



## CASO CLÍNICO/CASE REPORT

# Síndrome vasopléjico inducido por protamina. La importancia del ECLS con ECMO y protocolo CALS en casos complejos

*Protamine induced vasoplegic syndrome. The importance of ECLS with ECMO and CALS protocol in complex cases*

Antonio Arroyo MD<sup>a,b</sup>✉; Aníbal Zamorano MD<sup>a,b</sup>; Diego Silva MD<sup>b</sup>; Tomás Gacitúa MD<sup>b</sup>; Mario Portilla MD<sup>b</sup>; Pablo Salazar MD<sup>b</sup>; Javiera Zamorano<sup>c</sup>.

<sup>a</sup> Facultad de Medicina, Universidad Finis Terrae. Santiago, Chile.

<sup>b</sup> Unidad de Cuidados Críticos Coronarios, Clínica Santa María. Santiago, Chile.

<sup>c</sup> Facultad de Medicina, Universidad de Talca. Talca, Chile.

## INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

### **Historia del Artículo:**

Recibido: 15/10/2024

Aceptado: 03/04/2025

### **Keywords:**

Cardiac Arrest; Protamine; Advanced Cardiac Life Support; Extracorporeal Membrane Oxygenation.

### **Palabras clave:**

Paro Cardíaco; Protamina; Soporte Vital Cardíaco Avanzado; Oxigenación por Membrana Extracorpórea.

## RESUMEN

**Objetivo:** Describir un caso de paro cardíaco (PC) asociado a síndrome vasopléjico inducido por protamina (SVIP), manejado con el protocolo de Soporte Vital Avanzado en Cirugía Cardíaca (CALS, por sus siglas en inglés) y soporte vital extracorpóreo (ECLS, por sus siglas en inglés) con oxigenación por membrana extracorpórea (ECMO, por sus siglas en inglés).

**Caso clínico:** Paciente masculino de 51 años con valvulopatías múltiples, sometido a reemplazo valvular mitral y anuloplastia tricuspidea. En el postoperatorio inmediato, aún en pabellón, desarrolló hipotensión severa inducida por protamina, seguida de PC en asistolia. Fue manejado con masaje directo, reconexión a circulación extracorpórea (CEC) e infusión de inopresores, logrando retorno a circulación espontánea (RCE) a los 15 minutos. Se estabilizó hemodinámicamente y se procedió al cierre de esternotomía y desconexión de CEC. En la Unidad de Cuidados Intensivos Coronarios sufrió un nuevo PC en asistolia, sin respuesta a maniobras avanzadas de reanimación. Se realizó re-esternotomía y ECLS con ECMO venofemoral-arteriofemoral (VF x AF), logrando RCE. Durante la intervención, se evidenció una ruptura de la pared ventricular izquierda secundaria al masaje directo, la cual fue reparada exitosamente. Permaneció 12 días en ECMO y evolucionó sin secuelas neurológicas.

**Discusión:** El SVIP fue el desencadenante del cuadro, agravado por el estado de shock refractario multifactorial. La implementación del ECLS con ECMO y un equipo multidisciplinario entrenado fueron clave para la supervivencia del paciente.

**Conclusiones:** El ECLS con ECMO, utilizado antes de 30 minutos, junto con el protocolo CALS, mejora la supervivencia y previene secuelas neurológicas en los casos con síndrome vasopléjico inducido por protamina.

✉ Autor para correspondencia

Correo electrónico: antonio-gaa@hotmail.com



## ABSTRACT

**Objective:** To describe a case of cardiac arrest (CA) associated with protamine induced vasoplegic syndrome (PIVS), managed with the Cardiac Advanced Life Support (CALS) protocol and extracorporeal life support (ECLS) using extracorporeal membrane oxygenation (ECMO).

**Case report:** A 51-year-old male patient with multiple valvular diseases underwent mitral valve replacement and tricuspid annuloplasty. In the immediate postoperative period, while still in the operating room, he developed severe protamine-induced hypotension, followed by asystolic CA. He was managed with direct cardiac massage, reconnection to extracorporeal circulation (ECC), and vasopressor infusion, achieving return of spontaneous circulation (ROSC) after 15 minutes. Following the patient's hemodynamic stabilization, sternotomy closure and ECC discontinuation were performed. In the Coronary Intensive Care Unit, he experienced another asystolic CA, unresponsive to advanced resuscitation maneuvers. A re-sternotomy and ECLS with femoral vein-arterial ECMO (FV-FA) were performed, achieving ROSC. During the intervention, a left ventricular wall rupture secondary to direct massage was identified and successfully repaired. The patient remained on ECMO for 12 days and evolved without neurological sequelae.

**Discussion:** PIVS was the triggering factor, worsened by multifactorial refractory shock. The implementation of ECLS with ECMO and a trained multidisciplinary team was crucial for the patient's survival.

**Conclusions:** ECLS with ECMO, used within 30 minutes, in conjunction with the CALS protocol, improves survival and prevents neurological sequelae in cases with protamine-induced vasoplegic syndrome.

## INTRODUCCIÓN

El síndrome vasoplégico inducido por protamina (SVIP) es una entidad rara, de difícil comprensión desde el punto de vista fisiopatológico por sus vías desencadenantes, que requiere de manejo específico de soporte en unidades de cuidado crítico. Hacer la distinción entre el SVIP y un síndrome vasoplégico producido por otras entidades es un reto para los especialistas que se enfrentan a este escenario; tanto por la vida media del fármaco como por la superposición de otras entidades que pueden nublar el diagnóstico. El SVIP debe, además, ser considerado como un evento adverso de alta mortalidad, junto a la vasoconstricción pulmonar catastrófica y la hemorragia paradojal por protamina. La implementación de soporte vital extracorpóreo (ECLS, por sus siglas en inglés) con oxigenación por membrana extracorpórea (ECMO, por sus siglas en inglés) es una de las alternativas para los pacientes que presentan paro cardíaco intrahospitalario (PCIH), demostrando aumento de la sobrevida en comparación con las medidas estándar, sobretodo todo si el inicio es dentro de los primeros 30 minutos del evento<sup>1</sup>. De igual modo, las guías de la STS/EACTS (The Society of Thoracic Surgeons and The European Association for Cardio-Thoracic Surgery) promulgan el soporte vital avanzado en cirugía cardíaca (CALS, por sus siglas en inglés de Cardiac Advanced Life Support), el cual requiere un equipo multidisciplinario altamente capacitado y coordinado, desde el punto de vista técnico y psicosocial, con capacidad para manejar situaciones de crisis de manera efectiva. La formación continua del personal en el manejo de recursos en situaciones de emergencia es crucial para optimizar los resultados y tiempos de respuesta.

## CASO CLÍNICO

Se presenta el caso de un hombre de 51 años, con antecedentes de tabaquismo crónico activo, fibrilación auricular en anticoagulación, valvulopatía mitral reumática con estenosis severa e insuficiencia severa, valvulopatía tricuspídea con insuficiencia severa y sin evidencia de lesiones coronarias en el estudio pre-operatorio. Ingresó de manera electiva para reemplazo valvular mitral quirúrgico, anuloplastía tricuspídea y cierre de orejuela izquierda, la cual se realizó con apoyo de circulación extracorpórea (CEC) con bomba por 57 minutos. Tras desconexión de CEC y administración de protamina, evolucionó con hipotensión severa con posterior PC en asistolia, el cual se manejó con masaje directo, reconexión a CEC, infusión de norepinefrina más epinefrina logrando retorno a circulación espontánea (RCE) a los 15 minutos. Evolucionó con mayor estabilidad hemodinámica asociada al soporte con inopresores (presión arterial media: 60-65 mmHg). Se re exploró, sin evidencia de complicación mecánica, realizándose cierre de esternotomía y desconexión de CEC. El paciente fue trasladado desde pabellón a la unidad intensivo-coronario con soporte de inopresores (epinefrina más norepinefrina), sedación profunda y en ventilación mecánica invasiva. A su llegada se evidenció falla de captura de marcapasos seguido de asistolia, iniciándose reanimación cardio-cerebral de forma inmediata. Evolucionó en fibrilación ventricular (FV) que no revierte a desfibrilación transcutánea con 360 Joules (J) en dos oportunidades. Se inició protocolo CALS *ipso facto*, realizando re-esternotomía de urgencia y masaje cardíaco directo a los 10 minutos de inicio del PCR. El paciente se mantiene en FV, recibiendo terapia eléctrica acumulada directa con 50 J, sin reversión. En vista de PCR refractario, se procedió

a realizar ECLS con ECMO venofemoral-arteriofemoral (VF x AF) e iniciar asistencia (3 200 rpm / flujo de gases frescos: 4 litros), continuando CALS por 5 minutos más. Durante el proceso de reanimación se administró amiodarona, cloruro de calcio, sulfato de magnesio, bicarbonato de sodio y se agregó infusión continua de vasopresina. Finalmente, cesó la FV y el paciente adoptó ritmo de base en bradicardia sinusal, momento en el que se evidenció ruptura de pared libre de ventrículo izquierdo de 5 mm, debido a fricción del masaje directo, con hemorragia cuantificada en al menos 1 000 ml. El cirujano cardíaco realiza rafia y cierre de defecto, controlándose hemorragia con posterior cierre por planos. En estado de extrema gravedad (inestabilidad hemodinámica con soporte vasopresor e inotrópicos, falla multiorgánica, necesidad de hemofiltración de alto volumen, asistencia con sonda marcapaso, sedación profunda, ventilación mecánica invasiva, ECLS con ECMO VF x AF, necesidad de transfusión de hemoderivados y factores de coagulación), se continuó con medidas de cuidado post-PCR y corrección de coagulopatía guiada por tromboelastometría rotacional (ROTEM, por sus siglas en inglés). Posteriormente, a las 48 horas del evento se descartó lesión cerebral irreversible con resonancia nuclear magnética cerebral. El paciente finalmente permaneció 12 días en oxigenación por membrana extracorpórea (ECMO, por sus siglas en inglés), evolucionando sin secuelas neurológicas. El ecocardiograma transtorácico de seguimiento describió una función sistólica de ventrículo izquierdo del 30% con hipoquinesia difusa, prótesis biológica en posición mitral, sin otros hallazgos relevantes.

## DISCUSIÓN

El paciente fue sometido a una intervención de reemplazo valvular junto con anuloplastia, procedimiento que generalmente tiene una baja tasa de complicaciones; inferior al 10% en pacientes menores de 65 años<sup>2,3</sup>. Sin embargo, el escenario cambió drásticamente con la aparición del SVIP, que en este caso provocó hipotensión severa y posteriormente un PC en forma de asistolia. Tras descartar causas mecánicas, se realizó masaje cardíaco directo y reconexión a CEC, logrando finalmente el RCE después de 15 minutos. En ese momento se definió iniciar ECLS con ECMO por la vida media corta de la protamina y aparente consolidación hemodinámica. La gran mayoría de los pacientes tratados mediante cirugía cardíaca presentan algún grado de vasodilatación, la cual revierte fácilmente mediante el uso de vasopresores a dosis bajas. Sin embargo, una proporción entre un 5% y 25%, progresó a una forma severa de síndrome vasopléjico, en la cual dicha vasodilatación se torna refractaria al manejo convencional y se extiende más allá de las primeras seis horas postoperatorias<sup>4</sup>.

Los posibles desencadenantes de este evento incluyen la liberación de vasopresina como mecanismo compensatorio, la acidosis

o hipoxia tisular que conlleva a vasodilatación y resistencia a vasopresores, y la expresión de la sintetasa inducible del óxido nítrico que produce una marcada vasodilatación. A pesar que la protamina tiene una vida media de 5 a 10 minutos, es importante destacar que en presencia de efectos secundarios el tiempo de influencia del fármaco puede ser mayor<sup>5</sup>. El paciente posteriormente experimentó un nuevo evento de PC en asistolia, interpretado como un trastorno por agotamiento del sistema de conducción (se comprobó el correcto posicionamiento de los electrodos de marcapaso transitorio), seguido de episodios de FV que no revirtió a la desfibrilación transcutánea.

Dentro de los efectos adversos añadidos de la protamina podemos mencionar el broncoespasmo, hipotensión sistémica, arritmias y shock. La vasoconstricción pulmonar aguda inducida por protamina (hipertensión pulmonar), sobre todo después de cirugía cardíaca y CEC, con la consiguiente insuficiencia ventricular derecha es potencialmente mortal y se denomina vasoconstricción pulmonar catastrófica<sup>6</sup>. Esta reacción de hipersensibilidad parece deberse a la activación del complemento, la generación de anafilatoxina (C5a), la activación plaquetaria y la liberación mediada por neutrófilos del potente vasoconstrictor pulmonar tromboxano. La respuesta humana a la anafilaxia, que ocurre después de la exposición a protamina, se caracteriza por vasodilatación y shock distributivo, y puede tener un inicio rápido, dentro de los 5 minutos para las reacciones mediadas por IgE, pero podría demorar hasta 20 minutos en desencadenarse y 60-90 minutos en desaparecer<sup>7,8</sup>. En el caso descrito, el SVIP representa el efecto desencadenante del cuadro clínico (se descartó hipertensión pulmonar, sepsis y complicaciones mecánicas derivadas del reemplazo valvular mitral), aunque en el transcurso se hayan añadido otros factores que contribuyen al estado de shock refractario (PC, arritmias ventriculares, ruptura de ventrículo izquierdo).

Desde la STS y EACTS promulgan el protocolo CALS, que es de donde se derivan las directrices para el manejo del PC post cirugía cardíaca (CC), tomando en cuenta que los enfoques ACLS (Advanced Cardiovascular Life Support) y CALS para la reanimación de pacientes postoperatorios de CC difieren sustancialmente. El protocolo CALS identifica 6 intervenciones iniciales mientras se prepara el equipo para re-esternotomía, las cuales son: mantener un líder del equipo, reanimación cardio-pulmonar (RCP) externa, manejo de la vía aérea, desfibrilación-estimulación cardíaca, administración de medicamentos y presencia del coordinador de la Unidad de Cuidados Intensivos, el cual se centra en los aspectos operativos de la reanimación. Sin re-esternotomía inmediata, la perfusión cerebral es críticamente inadecuada y conduce a menor supervivencia. La re-esternotomía consta de 2 etapas: acceso y manejo, cuyas intervenciones incluyen desfibrilación interna, masaje cardíaco directo, estimulación epicárdica, corrección de anomalías vasculares e ini-

cio de circulación extracorpórea<sup>9</sup>. En nuestro caso se cumplieron as intervenciones a cabalidad, destacando únicamente la falla de captura en estimulación, pero cuyo recurso estaba disponible. En 2009, Ngaage et al. informaron una tasa de supervivencia hospitalaria del 50% en los pacientes sometidos a re-esternotomía<sup>10</sup>. El masaje cardíaco interno tiene mejores tasas de supervivencia; éste, genera un índice cardíaco (IC) de alrededor de 1,3 l/min x m<sup>2</sup>, a diferencia de la RCP externa que genera un IC de alrededor de 0,6 l/min x m<sup>2</sup><sup>11</sup>.

La primera descarga en pacientes con FV tiene una tasa de éxito del 78%; la segunda 35%; la tercera 14%, y ningún beneficio después de una cuarta descarga cuando se realizan por separado. Es por eso que en FV, la STS recomienda administrar hasta 3 descargas acumuladas en 1 minuto, antes de realizar maniobras de reanimación y re-esternotomía, con tasa de éxito de aproximadamente 88%<sup>9</sup>.

Pese a ello la mortalidad de los pacientes seguía siendo significativamente alta. Es por eso, que surgió la interrogante hace algunos años acerca de si el ECMO podría utilizarse en PC refractario, teniendo en cuenta que a medida que trascurre el tiempo, la sobrevida disminuye considerablemente, siendo casi imposible recuperarla después de 30 minutos de reanimación convencional (0-9%)<sup>12</sup>.

El fundamento detrás de la incorporación de esta técnica es restituir la circulación y oxigenación en pacientes con eventos reversibles y con buena calidad de reanimación. El reporte de casos junto a publicaciones respecto al uso de ECMO en reanimación ha aumentado en los últimos años, demostrando un aumento de la sobrevida cuando las causas de PC han sido reversibles. Es por ello, que tanto las guías de la European Resuscitation Council como la American Heart Association establecen que el ECLS con ECMO debe ser considerado como terapia de rescate en PC cuando las medidas de reanimación avanzada no han sido satisfactorias<sup>13,14</sup>.

Trabajos como el de Guenther et al. sugieren que la ECLS con ECMO puede ser eficaz en pacientes con PCIH refractario, el cual se define como la ausencia de RCE en un periodo de 15 minutos con maniobras de reanimación óptimas y en ausencia de hipotermia. Mejora la probabilidad de sobrevivir, siendo de un 50% cuando el flujo de ECMO se inició antes de los 30 minutos del PCIH, 30% entre los 30-60 minutos y del 18% cuando fue después de los 60 minutos. Asimismo, se asocia a mejores resultados neurológicos y mejor sobrevida al compararse con RCP convencional (20%, 9% y 0%, respectivamente). Por lo tanto, queda en evidencia no solo la mayor supervivencia en ECLS con ECMO, sino también la disminución de su beneficio cuando demoramos la decisión de utilizarlo en PCIH<sup>1</sup>.

La implementación de ECMO requiere un equipo con amplia experiencia (cardiointensivistas, anestesista y cirujano cardiovascular, perfusionista, instrumentista quirúrgica, y equipo de enfermería entrenado). Es así, que en 2013 y 2015, Maccaroni y Ley concluyeron, que alinear la práctica con las directrices y capacitar al personal aumenta la conciencia y empodera a los miembros del personal para gestionar mejor las situaciones en PC, teniendo mejores tasas de supervivencia<sup>15,16</sup>.

Por otro lado, cabe destacar que el caso descrito se apega a un subgrupo específico de pacientes en PC, los cuales han sido sometidos a cirugía cardíaca, y que mantienen una tasa de mortalidad de hasta el 85%. Mazzeffi y Zhao describen que, en centros con experiencia, la tasa de supervivencia es de 32%, y 85% de ellos tienen un resultado neurológico favorable. En estos estudios, la duración promedio de ECMO fue de 4 días y en ningún caso más de 14 días, lo que sugiere que se puede realizar una clasificación eficaz de los pacientes que se beneficiarían de ECLS con ECMO sin un tratamiento prolongado, o que el curso clínico de los pacientes se encaminará hacia la recuperación o muerte con rapidez<sup>17,18</sup>.

## CONCLUSIONES

Es difícil establecer cuál es la probabilidad acumulada de muerte a la que estuvo expuesto nuestro paciente; sin embargo, sin una respuesta rápida, coordinación, sincronía de equipos y disponibilidad de recursos, no hubiera sido posible resolver todos los eventos suscitados. Esto realza la importancia de mantener equipos capacitados, que puedan actuar de manera inmediata en escenarios complejos en los que el tiempo es el determinante principal de la sobrevida de los pacientes.

## PUNTOS CLAVE

1. La protamina es un fármaco seguro, pero no exento de efectos secundarios. Dichos efectos habitualmente se resuelven dentro de los 5-10 minutos posterior a la administración. Sin embargo, la dosis y velocidad de infusión (menos de 10 minutos) y la aparición de efectos adversos graves puede hacer que estos persistan hasta por 60-90 minutos.
2. El SVIP es una entidad rara y de difícil diagnóstico; constituyendo un efecto adverso con alta mortalidad. Por ello es importante diferenciarlo de otras entidades patológicas para un correcto abordaje, teniendo en cuenta que en los pacientes cardio-quirúrgicos existen múltiples complicaciones asociadas al procedimiento quirúrgico, fármacos y tiempo de CEC.

3. La supervivencia de los pacientes sometidos a re-esternotomía posterior a PC es de 50% si se actúa según las normativas de las guías STS y EACTS.
4. En unidades con disponibilidad inmediata de ECMO, la supervivencia es de 32%. El tiempo de acción es un factor crítico en la supervivencia de los pacientes en casos de PC refractario.
5. Es importante contar con un equipo médico altamente capacitado y coordinado para enfrentar estas situaciones de emergencia. La preparación y la capacitación continua del personal son cruciales para mejorar las tasas de supervivencia en estos casos.
6. Las guías del European Resuscitation Council y de la American Heart Association establecen que el ECMO debe ser considerado como terapia de rescate en PCR refractario, y que su efectividad aumenta exponencialmente cuando se utiliza antes de los 30 minutos.

*Confidencialidad:*

Se ha garantizado la confidencialidad del paciente de acuerdo con las normativas éticas y legales.

*Consentimiento informado:*

Este artículo se ha elaborado contando con el consentimiento informado del paciente y/o tutor legal, tanto para la publicación de los datos clínicos como de las imágenes radiológicas.

*Transparencia y objetividad:*

El reporte se presenta de manera objetiva, sin omitir detalles relevantes, respetando los principios éticos de la medicina basada en evidencia.

*Conflictos de interés:*

Los autores declaran no tener conflictos de interés relacionados con el caso clínico presentado.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Guenther S, Theiss HD, Fischer M, Sattler S, Peters S, Born F, et al. Percutaneous extracorporeal life support for patients in therapy refractory cardiogenic shock: initial results of an interdisciplinary team. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2014;18(3):283-291. doi: 10.1093/icvts/ivt505.
2. Gammie J, Chikwe J, Badhwar V, Thibault DP, Vemulapalli S, Thourani V, et al. Isolated Mitral Valve Surgery: The Society of Thoracic Surgeons Adult Cardiac Surgery Database Analysis. *Ann Thorac Surg* 2018;106:716-727. doi: 10.1016/j.athoracsur.2018.03.086
3. Castro-Pinto M, López-Menéndez J, Fajardo-Rodríguez E, Miguelena J, Martín M, Muñoz R, et al. Isolated tricuspid valve surgery. Perioperative results and medium-term survival. *Cir Cardiovasc.* 2021;28(5):253-259. doi: 10.1016/j.circ.2021.05.001
4. Orozco Vinasco DM, Triana Schoonewolff CA, Orozco Vinasco AC. Vasoplegic syndrome in cardiac surgery: Definitions, pathophysiology, diagnostic approach and management. *Rev Esp Anestesiol Reanim (Engl Ed.)*. 2019 May;66(5):277-287. English, Spanish. doi: 10.1016/j.redar.2018.12.011.
5. Argenziano M, Chen JM, Choudhri AF, Cullinane S, Garfein E, Weinberg AD, Smith CR Jr, Rose EA, Landry DW, Oz MC. Management of vasodilatory shock after cardiac surgery: identification of predisposing factors and use of a novel pressor agent. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1998 Dec;116(6):973-80. doi: 10.1016/S0022-5223(98)70049-2.
6. Levy JH, Adkinson NF Jr. Anaphylaxis during cardiac surgery: implications for clinicians. *Anesth Analg.* 2008;106(2):392-403. doi: 10.1213/ane.0b013e3181602e0d.
7. Lowenstein E, Johnston WE, Lappas DG, D'Ambra MN, Schneider RC, Daggett WM, et al. Catastrophic pulmonary vasoconstriction associated with protamine reversal of heparin. *Anesthesiology.* 1983;59(5):470-473. doi: 10.1097/00000542-198311000-00022.
8. Kovacs G, Berghold A, Scheidl S, Olschewski H. Pulmonary arterial pressure during rest and exercise in healthy subjects: a systematic review. *Eur Respir J.* 2009;34(4):888-894. doi: 10.1183/09031936.00145608.
9. Dunning J, Fabbri A, Kohl PH, Levine A, Lockowandt U, Mackay J, et al; EACTS Clinical Guidelines Committee. Guideline for resuscitation in cardiac arrest after cardiac surgery. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2009;36(1):3-28. doi: 10.1016/j.ejcts.2009.01.033.
10. Ngaage DL, Cowen ME. Survival of cardiorespiratory arrest after coronary artery bypass grafting or aortic valve surgery. *Ann Thorac Surg.* 2009;88(1):64-68. doi: 10.1016/j.athoracsur.2009.03.042.
11. Twomey D, Das M, Subramanian H, Dunning J. Is internal massage superior to external massage for patients suffering a cardiac arrest after cardiac surgery? *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2008;7(1):151-156. doi: 10.1510/icvts.2007.170399.
12. Society of Thoracic Surgeons Task Force on Resuscitation After Cardiac Surgery. The Society of Thoracic Surgeons Expert Consensus for the Resuscitation of Patients Who Arrest After Cardiac Surgery. *Ann Thorac Surg.* 2017;103(3):1005-1020. doi: 10.1016/j.athoracsur.2016.10.033.

13. Panchal AR, Bartos JA, Cabañas JG, Donnino MW, Drennan IR, Hirsch KG, et al.; Adult Basic and Advanced Life Support Writing Group. Part 3: Adult Basic and Advanced Life Support: 2020 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation*. 2020;142(16\_suppl\_2):S366-S468. doi: 10.1161/CIR.00000000000000916.
14. Perkins GD, Graesner JT, Semeraro F, Olasveengen T, Soar J, Lott C, et al.; European Resuscitation Council Guideline Collaborators. European Resuscitation Council Guidelines 2021: Executive summary. *Resuscitation*. 2021;161:1-60. doi: 10.1016/j.resuscitation.2021.02.003. Erratum in: *Resuscitation*. 2021;163:97-98. doi: 10.1016/j.resuscitation.2021.04.012.
15. Maccaroni MR, Watson ND, Mukherjee S, Ngaage DL. Managing cardiac arrest after cardiac surgery: the impact of a five year evolving re-sternotomy policy and a review of the literature. *Analg Resusc*. 2013;S1. doi:10.4172/2324-903X.S1-008
16. Ley SJ, Gaudiani V, Egrie G, Shaw R, Brewster J. Cardiac arrest after cardiac surgery: improved processes save lives [poster 104]. Poster presented at: Society of Thoracic Surgeons 51st Annual Meeting; January 23-27, 2015; Phoenix, Arizona.
17. Mazzeffi MA, Sanchez PG, Herr D, Krause E, Evans CF, Rector R, et al. Outcomes of extracorporeal cardiopulmonary resuscitation for refractory cardiac arrest in adult cardiac surgery patients. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2016;152(4):1133-1139. doi: 10.1016/j.jtcvs.2016.06.014.
18. Zhao Y, Xing J, Du Z, Liu F, Jia M, Hou X. Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation for adult patients who underwent post-cardiac surgery. *Eur J Med Res*. 2015;20:83. doi: 10.1186/s40001-015-0179-4.