

PREDICCIÓN DE MORTALIDAD TEMPRANA EN PACIENTES PEDIÁTRICOS INTERVENIDOS CON CIRUGÍA CARDIACA EN UN HOSPITAL PEDIÁTRICO DE LIMA, PERÚ: UNA COHORTE DE 20 AÑOS

Luis Eduardo Silva-Delgado ^{1,a}, Katherine Milagros Silva-Delgado ^{1,b}, Eduardo Silva-Rivera ^{2,c}

FILIACIÓN

¹ Facultad de Medicina, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú

² Departamento de Cirugía de tórax y cardiovascular, Unidad postoperatoria cardiovascular, Instituto Nacional de Salud del Niño, Lima, Perú

^a Médico Cirujano

^b Estudiante de Medicina

^c Médico pediatra intensivista

RESUMEN

Objetivo: Desarrollar y validar un modelo integral de predicción de mortalidad temprana que incorpore variables clínicas preoperatorias, intraoperatorias y posoperatorias en un centro nacional de referencia en el Perú. **Materiales y métodos:** Se incluyeron a todos los pacientes menores de 18 años sometidos a su primera cirugía cardíaca con circulación extracorpórea (CEC) de una cohorte retrospectiva entre 2001 y 2020. La mortalidad temprana se definió como el fallecimiento por cualquier causa dentro de los 30, 90 o 120 días posteriores a la cirugía. Los predictores se seleccionaron mediante revisión bibliográfica y análisis bivariado ($p < 0,20$). Se desarrollaron modelos multivariados para la preoperatoria, intraoperatoria y posoperatoria de Poisson robusta tras evaluar la adecuación de los modelos. El desempeño se evaluó con el estadístico c , R^2 de Nagelkerke, prueba de Hosmer-Lemeshow y curvas de calibración. **Resultados:** Se analizaron 1759 pacientes, excluyendo fallecimientos en las primeras 48 horas. La mortalidad a 30, 90 y 120 días fue de 3,5 %, 5,1 % y 5,5 %, respectivamente. Los predictores preoperatorios incluyeron bajo peso, tipo de defecto cardíaco, mayor categoría RACHS-1 (Risk Adjustment in Congenital Heart Surgery) e hipertensión pulmonar. En el intraoperatorio destacaron mayor duración de la circulación extracorpórea, mayor tiempo de clampaje aórtico y complicaciones intraoperatorias. En el posoperatorio, los predictores más relevantes fueron tórax abierto, bajo gasto cardíaco, arresto cardíaco, infección mayor, diálisis peritoneal y sangrado quirúrgico. El modelo posoperatorio mostró la mejor discriminación ($c \approx 0,93$), con adecuada calibración en todos los puntos. **Conclusiones:** Se desarrolló y validó un modelo integral de predicción de mortalidad temprana en cirugía cardíaca pediátrica con alto desempeño discriminativo y buena calibración. Su implementación puede mejorar la monitorización de la calidad asistencial, optimizar la asignación de recursos y fortalecer la toma de decisiones clínicas y gerenciales.

Palabras claves: Cirugía cardíaca, Niño, Mortalidad, Circulación Extracorpórea, Calidad de la atención de salud. (Fuente: DeCS BIREME).



Citar como:

Silva-Delgado LE, Silva-Delgado KM, Silva-Rivera E. Predicción de mortalidad temprana en pacientes pediátricos intervenidos con cirugía cardíaca en un hospital pediátrico de Lima, Perú: Una cohorte de 20 años. Rev Pediatr Espec. 2025;4(4):178-187. doi: 10.58597/rpe.v4i4.134.

Correspondencia:

Eduardo Wilfredo Silva-Rivera
Correio electrónico: esilva@insn.gob.pe

Recibido: 18/11/2025

Aprobado: 26/12/2025

Publicado: 30/12/2025



Esta es una publicación con licencia de Creative Commons Atribución 4.0 Internacional.

EARLY MORTALITY PREDICTION IN PEDIATRIC PATIENTS UNDERGOING CARDIAC SURGERY AT A PEDIATRIC HOSPITAL IN LIMA, PERU: A 20-YEAR COHORT STUDY

ABSTRACT

Objective: To develop and validate an integrated prediction model for early mortality incorporating preoperative, intraoperative, and postoperative clinical variables in a national referral center in Peru. **Materials and methods:** We conducted a retrospective analytical cohort study including all patients under 18 years undergoing their first cardiac surgery with cardiopulmonary bypass between 2001 and 2020. Early mortality was defined as death from any cause within 30, 90, or 120 days after surgery. Candidate predictors were selected through literature review and bivariate analysis ($p < 0.20$). Robust Poisson multivariate models were developed for the preoperative, intraoperative, and postoperative periods after evaluating the adequacy of the models. Model performance was evaluated using the c -statistic, Nagelkerke R^2 , Hosmer-Lemeshow test, and calibration plots. **Results:** A total of 1,759 patients were analyzed after excluding deaths within the first 48 hours. Mortality at 30, 90, and 120 days was 3.5%, 5.1%, and 5.5%, respectively. Preoperative predictors included low weight, cardiac defect type, higher RACHS-1 category, and pulmonary hypertension. Intraoperative predictors included longer cardiopulmonary bypass duration, longer aortic cross-clamp time, and intraoperative complications. Key postoperative predictors were open chest, low cardiac output syndrome, cardiac arrest, major infection, peritoneal dialysis, and surgical bleeding. The postoperative model showed the best discrimination ($c \approx 0.93$), with adequate calibration across all time points. **Conclusions:** We developed and validated a comprehensive early mortality prediction model for pediatric cardiac surgery with strong discrimination and good calibration. This tool may enhance quality monitoring, facilitate benchmarking across centers, optimize resource allocation, and support clinical and managerial decision-making

Keywords: Cardiac Surgery; Child; Mortality; Cardiopulmonary Bypass; Quality Control. (Source: MeSH, NLM).

INTRODUCCIÓN

A pesar de que los defectos cardíacos congénitos son las malformaciones más frecuentes, más del 90 % de los niños en países de bajos recursos no reciben el tratamiento o lo reciben de forma subóptima. Los modelos de predicción clínica son herramientas esenciales para la estratificación de riesgos, el control de calidad y la atención sanitaria basada en el valor. En cirugía cardíaca pediátrica, estos modelos respaldan la toma de decisiones clínicas, permiten la comparación entre instituciones y guían los programas de mejora continua de la calidad.¹⁻² En las últimas décadas, estas herramientas se han incorporado ampliamente a la atención perioperatoria tanto en cirugía cardíaca de adultos como pediátrica.³⁻⁷

Se han propuesto varios sistemas de estratificación de riesgo basados en procedimientos para la cirugía cardíaca congénita, como la puntuación RACHS-1 y la puntuación ABC (Aristotle Basic Complexity). Estas puntuaciones, derivadas principalmente del consenso de expertos, reflejan la complejidad del procedimiento y han sido validadas externamente en múltiples entornos internacionales.⁸⁻¹² Sin embargo, incluyen pocos factores clínicos específicos del paciente y ofrecen información limitada sobre las variables perioperatorias modificables. La mayoría de los estudios existentes se centran exclusivamente en los predictores preoperatorios y no integran sistemáticamente los determinantes intraoperatorios y posoperatorios de la mortalidad temprana.¹²

Las bases de datos internacionales, incluidas la Sociedad de Cirujanos Torácicos (STS), la Asociación Europea de Cirugía Cardiorrástica (EACTS), la Base de Datos Japonesa de Cirugía Cardiovascular Congénita (JCCVSD) y la auditoría nacional del Reino Unido, han contribuido sustancialmente a mejorar los resultados postoperatorios y a estandarizar los indicadores de calidad.⁸⁻¹⁵ Sin embargo, estas iniciativas representan principalmente entornos de altos recursos, con una representación mínima de países de ingresos bajos y medios (PIBM), donde la complejidad de los casos, la presentación tardía y las limitaciones de recursos difieren significativamente.

Un modelo ideal de predicción de riesgo debe ser sencillo de aplicar, reproducible e intuitivo desde el punto de vista clínico, manteniendo una calibración y discriminación adecuadas. Debe incorporar variables preoperatorias, intraoperatorias y posoperatorias, tener en cuenta la complejidad del procedimiento y predecir no solo la mortalidad intrahospitalaria o a 30 días, sino también la mortalidad temprana tras el alta, lo que puede reflejar mejor la calidad perioperatoria general.¹³⁻¹⁵ Los esfuerzos globales recientes también han enfatizado métricas de rendimiento adicionales, como la morbilidad, la duración de la estancia hospitalaria, los resultados funcionales, las secuelas del neurodesarrollo y la relación coste-eficacia.^{6,13,16-19} Estos modelos permiten a los clínicos identificar a los pacientes de alto riesgo, guiar la optimización perioperatoria, comparar los resultados institucionales con los estándares globales y evaluar el impacto de las nuevas terapias.^{2,17,20}

Los administradores hospitalarios recurren cada vez más a los resultados ajustados por riesgo para mejorar los procesos perioperatorios, optimizar la asignación de recursos y aumentar la satisfacción de los pacientes y sus familias.^{2,5,6,17} En entornos con recursos limitados, especialmente en países de ingresos bajos y medianos, el fortalecimiento de las prácticas de gestión representa un enfoque altamente eficaz para mejorar la eficiencia y los resultados de los pacientes.^{6,17,18-21} La evaluación comparativa, cuando se integra en un marco de mejora continua de la calidad colaborativa y participativa, permite a las instituciones comparar sus resultados ajustados al riesgo con los de centros de alto rendimiento e implementar las mejores prácticas basadas en la evidencia.^{2,17,21-23}

Las cardiopatías congénitas son una de las principales causas de mortalidad infantil en el mundo.^{2,7,9} A pesar de los avances en técnicas

quirúrgicas para su tratamiento, la atención multidisciplinaria y el manejo posoperatorio, la mortalidad temprana varía ampliamente, desde el 0,4 % hasta el 48 %.^{6,9,14,24-29} Existen esfuerzos para guiar el desarrollo de servicios de cirugía cardíaca pediátrica en PIBM de manera segura y efectiva. Este enfoque exige que los hospitales que desarrollan capacidades quirúrgicas cardíacas establezcan una base sólida de servicios e implementen un sistema de control de calidad. Un creciente número de estudios demuestra que las UCI cardíacas pediátricas especializadas, las vías clínicas estandarizadas, los equipos quirúrgicos experimentados y la coordinación multidisciplinaria reducen significativamente la morbilidad, la mortalidad y los costos.^{2,27,30-34}

Sin embargo, la mayoría de los modelos de riesgo existentes se desarrollan en países de altos ingresos y no se diseñaron para contextos de PIBM. La justificación para desarrollar un nuevo modelo se fundamenta en la inadecuación de la calibración de los modelos desarrollados en países de altos ingresos, como el STS-ACSD Operative Risk Calculator o el PICSIM. Estos modelos, contruidos sobre poblaciones con acceso a diagnóstico y tratamiento temprano, pueden fallar cuando se aplican a pacientes en PIBM que a menudo presentan diagnósticos tardíos, fenotipos de enfermedad más avanzados o comorbilidades distintas (como desnutrición o infecciones crónicas).³⁰⁻³² Por lo tanto, el nuevo modelo local busca abordar esta diferencia sistemática, no solo para la discriminación, sino principalmente para la fiabilidad de las probabilidades predichas, un factor crítico para la asignación de recursos limitados en la UCI. El Instituto Nacional de Salud del Niño (INSN), principal centro nacional de referencia para cirugía cardíaca pediátrica realiza aproximadamente 200 procedimientos al año. A pesar de la experiencia de su equipo multidisciplinario, enfrenta importantes limitaciones, como retrasos en las derivaciones, barreras socioeconómicas, capacidad limitada de la UCI y falta de tecnologías avanzadas como la ECMO y programas de trasplante. El sistema de salud peruano se beneficiaría significativamente de un modelo validado localmente y ajustado al riesgo que refleje los desafíos perioperatorios y las limitaciones de recursos propios de este contexto.

El presente estudio tiene como objetivo desarrollar un modelo de riesgo y validar internamente un modelo multivariable, basado en datos clínicos y quirúrgicos, para predecir la mortalidad 120 días en pacientes sometidos a cirugía cardíaca pediátrica en el INSN de Lima, Perú.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño y tipo de estudio

Estudio de cohorte analítico retrospectivo.

Población y muestra

De forma no probabilística, se seleccionaron a los pacientes pediátricos menores de 18 años admitidos en la Unidad Postoperatoria Cardiovascular (UPOC) del INSN de Breña luego de ser sometidos a cirugía cardiorrástica con circulación extracorpórea (CEC) entre los años 2001 y 2020. Se incluyeron los registros médicos de pacientes menores de 18 años sometidos a primera intervención quirúrgica cardíaca con circulación extracorpórea, operados entre enero de 2001 y enero de 2020. Solo se consideraron casos cuyos datos registrados fueron suficientes para realizar el análisis. Durante el periodo 2001-2020 se realizaron 2206 intervenciones quirúrgicas cardíacas pediátricas, de las cuales 1033 (46,8 %) se efectuaron con CEC. Por otro lado, se excluyeron aquellos registros de pacientes sometidos a cirugía cardíaca con CEC en modo de espera y los fallecidos dentro

de las primeras 48 horas. Estas muertes pueden deberse a fallos técnicos agudos o eventos no relacionados con la gravedad pronóstica preoperatoria (la cual es el enfoque de un CPM), la exclusión se da para evitar la dilución del poder predictivo de los factores de riesgo inherentes al paciente. Algunos autores,¹⁸ sugieren que se necesitan al menos 100 fallecimientos para validar el modelo. Por consiguiente, si la tasa de mortalidad es de aproximadamente el 10 %, se requirió una muestra de 1000 pacientes. El estudio incluyó a todos los pacientes que se sometieron a cirugía con CEC durante un periodo de 20 años, superando los 1000 pacientes necesarios para una evaluación comparativa de los resultados de mortalidad en el contexto de la gestión de la calidad asistencial.

Procedimientos de recolección de datos

Se empleó una base de datos clínico-quirúrgica implementada en el Perú, adaptada del modelo STS desarrollada por la UPOC del INSN, que comprendió a todos los pacientes sometidos a cirugía cardiotorácica con CEC y admitidos en dicho servicio entre 2001 y 2020. La información fue recopilada tanto de manera retrospectiva como prospectiva desde 2003 hasta 2011 por un equipo de seis médicos de la UPOC. Las fuentes utilizadas incluyeron historias clínicas, el registro médico y el registro de enfermería de la UPOC, el registro de admisión hospitalaria del INSN, así como datos proporcionados directamente por padres o familiares de los pacientes.

En 2012, se actualizó la base con la incorporación de información del Registro Nacional de Identificación y Estado Civil (RENIEC), del Sistema Integral de Salud (SIS) y del Seguro Social de Salud (EsSalud). La digitalización de los datos, realizada mediante el software IBM SPSS, estuvo a cargo de tres médicos de la UPOC y se inició en 2003.

Variables

La variable principal del estudio fue la mortalidad temprana, definida como el fallecimiento por cualquier causa ocurrido dentro de los primeros 120 días posteriores a la cirugía o durante la hospitalización. Para cada caso se registró el intervalo de tiempo entre la intervención quirúrgica y el evento de muerte. Además, se incluyeron como variables independientes diversos factores demográficos, así como características preoperatorias, intraoperatorias y postoperatorias, que tienen que ver con aspectos anatómicos, antecedentes, diagnósticos, quirúrgicos, de morbilidad y complicaciones. La medición de cada uno de los datos encontrados en los reportes hospitalarios fue ingresada por personal médico y de enfermería al momento de la admisión y durante el seguimiento de paciente siguiendo procedimientos estandarizados que brindan la característica de homogeneidad y comparabilidad a los datos.

Plan de análisis

Para el análisis descriptivo, las variables numéricas que no presentaron una distribución normal evaluada mediante los estadísticos de sesgo y curtosis se resumieron utilizando medianas y rangos intercuartílicos. Las variables categóricas se expresaron como frecuencias absolutas, proporciones e incidencia. Se elaboró un inventario de las variables empleadas en modelos de predicción previamente publicados, clasificándolas según la cantidad de estudios que las identificaban como predictoras del desenlace primario o de sus componentes, y según la magnitud de su asociación. Adicionalmente, se consideraron las variables con un valor $p < 0,20$ en el análisis bivariado. Sobre la base de ambos criterios, los autores realizaron la selección final; en escenarios con bajo número de eventos, se priorizaron las variables identificadas en el análisis bivariado.

Posteriormente, se construyó un modelo de regresión incorporando las variables seleccionadas. El modelo fue validado internamente usando la técnica estadística llamada *bootstrapping* con 1000

repeticiones para aproximar el sesgo del remuestreo. Se realizó una validación cruzada, desarrollando el modelo en 2/3 del número total de pacientes y evaluándola en el 1/3 restante; este proceso se repitió tres veces. Se aplicó el modelo de regresión de Poisson con varianza robusta luego de una rigurosa evaluación de la aptitud del modelo. La asociación entre cada predictor y el desenlace primario se reportó mediante riesgos relativos (RR) y su correspondiente intervalo de confianza al 95 % (IC 95 %).

El desempeño del modelo se evaluó en términos de discriminación y calibración. La discriminación, entendida como la capacidad del modelo para diferenciar entre pacientes con y sin el desenlace primario, se cuantificó mediante el estadístico c , equivalente al área bajo la curva (ABC) ROC, cuyos valores oscilan entre 0,5 (sin capacidad discriminativa) y 1 (discriminación perfecta). La calibración, que comparó las probabilidades predichas con las observadas, se evaluó mediante la prueba de Hosmer-Lemeshow y mediante gráficos de calibración, ambos construidos a partir de deciles de riesgo derivados de la probabilidad predicha del desenlace.

Aspectos éticos

El protocolo de este estudio fue revisado y evaluado por el Comité Institucional de Ética en Investigación (CIEI) del INSN con el código PI-71/24. No se usó consentimiento informado por tratarse de un estudio retrospectivo.

RESULTADOS

Durante el periodo 2001-2020 se realizaron 2206 intervenciones quirúrgicas cardíacas pediátricas, de las cuales 1033 (46,8 %) se efectuaron con CEC. Tras la exclusión de los pacientes fallecidos dentro de las primeras 48 horas del postoperatorio, 1759 niños cumplieron los criterios de inclusión para el análisis final. La distribución por grupos etarios fue la siguiente: <6 meses ($n = 216$; 12,3 %), 7-12 meses ($n = 163$; 9,3 %), 1-4 años ($n = 814$; 46,3 %), 5-9 años ($n = 260$; 14,8 %) y ≥ 10 años ($n = 306$; 17,4 %). La mayoría de los procedimientos correspondieron a correcciones de cardiopatías congénitas (>92 %). El 62 % de los pacientes se clasificó en RACHS-1 categoría 2; no se registraron cirugías en las categorías 5 y 6. La mitad de las intervenciones se realizaron en condición de urgencia. Las características preoperatorias, intraoperatorias y postoperatorias se resumen en las Tablas 1-3.

Mortalidad temprana

En los 1759 pacientes incluidos, la mortalidad observada a 30, 90 y 120 días fue de 3,5 % ($n = 62$), 5,1 % ($n = 89$) y 5,5 % ($n = 97$), respectivamente. La mortalidad a 30 días, considerando también los fallecimientos intrahospitalarios, alcanzó el 5,2 % ($n = 92$). De acuerdo con las categorías de riesgo de la escala RACHS-1 (1, 2, 3 y 4), las tasas de mortalidad fueron 0,8 %, 3,6 %, 11,4 % y 18,2 %, respectivamente.

Al analizar por grupos etarios, la mortalidad fue de 17,6 % en menores de 6 meses; 7,4 % en lactantes; 3,3 % en niños menores de 5 años; 2,7 % en aquellos entre 5 y 9 años; y 2,6 % en pacientes de 10 años o más. Las causas más frecuentes de muerte fueron de origen cardíaco (64,5 %), seguidas por causas infecciosas (31,3 %), respiratorias y neoplásicas (0,5 %), y otras causas (2,8 %).

Modelo preoperatorio

Se estimaron RR ajustados mediante regresión de Poisson con varianza robusta, dada la incidencia del desenlace y para mejorar la interpretabilidad clínica del efecto. Para el modelo con variables preoperatorias, expresadas como RR con sus intervalos de confianza

Tabla 1. Variables preoperatorias de los pacientes menores de 18 años sometidos a cirugía cardíaca con circulación extracorpórea, 2001 y 2020 (n = 1759).

Variables preoperatorias	n (%)	Mortalidad a 30 días	Mortalidad a 90 días	Mortalidad a 120 días
		p-valor	p-valor	p-valor
Género		0,796	0,157	0,075
Masculino	890 (50,6)			
Femenino	869 (49,4)			
Edad al momento cirugía (meses)†	36,6 [14,2-91,2]	0,008	0,001	< 0,001
Peso (kg)†	12,0 [7,2-20,0]	0,019	<0,002	0,001
Estancia previa (días)†	4 [2 -27]	0,001	< 0,001	< 0,001
Percentil < 5 Peso/Edad	610 (34,7)	0,883	0,334	0,487
Grupo etario		< 0,001	< 0,001	< 0,001
0-6 meses	216 (12,3)			
7m -<1 año	163 (9,3)			
1-5años	814 (46,3)			
6-9 años	260 (14,8)			
10 a más años	306 (17,4)			
< 5 kg de peso	241 (13,7)	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Operados antes 2010	807 (45,9)	1	0,913	0,917
Procedencia Provincias	970 (55,1)	0,697	0,585	0,294
Cardiopatía asociada	210 (11,9)	0,316	0,243	0,149
Anomalías no cardíacas	81 (4,6)	0,761	1	0,801
Prematuridad	21 (1,2)	0,168	0,288	0,324
Cirugía previa	297 (16,9)	0,015	0,246	0,328
Síndrome de Down	267 (15,2)	0,473	0,127	0,311
Síndromes	337 (19,2)	0,870	0,679	1
Hipertensión Pulmonar	224 (12,7)	0,436	0,251	0,084
RACHS		< 0,001	< 0,001	< 0,001
1	246 (14,0)			
2	1098 (62,4)			
3	360 (20,5)			
4	55 (3,1)			
Clase funcional		0,134	0,184	0,214
I	357 (20,3)			
II	629 (35,8)			
III	460 (26,2)			
IV	313 (17,8)			
Cirugía urgencia	875 (49,7)	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Cirugía univentricular	151 (8,6)	0,017	< 0,001	< 0,001
Cirugía Congénitas	1693 (96,2)	0,728	0,254	0,262
Cirugías cianóticas	693 (39,4)	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Cirugías paliativas	151 (8,6)	0,017	<0,001	<0,001
Tipo de Defecto		< 0,001	< 0,001	< 0,001
Shunt Izquierda derecha	741 (42,1)			
Obstrucción Tracto Salida (Ventrículo derecho)	312 (17,7)			
Obstrucción Tracto Salida (Ventrículo Izquierdo)	168 (9,6)			
Drenaje venoso Anómalo	154 (8,8)			
Transposición de grandes vasos	48 (2,7)			
Mezcla completa	6 (0,3)			
Lesiones Complejas	152 (8,6)			
Miscelánea	32 (1,8)			
Ventrículo único	146 (8,3)			

Continúa...

Severidad de la cardiopatía				
Leve	535 (30,4)	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Moderada	788 (44,8)			
Severa	436 (24,8)			
Malformación Gastrointestinal	68 (3,9)	0,695	0,738	0,753
Reflujo Gastroesofágico	17 (1,0)	1	1	0,620
Antecedentes Neumológicos	118 (6,7)	0,604	0,190	0,294
Neumonía	66 (3,8)	0,728	0,254	0,262
Ventilación Mecánica Previa	37 (2,1)	0,039	< 0,001	0,001
Neurológicas	82 (4,7)	0,002	0,001	0,001
Infectados	186 (10,6)	0,143	0,031	0,027
Sepsis	68 (3,9)	0,002	< 0,001	< 0,001
Endocarditis	40 (2,3)	0,650	1	0,482
Endocrinológicos	18 (1,0)	1	0,388	0,230

†, mediana [rango intercuartílico]; el *p*-valor < 0,001 es estadísticamente significativo; RACHS-1, Escala de riesgo en cirugía cardíaca congénita.

Tabla 2. Variables intraoperatorias de los pacientes menores de 18 años sometidos a cirugía cardíaca con circulación extracorpórea, 2001 y 2020 (n = 1759).

Variables intraoperatorias	n (%)	Mortalidad a 30 días	Mortalidad a 90 días	Mortalidad a 120 días
		<i>p</i> -valor	<i>p</i> -valor	<i>p</i> -valor
Tiempo de CEC†	85 [60 -120]	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Tiempo de Pinzamiento Aórtico†	45 [28 -67]	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Tiempo de Parada Cardíaca†	36,5 [19-66]	0,113	0,781	0,659
CEC		< 0,001	< 0,001	< 0,001
CEC < 30 minutos	74 (4,2)			
CEC 30-59 minutos	340 (39,3)			
CEC 60-89 minutos	516 (29,3)			
CEC 90-120 minutos	419 (23,8)			
CEC >120 minutos	410 (23,3)			
Pinzamiento Aórtico		< 0,001	< 0,001	< 0,001
Pinzamiento Aórtico <30 minutos	470 (26,7)			
Pinzamiento Aórtico 30-59 minutos	692 (39,3)			
Pinzamiento Aórtico 60 -90 minutos	385 (21,9)			
Pinzamiento Aórtico > 90 minutos	212 (12,1)			
Complicaciones en SOP	307 (17,5)	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Parada Cardíaca	2 (1,4)	0,080	0,034	0,045

†, mediana [rango intercuartílico]; el *p*-valor < 0,001 es estadísticamente significativo; CEC, cirugía extracorpórea

al 95 %, se presentan en la Tabla 4. El modelo final incluyó las siguientes variables: tipo de cardiopatía, peso al momento de la cirugía, el puntaje RACHS más alto registrado y la hipertensión pulmonar preexistente.

En el análisis del conjunto global, el ABC para la predicción de mortalidad a 30, 90 y 120 días fue de 0,786 (IC 95 %: 0,734–0,838), 0,760 (IC 95 %: 0,706–0,814) (v. Figura 1) y 0,775 (IC 95 %: 0,725–0,826), respectivamente. Los valores de chi-cuadrado de la prueba de Hosmer–Lemeshow fueron 7,627 (*p* = 0,471), 22,761 (*p* = 0,004) y 14,064 (*p* = 0,080). El R² de Nagelkerke fue de 0,149, 0,129 y 0,167. La capacidad de clasificación del modelo alcanzó 96,5 %, 94,9 % y 94,5%.

Los datos fueron adecuados en su totalidad para todas las variables finalmente incluidas en el modelo.

Modelo intraoperatorio

Los resultados finales de los modelos de Poisson intraoperatorios, expresados como riesgo relativo con sus respectivos intervalos de confianza al 95%, se presentan en la Tabla 5. Tras el análisis estadístico, el modelo final retuvo las variables de tiempo de circulación extracorpórea, tiempo de clampaje aórtico y la presencia de complicaciones en sala de operaciones.

En el análisis del conjunto global, el ABC para el modelo de mortalidad a 30, 90 y 120 días fue de 0,780 (IC 95 %: 0,721–0,838); 0,748 (IC 95 %: 0,697–0,798); y 0,747 (IC 95 %: 0,699–0,796), respectivamente (v. Figura 2). La prueba de Hosmer–Lemeshow mostró valores de chi-cuadrado de 6,246 (*p* = 0,620), 1,174 (*p* = 0,947) y 0,846 (*p* = 0,974). El R² de Nagelkerke fue de 0,140; 0,126 y 0,126. Finalmente, la capacidad de clasificación del modelo alcanzó 96,6%, 94,9% y 94,5% para cada uno de los puntos de evaluación.

Tabla 3. Características postoperatorias de los pacientes menores de 18 años sometidos a cirugía cardíaca con circulación extracorpórea, 2001 y 2020 (n=1759).

Variables postoperatorias	n (%)	Mortalidad a 30 días	Mortalidad a 90 días	Mortalidad a 120 días
		p-valor	p-valor	p-valor
Lactato†	3,4 [2,3 -5,1]	<0,001	0,001	0,003
Bicarbonato†	22,1 [20,0-24,5]	0,438	0,053	0,101
Tiempo de reintervención†	15,5 [2-94,3]	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Lactatemia > 6	159 (9,0)	0,001	0,040	0,048
Complicados	500 (28,4)	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Re operados	188 (10,7)	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Re intervenidos	246 (14,0)	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Sangrado Quirúrgico	52 (3,0)	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Tórax abierto	57 (3,2)	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Diálisis Peritoneal	32 (1,8)	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Plicatura diafragmática	46 (2,6)	0,219	0,079	0,038
Arresto Cardíaco	32 (1,8)	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Bajo Gasto Cardíaco	152 (8,6)	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Hipertensión Pulmonar	39 (2,2)	0,002	0,003	0,001
Falla Orgánica Múltiple	15 (0,9)	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Acidosis 20	435 (24,7)	0,177	0,031	0,068
Quilotórax	20 (1,1)	0,155	0,077	0,094
Infectados	146 (8,6)	< 0,001	< 0,001	< 0,001
sepsis	114 (6,5)	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Mediastinitis	26 (1,5)	0,061	<0,001	<0,001
Arritmias	143 (8,1)	0,091	0,028	0,012
Marcapaso Permanente	21 (1,2)	0,531	1	0,324
convulsiones	20 (1,1)	0,514	1	1
Tiempo de VM Total (horas)†	14 [3 -29]	0,140	0,120	0,083
Tiempo de VM†	14 [3 -27]	0,175	0,296	0,168
Tiempo hasta la Primera Extubación†	13 [3 -22]	0,026	0,027	0,011
Estancia UCI (días)†	4 [2 -7]	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Estancia Hospitalaria†	25 [13 -50]	0,008	< 0,001	<0,001
Estancia Postoperatoria†	12 [8-23]	0,003	0,480	0,007

†, mediana [rango intercuartílico]; el p-valor < 0,001 es estadísticamente significativo

Tabla 4. Descripción del modelo de riesgo preoperatorio de los pacientes menores de 18 años sometidos a cirugía cardíaca con circulación extracorpórea, 2001 y 2020 (n= 1759).

Variable preoperatoria	Mortalidad 30 días		Mortalidad 90 días		Mortalidad 120 días	
	RR	IC 95%	RR	IC 95%	RR	IC 95%
Tipo de defecto (Sí)	1,11	1,02-1,20	1,14	1,07-1,22	1,14	1,07-1,22
Peso	0,96	0,93-0,98	0,94	0,90-0,97	0,93	0,91-0,97
RACHS-3 y 4	3,52	1,97-6,29	3,36	2,10-5,37	3,04	1,98-4,69
Hipertensión pulmonar (Sí)	1,58	0,83-3,01	1,65	0,99-2,75	1,83	1,13-2,97

RR, Riesgo relativo; IC, Intervalo de confianza; RACHS, Escala de riesgo en cirugía cardíaca.

Tabla 5. Descripción del modelo de riesgo intraoperatorio de los pacientes menores de 18 años sometidos a cirugía cardíaca con circulación extracorpórea, 2001 y 2020 (n=1759).

Variable intraoperatoria	Mortalidad 30 días		Mortalidad 90 días		Mortalidad 120 días	
	RR	IC 95%	RR	IC 95%	RR	IC 95%
Tiempo de CEC	1,01	1,01-1,01	1,01	1,01-1,01	1,01	1,01-1,01
Tiempo de clampaje de aorta	0,99	0,99-1,00	0,99	0,99-1,01	0,99	0,99-1,01
Complicaciones SOP (Sí)	2,26	1,32-3,86	2,34	1,50-3,64	2,62	1,72-3,98

RR, Riesgo relativo; IC, Intervalo de confianza; CEC: Circulación extracorpórea, SOP: Sala de Operaciones

Tabla 6. Descripción del modelo de riesgo postoperatorio (n= 1028)

Variable postoperatoria	Mortalidad 30 días		Mortalidad 90 días		Mortalidad 120 días	
	RR	IC 95%	RR	IC 95%	RR	IC 95%
Tórax abierto (Sí)	4,19	2,33-7,53	3,77	2,30-6,19	3,60	2,25-5,77
Arresto cardíaco (Sí)	7,47	3,97-14,05	5,39	3,08-9,44	4,71	2,69-8,23
Diálisis peritoneal (Sí)	3,02	1,70-5,36	2,64	1,60-4,33	2,62	1,64-4,19
Infección mayor (Sí)	7,90	4,87-12,81	9,34	6,24-13,99	9,46	6,43-13,92
Bajo gasto cardíaco (Sí)	6,49	4,06-10,38	5,14	3,45-7,66	4,79	3,2-7,03
Sangrado quirúrgico (Sí)	6,04	2,79-13,05	4,14	2,03-8,42	3,68	1,83-7,40

RR, Riesgo relativo; IC, Intervalo de confianza

Modelo postoperatorio

Los resultados finales de los modelos de regresión Poisson postoperatorios, expresados como riesgo relativo con sus respectivos intervalos de confianza al 95%, se presentan en la Tabla 6. Tras el proceso de selección de variables, el modelo final incluyó las siguientes condiciones posoperatorias: tórax abierto al ingreso, paro cardíaco, bajo gasto cardíaco, sangrado quirúrgico, diálisis peritoneal e infección mayor. En el conjunto global, el ABC para el modelo de mortalidad a 30 días, 90 días y 120 días fue de 0,931 (IC 95 %: 0,896 a 0,966); 0,925 (IC 95 %: 0,893 a 0,958); 0,918 (IC 95 %: 0,884 a 0,952) (v. Figura 3) y el chi-cuadrado estadística de Hosmer-Lemeshow fue de 4,928 ($p = 0,026$); 5,932 ($p = 0,015$) y 4,839 ($p = 0,028$), respectivamente. El R^2 de Nagelkerke fue de 0,454; 0,470 y 0,462, respectivamente. El porcentaje de clasificación fue de 96,9; 95,8 y 95,4, respectivamente. Los conjuntos de prueba y de validación de todos los modelos pre-, intra- y postoperatorio tuvieron resultados similares.

DISCUSIÓN

El desarrollo y la validación del modelo de riesgo del procedimiento y de las comorbilidades pre-, intra- y postoperatorias favorecen la precisión en la estimación del riesgo de muerte, optimizar la evaluación de resultados, fortalecer la calidad y seguridad de la atención, y apoyar el asesoramiento a pacientes y familiares, y la toma de decisiones compartidas. Dicho modelo de riesgo ha sido diseñado para vigilar de la mortalidad temprana en cirugía cardíaca pediátrica y que incorpora información diagnóstica. Su desempeño se compara de manera provechosa con otras herramientas de ajuste de riesgo previamente publicadas en este ámbito.⁵⁻¹⁵

Este modelo incorporó información que otros modelos no incluyen, como la comorbilidad y las complicaciones en diferentes etapas de la atención, es decir, la preoperatoria, la intraoperatoria y la postoperatoria.^{6,28,33-36} También ampliamos el tiempo de riesgo a 90 y 120 días, lo que nos permitió obtener mejor ajuste y discriminación.^{15,17} También, se confirmó la validez de la escala RACHS-1.⁷⁻⁹ Si bien esta escala es aplicable a nuestra población, su capacidad discriminativa mejoró al añadirse información clínica del paciente y sus comorbilidades. En el conjunto de validación, la escala mostró un desempeño similar al observado en nuestros modelos desarrollados, en concordancia con lo reportado en estudios previos.^{10-15,22,24,27,34} El INSN es un centro docente de alta resolución y de referencia nacional por lo que ha participado en iniciativas de mejora de la calidad. Este contexto demuestra que el desarrollo del modelo ocurre dentro de un ecosistema de mejora continua, lo cual refuerza su credibilidad clínica.

Estudios en países de altos recursos han demostrado que un efecto de centro independiente del volumen contribuye sustancialmente más al riesgo de mortalidad que el volumen por sí mismo. Este reconocimiento es vital para los PIBM, donde los factores no medidos (logísticos, experiencia del equipo) pueden ser más relevantes. Siendo nuestro volumen anual bajo, encontramos una mortalidad superior a la reportada en otros centros, particularmente durante las primeras 48 horas y en cirugías no electivas. Sin embargo, este hallazgo debe interpretarse en el contexto de la complejidad de los casos atendidos y de los múltiples factores que influyen en los resultados quirúrgicos: características anatómicas, gravedad preoperatoria, comorbilidad, técnica quirúrgica, experiencia del equipo, disponibilidad de tecnologías avanzadas (como ECMO) y capacidad de atención multidisciplinaria.^{2, 27, 30-36}

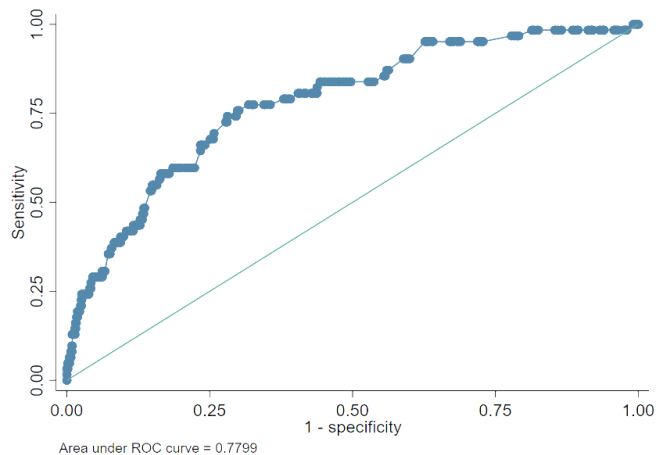


Figura 1. Área Bajo la Curva del modelo predictor preoperatorio para: Mortalidad a 120 días

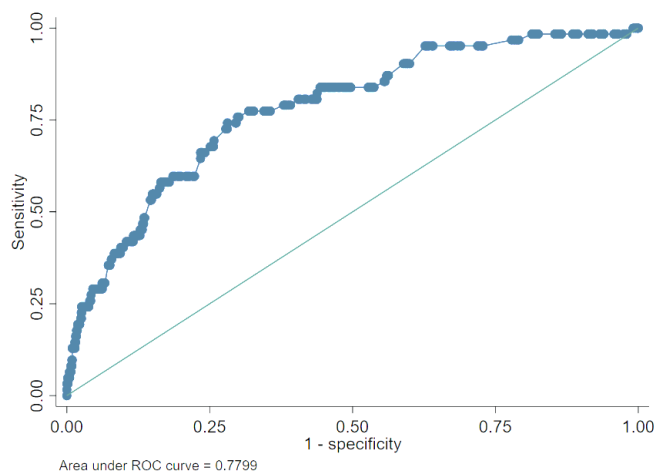


Figura 2. Área Bajo la Curva del modelo predictor intraoperatorio para: Mortalidad a 30 días.

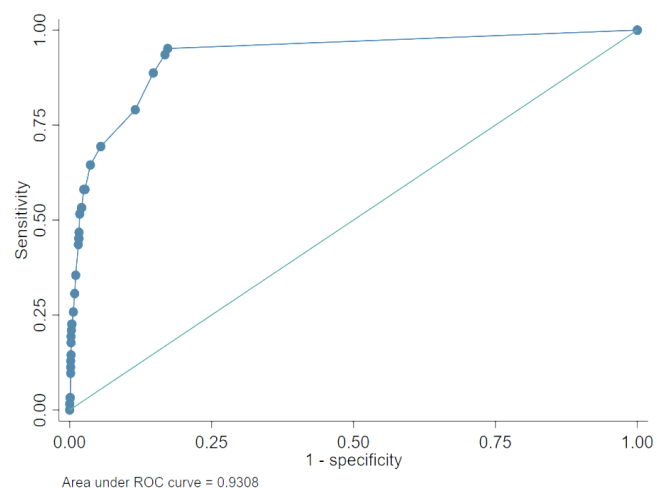


Figura 3. Área Bajo la Curva del modelo predictor postoperatorio para: Mortalidad a 30 días.

Este estudio no evaluó aspectos como calidad de vida, costos, efectividad de la atención, ni el impacto de guías clínicas, listas de cotejo o intervenciones organizacionales, que son elementos clave en la optimización de resultados. La incorporación futura de programas de trasplante cardíaco y mejoras tecnológicas podría modificar el perfil de riesgo y los desenlaces en esta población. La cohorte en PIBM tiene una representación limitada o nula de los casos de altísimo riesgo, por lo tanto, el modelo no ha sido validado para categorías de

riesgo 5 o 6, y no debe aplicarse a este grupo de pacientes. La escasez de casos de riesgo extremo se debe a estrategias de regionalización (derivación a centros de mayor complejidad) y políticas de salud que no permiten el diagnóstico y referencia oportuna.

Los hallazgos indican que el modelo desarrollado aporta un valor significativo a los procesos de toma de decisiones tanto gerenciales como clínicas. Su uso permite optimizar la gestión operativa, orientar de manera más eficiente la asignación de recursos, planificar adecuadamente el personal especializado y evaluar el desempeño quirúrgico. Una predicción más precisa de complicaciones y mortalidad temprana favorece las decisiones más informadas sobre la indicación quirúrgica, la identificación de errores, el análisis de fortalezas, las áreas de mejora y la distribución racional de recursos. Además, contribuye a incrementar la productividad, mejorar la eficiencia en la inversión y orientar el gasto en salud según las necesidades, los mecanismos de pago y los costos estimados.

La identificación de predictores robustos de mortalidad y complicaciones mayores permite ajustar las acciones clínicas y organizativas en subgrupos vulnerables, lo que contribuye a reducir la morbimortalidad y mejorar la calidad asistencial.^{14-17,20-29}

Un componente crítico para la implementación exitosa de modelos de riesgo es la interacción efectiva entre los equipos clínicos y el grupo de investigación. Las colaboraciones continuas son esenciales para que el modelo se incorpore a la monitorización de rutina y para garantizar su actualización periódica. Asimismo, se refuerza el rol fundamental de la experiencia técnica del cirujano y del equipo de cuidados críticos, factores reconocidos como determinantes en el desempeño institucional.^{2,5,17,36}

Finalmente, estos resultados permiten brindar información más clara y realista a las familias de niños con cardiopatías congénitas. Se destaca la importancia del seguimiento continuo, la comunicación efectiva, la experiencia del equipo asistencial y la adherencia a protocolos estandarizados en el proceso de toma de decisiones.

CONCLUSIONES

El modelo integral de predicción de mortalidad temprana (30, 90 y 120 días) en cirugía cardíaca pediátrica tiene un desempeño adecuado y una buena discriminación. En el periodo preoperatorio, los principales predictores fueron el bajo peso, cirugía no electiva, antecedente de cateterismo hemodinámico, mayor categoría en la escala RACHS-1 e insuficiencia cardíaca. En el intraoperatorio, destacaron el tiempo de CEC y la presencia de complicaciones en sala de operaciones. En el postoperatorio, los predictores más importantes fueron el bicarbonato sérico bajo y las complicaciones mayores (bajo gasto cardíaco, hipertensión pulmonar y sepsis). El modelo de mejor desempeño fue el de predicción a 30 días. La combinación de factores clínicos, anatómicos, quirúrgicos y de comorbilidad favoreció de manera significativa la capacidad de discriminación respecto a escalas basadas solo en complejidad quirúrgica. La aplicación sistemática de este modelo puede facilitar decisiones más eficientes, mejorar la detección de oportunidades de mejora, optimizar la asignación de recursos y fortalecer la calidad y seguridad de la atención.

Financiamiento: No se recibió financiación específica para este manuscrito.

Conflictos de interés: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Contribuciones de autoría: LESD participó de la concepción y el diseño el trabajo de la investigación. Todos los autores recolectaron los datos, redacción, revisión crítica y aprobación de la versión final de la versión final del manuscrito.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Luo XQ, Kang YX, Duan SB, Yan P, Song GB, Zhang NY, et al. Machine Learning-Based Prediction of Acute Kidney Injury Following Pediatric Cardiac Surgery: Model Development and Validation Study. *J Med Internet Res.* 2023;25:e41142. doi: 10.2196/41142.
- Pagel C, Utley M, Crowe S, Witter T, Anderson D, Samson R, et al. Real time monitoring of risk-adjusted paediatric cardiac surgery outcomes using variable life-adjusted display: implementation in three UK centres. *Heart.* 2013;99(19):1445-50. doi: 10.1136/heartjnl-2013-303671.
- Normand ST, Zelevinsky K, Nathan M, Abing HK, Dearani JA, Galantowicz M, et al. Mortality Prediction After Cardiac Surgery in Children: An STS Congenital Heart Surgery Database Analysis. *Ann Thorac Surg.* 2022;114(3):785-798. doi: 10.1016/j.athoracsur.2021.11.077.
- Rogers L, Brown KL, Franklin RC, Ambler G, Anderson D, Barron DJ, et al. Improving Risk Adjustment for Mortality After Pediatric Cardiac Surgery: The UK PRAiS2 Model. *Ann Thorac Surg.* 2017;104(1):211-219. doi: 10.1016/j.athoracsur.2016.12.014.
- Tabbutt S, Schuette J, Zhang W, Alten J, Donohue J, Gaynor JW, et al. A Novel Model Demonstrates Variation in Risk-Adjusted Mortality Across Pediatric Cardiac ICUs After Surgery. *Pediatr Crit Care Med.* 2019;20(2):136-142. doi: 10.1097/PCC.0000000000001776.
- Gaies M, Ghanayem NS, Alten JA, Costello JM, Lasa JJ, Chanani NK, et al. Variation in Adjusted Mortality for Medical Admissions to Pediatric Cardiac ICUs. *Pediatr Crit Care Med.* 2019;20(2):143-148. doi: 10.1097/PCC.0000000000001751.
- Allen P, Zafar F, Mi J, Crook S, Woo J, Jayaram N, et al. Risk Stratification for Congenital Heart Surgery for ICD-10 Administrative Data (RACHS-2). *J Am Coll Cardiol.* 2022;79(5):465-478. doi: 10.1016/j.jacc.2021.11.036.
- Jenkins KJ, Gauvreau K, Newburger JW, Spray TL, Moller JH, Iezzoni LI. Consensus-based method for risk adjustment for surgery for congenital heart disease. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2002;123(1):110-8. doi: 10.1067/mtc.2002.119064.
- O'Brien SM, Clarke DR, Jacobs JP, Jacobs ML, Lacour-Gayet FG, Pizarro C, et al. An empirically based tool for analyzing mortality associated with congenital heart surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2009;138(5):1139-53. doi: 10.1016/j.jtcvs.2009.03.071.
- Lacour-Gayet F, Clarke D, Jacobs J, Comas J, Daebritz S, Daenen W, et al. The Aristotle score: a complexity-adjusted method to evaluate surgical results. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2004;25(6):911-24. doi: 10.1016/j.ejcts.2004.03.027.
- Nashef SA, Roques F, Michel P, Gauducheau E, Lemeshow S, et al. European system for cardiac operative risk evaluation (EuroSCORE). *Eur J Cardiothorac Surg.* 1999 Jul;16(1):9-13. doi: 10.1016/s1010-7940(99)00134-7.
- Kang N, Cole T, Tsang V, Elliott M, de Leval M. Risk stratification in paediatric open-heart surgery. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2004;26(1):3-11. doi:10.1016/j.ejcts.2004.03.038.
- Crowe S, Brown KL, Pagel C, Muthialu N, Cunningham D, Gibbs J, et al. Development of a diagnosis- and procedure-based risk model for 30-day outcome after pediatric cardiac surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2013;145(5):1270-8. doi: 10.1016/j.jtcvs.2012.06.023.
- Cocomello L, Caputo M, Cornish R, Lawlor D. External validation of the improving partial risk adjustment in surgery (PRAIS-2) model for 30-day mortality after paediatric cardiac surgery. *BMJ Open.* 2020;10(11):e039236. doi:10.1136/bmjopen-2020-039236.
- Miyata H, Murakami A, Tomotaki A, Takaoka T, Konuma T, Matsumura G, et al. Predictors of 90-day mortality after congenital heart surgery: the first report of risk models from a Japanese database. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2014;148(5):2201-6. doi: 10.1016/j.jtcvs.2013.01.053.
- Hansen LS, Sloth E, Hjortdal VE, Jakobsen CJ. Follow-Up After Cardiac Surgery Should be Extended to at Least 120 Days When Benchmarking Cardiac Surgery Centers. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2015;29(4):984-989. doi:10.1053/j.jvca.2014.09.014.
- Pasquali SK, Jacobs ML, He X, Shah SS, Peterson ED, et al. Variation in congenital heart surgery costs across hospitals. *Pediatrics.* 2014;133(3):e553-60. doi: 10.1542/peds.2013-2870.
- Burstein DS, Rossi AF, Jacobs JP, Checchia PA, Wernovsky G, Li JS, et al. Variation in models of care delivery for children undergoing congenital heart surgery in the United States. *World J Pediatr Congenit Heart Surg.* 2010;1(1):8-14. doi: 10.1177/2150135109360915.
- Pagel C, Brown KL, Crowe S, Utley M, Cunningham D, Tsang VT. A mortality risk model to adjust for case mix in UK paediatric cardiac surgery. Southampton (UK): NIHR Journals Library; May 2013. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK259324/>
- Burstein DS, Jacobs JP, Li JS, Sheng S, O'Brien SM, Rossi AF, et al. Care models and associated outcomes in congenital heart surgery. *Pediatrics.* 2011;127(6):e1482-9. doi: 10.1542/peds.2010-2796.
- Hekmat K, Doerr F, Kroener A, Heldwein M, Bossert T, Badreldin AM, et al. Prediction of mortality in intensive care unit cardiac surgical patients. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2010;38(1):104-9. doi: 10.1016/j.ejcts.2010.01.053.
- Kane JM, Scalcucci J, Hohmann SF, Johnson T, Behal R. Using administrative data for mortality risk adjustment in pediatric congenital cardiac surgery. *Pediatr Crit Care Med.* 2013;14(5):491-498. doi:10.1097/PCC.0b013e31828a87ea.
- Jayaram N, Allen P, Hall M, Karamlou T, Woo J, Crook S, et al. Adjusting for Congenital Heart Surgery Risk Using Administrative Data. *J Am Coll Cardiol.* 2023;82(23):2212-2221. doi: 10.1016/j.jacc.2023.09.826.
- Pasquali SK, He X, Jacobs JP, Jacobs ML, O'Brien SM, Gaynor JW. Evaluation of failure to rescue as a quality metric in pediatric heart surgery: an analysis of the STS Congenital Heart Surgery Database. *Ann Thorac Surg.* 2012;94(2):573-9; discussion 579-80. doi: 10.1016/j.athoracsur.2012.03.065.
- Knowles RL, Bull C, Wren C, Wade A, Goldstein H, Dezateux C; et al. Modelling survival and mortality risk to 15 years of age for a national cohort of children with serious congenital heart defects diagnosed in infancy. *PLoS One.* 2014;9(8):e106806. doi: 10.1371/journal.pone.0106806.
- Vinocur JM, Moller JH, Kochilas LK. Putting the Pediatric Cardiac Care Consortium in context: evaluation of scope and case mix compared with other reported surgical datasets. *Circ Cardiovasc Qual Outcomes.* 2012;5(4):577-9. doi: 10.1161/CIRCOUTCOMES.111.964841.
- Jacobs JP, O'Brien SM, Pasquali SK, Jacobs ML, Lacour-Gayet FG, Tchervenkov CI, et al. Variation in outcomes for risk-stratified pediatric cardiac surgical operations: an analysis of the STS Congenital Heart Surgery Database. *Ann Thorac Surg.* 2012;94(2):564-71; discussion 571-2. doi: 10.1016/j.athoracsur.2012.01.105.
- Bojan M, Gerelli S, Gioanni S, Pouard P, Vouhé P. The Aristotle Comprehensive Complexity score predicts mortality and morbidity after congenital heart surgery. *Ann Thorac Surg.* 2011;91(4):1214-1221. doi:10.1016/j.athoracsur.2010.10.071.

29. Rankin JS, He X, O'Brien SM, Jacobs JP, Welke KF, Filardo G, et al. The Society of Thoracic Surgeons risk model for operative mortality after multiple valve surgery. *Ann Thorac Surg.* 2013;95(4):1484-90. doi: 10.1016/j.athoracsur.2012.11.077.
30. Vinocur JM, Menk JS, Connett J, Moller JH, Kochilas LK. Surgical volume and center effects on early mortality after pediatric cardiac surgery: 25-year North American experience from a multi-institutional registry. *Pediatr Cardiol.* 2013;34(5):1226-1236. doi:10.1007/s00246-013-0633-4.
31. Gazit AZ, Huddleston CB, Checchia PA, Fehr J, Pezzella AT. Care of the pediatric cardiac surgery patient--part 1. *Curr Probl Surg.* 2010;47(3):185-250. doi:10.1067/j.cpsurg.2009.11.006
32. Jacobs JP, O'Brien SM, Pasquali SK, Kim S, Gaynor JW, Tchervenkov CI, et al. The importance of patient-specific preoperative factors: an analysis of the society of thoracic surgeons congenital heart surgery database. *Ann Thorac Surg.* 2014;98(5):1653-8; discussion 1658-9. doi: 10.1016/j.athoracsur.2014.07.029.
33. Jacobs ML, O'Brien SM, Jacobs JP, Mavroudis C, Lacour-Gayet F, Pasquali SK, et al. An empirically based tool for analyzing morbidity associated with operations for congenital heart disease. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2013;145(4):1046-1057.e1. doi: 10.1016/j.jtcvs.2012.06.029.
34. Jacobs JP, Jacobs ML, Maruszewski B, Lacour-Gayet FG, Tchervenkov CI, Tobota Z, et al. Initial application in the EACTS and STS Congenital Heart Surgery Databases of an empirically derived methodology of complexity adjustment to evaluate surgical case mix and results. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2012;42(5):775-9; discussion 779-80. doi: 10.1093/ejcts/ezs026.
35. Jauregui AM, Urrunaga PV, Gonzales JA, Silva LE, Pasupuleti V, Steyerberg EW, et al. Development of a model for predicting major infection following pediatric heart surgery. *Rev Peru Med Exp Salud Publica.* 2020;37(4):672-680. doi: 10.17843/rpmesp.2020.374.5064.
36. Kansy A, Jacobs JP, Pastuszko A, Mirkowicz-Malek M, Manowska M, Jezierska E, et al. Major infection after pediatric cardiac surgery: external validation of risk estimation model. *Ann Thorac Surg.* 2012;94(6):2091-5. doi: 10.1016/j.athoracsur.2012.07.079