

# Utilidad del lactato como predictor de morbilidad y mortalidad en pacientes de cirugía cardiovascular en la unidad de cuidados intensivos

## Autor:

Juan Carlos Guzman Ariza

Código Estudiantil: 2006245011

## Tutor:

Prof. Raúl Polo Gallardo  
Fisioterapeuta  
PhD (c) Ciencias de la Salud

Trabajo de investigación presentado como requisito para optar al título de  
**Especialista en Medicina Crítica y Cuidados Intensivos**

## Resumen

**Introducción:** La cirugía cardiovascular es un procedimiento complejo con un alto riesgo de complicaciones postoperatorias, incluyendo disfunción orgánica y mortalidad en la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI). El lactato sérico ha sido identificado como un biomarcador clave en la evaluación de la perfusión tisular y el metabolismo energético en pacientes críticos. Sin embargo, la relación entre los niveles de lactato y su depuración en las primeras 24 horas postoperatorias con la

morbilidad y mortalidad en cirugía cardiovascular aún no está completamente establecida. Este estudio tuvo como objetivo analizar dicha relación en pacientes sometidos a cirugía cardiovascular en la UCI de una clínica en Barranquilla, Colombia, entre agosto de 2023 y mayo de 2024.

**Objetivo:** Establecer la relación entre los niveles de lactato en sangre y su depuración en las primeras 24 horas postoperatorias con la mortalidad y morbilidad en pacientes sometidos a cirugía cardiovascular en la Unidad de Cuidados Intensivos.

**Materiales y Métodos:** El presente estudio se desarrolló bajo un enfoque observacional, prospectivo, analítico y longitudinal, diseñado para evaluar la relación entre los niveles de lactato en sangre y su depuración en las primeras 24 horas postoperatorias con la morbilidad y mortalidad en pacientes sometidos a cirugía cardiovascular. La población objetivo incluyó a pacientes adultos sometidos a cirugía cardiovascular entre agosto de 2023 y mayo de 2024. Se utilizaron fuentes primarias obtenidas directamente de los registros clínicos de los pacientes. Se diseñó un formulario estructurado que incluyó variables sociodemográficas, clínicas y quirúrgicas, además de los valores de lactato medidos en el preoperatorio, intraoperatorio y postoperatorio (6 y 24 horas). El análisis de los datos se realizó utilizando un enfoque estadístico descriptivo e inferencial para evaluar las relaciones entre los niveles de lactato y los desenlaces clínicos en pacientes sometidos a cirugía cardiovascular. Para este propósito, se utilizó Python como herramienta principal. se utilizaron pruebas no paramétricas como Wilcoxon y Mann-Whitney. Estas pruebas evaluaron diferencias significativas en los niveles de lactato entre los grupos con y sin complicaciones postoperatorias.

**Resultados:** En términos de sexo, la mayoría de los participantes del estudio eran masculinos (59.17%), con un 40.83% de mujeres. En relación con las comorbilidades la arterial (HTA), ocupa un 70% de los individuos de la muestra. Respecto a la diabetes mellitus ocupa el 29.17%. En cuanto a la enfermedad coronaria, el 54.17% de los individuos padecen esta condición, y el 45.83% otras

patologías cardiacas como valvulopatías o arritmias que requirieron cirugía. la edad de los participantes varía entre 41 y 78 años, con una media de 63.69 años.

Se observa que los niveles de lactato son significativamente más bajos antes de la cirugía, con un rango intercuartílico que va desde aproximadamente 0 hasta 2 mmol/L, mientras que después de la cirugía, los niveles aumentan, mostrando un rango mayor que se extiende hasta 10 mmol/L. Esto sugiere un aumento considerable en los niveles de lactato tras la intervención quirúrgica. Este cambio es estadísticamente significativo, con un p-valor de 0.0000, lo que indica que la cirugía tiene un impacto notable en los niveles de lactato. Se observó que los niveles de lactato en los fallecidos son significativamente más altos, con un rango intercuartílico entre aproximadamente 3 y 6 mmol/L, mientras que los no fallecidos tienen un rango intercuartílico más bajo, entre 1 y 3 mmol/L. Además, el grupo de fallecidos presenta algunos valores atípicos más altos, lo que indica una mayor variabilidad en los niveles de lactato en este grupo.

**Conclusiones:** Este estudio demostró que niveles elevados de lactato en las primeras 24 horas postoperatorias y su depuración insuficiente están significativamente asociados con mayores tasas de complicaciones, incluyendo insuficiencia renal, estancia prolongada en la unidad de cuidados intensivos y mortalidad en pacientes sometidos a cirugía cardiovascular.

**Palabras Clave:** Lactato, Cirugía cardiovascular, Unidad de Cuidados Intensivos, Morbilidad, Mortalidad.

## Abstract

**Introduction:** Cardiovascular surgery is a complex procedure with a high risk of postoperative complications, including organ dysfunction and mortality in the Intensive Care Unit (ICU). Serum lactate has been identified as a key biomarker in assessing tissue perfusion and energy metabolism in critically ill patients. However, the relationship between lactate levels and their clearance in the first 24 postoperative hours with morbidity and mortality in cardiovascular surgery is not yet fully established. This study aimed to analyze this relationship in patients undergoing cardiovascular surgery in the ICU of a clinic in Barranquilla, Colombia, between August 2023 and May 2024.

**Objective:** To establish the relationship between blood lactate levels and their clearance in the first 24 postoperative hours with mortality and morbidity in patients undergoing cardiovascular surgery in the Intensive Care Unit.

**Materials and methods:** This study was conducted under an observational, prospective, analytical, and longitudinal approach, designed to evaluate the relationship between blood lactate levels and their clearance in the first 24 postoperative hours with morbidity and mortality in patients undergoing cardiovascular surgery. The target population included adult patients undergoing cardiovascular surgery between August 2023 and May 2024. Primary sources obtained directly from the patients' clinical records were used. A structured form was designed that included sociodemographic, clinical, and surgical variables, in addition to lactate values measured in the preoperative, intraoperative, and postoperative periods (6 and 24 hours). Data analysis was performed using a descriptive and inferential statistical approach to assess the relationships between lactate levels and clinical outcomes in patients undergoing cardiovascular surgery. For this purpose, Python was used as the main tool. Non-parametric tests such as Wilcoxon and Mann-Whitney were used. These tests evaluated significant differences in lactate levels between groups with and without postoperative complications.

**Results:** In terms of sex, the majority of study participants are male (59.17%), with 40.83% female. Regarding comorbidities, arterial hypertension (HTA) accounts for 70% of the individuals in the sample. With respect to diabetes mellitus, it occupies 29.17%. As for coronary artery disease, 54.17% of individuals suffer from this condition, and 45.83% other cardiac pathologies such as valve diseases or arrhythmias that required surgery. The age of the participants ranges between 41 and 78 years, with a mean of 63.69 years. It is observed that lactate levels are significantly lower before surgery, with an interquartile range ranging from approximately 0 to 2 mmol/L, while after surgery, levels increase, showing a wider range that extends up to 10 mmol/L. This suggests a considerable increase in lactate levels after surgery. This change is statistically significant, with a p-value of 0.0000, indicating that surgery has a notable impact on lactate levels. It is observed that lactate levels in the deceased are significantly higher, with an interquartile range between approximately 3 and 6 mmol/L, while the non-deceased have a lower interquartile range, between 1 and 3 mmol/L. In addition, the deceased group presents some higher outliers, indicating greater variability in lactate levels in this group.

**Conclusions:** This study demonstrates that elevated lactate levels in the first 24 postoperative hours and their insufficient clearance are significantly associated with higher rates of complications, including renal insufficiency, prolonged stay in the intensive care unit, and mortality in patients undergoing cardiovascular surgery.

**Keywords:** Lactate, Cardiovascular Surgery, Intensive Care Unit, Morbidity, Mortality

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Levi B. Lactate and shock state: the metabolic view. *Curr Opin Crit Care*. 2020; (12):315-21.
2. Tyerman J, Mehaffey H, Hawkins B, Dahl J, Narahari A. History of Serious Mental Illness Is a Predictor of Morbidity and Mortality in Cardiac Surgery. *The Annals of Thoracic Surgery*. 2022;(111):109-116. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2023.04.118>.
3. Barak Z, Leviner D, Walid S, Sharoni E. Prognostic Interplay of Chronic Kidney Disease, Anemia, and Diabetes in Coronary Bypass Surgery. *The Annals of Thoracic Surgery*. 2023; (111): 94-101. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003497520309383>)
4. Bouabdallaoui N, Stevens S, Doenst T, et al. Puntuación de riesgo de la Sociedad de Cirujanos Torácicos y EuroSCORE-2. 2022; 11 (11): 16-32.
5. Bisarya R, Shaath D, Pirzad A, Satterwhite L, He J, Simpson SQ. Serum lactate poorly predicts central venous oxygen saturation in critically ill patients. A retrospective cohort study. *J Intesiv Care*. 2019; 7:47.
6. Blanco E, Centeno J. Principales procedimientos y avances técnicos en cirugía cardiaca. *Cirugía cardiovascular, Abordaje integral*, 9, 123-137  
Copyright © 2022 Elsevier España.

7. Yusuff HO, Zochios V. Lactic acidosis and mitral valve surgery: Defining the relationship. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2018;32(2):644-5.
8. Accini J, Lopez H. Consenso colombiano de cuidados perioperatorios en cirugía cardíaca del paciente adulto. *Acta Colombiana de Cuidado Intensivo.* 2020; 20 (2):118-157.
9. Sunil V, Michelle L, Ruel M, Tanveer R. Guía 2025 ACC/AHA/ACEP/NAEMSP/SCAI para el manejo de pacientes con síndromes coronarios agudos: un informe del Comité Conjunto sobre Guías de Práctica Clínica del Colegio Estadounidense de Cardiología/Asociación Estadounidense del Corazón, <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000001309>.
10. Sondekoppam RV, Arellano R, Ganapathy S, et al: Pain and inflammatory response following off-pump coronary artery bypass grafting. *Curr Opin Anaesthesiol* 2018; 27:106–115
11. Bursa F, Pleva L, Maca J, Sklienka P, Sevcik P. Tissue ischemia microdialysis assessments following severe traumatic haemorrhagic shock: lactate/pyruvate ratio as a new resuscitation end point. *BMC Anesthesiol.* 2022; 14:118.

12. Donnino MW, Andersen LW, Giberson T, Gaieski DF, Abella BS, Peberdy MA, et al. Initial lactate and lactate change in postcardiac arrest: A multicenter validation study. *Crit Care Med.* 2021; 42:1804 -11.
13. Noguchi S, Saito J, Hashiba E, Kushikata T, Hirota K. Lactate level during cardiopulmonary bypass as a predictor of postoperative outcomes in adult patients undergoing cardiac surgery. *JA Clinical Reports.* 2016; 2:39-43.
14. Soliman HM, Vincent JL. Prognostic value of admission serum lactate concentrations in intensive care unit patients. *Acta Clin Belg.* 2015 May-Jun;65(3):176-81.
15. Nichol A, Bailey M, Egi M, Pettila V, French C, Stachowski E, et al. Índices dinámicos de lactato como predictores del resultado en pacientes críticamente enfermos. *Critical Care.* 2011. <https://doi.org/10.1186/cc10497>.
16. Zhang Z, Xu X, Chen K. Lactate clearance as a useful biomarker for the prediction of all-cause mortality in critically ill patients: A systematic review study protocol. *BMJ Open.* 2014;4: e004752.
17. Santos A, Olmos SG, Ramos AR. Venous-arterial oxygen saturation and serum lactate in the postoperative period of cardiac surgery. *Arch. Cardiol. Méx.* 2022; vol.92 no.4
18. Dueñas C, Mendoza-Franco R, Álvarez M, Ortiz G. Perfusión tisular en el paciente crítico. *Acta Colombiana de Cuidado Intensivo.* 2012;12(2):111-27.

19. Kliegel A, Losert H, Sterz F, Holzer M, Zeiner A, Havel C, et al. Serial lactate determination for prediction of outcome after cardiac arrest. *Medicine (Baltimore)*. 2004; 83:274-9.
20. Walton RL, Hansen BD. Venous oxygen saturation in critical illness. *J Vet Emerg Crit Care (San Antonio)*. 2019;28(5):387-97.
21. Ministerio de Salud y Protección Social. Análisis de Situación de Salud (ASIS). 2020; <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RID/E/VS/ED/PSP/asis-2019-colombia.pdf>.
22. Chemtob RA, Moller-Sorensen H. Peripheral measurements of venous oxygen saturation and lactate as a less invasive alternative for hemodynamic monitoring. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*. 2018; 26:75-82.
23. Castro HD. Lactato en circulación extracorpórea: mitos y realidades. *ALAP*. 2018;2(1):1-8.
24. Lozano F, Huertas J, Sanchez I, et al. Revascularización percutánea del tronco coronario izquierdo. *REC Interv Cardiol*. 2021; 3:45-54.
25. Jansen T, van Bommel J. Terapia temprana guiada por lactato en pacientes de la unidad de cuidados intensivos quirúrgicos. 2010;182(6):752-61.

26. Carmona P, Mateo E, Hornero F, Errando CL, Vázquez A, Llagunes J, et al. Hiperlactatemia en la ablación quirúrgica de la fibrilación auricular y cirugía cardíaca. ¿Es un factor predictivo de morbilidad posoperatoria? Rev española Anestesiología y Reanimación. 2018;61(6):311-8.
27. Cardozo D, Yubero R, Okinaka S. Lactato como predictor de mortalidad en cirugía cardiovascular. Rev. virtual Soc. Parag. Med. Int. 2019; 6 (2):30-38.
28. Rincon JR. Manejo de las complicaciones postoperatorias de la cirugía cardíaca en cuidados intensivos. Rev Asoc Mex Med Crít Ter Int. 2018; 172-178.
29. Warren OJ, Smith AJ, Alexiou C, et al. The inflammatory response to cardiopulmonary bypass: Part 1- Mechanisms of pathogenesis. J Cardiothorac Vasc Anesth 2018; 23:223–231.
30. Dueñas C, Ortiz G. El papel del lactato en cuidado intensivo. Rev Chil Med Intensiva. 2016;31(1):13-22.
31. Kruse O. Blood lactate as a predictor for in-hospital mortality in patients admitted acutely to hospital: a systematic review. Scand J Trauma. 2011; 19:74.
32. Hu BBY, Laine GA, Wang S, Solis RT. Combined central venous oxygen saturation and lactate as markers of occult hypoperfusion and outcome following cardiac surgery. J Cardiothorac Vasc Anesth. 2012;26(1):52-7.

33. Muñoz R, Laussen PC, Palacio G. Changes in whole blood lactate levels during cardiopulmonary bypass for surgery for congenital cardiac disease: an early indicator of morbidity and mortality. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2018;119(1):155-62.
34. Chemtob RA, Eskesen TG, Moeller-Soerensen H, Perner A, Ravn HB. Systematic review of the association of venous oxygenation and outcome in adult hospitalized patients. *Acta Anaesthesiol Scand.* 2016;60(10):1367-78.
35. Maillet JM, Le Besnerais P. Frequency, risk factors and outcome of hyperlactatemia after cardiac surgery. *Chest.* 2005; 123:1361-6.
36. Kiegel A, Losert H, Sterz F, Holzer M, Zeiner A, Havel C, et al. Serial lactate determination for prediction of outcome after cardiac arrest. *Medicine Baltimore.* 2004; 83:274-9.
37. Ducrocq N, Kimmoun A, Levy B. Lactate or ScvO<sub>2</sub> as an endpoint in resuscitation of shock states? *Minerva Anesthesiol.* 2013; 79:1049-58.
38. Rincón Salas JJ, Novoa Lago E, Sánchez E, Hortal Iglesias J. Manejo de las complicaciones postoperatorias de la cirugía cardiaca en cuidados intensivos. *Rev Asoc Mex Med Crít Ter Int.* 2013;27(3):172-8.
39. Téllez JA. Valor del lactato sérico como factor pronóstico de mortalidad en pacientes con sepsis. *Rev Virtual Soc Parag Med Int.* 2017;4(2):11-8.
40. Hajjar LA, Almeida JP, Fukushima JT, Rhodes A, Vincent JL, Osawa EA, et al. High lactate levels are predictors of major complications after cardiac

- surgery. J Thorac Cardiovasc Surg. 2013;146(2):455-60. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2013.02.003>.
41. Attana P, Lazzeri C, Chiostrì M, Picariello C, Gensini GF, Valente S. Lactate clearance in cardiogenic shock following ST elevation myocardial infarction: a pilot study. *Acute Card Care*. 2012;14(1):20-6.
42. De la Paz-Estrada C, Reyes-Rodríguez M, Barzaga-Hernández E. Lactato sérico en pacientes críticos postoperados de cirugía de abdomen. *Rev Mex Anesthesiol*. 2005;28(2):69-73.
43. Bermúdez-Rengifo WA, Fonseca-Ruiz NJ. Use of lactate measurements in the critically ill patient. *Rev Soc Peru Med Interna*. 2007;20(4):1-8.
44. Minton J, Sidebotham DA. Hyperlactatemia and Cardiac Surgery. *J Extra Corpor Technol*. 2017; 49:7-15.
45. Romero JL, Guarín C, Daza E. Lactato y morbilidad en pacientes llevados a cirugía cardiovascular en el hospital universitario clínica San Rafael. 2013.
46. Attana P, et al. Lactate and lactate clearance in acute cardiac care patients. *Eur Heart J Acute Cardiovasc Care*. 2012.
47. Barrial J, Facenda A. lactatemia como pronóstico inmediato de supervivencia en la cirugía cardiovascular pediátrica a corazón abierto. *Rev Hanan Cienc Med La Habana*. 2009; 8 (1):1-5.
48. Blohm E, Lai J, Neavyn M. Drug-induced hyperlactatemia. *Clin Toxicol (Phila)*. 2017; 55(8):869-78.

49. Drolz A, Horvatits T, Rutter K, Landahl F, Roedl K, Meersseman P, et al. Lactate improves prediction of short-term mortality in critically ill cirrhosis patients: a multinational study. *Crit Care Lond Engl.* 2010;14: R25.
50. Naik R, George G, Karuppiyah S, Philip MA. Hyperlactatemia in patients undergoing adult cardiac surgery under cardiopulmonary bypass: Causative factors and its effect on surgical outcome. *Ann Card Anaesth.* 2016; 19:668-75.
51. Porras WA, Ige ME, Ormea A. Lactate clearance as a prognosis indicator of mortality in patients with severe sepsis and septic shock. *Rev Soc Peru Med Interna.* 2007;20(4):1-8.
52. Nichol AD, Egi M, Pettila V, Bellomo R, French C, Hart G, et al. Relative hyperlactatemia and hospital mortality in critically ill patients: A retrospective multi-centre study. *Crit Care Lond Engl.* 2010;14: R25.
53. Rivers EP, Kruse JA, Jacobsen G, Shah K, Loomba M, Otero R, et al. The influence of early hemodynamic optimization on biomarker patterns of severe sepsis and septic shock. *Crit Care Med.* 2007 Sep;35(9):2016-24.
54. Kompanje E, Jansen T, Van der Hoven B, Bakker J. The first demonstration of lactic acid in human blood in shock by Johann Joseph Scherer (1814-1869) in January 1843. *Intensive Care Med.* 2007; 33:1967-71.
55. Minton J, Sidebotham DA. Hyperlactatemia and cardiac surgery. *J Extra Corpor Technol.* 2017; 49:7-15.

56. Adeva-Andany M, López-Ojén M, Funcasta-Calderón R, Ameneiros-Rodríguez E, Donapetría-García C, Vila-Altesor M, et al. Revisión exhaustiva sobre el metabolismo del lactato en la salud humana. *Mitocondria*. 2014; 17:76.
57. Cheung PY, Chui N, Joffe AR, Rebeyka IM, Robertson CMT. Postoperative lactate concentrations predict outcome in infants aged 6 weeks or less after intracardiac surgery: an 18-month follow-up cohort study. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2005; 130:837-43.
58. Andersen LW. Lactate Elevation During and After Major Cardiac Surgery in Adults: A Review of Etiology Prognostic Value, and Management. *Anesth Analg*. 2017; 125:743-52.
59. Ranucci M, Ballotta A, Kunkl A, De Benedetti D, Kandil H, Conti D et al. Influence of the timing of cardiac catheterization and the amount of contrast media on acute renal failure after cardiac surgery. *Am J Cardiol*. 2008 Apr 15;101(8):1112-8.
60. Ángeles-Velázquez JL, García-González AC, Díaz-Greene EJ, Rodríguez-Weber FL. Índices estáticos y dinámicos de la hiperlactatemia. *Med Int Méx*. 2016 Mar;32(2):225-31.
61. Minton J, Sidebotham DA. Hyperlactatemia and Cardiac Surgery. *J Extra Corpor Technol*. 2017; 49:7-15.
62. Cecconi M, De Backer D, Antonelli M, et al. Consenso sobre choque circulatorio y monitorización hemodinámica. Grupo de trabajo de la Sociedad

- Europea de Medicina Intensiva. Intensive Care Med. 2014; 40:1795–1815.
63. Evans AS, Levin MA, Lin HM, Lee K, Weiner MM, Anyanwu A, et al. Prognostic Value of Hyperlactatemia and Lactate Clearance After Mitral Valve Surgery. J Cardiothorac Vasc Anesth. 2018;32:636-43.
64. Flores DC, Schalet H, Salas R, Rovere R, Ruiz DG, Trainini J. Valor predictivo de la concentración elevada de lactato en cirugía de revascularización miocárdica. Revista de cirugía cardiovascular. 2003;22. Disponible en: <http://www.fac.org.ar/tcvc/llave/tl680/tl680.PDF>.
65. Shinde SB, Golam KK, Kumar P, Patil ND. Blood lactate levels during cardiopulmonary bypass for valvular heart surgery. Ann Card Anaesth. 2005;8(1):39-44.
66. Ranucci M, De Toffol B, Isgrò G, Romitti F, Conti D, Vicentini M. Hyperlactatemia during cardiopulmonary bypass: Determinants and impact on postoperative outcome. Crit Care Lond Engl. 2006;10: R167.
67. Kapoor P, Mandal B, Chowdhury U, Singh S, Kiran U. Changes in myocardial lactate, pyruvate and lactate-pyruvate ratio during cardiopulmonary bypass for elective adult cardiac surgery: early Pharmacol. 2011;27(2):225-32.
68. Maillet JM, Le Besnerais P, Cantoni M, Nataf P, Ruffenach A, Lessana A, et al. Frequency, risk factors, and outcome of hyperlactatemia after cardiac surgery. Chest. 2003; 123:1361-6.

69. Goodwin M, Ito K, Gupta AH, Emanuel P. Protocolized care for early shock resuscitation. *Curr Opin Crit Care.* 2016;22(5):416-23. <https://doi.org/10.1097/MCC.0000000000000346>.
70. Khosravani H, Shahpori R, Stelfox HT, Kirkpatrick AW, Laupland KB. Occurrence and adverse effect on outcome of hyperlactatemia in the critically ill. *Crit Care.* 2009;13: R90.
71. Badreldin AMA, Doerr F, Elsobky S, Brehm BR, Abul-dahab M, Lehmann T, et al. Mortality prediction after cardiac surgery: Blood lactate is indispensable. *Thorac Cardiovasc Surg.* 2013; 61:708-17.
72. Varela L, Navas E, Fernández-Hidalgo N, Moya Mur JL, Muriel A, Fernández-Felix BM, et al. Prognostic factors of mortality after surgery in infective endocarditis: Systematic review and meta-analysis. *Infection.* 2019; 47:879-95.
73. Nichol AD, Egi M, Pettila V, Bellomo R, French C, Hart G, et al. Relative hyperlactatemia and hospital mortality in critically ill patients: A retrospective multi-centre study. *Crit Care Lond Engl.* 2010;14: R25.
74. Dong MF, Ma ZS, Wang JT, Chai SD, Tang PZ, Wang LX. Impact of peripherally established cardiopulmonary bypass on regional and systemic blood lactate levels. *Heart Lung Circ.* 2012;21(3):154-8.

75. Demers P, Elkouri S, Martineau R, Couturier A, Cartier R. Outcome with high blood lactate levels during cardiopulmonary bypass in adult cardiac operation. *Ann Thorac Surg.* 2000; 70:2082-6.
76. Lindsay AJ, Xu M, Sessler DI, Blackstone EH, Bashour CA. Lactate clearance time and concentration linked to morbidity and death in cardiac surgical patients. *Ann Thorac Surg* 2013; 95: 486 – 92.
77. Lopez JC, Esteve F, Javierre C, Torrado H, Rodriguez-Castro D, Carrio ML, et al. Evaluation of Serial Arterial Lactate Levels as a Predictor of Hospital and Long-Term Mortality in Patients After Cardiac Surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2015;29:1441-53.