

De la técnica al todo: enfoque sistémico del reemplazo valvular aórtico con válvulas tradicionales y de rápido implante

From Technique to Wholeness: A Systemic Approach to Aortic Valve Replacement with Traditional and Rapid-deployment Valves

GERMÁN A. FORTUNATO¹, JESSICA BAROCHINER²

RESUMEN

En las últimas décadas, el aumento de la esperanza de vida ha incrementado el número de pacientes con enfermedad valvular aórtica que requieren un reemplazo valvular aórtico (RVA). Muchos de estos pacientes, especialmente los de edad avanzada y con comorbilidades, enfrentan un alto riesgo preoperatorio. La complejidad de la patología cardiovascular y la adaptación de estos pacientes a la intervención requieren un enfoque integral y holístico, considerando factores biológicos, genéticos y psicosociales. En este artículo, se aborda la importancia de comprender el RVA como parte de un sistema complejo. Destaca la interacción entre múltiples elementos del sistema cardiovascular, como el miocardio, el sistema de conducción y la circulación coronaria, que afectan los resultados quirúrgicos. Se señala, además, cómo la elección de la prótesis y otros factores no predecibles pueden influir en la mortalidad postoperatoria, que no debe ser vista como un fenómeno simple de causa-efecto. El uso de tecnologías avanzadas, como la inteligencia artificial (IA), puede mejorar los resultados en cada fase del tratamiento: preoperatoria, intraoperatoria y postoperatoria. En conclusión, para mejorar los resultados en pacientes sometidos a RVA quirúrgico, es esencial adoptar un enfoque sistémico, desde el marco de la teoría de la complejidad, que integre tecnologías innovadoras y considere las características individuales de cada paciente. Esto podría contribuir a una menor mortalidad intrahospitalaria.

Palabras clave: Cirugía cardíaca valvular - Disfunción valvular - Análisis de la complejidad

ABSTRACT

In recent decades, the number of patients with aortic valve disease requiring aortic valve replacement (AVR) has increased due to longer life expectancy. Many of these patients, especially those who are elderly and have comorbidities, face high preoperative risk. The complexity of cardiovascular disease and the adaptation of these patients to the intervention require a comprehensive and holistic approach, considering biological, genetic, and psychosocial factors. This article addresses the importance of understanding AVR as part of a complex system, emphasizing the interaction between multiple elements of the cardiovascular system such as the myocardium, conduction system, and coronary circulation, which affect surgical outcomes. It also highlights how the selection of heart valve prosthesis and other unpredictable factors can influence postoperative mortality, which should not be viewed as a simple cause-and-effect phenomenon. The use of advanced technologies, such as artificial intelligence, can improve outcomes in the preoperative, intraoperative, and postoperative phases of treatment. In conclusion, to improve outcomes in patients undergoing surgical RVA, it is essential to adopt a systemic approach, within the framework of complexity theory, that integrates innovative technologies and considers the individual characteristics of each patient. This could contribute to reduce in-hospital mortality.

Key words: Heart valve surgery - Valve dysfunction - Complexity analysis

REV ARGENT CARDIOL 2025;93:302-305. <https://doi.org/10.7775/rac.es.v93.i4.20908>

Recibido: 21/05/2025 - Aceptado: 02/07/2025

Dirección para correspondencia: Germán A. Fortunato - Correo electrónico: german.fortunato@hospitalitaliano.org.ar



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

©Revista Argentina de Cardiología

¹ Servicio de Cirugía Cardiovascular, Hospital Italiano de Buenos Aires, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.

² Servicio de Clínica Médica, Sección Hipertensión Arterial, Hospital Italiano de Buenos Aires, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, el número de pacientes con enfermedad valvular aórtica que requieren un reemplazo valvular aórtico (RVA) ha aumentado debido al incremento de la expectativa de vida, con mayor incidencia de la patología con edades crecientes. La mayoría de los pacientes que presentan estenosis valvular aórtica grave (EAoG) son de la tercera edad y sufren numerosas comorbilidades, lo que les confiere un alto riesgo preoperatorio.^(1,2) Este alto riesgo también se relaciona con las dificultades que enfrentan los pacientes mayores para adaptarse a la patología cardiovascular, así como para afrontar la recuperación postoperatoria, afectada por la disminución de su capacidad adaptativa fisiológica, lo que puede entenderse como una reducción de la entropía del sistema cardiovascular. El desarrollo de nuevas tecnologías y terapias ha buscado abordar esta situación, con el objetivo de reducir el riesgo quirúrgico. El paciente con enfermedad valvular aórtica, considerado en su dimensión biológica y social, está constituido por múltiples agentes que interactúan y se adaptan a los constantes cambios hemodinámicos del sistema cardiovascular. Esta interacción se produce a diferentes niveles: celular, tisular, genético y ambiental. ⁽³⁾

IMPORTANCIA DEL REEMPLAZO VALVULAR AÓRTICO CON ENFOQUE DE SISTEMA COMPLEJO

Nuestro centro ha publicado recientemente los resultados obtenidos en pacientes de riesgo intermedio en cuanto a la mortalidad intrahospitalaria asociada al empleo de prótesis valvulares tradicionales frente a las novedosas prótesis de rápido implante (RD-V). Estos resultados indican una tendencia hacia una menor mortalidad en las prótesis RD-V (5,7% vs. 0%, $p = 0,057$). ⁽⁴⁾ Sin embargo, al considerar la patología cardiovascular específica de cada paciente, el procedimiento realizado, el tipo de prótesis y el cirujano a cargo, así como factores interrelacionados y no predecibles que configuran un todo complejo, es difícil concluir que la mortalidad pueda atribuirse únicamente al uso de un tipo de prótesis determinada. Es fundamental que el cirujano cardiovascular analice todos estos elementos de manera integral para comprender la mortalidad postoperatoria y no se limite a evaluar solo el tipo de prótesis. Esta visión holística es esencial para contribuir al éxito o al fracaso del resultado quirúrgico en pacientes de riesgo intermedio.

Características del sistema complejo

La comprensión de las características de un sistema complejo en pacientes sometidos a RVA con prótesis valvulares puede ofrecer un enfoque renovado para abordar su tratamiento y, potencialmente, mejorar los resultados operatorios. ⁽⁵⁾

1. *Gran número de elementos*: el miocardio está compuesto por miles de millones de miocitos, que no solo

muestran un alto grado de similitud, sino que también actúan y responden en conjunto, manteniendo una sincronía durante situaciones fisiológicas. ⁽⁶⁾ Además, existe una fractalidad geométrica en la circulación coronaria, desde el tronco de la arteria coronaria izquierda hasta las diminutas arterias septales.

2. *Dinamismo*: los pacientes con estenosis valvular aórtica experimentan un dinamismo notable, con cambios hemodinámicos y estructurales en los ventrículos. La progresión de la patología valvular, que a menudo incluye estenosis aórtica pura y, en algunos casos, estenosis e insuficiencia aórtica, afecta directamente al ventrículo izquierdo, que desarrolla hipertrofia como mecanismo adaptativo. Sin embargo, este mecanismo puede no ser suficiente, lo que conduce a insuficiencia cardíaca y progresión de los síntomas, culminando en la necesidad de un RVA y la consiguiente mejoría de la función ventricular y el remodelado ventricular reverso.
3. *Penetrancia*: las interacciones entre los elementos del sistema son simultáneas y transversales. Por ejemplo, el uso de prótesis con un área efectiva de orificio más pequeño en muchos pacientes puede generar un *mismatch* protésico-paciente, aumentando los gradientes trans-valvulares sin reducir simultáneamente la poscarga ventricular. ⁽⁷⁾
4. *No linealidad*: la respuesta a un acto quirúrgico no siempre es predecible a través de los métodos clásicos. La colocación adecuada de la sutura en el anillo aórtico es crucial para el implante de la prótesis, así como la preservación del sistema de conducción en el septum interventricular. Una sutura demasiado profunda puede provocar el bloqueo del sistema de conducción auriculoventricular, lo que podría requerir la colocación de un marcapasos bicameral, resultando en una expectativa de vida reducida en comparación con pacientes que mantienen un ritmo sinusal. Este único punto de sutura puede tener consecuencias significativas, como se ilustra en el concepto del “efecto mariposa”, en el cual un mínimo cambio o acción inicial, puede desencadenar en un futuro un resultado sustancial. ⁽⁸⁾
5. *Interacciones recursivas*: la mejora de la función hemodinámica se produce tras el reemplazo de la válvula afectada y estenosada.
6. *Abierto*: el paciente operado requiere la supervisión constante de cardiólogos y cirujanos durante su recuperación postoperatoria. El balance de líquidos por parte del médico de guardia, el uso de vasopresores, la necesidad de un marcapasos transitorio y la experiencia del personal de enfermería influyen directamente en los resultados operatorios.
7. *No equilibrio*: un paciente que ha sido sometido a un RVA no se encuentra en un estado de equilibrio. Por ejemplo, si el paciente se encuentra con baja precarga, requerirá volumen, mientras que la sobrecarga hídrica requerirá diuréticos. Esto

genera un flujo constante de energía para mantener respuestas hemodinámicas adecuadas ante los cambios. Así, el paciente se encuentra en una permanente “transición”, similar a lo que ocurre en el sistema cardiovascular y en otros contextos, como se ha descrito, por ejemplo, en el caso de pacientes hipertensos. (9)

8. *Historia*: los sistemas complejos tienen una historia, y en este caso, el paciente mejora con el tiempo. Inicialmente, el paciente sufría de una válvula estenótica, pero experimenta una regulación hemodinámica después de la intervención.
9. *Información local*: el miocardio, el sistema de conducción, la presión pulmonar intrínseca, la prótesis valvular y el aparato valvular operan bajo sus propias reglas a nivel local, pero también interactúan con otros sistemas. El objetivo es alcanzar un estado relativamente “estable”, manteniendo un volumen minuto de aproximadamente 4,5-5 litros/minuto.

LA MORTALIDAD POSTOPERATORIA COMO FENÓMENO EMERGENTE

La mortalidad postoperatoria puede considerarse un fenómeno complejo en pacientes intervenidos, y no debe ser abordada con un modelo simplista de causa-efecto. A pesar de los esfuerzos que realizamos (4) para identificar una población de riesgo intermedio utilizando un sistema de scoring universalmente aceptado, como el STS-PROM, (10) es fundamental reconocer que cada paciente es único. La posibilidad de fallecimiento está determinada por la interacción de diversos factores en el sistema del paciente. El cirujano tiene la responsabilidad de comprender y analizar estas interrelaciones, incluyendo los antecedentes cardiovasculares, la fisiología y el contexto del paciente, sin limitarse a la idea de que la elección de la prótesis determinará la supervivencia.

Observamos que los pacientes intervenidos por insuficiencia cardíaca en clase funcional I y II obtienen mejores resultados que aquellos en falla cardíaca más avanzada, así como los que presentan disfunción ventricular moderada a grave. Si pudiéramos intervenir a estos pacientes de manera más temprana, es probable que se logran mejores resultados. En el consultorio, el cardiólogo clínico puede asumir que un paciente no necesita cirugía hasta que presente disnea durante el esfuerzo, incluso si muestra gradientes elevados en el ecocardiograma transtorácico. Este enfoque lineal ignora la complejidad de los factores impredecibles que influyen en cada paciente, así como las variaciones en la percepción de la disnea. Además, es crucial considerar el estado psicosocial del paciente, ya que aquellos con depresión preoperatoria son más propensos a experimentar resultados negativos en el postoperatorio.

Como cirujanos, podemos mejorar los resultados postoperatorios al comprender la mortalidad perioperatoria como un fenómeno emergente, lo que nos

permite diseñar un plan estratégico integral para la fase pre, intra y postquirúrgica.

HERRAMIENTAS PARA ABORDAR LA COMPLEJIDAD DE LA MORTALIDAD EN EL PACIENTE

Un plan estratégico en cirugía cardiovascular se puede abordar desde tres niveles clave: el preoperatorio, el intraoperatorio y el postoperatorio, cada uno con herramientas específicas que buscan disminuir la mortalidad y mejorar los resultados en los pacientes intervenidos.

En el **preoperatorio** es fundamental emplear herramientas que permitan un enfoque multifactorial en la toma de decisiones. Esto incluye un análisis exhaustivo del estado psicológico del paciente, la evaluación de su sintomatología, sus expectativas respecto al procedimiento, entre otros factores. Además, la incorporación de la ciencia de datos juega un rol crucial, permitiendo la toma de decisiones más informadas sobre la elección de la prótesis. Mediante el uso de registros internacionales y nacionales, bases de datos hospitalarias, meta-análisis, estudios aleatorizados y resultados a largo plazo, se puede seleccionar la opción más adecuada para cada paciente. Las guías actuales sobre valvulopatías y las indicaciones quirúrgicas ofrecen un enfoque clásico y simplista y no contemplan de manera personalizada aspectos genéticos, epigenéticos o ambientales que podrían influir en la respuesta del paciente. (11) En este sentido, en el Servicio de Cirugía Cardiovascular del Hospital Italiano de Buenos Aires se está iniciando un proyecto que integra inteligencia artificial (IA) y técnicas de aprendizaje automatizado para analizar estos datos y ofrecer proyecciones más precisas a la hora de seleccionar la prótesis en la fase de atención del/la paciente en el consultorio. Este enfoque podría alinearse con el concepto de “medicina de precisión”, que busca optimizar la sobrevida y los resultados del paciente a través de un tratamiento individualizado.

Durante el **intraoperatorio**, el uso de herramientas basadas en IA y análisis en tiempo real también es clave para mejorar los resultados. La toma de decisiones, como la elección de procedimientos adicionales al reemplazo valvular (por ejemplo, *bypass* coronario, cirugía valvular doble o reemplazo de la raíz aórtica), la colocación de marcapasos profilácticos y otros, debe basarse en una evaluación precisa y actualizada del paciente en el momento de la cirugía. Sin embargo, es importante reconocer que las soluciones tecnológicas avanzadas no siempre pueden ser aplicables de manera uniforme a todos los centros, ya que factores como los costos y las diferencias económicas entre servicios pueden limitar su implementación generalizada.

Durante el postoperatorio, uno de los avances más significativos es la integración de la IA con los monitores de quirófano y unidad coronaria. Esta herramienta, que permite la retroalimentación en tiempo real, ofrece un control constante sobre los signos vitales, el volumen minuto cardíaco, la presión venosa central,

la presión pulmonar y las resistencias vasculares, así como el monitoreo electrocardiográfico remoto y constante. Este sistema facilita que tanto los cirujanos como los cardiólogos involucrados en el procedimiento tengan acceso inmediato a datos clave, mejorando la capacidad de respuesta ante cualquier cambio en el estado del paciente. Aunque aún son pocos los centros a nivel mundial que han implementado esta tecnología, y no se ha publicado de manera definitiva si hay una mejora en los resultados postoperatorios, se espera que, con el tiempo, este tipo de sistemas se convierta en un estándar de calidad en los centros de cirugía cardíaca.

CONCLUSIONES

La mortalidad postoperatoria en pacientes operados no debe entenderse como un fenómeno aislado ni simplista, sino como el resultado de la interacción compleja de múltiples factores, tanto biológicos como sociales, que afectan a cada paciente de manera única. Estos factores incluyen desde la patología cardiovascular específica del paciente hasta su perfil genético, epigenético y psicosocial, los cuales pueden influir significativamente en los resultados quirúrgicos. La visión de la cirugía cardiovascular debe ser holística y multidisciplinaria, teniendo en cuenta no solo el tipo de prótesis utilizada, sino también el contexto individual del paciente, la experiencia del equipo quirúrgico y las variables no directamente predecibles que interactúan durante todo el proceso. La clave para el éxito radica en la integración de enfoques personalizados, el uso de tecnologías innovadoras y la colaboración entre los diferentes actores del proceso, con el fin de optimizar la atención a los pacientes y ofrecerles una mejor calidad de vida tras el procedimiento.

Declaración de conflicto de Intereses

Los autores declaran que no tienen conflicto de intereses..

(Véanse formularios de conflicto de intereses de los autores en la Web).

BIBLIOGRAFÍA

- Holzhey D, Mohr FW, Walther T, Möllmann H, Beckmann A, Kötting J, et al. Current Results of Surgical Aortic Valve Replacement: Insights From the German Aortic Valve Registry. *Ann Thorac Surg* 2016;101:658-66. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2015.07.090>
- Leon MB, Smith CR, Mack M, Miller DC, Moses JW, Svensson LG, et al; PARTNER Trial Investigators. Transcatheter aortic-valve implantation for aortic stenosis in patients who cannot undergo surgery. *N Engl J Med* 2010;363:1597-607. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1008232>
- Khan MI, Zahir RS, Dominguez AC, Romeo FJ. Role of Lipoprotein (A) in aortic valve stenosis: Novel disease mechanisms and emerging pharmacotherapeutic approaches. *Int J Cardiol Heart Vasc* 2024;55:101543. <https://doi.org/10.1016/j.ijcha.2024.101543>
- Fortunato GA, D'Angelo T, Busnelli G, Tamara CA, Sultano N, Theaux J, y cols. Válvulas de rápido implante versus válvulas tradicionales en reemplazo valvular aórtico en pacientes de riesgo intermedio. *Rev Argent Cardiol* 2024;92: 202-8. <https://doi.org/10.7775/rac.es.v92.i3.20784>
- Levin SA. Ecosystems and the biosphere as complex adaptive systems. *Ecosystems* 1998;1: 431-6. <https://doi.org/10.1007/s100219900037>
- Corazza GR, Formagnana P, Lenti MV. Bringing complexity into clinical practice: An internistic approach. *Eur J Intern Med* 2019;61:9-14. <https://doi.org/10.1016/j.ejim.2018.11.009>
- Tabata M, Shibayama K, Watanabe H, Sato Y, Fukui T, Takanashi S. Simple interrupted suturing increases valve performance after aortic valve replacement with a small supra-annular bioprosthesis. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2014;147:321-5. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2012.11.020>
- Higgins JP. Nonlinear systems in medicine. *Yale J Biol Med* 2002;75:247-60.
- Barochiner J. Teoría de la Complejidad y el paciente hipertenso [Complexity theory and the hypertensive patient]. *Semergen* 2021;47:404-10. <https://doi.org/10.1016/j.semerg.2020.12.008>
- Puskas JD, Kilgo PD, Thourani VH, Lattouf OM, Chen E, Vega JD, et al. The society of thoracic surgeons 30-day predicted risk of mortality score also predicts long-term survival. *Ann Thorac Surg* 2012;93:26-33; discussion 33-5. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2011.07.086>
- Baumgartner H, Falk V, Bax JJ, De Bonis M, Hamm C, Holm PJ, et al; ESC Scientific Document Group. 2017 ESC/EACTS Guidelines for the management of valvular heart disease. *Eur Heart J* 2017;38:2739-91. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehx391>