 2005 y 2015 y en el que se incluyeron 2085

pacientes, se observó una incidencia de ACV isquémico del 2.6%¹¹. Por su parte, en un metaanálisis de 222 estudios, con 43 720 pacientes de cirugía del arco aórtico, se observó una incidencia de ACV con discapacidad de entre el 5.3 al 6.9%¹². Van de Beek et al.¹³ describieron una incidencia del 5% de complicaciones cerebrovasculares perioperatorias en pacientes de trasplante cardíaco; la mayoría de ellas después del segundo día postrasplante y en relación con el soporte circulatorio externo.

La frecuencia de complicaciones neurovasculares descrita en el posoperatorio de cirugía cardiovascular depende del centro que reporta, de la metodología del estudio, del periodo de análisis y del procedimiento cardiovascular. En nuestra cohorte, la incidencia de complicaciones neurovasculares en el posoperatorio de cirugía cardiovascular fue similar a la observada en la literatura. Lo anterior puede obedecer a que se trata de una institución de alto volumen de cirugía

cardiovascular, al grado de entrenamiento de los especialistas y a los parámetros de seguridad y calidad aplicados.

El infarto cerebral es la complicación neurovascular en el posoperatorio de cirugía cardiovascular más descrita. Gaudino et al.¹⁴, en un metaanálisis y una revisión sistemática de ACV después de cirugía cardíaca con 174 969 sujetos, 63% con RVM aislada y con una incidencia de ACV perioperatorio o temprano del 3%, observaron que el 88% eran isquémicos. En este mismo estudio, la incidencia de AIT fue del 1.38%. Dicha complicación puede atribuirse a mecanismos embólicos y de hipoperfusión cerebral¹⁵, en cuyo caso, la manipulación de la aorta y el soporte hemodinámico externo son factores que favorecen su aparición¹⁵. De igual forma, puede ocurrir fibrilación auricular hasta en un 60% de los pacientes después de cirugía cardíaca y se ha asociado a infarto cerebral perioperatorio (OR: 2.17; IC 95%: 1.90-2.49)¹⁶. No obstante, aunque no hay una relación de causalidad directa entre la fibrilación auricular en el posoperatorio de cirugía cardiovascular y los desenlaces adversos, su presencia se debe asumir como un factor de riesgo de morbilidad posoperatoria y no como una molestia transitoria¹⁷.

Como ya se mencionó, los pacientes sometidos a cirugía cardiovascular tienen múltiples factores de riesgo para infarto cerebral¹⁸. En nuestra cohorte, el 73.5% de las complicaciones neurovasculares del posoperatorio de cirugía cardiovascular fueron infartos cerebrales. En la valoración del mecanismo etiológico, el 84.3% se atribuyó a cardioembolia, tal vez por la alta frecuencia de detección de fibrilación auricular transitoria preoperatoria y perioperatoria, o a un error de atribución del clínico. El ACV hemorrágico, aunque menos frecuente, se asocia con mayor morbilidad¹⁹. En pacientes en posoperatorio de cirugía cardiovascular, el ACV hemorrágico puede estar relacionado con el uso de anticoagulación perioperatoria, la indicación de cirugía cardiovascular (endocarditis) y la prevalencia de hipertensión arterial sistémica en el paciente con enfermedad cardiovascular. La principal causa de infarto medular es la iatrogénica, y de las causas iatrogénicas, la cirugía de aorta es la principal²⁰⁻²². La isquemia medular puede ocurrir por hipoperfusión con la colocación de la pinza o por hiperperfusión de las arterias radicales al retirarla²². Por su frecuencia en cirugía de aorta y su gran discapacidad, se han investigado múltiples estrategias intraoperatorias para prevenirla. No obstante, una vez que ocurre una lesión medular iatrogénica en el

posoperatorio de cirugía cardiovascular, hay escasa evidencia de cómo manejarla²².

En la literatura se han descrito múltiples factores de riesgo clínicos y quirúrgicos para las complicaciones neurovasculares en el posoperatorio de cirugía cardiovascular. Sultan et al.²³, en un estudio prospectivo de 10 250 pacientes en el posoperatorio de cirugía cardiovascular, describen la edad, la historia de enfermedad cerebrovascular, la diabetes *mellitus* y la cirugía de emergencia como predictores de ACV. Los factores predictores de complicaciones neurovasculares en el posoperatorio de cirugía cardiovascular pueden variar con la población estudiada, el tipo de procedimiento, el momento del ACV y el tipo de complicación neurovascular. En una población inglesa de RVM, la edad mayor a 60 años y el sexo femenino fueron los factores predictores más importantes para ACV en el posoperatorio de cirugía cardiovascular¹⁰. En un estudio de implantación de válvula aórtica por cateterismo (TAVI), los predictores de ACV en los primeros treinta días fueron los triglicéridos mayores a 117.5 mg% y la dilatación en el procedimiento²⁴. El ACV posoperatorio de cirugía cardiovascular temprano, definido como aquel detectado al despertar o después de extubación, se asocia a tiempos de derivación cardiopulmonar y no a las características del paciente¹⁴, lo cual sugiere factores de riesgo relacionados con la técnica quirúrgica. El ACV posoperatorio de cirugía cardiovascular tardío, definido como el que ocurre después de un despertar normal de la anestesia, se ha asociado a fibrilación auricular o enfermedad cerebrovascular¹⁴. Se ha intentado crear escalas con puntajes para predecir el riesgo de ACV posoperatorio de cirugía cardiovascular con variables que incluyen edad, cirugía urgente/emergencia, enfermedad arterial oclusiva periférica, historia de ACV y tiempo de derivación cardiopulmonar²⁵, con un mayor peso para la edad mayor a 66 años e historia de ACV²⁵. Si bien los factores de riesgo para las complicaciones neurovasculares en el posoperatorio de cirugía cardiovascular tipo ACV hemorrágico y lesión del cordón medular, incluyen aspectos demográficos, de riesgo vascular y posoperatorios en común con el ACV isquémico, abarcan otros relacionados con el procedimiento^{5,9}.

Por otra parte, la enfermedad aterosclerótica intracraneal y extracraneal se ha asociado a una mayor probabilidad de ACV en el posoperatorio de cirugía cardiovascular²⁶. La estenosis carotídea es un factor independiente de ACV en el posoperatorio de cirugía cardiovascular; el riesgo incrementa con el grado de estenosis y es el más alto para pacientes con 80-99%²⁶. Los pacientes con enfermedad aterosclerótica

intracraneal tienen 3.6 veces más probabilidad de ACV en el posoperatorio de cirugía cardiovascular²⁷. Al respecto, se han estudiado estrategias para predecir o reducir el ACV posoperatorio de cirugía cardiovascular en pacientes con enfermedad carotídea ateromatosa o sospecha de esta; en este sentido, el ultrasonido preoperatorio, el monitoreo neurofisiológico intraoperatorio, el Doppler transcraneal transoperatorio, la modificación de la técnica quirúrgica, los dispositivos de atrapamiento de émbolos y el tratamiento perioperatorio de la estenosis carotídea son las técnicas más usadas^{26,27}. La enfermedad carotídea ateromatosa estuvo presente en el 15% de nuestros pacientes con complicaciones neurovasculares (OR: 170; IC 95%: 40.8-714.2).

Por otro lado, la enfermedad renal se ha incluido en múltiples modelos para predecir mortalidad y complicaciones en el posoperatorio de cirugía cardiovascular^{28,29}; esta influye sobre los desenlaces cardiovasculares y la estructura cardíaca³⁰. Además, aumenta el riesgo de complicaciones en el posoperatorio de cirugía cardiovascular, enfermedad coronaria, enfermedad ateromatosa de aorta y enfermedad valvular cardíaca^{30,31}. En un estudio de 1209 pacientes con falla cardíaca isquémica, se observó una relación inversa entre la tasa de filtración glomerular y el riesgo de muerte, muerte por enfermedad cardiovascular y hospitalizaciones³². En 529 que fueron llevados a trasplante cardíaco, la mayor edad en el momento del trasplante, la diabetes, la disfunción renal y la infección por citomegalovirus se asociaron a mayor riesgo de ACV³³. Los pacientes con enfermedad renal suelen tener factores de riesgo cardiovascular como hipertensión arterial sistémica y diabetes³⁴. Adicionalmente, en los pacientes con enfermedad renal crónica hay mayor densidad cálcica de las placas ateromatosas y la enfermedad vascular es el mayor contribuyente a la mortalidad y a la morbilidad³⁴. Las medidas para mejorar los desenlaces del posoperatorio de cirugía cardiovascular en sujetos con enfermedad renal crónica incluyen hidratación, infusiones a dosis bajas de dopamina, presión de perfusión aumentada durante la derivación cardiopulmonar, vigilancia hidroelectrolítica, hemofiltración posquirúrgica y diálisis profiláctica³⁴. Es importante anotar que la relación de la disfunción renal con la cirugía cardiovascular es bidireccional, pues, hasta un 30% sufre daño renal agudo en el posoperatorio de cirugía cardiovascular³⁵. Solo el 2 al 3% de los pacientes con lesión renal aguda en el posoperatorio de cirugía cardiovascular requieren terapia de reemplazo renal³⁵. El 86% de nuestros pacientes con complicaciones neurovasculares en

el posoperatorio de cirugía cardiovascular tenían enfermedad renal crónica, con 5.3% en terapia de reemplazo renal.

Así mismo, en 54 995 pacientes adultos sometidos a trasplante cardíaco entre 1987 y 2018, 2.1% sufrieron ACV en el posoperatorio de cirugía cardiovascular en los primeros treinta días³⁶. La incidencia anual de ACV es de 0.7% en pacientes trasplantados vs. 2.4% en pacientes en espera del trasplante cardíaco (HR: 0.4; IC 95%: 0.2-0.6%)³⁷. En el estudio retrospectivo de la base de datos de la UNOS (United Network for Organ Sharing), llevado a cabo entre 2009 y 2020, con 25 015 pacientes de trasplante cardíaco, 2.9% sufrieron ACV en el posoperatorio de cirugía cardiovascular³⁸, porcentaje que aumentó de 2.1% en el 2009 a 3.7% para el 2019. La edad, la cirugía cardíaca previa, la historia de ACV, el uso de dispositivo de asistencia ventricular izquierdo, la ECMO, el tiempo de isquemia y la ventilación mecánica en el momento del trasplante fueron factores predictores independientes de ACV en el posoperatorio de cirugía cardiovascular³⁸. El ACV después del trasplante se asoció a mayor mortalidad a treinta días y por todas las causas³⁸. La incidencia del 6.2% de complicaciones neurovasculares en trasplante cardíaco de nuestra cohorte, puede estar relacionada con los cambios de criterios para la asignación de trasplantes cardíacos, el volumen de trasplantes realizados (75 en 10 años), la disponibilidad de nuevas tecnologías de apoyo hemodinámico antes del trasplante y la mayor sobrevivencia de pacientes en requerimiento del trasplante³⁹.

Las complicaciones neurovasculares en el posoperatorio de cirugía cardiovascular de aorta no son infrecuentes y se asocian a peores desenlaces. En 704 pacientes de cirugía de aorta torácica, 533 con aneurismas de aorta ascendente y 171 con disecciones tipo A, la incidencia para ACV en el posoperatorio de cirugía cardiovascular fue de 4.5% (IC 95%: 2.9-6.6) para los primeros y de 12.3% (IC 95%: 7.8-18.16) para los segundos⁴⁰. Se identificaron niveles más bajos de hemoglobina, mayor duración de derivación cardiopulmonar, arresto circulatorio hipotérmico profundo e hipotermia como factores potenciales de ACV en el posoperatorio de cirugía cardiovascular⁴⁰. Harky et al.⁴¹ describieron una incidencia de ACV en el posoperatorio de cirugía cardiovascular y paraplejía en 157 pacientes con reparación de aneurisma de aorta torácica descendente de 7 y 0%, respectivamente. Los mismos autores⁴¹, en 273 pacientes sometidos a reparación de aneurisma toracoabdominal, mostraron una incidencia de ACV en el posoperatorio de cirugía cardiovascular

y paroplejía de 9.9 y 3.3% respectivamente⁴¹. En el desarrollo de un modelo de riesgo para morbilidad y mortalidad en cirugía de aorta, se incluyeron 24 051 pacientes de 905 hospitales con diferentes procedimientos de la arteria, y se observó una incidencia de 2.4% de ACV en el posoperatorio de cirugía cardiovascular⁴². El arresto circulatorio y la historia de ACV, se asociaron a ACV en el posoperatorio de cirugía cardiovascular⁴². Por el alto impacto y la frecuencia de las complicaciones neurovasculares en el posoperatorio de cirugía cardiovascular de aorta, se han implementado diferentes estrategias de neuroprotección⁴³. El arresto circulatorio hipotérmico, la perfusión cerebral anterógrada y/o retrógrada, el monitoreo medular y de flujo sanguíneo cerebral intraoperatorio, el drenaje de líquido cefalorraquídeo, la modificación de técnicas quirúrgicas y los dispositivos de prevención embólica son algunos de ellos^{43,44}; sin embargo, el riesgo de daño del cordón medular con paraparesia o paroplejía, no se ha reducido sustancialmente en las últimas tres décadas, en especial para pacientes con reparación de la aorta toracoabdominal⁴⁴. En nuestra cohorte, la incidencia de 1.1% de lesión del cordón medular en 997 pacientes en el posoperatorio de cirugía cardiovascular de aorta, está por debajo de lo descrito en otros estudios⁴⁰⁻⁴⁴. La razón de lo anterior no fue foco del presente estudio y requiere un análisis por subgrupos de los pacientes incluidos.

El impacto de las complicaciones neurovasculares en el posoperatorio de cirugía cardiovascular se refleja en la mortalidad, la estancia en UCI, la estancia hospitalaria, los costos, el lugar de egreso, las complicaciones sistémicas, la funcionalidad y la calidad de vida. En un estudio de 8291 pacientes en el posoperatorio de cirugía cardiovascular, con 165 (1.99%) ACV e incidencias de 0.85% para RVM, hasta 8.14% para cirugía de aorta, la estancia en UCI (8 vs. 1.1 días), la estancia hospitalaria (12.94, vs. 8 días) y la mortalidad hospitalaria (17 vs. 5.9%) fueron mayores para los sujetos con complicaciones neurovasculares⁴⁵. Santos et al.⁴⁶ describen una mortalidad 3.7 mayor (OR: 5.06; IC 95%: 3.5-7.33) en pacientes con ACV en el posoperatorio de cirugía cardiovascular. Por otra parte, en un estudio comparativo⁴⁷ de 44 pacientes en el posoperatorio de cirugía cardiovascular y 626 sin ACV, la estancia hospitalaria fue mayor (25 vs. 9.5%) (OR: 3.2; IC 95%: 1.5-6.6). Así mismo, la estancia en UCI (17 vs. 2 días) y la estancia hospitalaria total (26 vs. 8 días) fueron mayores para pacientes con complicaciones neurovasculares en el posoperatorio de cirugía cardiovascular⁴⁷. Se evidenció un incremento de 1.1 días de permanencia

en el hospital y 0.8 de días en UCI por cada punto de aumento en la NIHSS⁴⁷. Similar a lo descrito, en nuestra cohorte la mortalidad hospitalaria (29.2 vs. 3.6%), la estancia en UCI (6.1 vs. 2 días) y la estancia hospitalaria total (14 vs. 6 días) fueron mayores en pacientes con complicaciones neurovasculares en el posoperatorio de cirugía cardiovascular.

El diagnóstico de complicaciones neurovasculares hospitalarias en el posoperatorio de cirugía cardiovascular, se puede dificultar por la sedación, el dolor, la restricción de la movilidad, la accesibilidad a la valoración por neurología y otras variables. Además, existe poca información y no hay guías de tratamiento establecidas para el manejo de complicaciones neurovasculares en el posoperatorio de cirugía cardiovascular. Algunas de las intervenciones terapéuticas para el ACV tienen contraindicaciones en pacientes en el posoperatorio de cirugía cardiovascular⁵. El conocimiento sobre la incidencia, el tipo y los factores de riesgo para complicaciones neurovasculares en el posoperatorio de cirugía cardiovascular permitirá entender los mecanismos fisiopatológicos y establecer medidas preventivas primarias, secundarias y terciarias que disminuyan su impacto a corto y largo plazo.

En cuanto a las fortalezas del estudio, este incluyó un número importante de pacientes sometidos a cirugía cardiovascular (7063), correspondientes a una institución con alto volumen de cirugía cardiovascular (aproximadamente 700 por año), en un periodo de tiempo extenso y reciente (2012-2022), con datos extraídos de un registro que sigue los lineamientos de la STS (Society of Thoracic Surgeons), diversidad de procedimientos cardiovasculares y discriminados por grupos, caracterización de las complicaciones neurovasculares, medidas de desenlace hospitalarias, valoración por neurología en 97% de los casos y confirmación imagenológica de la complicación neurovascular.

Entre sus limitaciones, se mencionan las siguientes:

- Fue realizado en un solo centro, lo que puede limitar la generalización de los resultados.
- Es de naturaleza retrospectiva.
- No existe seguimiento extrahospitalario de los pacientes.
- Hay ausencia de datos del momento de la complicación neurovascular en relación con el procedimiento.
- No existe registro de escalas de valoración funcional neurológica.
- No se encontró información sobre el puntaje en la escala NIHSS en un 18% de los pacientes con ACV.

– No se realizó análisis por subgrupos por procedimiento cardiovascular o por tipo de complicación neurovascular.

En pacientes que serán sometidos a cirugía de aorta o trasplante cardíaco, la enfermedad carotídea ateromatosa y la enfermedad renal crónica, o ambas, predicen alta probabilidad de complicación neurovascular en el posoperatorio. El tipo de complicación neurovascular más frecuente es el infarto cerebral. El conocimiento de estas y otras variables permitirá al clínico establecer el riesgo/beneficio de medidas preventivas y una discusión más clara sobre el pronóstico quirúrgico con el paciente o sus familiares.

Conclusiones

La incidencia de complicaciones neurovasculares en el posoperatorio de cirugía cardiovascular es baja (1.59%). El infarto cerebral es el tipo de complicación neurovascular frecuente. La enfermedad ateromatosa carotídea, la enfermedad renal crónica, la cirugía de aorta y el trasplante cardíaco son factores de riesgo para su aparición. La presencia de complicaciones neurovasculares en el posoperatorio de cirugía cardiovascular se asocia a mayor estancia hospitalaria, estancia en unidad de cuidados intensivos y mortalidad hospitalaria. Se requieren más estudios para entender sus mecanismos fisiopatológicos, investigar medidas preventivas y establecer estrategias terapéuticas cuando estas ocurran.

Financiamiento

Los autores declaran no haber recibido financiamiento para este estudio.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Consideraciones éticas

Protección de personas y animales. Los autores declaran que para esta investigación no se han realizado experimentos en seres humanos ni en animales.

Confidencialidad, consentimiento informado y aprobación ética. Los autores han obtenido la aprobación del Comité de Ética para el análisis de datos clínicos obtenidos de forma rutinaria y anonimizados, por lo que no fue necesario el consentimiento informado. Se han seguido las recomendaciones pertinentes.

Declaración sobre el uso de inteligencia artificial.

Los autores declaran que no utilizaron ningún tipo de inteligencia artificial generativa para la redacción de este manuscrito.

Referencias

1. Zilla P, Yacoub M, Zühlke L, Beyersdorf F, Sliwa K, Khubulava G, et al. Global unmet needs in cardiac surgery. *Global Heart*. 2018;13(4):293-303.
2. Pérez-Rivera CJ, Rincón-Tello FM, Vervoort D, Acosta-Buitrago LM, Maldonado-Escalante J. Acceso a la cirugía cardíaca en Colombia: Un análisis situacional. *Rev Colomb Cardiol*. 2024;31(3):134-42 doi:10.24875/rccar.22000098.
3. O'Brien SM, Shahian DM, Filardo G, Ferraris VA, Haan CK, Rich JB, et al. The Society of Thoracic Surgeons 2008 cardiac surgery risk models: Part 2—isolated valve surgery. *The Ann Thorac Surg*. 2009;88(Supl. 1):S23-42. doi:10.1016/j.athoracsur.2009.05.056.
4. Gottesman RF, McKhann GM, Hogue CW. Neurological complications of cardiac surgery. *Sem Neurol*. 2008;28(5):703-15. <https://doi.org/10.1055/s-0028-1105973>.
5. Sheth KN, Nourollahzadeh E. Neurologic complications of cardiac and vascular surgery. *Hand Clin Neurol*. 2017;141:573-92. doi:10.1016/b978-0-444-63599-0.00031-4.
6. Raffa GM, Agnello F, Occhipinti G, Miraglia R, Lo Re V, Marrone G, et al. Neurological complications after cardiac surgery: A retrospective case-control study of risk factors and outcome. *J Cardiothorac Surg*. 2019;14(1). doi:10.1186/s13019-019-0844-8.
7. Hrdlicka CM, Wang J, Selim M. Neurological complications of cardiac procedures. *Sem Neurol*. 2021;41(04):398-410. doi:10.1055/s-0041-1728761.
8. Tuman KJ, McCarthy RJ, Najafi H, Ivankovich AD. Differential effects of advanced age on neurologic and cardiac risks of coronary artery operations. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 1992;104(6):1510-7. doi:10.1016/s0022-5223(19)33877-2.
9. Arribas JM, García E, Jara R, Gutiérrez F, Albert L, Bixquert D, et al. Incidencia y mecanismo etiológico de ictus en cirugía cardíaca. *Neurol*. 2020;35(7):458-63. doi:10.1016/j.nrl.2017.10.004.
10. Mohamed MO, Hirji S, Mohamed W, Percy E, Braidley P, Chung J, et al. Incidence and predictors of postoperative ischemic stroke after coronary artery bypass grafting. *Int J Clin Pract*. 2021;75(5). doi:10.1111/ijcp.14067.
11. Kim HJ, Lee EJ, Jung SH, Lee JW, Kim JS, Kim JB, et al. Cerebral atherosclerosis and early ischemic stroke after left-sided valve replacement surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2022;163(3). doi:10.1016/j.jtcvs.2020.05.002.
12. Abjigitova D, Veen KM, van Tussenbroek G, Mokhles MM, Bekkers JA, Takkenberg JJ, et al. Cerebral protection in aortic arch surgery: systematic review and meta-analysis. *Int Cardiovasc Thorac Surg*. 2022;35(3). doi:10.1093/icvts/ivac128.
13. Van de Beek D, Kremers W, Daly RC, Edwards BS, Clavell AL, McGregor CG, et al. Effect of neurologic complications on outcome after heart transplant. *Arch Neurol*. 2008;65(2). doi:10.1001/archneurol.2007.52.
14. Gaudino M, Rahouma M, Di Mauro M, Yanagawa B, Abouarab A, Demetres M, et al. Early versus delayed stroke after cardiac surgery: A systematic review and meta-analysis. *J Am Heart Assoc*. 2019;8(13). doi:10.1161/jaha.119.012447.
15. Ferrante M, Pisano C, Van Rothem J, Ruvofo G, Abouliatim I. Cerebrovascular events after cardiovascular surgery: Diagnosis, management and prevention strategies. *Polish J Cardio-Thorac Surg*. 2023;20(2):118-22. doi:10.5114/kitp.2023.130020.
16. Caldonazo T, Kirov H, Rahouma M, Robinson NB, Demetres M, Gaudino M, et al. Atrial fibrillation after cardiac surgery: A systematic review and meta-analysis. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2023;165(1). doi:10.1016/j.jtcvs.2021.03.077.
17. Hussain ST, Kalimi R. Commentary: Atrial fibrillation after cardiac surgery: More than just a nuisance! *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2023;165(1):106-7. doi:10.1016/j.jtcvs.2021.03.104.
18. Marchesan LQ, Saffi MA, Silveira LF, Lovato MC, Araujo PC, Chemello D. Risk factors associated with ischemic stroke in the immediate postoperative period of cardiac surgery. *Braz J Cardiovasc Surg*. 2023;38(4). doi:10.21470/1678-9741-2022-0072.
19. Montañó A, Hanley DF, Hemphill JC. Hemorrhagic stroke. *Hand Clin Neurol*. 2021;229-48. doi:10.1016/b978-0-444-64034-5.00019-5.
20. Robertson CE, Brown RD, Wijdicks EFM, Rabinstein AA. Recovery after spinal cord infarcts. *Neurol*. 2012;78(2):114-21. doi:10.1212/wnl.0b013e31823efc93.
21. Salvador de la Barrera S, Barca-Buyo A, Montoto-Marqués A, Ferreiro-Velasco M, Cidoncha-Dans M, Rodríguez-Sotillo A. Spinal cord infarction: Prognosis and recovery in a series of 36 patients. *Spinal Cord*. 2001;39(10):520-5. doi:10.1038/sj.sc.3101201.

22. Naik A, Moawad CM, Houser SL, Kesavadas TK, Arnold PM. Iatrogenic spinal cord ischemia: A patient level meta-analysis of 74 case reports and series. *NASSJ*. 2021;8:100080. doi:10.1016/j.xnsj.2021.100080.
23. Sultan I, Bianco V, Kilic A, Jovin T, Jadhav A, Jankowitz B, et al. Predictors and outcomes of ischemic stroke after cardiac surgery. *Ann Thorac Surg*. 2020;110(2):448-56. doi:10.1016/j.athoracsur.2020.02.025.
24. Castelo A, Grazina A, Teixeira B, Mendonça T, Rodrigues I, Garcia Brás P, et al. Outcomes and predictors of periprocedural stroke after transcatheter aortic valve implantation. *J Stroke Cerebrovasc Dis*. 2023;32(5):107054. doi:10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2023.107054.
25. Magedanz EH, Guaragna JC, Albuquerque LC, Wagner MB, Chiefa FL, Bueno NL, et al. Risk score elaboration for stroke in cardiac surgery. *Braz J Cardiovasc Surg*. 2021;36(6). doi:10.21470/1678-9741-2020-0331.
26. Ruka E, Lesur O, Gingras M, Buruian M, Voisine E, Marzouk M, et al. Relationship between the degree of carotid stenosis and the risk of stroke in patients undergoing cardiac surgery. *Can J Cardiol*. 2022;38(3):347-54. doi:10.1016/j.cjca.2021.11.007.
27. Yang A, Nguyenhuy M, Seevanayagam S. Intracranial atherosclerosis increases the risk of postoperative stroke after cardiac surgery: A Review and meta-analysis. *Heart, Lung and Circulation*. 2023;32(12):1417-25. doi:10.1016/j.hlc.2023.09.022.
28. Shahian DM, O'Brien SM, Filardo G, Ferraris VA, Haan CK, Rich JB, et al. The Society of Thoracic Surgeons 2008 cardiac surgery risk models: Part 1—coronary artery bypass grafting surgery. *Ann Thorac Surg*. 2009;88(1). doi:10.1016/j.athoracsur.2009.05.053.
29. Hein OV, Birnbaum J, Wernecke K, England M, Konertz W, Spies C. Prolonged intensive care unit stay in cardiac surgery: Risk factors and long-term-survival. *Ann Thorac Surg*. 2006;81(3):880-5. doi:10.1016/j.athoracsur.2005.09.077.
30. Zhou X, Ruan W, Zhao L, Lin K, Li J, Liu H, et al. Causal links between renal function and cardiac structure, function, and disease risk. *Global Heart*. 2024;19(1):83. doi:10.5334/gh.1366.
31. Bangalore S, Maron DJ, O'Brien SM, Fleg JL, Kretov EI, Briguori C, et al. Management of coronary disease in patients with advanced kidney disease. *N Engl J Med*. 2020;382(17):1608-18. doi:10.1056/nejmoa1915925.
32. Doenst T, Haddad H, Stebbins A, Hill JA, Velazquez EJ, Lee KL, et al. Renal function and coronary bypass surgery in patients with ischemic heart failure. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2022;163(2). doi:10.1016/j.jtcvs.2020.02.136.
33. Alnsasra H, Asleh R, Kumar N, Lopez C, Toya T, Kremers WK, et al. Incidence, risk factors, and outcomes of stroke following cardiac transplantation. *Stroke*. 2021;52(11). doi:10.1161/strokeaha.121.034874.
34. An X, Ye N, Bian W, Cheng H. Prophylactic dialysis improves short-term clinical outcome in patients with non-dialysis-dependent chronic kidney disease undergoing cardiac surgery: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Coronary Artery Disease*. 2021;33(1). doi:10.1097/mca.0000000000001080.
35. Cheruku SR, Raphael J, Neyra JA, Fox AA. Acute kidney injury after cardiac surgery: Prediction, prevention, and management. *Anesthesiol*. 2023;139(6):880-98. doi:10.1097/ain.0000000000004734.
36. Liou L, Mostofsky E, Lehman L, Salia S, Gupta S, Barrera FJ, et al. Racial disparities in post-transplant stroke and mortality following stroke in adult cardiac transplant recipients in the United States. *PLOS One*. 2023;18(2). doi:10.1371/journal.pone.0268275.
37. Merkle AE, Chen ML, Parikh NS, Murthy SB, Yaghi S, Goyal P, et al. Association between heart transplantation and subsequent risk of stroke among patients with heart failure. *Stroke*. 2019;50(3):583-7. doi:10.1161/strokeaha.118.023622.
38. Alvarez P, Kitai T, Okamoto T, Niikawa H, McCurry KR, Papamichail A, et al. Trends, risk factors, and outcomes of postoperative stroke after heart transplantation: An analysis of the UNOS database. *ESC Heart Failure*. 2021;8(5):4211-7. doi:10.1002/ehf2.13562.
39. Lin A, Feng I, Zhao Y, Kurlansky P, Vinogradsky A, Wang C, et al. Increased prevalence of stroke after heart transplant in the New Allocation System Era. *Ann Thorac Surg*. 2025;120(1):130-9. doi:10.1016/j.athoracsur.2025.02.006.
40. Zaaqoq AM, Chang J, Pothapragada SR, Ayers L, Geng X, Russell JL, et al. Risk factors for stroke development after thoracic aortic surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2023;37(12):2524-30. doi:10.1053/j.jvca.2023.08.135.
41. Harky A, Othman A, Shaw M, Nawaytou O, Harrington D, Kuduvalli M, et al. Contemporary results of open thoracic and thoracoabdominal aortic surgery in a single United Kingdom Center. *J Vasc Surg*. 2021;73(5). doi:10.1016/j.jvs.2020.09.027.
42. Desai ND, Vekstein A, Grau-Sepulveda M, O'Brien SM, Takayama H, Chen EP, et al. Development of a novel society of thoracic surgeons aortic surgery mortality and morbidity risk model. *Ann Thorac Surg*. 2025;119(1):109-19. doi:10.1016/j.athoracsur.2024.09.025.
43. Manoly I, Uzzaman M, Karangelis D, Kuduvalli M, Georgakarakos E, Quarto C, et al. Neuroprotective strategies with circulatory arrest in open aortic surgery – a meta-analysis. *Asian Cardiovasc Thorac Ann*. 2022;30(6):635-44. doi:10.1177/02184923211069186.
44. Kouchoukos NT. Commentary: Rates of spinal cord ischemic injury after aortic surgery: One size does not fit all. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2022;163(2):566-7. doi:10.1016/j.jtcvs.2020.05.053.
45. Karunanatham J, Ali JM, Evans NR, Webb S, Large SR. Impact of stroke on outcomes following cardiac surgery: Propensity matched analysis. *J Cardiac Surg*. 2020;35(11):3010-6. doi:10.1111/jocs.14964.
46. Santos HN, Magedanz EH, Guaragna JC, Santos NN, Albuquerque LC, Goldani MA, et al. Predictors of stroke in patients undergoing cardiac surgery. *Braz J Cardiovasc Surg*. 2014;29(2):140-7. doi:10.5935/1678-9741.20140025.
47. Messe SR, Kasner SE, Mullen MT, Cummings S, Leibowitz L, Weimer J, et al. Abstract TP120: The impact of stroke on cost and length of stay after cardiac surgery. *Stroke*. 2022;53(Suppl. 1). doi:10.1161/str.53.suppl_1.tp120.