

**“LA IMPORTANCIA DE LA ROBÓTICA EN LA CIRUGÍA CARDIOVASCULAR  
(UNA REVISIÓN DEL PASADO PRESENTE Y FUTURO DE LOS DISPOSITIVOS  
ROBÓTICOS QUIRÚRGICOS DENTRO DE LA CARDIOCIRUGÍA)”**

**Abraham Elias Argel Padilla**

**Jairo Andres Ortega Enciso**

**Universidad El Bosque Facultad de Medicina  
Pregrado en Medicina  
Bogotá  
2023**

**“LA IMPORTANCIA DE LA ROBÓTICA EN LA CIRUGÍA CARDIOVASCULAR  
(UNA REVISIÓN DEL PASADO PRESENTE Y FUTURO DE LOS DISPOSITIVOS  
ROBÓTICOS QUIRÚRGICOS DENTRO DE LA CARDIOCIRUGÍA)”**

**Abraham Elias Argel Padilla**

**Jairo Andres Ortega Enciso**

**Director: Dr. Jorge Reynolds Pombo**

**Codirector: Dr. Edgar Antonio Ibanez Pinilla**

**Trabajo de Grado para Optar por el Título de Médico Cirujano**

**Universidad El Bosque Facultad de Medicina**

**Pregrado en Medicina**

**Bogotá**

**2023**

**La Universidad El Bosque no se hace responsable de los conceptos emitidos por los investigadores en su trabajo, solo velará por el rigor científico, metodológico y ético de este en aras de la búsqueda de la verdad y la justicia.**

## **AGRADECIMIENTOS**

Queremos agradecer, en primera instancia a nuestro tutor del presente trabajo, el Doctor Jorge Reynolds Pombo, por todo su conocimiento prestado para el desarrollo del mismo así como su guía para la realización de este proyecto, en segunda instancia también queremos agradecer a la universidad El Bosque y al grupo de docentes de investigación los cuales nos brindaron las herramientas necesarias para adquirir tanto el conocimiento como la recolección de los recursos necesarios para la realización del presente trabajo.

## **DEDICATORIA**

Este trabajo queremos dedicárselo a nuestro padres y abuelos, aquellas personas que desde siempre han depositado su confianza en nosotros y han servido de apoyo en cada paso que hemos dado durante la carrera de medicina, la realización del presente trabajo, resultado de nuestro esfuerzo y dedicación es una muestra de lo agradecidos que estamos por haber estado presente durante todo nuestro proceso.

## TABLA DE CONTENIDO

Resumen -----	9
Palabras clave -----	10
Summary -----	10
Introducción -----	11
1. Pregunta de investigación -----	13
2. Justificación -----	14
3. Objetivos -----	15
3.1 Objetivo General -----	15
3.2 Objetivos Específicos -----	15
4. Marco Conceptual -----	16
4.1 Historia de la robótica -----	16
4.2 Cirugía cardiovascular del corazón al conocimiento -----	17
4.3 Relación entre la Cardiocirugía y la tecnología -----	20
4.4 Antecedentes del estudio -----	20
5. Materiales y Metodología -----	22
5.1. Tipo de Estudio -----	22
5.2. Criterios de Selección -----	22
5.3. Motores de búsqueda -----	22
5.4. Estrategia de Búsqueda -----	22
5.5. Control de sesgos -----	22
6. Resultados -----	24
6.1 Descripción de los Artículos -----	24
6.2 Sucesos Históricos de la cirugía cardiovascular -----	24
6.3 Sistemas robóticos DaVinci y Zeus -----	26
6.4 Posicionamiento del sistema robótico -----	26
6.5 Cirugía mitral robótica -----	27
6.6 Diferentes técnicas de SRS y su evidencia clínica -----	28
7. Discusión -----	29

7.1 Cirugía de válvula mitral con y sin asistencia robótica -----	29
8. Conclusión -----	31
9. Recomendaciones -----	32
9. Referencias -----	34

## **Lista de siglas**

VT: válvula tricuspídea  
CIA: comunicación inter auricular  
VA: válvula aórtica  
VM: válvula mitral  
FDA: comisión de alimentos y medicamentos de EE.UU  
SRS: sistemas robóticos quirúrgicos  
HS: estancia hospitalaria  
EA: evento adverso  
CCV: Cirugía cardiovascular  
MIS: Cirugía mínimamente invasiva

## **Lista de Anexos**

Diagrama 1 Proceso de búsqueda y selección de estudios.

Figura 1. Número de publicaciones desde 2000 a 2023 Tomada de Pubmed.

## **Lista de tablas**

Tabla 1. Contraindicaciones generales en pacientes candidatos a cirugía mitral robótica.

# LA IMPORTANCIA DE LA ROBÓTICA EN LA CIRUGÍA CARDIOVASCULAR (UNA REVISIÓN DEL PASADO PRESENTE Y FUTURO DE LOS DISPOSITIVOS ROBÓTICOS QUIRÚRGICOS DENTRO DE LA CARDIOCIRUGÍA)

Abraham Elias Argel Padilla, Jairo Andres Ortega Enciso, Jorge Reynolds Pombo

Facultad de Medicina, Universidad El Bosque.

Departamento de investigación en Electrónica y Nanotecnología, Fundación Clínica Shaio, Bogotá, Colombia.

Correspondencia: [jortegae@unbosque.edu.co](mailto:jortegae@unbosque.edu.co) - [aargelp@unbosque.edu.co](mailto:aargelp@unbosque.edu.co)

## Resumen:

**Objetivo:** Describir el impacto de los sistemas de cirugía robótica con respecto a la cirugía con técnica convencional en las intervenciones quirúrgicas cardiovasculares.

**Métodos:** Revisión sistemática de la literatura, se usaron como base de datos pubmed ( que incorpora Medline y Google scholar ) se usaron las palabras claves cirugía cardíaca robótica, Procedimientos Quirúrgicos Mínimamente Invasivos, Procedimientos Quirúrgicos Robotizados, Válvula Mitral, Cavidad Torácica, Esternotomía, Válvula Aórtica. desde enero del 2000 hasta octubre del 2023.

**Resultados:** La cirugía asistida por robot ofrece un abordaje mínimamente invasivo para el tratamiento de una amplia gama de operaciones complejas como el reemplazo de la válvula aórtica, el cierre de la comunicación interauricular, cierre de defecto septal, bypass de la arteria coronaria, reparación o reemplazo de la válvula mitral y reparación o reemplazo de la válvula tricúspide. frente a la cirugía convencional, la cirugía asistida por robot ofrece beneficios significativos frente al trauma quirúrgico, la reducción del dolor, la reducción de la pérdida de sangre, reducción en las infecciones, reducción de la estancia hospitalaria, el mejoramiento de la estética y el retorno más rápido a las actividades cotidianas. Sin embargo, frente a estos beneficios deben ser evaluadas las complicaciones entorno al uso de estos dispositivos robóticos asistenciales, involucrando la tasa de éxito ligada a una selectiva rigurosa de los pacientes excluyendo aquellos con complicaciones o condiciones como defectos anatómicos que reducen el espacio de trabajo.

**Conclusión:** La implementación de los sistemas robóticos quirúrgicos en la cirugía cardiovascular es una realidad que en los próximos años va a ir tomando más importancia e implementación. El uso cada vez mayor de sistemas robóticos quirúrgicos, son un abreboas para evaluar el impacto que potencialmente estas nuevas tecnologías tendrán tanto en el paciente tratante como en el médico y/o cirujano partiendo como punto clave para el desarrollo de estos instrumentos.

**Palabras Clave:** Cirugía cardíaca robótica, Procedimientos Quirúrgicos Mínimamente Invasivos, Procedimientos Quirúrgicos Robotizados, Válvula Mitral, Cavidad Torácica, Esternotomía, Válvula Aórtica.

## **Summary**

**Objective:** Describe the impact of robotic surgery systems with respect to surgery with conventional technique in cardiovascular surgical interventions.

**Methods:** Systematic review of the literature, the keywords robotic cardiac surgery, Minimally Invasive Surgical Procedures, Robotic Surgical Procedures, Mitral Valve, Thoracic Cavity, Sternotomy, Valve were used as a Pubmed database (which incorporates Medline and Google scholar). Aortic. from January 2000 to October 2023.

**Results:** Robot-assisted surgery offers a minimally invasive approach for the treatment of a wide range of complex operations such as aortic valve replacement, atrial septal defect closure, septal defect closure, coronary artery bypass, repair or mitral valve replacement and tricuspid valve repair or replacement. Compared to conventional surgery, robot-assisted surgery offers significant benefits against surgical trauma, reducing pain, reducing blood loss, reducing infections, reducing hospital stay, improving aesthetics and faster return to daily activities. However, in light of these benefits, the complications surrounding the use of these robotic assistive devices must be evaluated, involving the success rate linked to a rigorous selection of patients, excluding those with complications or conditions such as anatomical defects that reduce the work space.

**Conclusions:** The implementation of surgical robotic systems in cardiovascular surgery is a reality that will take on more importance and implementation in the coming years. The increasing use of surgical robotic systems is an opening to evaluate the impact that these new technologies will potentially have on both the treating patient and the doctor and/or surgeon, starting as a key point for the development of these instruments.

**Keywords:** Robotic cardiac surgery, Minimally invasive surgical procedures, Robotic surgical procedures, Mitral valve, Thoracic cavity, Sternotomy, Aortic valve.

## Introducción

La cirugía cardiovascular es una especialidad médica encargada del ámbito quirúrgico de las enfermedades, trastornos y problemas que involucran al sistema cardiocirculatorio[1]. Desde sus inicios ya hace más de un siglo muchas han sido las técnicas quirúrgicas que se han venido estableciendo para mejorar el abordaje de dichas cirugías. Una de las técnicas más convencionales es la esternotomía media, procedimiento invasivo, poco complicado y rápido de realizar consistente en una incisión vertical en línea a lo largo del esternón dejando así un acceso directo a la cavidad mediastínica[2].

Acorde al desarrollo de la CCV (cirugía cardiovascular) llegó la cirugía mínimamente invasiva, consistente en la realización de procedimientos mediante incisiones reducidas realizadas en puntos estratégicos de la cavidad torácica, de estas técnicas de las más usadas están la miniesternotomía en J o en T invertida, la hemiesternotomía inferior, la minitoracotomía anterior derecha a nivel del 2° o 3° espacio intercostal y la miniesternotomía anterolateral derecha a nivel del 4° a 6° espacio intercostal[2].

Cómo últimos avances, desde ya hace varias décadas se ha implementado fruto de la llegada de nuevas tecnologías la cirugía asistida por robot, está descrita cómo un procedimiento quirúrgico mínimamente invasivo, caracterizado por la manipulación quirúrgica por medio de instrumentos robóticos que imitan los movimientos humanos y que son controlados por un cirujano previamente capacitado a corta o larga distancia mediante un sistema computarizado[3].

La primera cirugía asistida por robot en el ámbito cardiovascular fue una cirugía de válvula mitral, realizada en Francia por Carpentier y sus colaboradores, por medio del sistema robótico Da Vinci en 1997.[4]. En el año 2000 el Robot Da Vinci recibió la aprobación de la FDA (comisión de alimentos y medicamentos de EE.UU). Este sistema similar a otros SRS, consta de tres componentes: una consola diseñada para el cirujano, un sistema robótico con cuatro brazos robóticos manipulados y una pantalla de alta definición con sistema de visión tridimensional[5].

La cirugía asistida por robot ofrece un abordaje mínimamente invasivo para el tratamiento de una amplia gama de operaciones complejas cómo el reemplazo de la VA, el cierre de CIA, cierre de defecto septal, bypass de la arteria coronaria, reparación o reemplazo de la VM y reparación o reemplazo de la VT[3]. frente a la cirugía convencional, la cirugía asistida por robot ofrece beneficios significativos frente al trauma quirúrgico, la reducción del dolor, la reducción de la pérdida de sangre, reducción en las infecciones, reducción de la SH, el mejoramiento de la estética y el retorno más rápido a las actividades cotidianas. Sin embargo, frente a estos beneficios deben ser evaluadas las complicaciones entorno al uso de estos dispositivos robóticos asistenciales, involucrando la tasa de éxito ligada a una selectiva rigurosa de los pacientes excluyendo aquellos con complicaciones o condiciones como defectos anatómicos que reducen el espacio de trabajo[6][7]. También otro de los grandes desafíos en el uso e implementación de estos SRS es en torno al adoctrinamiento y las curvas de enseñanza de los cirujanos frente a los métodos tradicionales[8].

Hoy en día el implemento del uso de los SRS en la CCV por medio de MIS (cirugías mínimamente invasivas) cómo reemplazo de la cirugía convencional y cómo sistema asistencial a la cirugía laparoscópica, representa el reconocimiento de ventajas significativas frente a la cirugía convencional[5][9]. Dentro de la teoría encontramos falencias para

determinar con seguridad la tasa de éxito en las cirugías cardiovasculares indeterminable del factor humano, por eso recalamos la importancia de este estudio para evaluar la mejoría de estas circunstancias al exponerse a la cirugía asistida por robot.

Sin embargo consideramos que la cirugía robótica es un campo que aún continúa en desarrollo en donde se necesitan estudios adicionales para determinar si los resultados son costo beneficio y si estos son determinantes frente a otros métodos quirúrgicos.

## **1. Problema de Investigación**

Los problemas cardíacos que requieren de alguna intervención quirúrgica engloban una serie de enfermedades que afectan la función normal del corazón y comprometen la vida del paciente, según la American Heart Association cada año se llevan a cabo más de 1.5 millones de procedimientos cardíacos[1]. Con respecto a esta situación los problemas que se presentan respecto a estos procedimientos se engloban en dos situaciones, los problemas in situ y los problemas post quirúrgicos relacionados con las repercusiones que pueden ocurrir para el paciente con respecto a la cirugía tiempo después de esta ser realizada[11].

La presente investigación se enfoca en identificar con la aparición y el auge de la implementación de SRS en los procedimientos cardíacos cual ha sido su impacto con respecto a los problemas planteados anteriormente, si se puede lograr una mayor eficacia intraoperatoriamente y si existe una reducción significativa de los EV (eventos adversos) y problemas postoperatorios[11].

se propone investigar respecto a esta situación, el uso de los SRS se ha puesto en implementación para mejorar los tiempos quirúrgicos, para lograr una mayor eficacia en los procedimientos, disminuir las SH ( estancia hospitalaria ) y los EV[11], mejorar la parte estética y con ello mejorar el aspectos psicológico de los pacientes, los resultados de este estudio serán importantes para realizar una aproximación sobre la funcionalidad de la implementación de estos dispositivos respecto a los métodos tradicionales.

### **1.1 Pregunta de investigación**

¿ Qué impacto está teniendo la implementación de sistemas quirúrgicos robóticos asistenciales en la cirugía cardiovascular frente a la cirugía con técnica convencional ?

## **2. Justificación:**

Teniendo en cuenta las tecnologías y ayudas desarrolladas para la ayuda en ámbitos medico-quirúrgicos, consideramos de gran ayuda el hecho de traer a notación qué ha pasado desde qué se empezaron a dar los primeros pininos en la cirugía cardiovascular, en qué estamos, qué tecnologías se están utilizando actualmente y cuales son las tecnologías que se están desarrollando.

cada día que pasa muchos centros médicos alrededor del mundo están incorporando cada vez más tecnologías que ayudan a la seguridad y eficiencia de procedimientos quirúrgicos, es por esto que mediante de esta revisión de literatura buscamos hacer conciencia de cómo el mundo médico cada día se esfuerza más para disminuir los tiempos quirúrgicos, efectos adversos, tiempos prolongados en quirófano y con esto poder abrir el panorama en las sociedades médicas acerca la importancia de inmersión a profesionales de la salud sobre esta área y que vaya tomando peso dentro de los campos formativos de cada uno ellos, promoviendo así cada vez más la implementación y el desarrollo de dichas tecnologías.

### **3. Objetivos**

#### **3.1 Objetivo general**

Describir el impacto de los sistemas de cirugía robótica con respecto a la cirugía con técnica convencional en las intervenciones quirúrgicas cardiovasculares.

#### **3.2. Objetivos Específicos**

Caracterizar los modelos presentes de cirugía robótica y técnicas quirúrgicas usadas para el tratamiento de patologías cardiovasculares.

Describir los beneficios y limitaciones quirúrgicas de sistemas robóticos y convencionales en la cirugía cardiovascular.

Comparar el uso de los sistemas robóticos quirúrgicos frente a las técnicas convencionales en cirugía cardiovascular.

## 4. MARCO CONCEPTUAL

### 4.1. Historia de la robótica

A lo largo de la historia las civilizaciones humanas se han visto en la necesidad de construir máquinas que tengan la capacidad de sustituir labores humanas, todos estos inventos son posiblemente las primeras referencias de los robots que tenemos en la actualidad. El término “Robot” se introdujo por primera vez por el escritor checo Karel Capek en su obra de teatro “R.U.R” ( Los robots universales del Rossum) en 1920. La palabra “robot” viene del vocablo checo “robota” que significa “trabajo”, en referencia y sinónimo de esclavitud o trabajo forzado[12][13].

Los inicios de la robótica se remontan a siglos atrás, las primeras referencias que se obtienen sobre la creación de máquinas creadas e idealizadas para realizar labores humanas data de varios siglos atrás en la historia. Hacia el año 1300 a.c Amenhotep, hijo de Hapu, construye una estatua para el Memon, el rey de Etiopía, la cual emite sonidos cuando la iluminaban los rayos del sol al amanecer, en la china clásica King-su Tse, china clásica, hacia el año 500 a.c inventa una urraca voladora a base de madera y bambú y un caballo de madera que saltaba. [12].

En la antigua Grecia Arquitas de Tarento, filósofo y matemático considerado el padre de la ingeniería mecánica, entre sus inventos destacan el primer cohete autopropulsado de la historia y un autómatas consistente en una paloma de madera que rotaba por sí sola gracias a un surtidor de agua o vapor y simulaba el vuelo hacia el año 400 a.c. Hacia el año 62 Heron de Alejandria muestra en su libro “Autómatas” describe juguetes con la capacidad de moverse por sí solos realizando maniobras repetitivas, como aves que gorjean, vuelan y beben. Hacia el año 335 d.c Hsieh Fec construye un buda montado en un carro de cuatro ruedas con la capacidad de desplazarse sin ayuda [12].

En el siglo XII Al-Jazari científico de origen árabe construyó autómatas musicales que funcionaban a partir del agua. Hacia la edad medieval los autómatas más famosos fueron Alberto Magno ( 1204 - 1282 ) por su creación del hombre de hierro y la cabeza parlante de Roger Bacon ( 1214 - 1294 ). Más adelante aparece el famoso pintor, inventor e ilustrador Leonardo da Vinci, destacado por múltiples inventos entre los que se destacan el león mecánico creado para el rey Luis XII, el cual podía abrir el pecho con la garra y mostrar el escudo de armas real, también destaca lo que se puede considerar como el primer robot humanoide en cual consistía en un caballero con armadura, con la capacidad de mover sus extremidades superiores, rotar su cabeza y abrir y cerrar la mandíbula [12].

En España hacia el siglo XVI el ingeniero e inventor Juan de Vannoccio construye un monje autómatas capaz de andar y mover la cabeza, llamado “el hombre de palo”. Hacia el siglo XVIII aparece el ingeniero francés Jacques Vaucanson considerado uno de los más famosos inventores de androides automatizados de la historia, entre sus inventos destaca el pato mecánico constituido por más de 400 piezas móviles, capaz de graznar y comer de la mano,

considerado uno de los hitos más referentes de la historia. En 1769, el ingeniero de origen húngaro Johann Wolfgang Ritter von Kempelen construyó una máquina para jugar ajedrez completamente mecánica y en donde destacaba una figura humanoide que podía dirigir una partida de ajedrez[12].

Durante el siglo siguiente múltiples fueron los inventos que se enfatizaron en recrear estas máquinas para suplir necesidades y labores humanas, en 1950 el escritor ruso Isaac Asimov introduce al mundo por primera vez el término de “robótica” y a este le atribuye en su libro “I Robot” las tres leyes universales de la robótica; la primera ley dicta que un robot no puede herir a un ser humano o permitir que un humano reciba daño, la segunda dice que un robot debe obedecer las órdenes dadas por los humanos, excepto cuando hacerlo entra en conflicto con la primera ley y la tercera ley establece que un robot debe proteger su propia existencia siempre y cuando esto no entre en conflicto con la primera y segunda ley, a base de estos conceptos se desarrolló un auge en la literatura sobre la ciencia ficción y la idea de un mundo donde los robots esten implementados en todas las labores de la vida cotidiana, durante los años siguientes la idea de prototipos robotizados fue ganando terreno en la industria, en el ámbito aeroespacial y militar fueron los campos en los que más se trabajó en la búsqueda del desarrollo de estos dispositivos para lograr objetivos específicos en cada area[12][14].

#### **4.2 Cirugía cardiovascular del corazón al conocimiento**

La cirugía cardiovascular es una rama de la cirugía la cual se ha enfatizado a lo largo de los años a la resolución de problemas cardiovasculares, tales como insuficiencia valvulares, reemplazo de estas mismas, bypass coronarios, adicionalmente no se limita a la parte cardiaca exclusivamente, ya que el sistema vascular está desarrollado a lo largo de todo nuestro cuerpo [15]. realizando procedimientos de gran complejidad como solución de patologías como obliteración aorto-femorales, claudicaciones intermitentes, siendo esta una patología a la cual más se le atribuye implicación a la vida de los pacientes, con una incidencia entre el 3-20% de las personas cercana a los 70 años de edad [15]. Sin embargo, en esta revisión nos centraremos en todos los beneficios y atribuciones de la CCV en el ámbito cardíaco.

Primeramente antes de empezar a hablar sobre los avances y técnicas que ha tenido la CCV a lo largo de la historia, debemos remitirnos a lo básico y es en donde esta se desarrolla, en donde es importante mencionar la parte anatómica del corazón, este está conformado por 4 cavidades, separadas por un septum interauricular y un septo interventricular, separando el corazón derecho del corazón izquierdo. Dentro de estas cavidades vamos a tener que contamos con 4 válvulas las cuales separan las aurículas de los ventrículos y los ventrículos de los grandes vasos que son los encargados de suministrar sangre según requerimiento a las diferentes partes del cuerpo, estas válvulas, las vamos a dividir en válvulas sigmoideas y auriculoventriculares, en el primer grupo tenemos a la válvula aórtica y pulmonar, las cuales median la eyección de sangre entre los ventrículos y los grandes vasos, en el segundo grupo tenemos a las auriculoventriculares las cuales tenemos a la VT y VM, las cuales median el paso de sangre de las aurículas a los ventrículos vascular del corazón[16].

En la parte vascular vamos a tener qué todo inicia dentro de la arteria aorta, en donde en los senos coronarios derechos e izquierdo [16], dando así al nacimiento de la arteria coronaria izquierda y derecha, siendo esta la qué en un 60% de los casos, la qué va a dar la dominancia del corazón, definiéndose como codominancia aquella qué da origen a la descendente posterior [17].

De cada una de estas ramas madres, vamos a tener otras ramas secundaria, sin embargo con gran importancia en la irrigación cardiaca, como ramas principales de la coronaria izquierda, tenemos a la interventricular anterior o descendente anterior, encargada de irrigar la pared medial de ambos ventrículos, el septum interventricular y parte del apex en su porción anterior [15,17], luego tenemos a la rama circunfleja encargada de irrigar la pared lateral y parte de la porción posterior del ventrículo izquierdo [16], desde la arteria coronaria derecha vamos a tener en el mayor de los casos la interventricular posterior, encargada de irrigar la cara posterior del corazón y la marginal aguda qué es la encargada de irrigar el ventrículo derecho en su mayor porción [17].

Ya teniendo en cuenta lo anterior, podemos ir adentrándonos en la manera en qué la cirugía cardiovascular ha ido avanzando a lo largo de los tiempos, como todos sabemos la tecnología cada día va avanzando, con artefactos y herramientas cada vez con menos margen de error, sin embargo no todo el tiempo la CCV fue como la vemos hoy en día, con muchas herramientas y abordajes mínimamente invasivos, ya qué técnicas como la esternotomía media[18], son relativamente nuevas, sin embargo intervenciones cardiacas datan del siglo IX en donde se reporta una reparación ventricular, a tórax abierto, con escasos materiales quirúrgicos [19].

De lo anterior nos podemos dar cuenta como los cimientos de la cirugía cardiovascular pueden parecer un poco básicos, pero fueron fundamentales para seguir caminando por los callejones del conocimiento, es así como mediante los procedimientos quirúrgicos se fue clasificando las distintas patologías según la dificultad de resolver, fue de esta manera como se logró en 1902 Bruton describió la estenosis mitral como una de las formas más severas de la falla cardiaca [19], afirmación la cual se ha mantenido, ya qué la estenosis mitral a lo largo de la historia ha sido de las fallas cardiacas más resistentes a tratamientos y procedimientos de los cuales se haya tenido conocimiento[20].

Sin embargo dado lo anterior, la estenosis mitral se convirtió en un reto, tal como el ser humano a medida de qué se le van apareciendo problemas, surge en él la necesidad de resolverlo, es por lo cual a lo largo de la década de los 20 se hicieron muchos procedimientos en búsqueda de procedimientos exitosos, entre ellos la comisurotomía procedimiento en el cual ha habido controversia, debido a qué muchos artículos se le atribuye a Burton, como pionero de dicho procedimiento [20], por otro lado muchos le dan el reconocimiento al Dr. Charles Bailey, quien si bien utilizó mucho de los experimentos de Burton, fue el primer cirujano en completar con éxito una comisurotomía el 10 de junio de 1948 en la ciudad de Filadelfia, Estados Unidos[21].

Teniendo en cuenta qué la comisurotomía fue de los primeros procedimientos quirúrgicos el cual pudo resolver con éxito una estenosis mitral, vale la pena mencionar brevemente en qué consiste dicho procedimiento. como ya lo mencionamos anteriormente, este procedimiento fue muy controversial, ya marcado por el sello de burton, hubo una decisión dividida entre quien darle el primer procedimiento, ya qué si bien Bailey fue el primero en realizarlo, fue Dwight Harken quien por conexiones en los famosos journals quien publicó el primer caso exitoso [21].

Pero dejando atrás todos estos conflictos la comisurotomía, dicho procedimiento consiste en la reparación valvular, en ese tiempo directa, ya qué los avances de circulación extracorpórea aún no existían, en este procedimiento se llega hasta la válvula mitral y se observa en qué comisura de la válvula formada por los sitios de inserción de los velos valvulares, estos velos estaban pegados por cualquiera de las diferentes causas posibles, impidiendo su correcto funcionamiento y mediante la intervención quirúrgica resolver estos puntos de unión, para así permitir un correcto plegamiento y desplegado en los diferentes tiempos cardiacos resolviendo así la poca o nula capacidad de la válvula mitral de abrirse en el momento qué se requiere[22].

Los años fueron avanzando y más tecnologías fueron apareciendo, como lo fue la bomba de circulación extracorpórea, la cual apareció en los años 50, en donde en 1954 se realizó el primer intento de soporte circulatorio extracorpóreo en un procedimiento cardíaco [23]. año en donde el cual es considerado el padre de la circulación extracorpórea Dr. Gibbon, mostró al mundo el mecanismo de “ maquina mecánica de corazón - pulmón” mecanismo el cual permite hacer una desviación de la sangre del corazón hacia los pulmones permitiendo así un campo de operación libre de sangre, con mejor visualización y mayor eficacia de los procedimientos. El mismo Dr Gibbon reporta haber utilizado en primera instancia dicho procedimiento en 5 intervenciones quirúrgicas a pacientes entre los 15 meses y 18 años, en donde solo un procedimiento culminó con un sobreviviente [24].

Estos y muchos más inventos, fueron dando cuerpo a lo qué hoy en día es la CCV, es así como llega en nuestros tiempos el término de bypass cardiopulmonar, el cual consiste en simular la circulación cardiaca y pulmonar, supliendo la sangre a requerimiento tisular, rica en oxígeno, dicho invento se ha asociado a la disminución de secuelas como trauma eritrocitario o embolización aterosclerótica proveniente de la aorta [25].

Esta anterior técnica unida con la cardioplejia fue uno de las técnicas más utilizadas en cirugía cardiaca[26], esta es una técnica la cual consiste en un paro cardiaco intencional, mediante distintas técnicas, esto con la intención de obtener una mejor imagen y campo quirúrgico, esto adicionado a un campo libre de sangre, hace el ambiente perfecto para una cirugía mas eficientes, con menos riesgos de complicación intraoperatoria, con mejores resultados y procedimientos mucho más controlados[27].

Es con esta unión de técnicas es qué se hizo más fácil la atención de urgencias, tales como revascularización, con técnicas como el bypass coronario [28], siendo un avance muy

importante, ya que este procedimiento era uno de los procedimientos que más se hacía en los estados unidos, este procedimiento permitió intervenir y tratar muchos pacientes los cuales padecían de múltiples comorbilidades [29], esto y muchas técnicas más, constituyeron pasos cortos pero contundentes que poco a poco fueron sentando de lo que hoy en día nos está permitiendo salvar muchas vidas y de la manera más eficiente posible cada vez más.

#### **4.3 Relación entre la Cardiocirugía y la tecnología**

la cirugía cardiovascular a lo largo de los años se ha venido perfeccionando, siendo más viable y eficiente tanto para los operadores, como para los pacientes, que día con día se van habiendo menos implicados en menos efectos adversos, de igual manera al reducir la manipulación directa, tiene como beneficio, la reducción de infecciones asociadas a la salud [23], la cual hoy en día podemos ver que juegan papel importante en las tasas de complicación postquirúrgica, es por que en el mundo quirúrgico siempre se mantiene hacen constantes actualizaciones sobre técnicas quirúrgicas y cual es más eficiente.

Es por eso que estudios de grandes hospitales, como la Mayo clinic hizo un estudio en donde pacientes sometidos a técnicas quirúrgicas asistidas por robot y abordajes mínimamente invasivos tienen como resultado un mayor tiempo quirúrgico, sin embargo se asoció a menores complicaciones directamente relacionadas al sitio quirúrgico en sí [30], el estudio se realizó en mil pacientes los cuales reportaron una mortalidad de solo el 0.1% [31].

De igual manera se realizó un estudio en relación a cómo afecta la implementación de la asistencia robótica vs la minitoracotomía a la duración de los procedimientos, los posibles EV que prolongaba dicha SH, el estudio arrojó que la asistencia robótica si bien tiene un mayor tiempo quirúrgico se vio que los pacientes tenían menos complicaciones tales como fibrilación auricular, los cuales alargan la SH de los pacientes [30].

Sin embargo todo lo anterior no se puede omitir que si bien hay un factor robótico asociado que hace más eficiente dichos procedimientos, hay un factor muy importante y es el profesional médico detrás de la consola dirigiendo que pasa, si el nada sería posible por lo menos en la actualidad, es por eso que dichos resultados a estudios están muy ligados a la experticia que tenga el cirujano, dicha experticia y habilidad del profesional pueden afectar de manera directa a los resultados de cada abordaje quirúrgico [32].

#### **4.4 Antecedentes del estudio**

En la búsqueda se encontró que en el ámbito quirúrgico todos los días están emergiendo nuevas tecnologías, nuevas técnicas, nuevos abordajes, es así como hemos pasado desde abrir completamente un tórax para reparar defectos anatómicos o alteraciones anatómicas a abordar a un paciente desde puertos muy pequeños para hacer complejos procedimientos. En donde se ha visto que la evolución ha demostrado una mejoría día con día en la vida del

personal médico, así como en la calidad de vida de los paciente a corto, mediano y largo plazo en los paciente con patologías o problemas con requerimiento de intervención quirúrgica, ya que si se compara la evolución de pacientes sometidos a procedimientos quirúrgicos ha venido cambiando a lo largo de los años [33].

Esto se puede ver en datos previamente mencionados del tiempo medio de Bypass cardiopulmonar y pinzamiento aórtico fue alrededor de  $137,1 \pm 21,9$  minutos (rango, 105-168) y  $99,3 \pm 17,9$  minutos (rango, 80-133). y esto asociado a reducción de efectos adversos e infecciones de sitio quirúrgico, reducción de SH nos hacen pensar que la cirugía asistida por robot es una alternativa para abordar un paciente[34].

Sin embargo este tipo de abordaje aún tienen varias limitaciones, las cuales, no permiten realizar dichos procedimientos asistidos por robot, día a día se están realizando estudios en donde se busca la manera de reducir cada vez más estas limitaciones. otro factor importante el cual fue considerado, es los costos de dichos procedimientos, siendo este una de las limitaciones más fuertes, ya que no todos los centros hospitalarios tiene la capacidad de inversión de dichos equipos, ya que al ser tan nuevos y representar avance y exclusividad están en precios bastante elevados, los cuales las instituciones grandes y de alto flujo de pacientes se ven en la capacidad de pagar[35].

En el momento se está avanzado con estas tecnologías que se pueden considerar pilares para nuevas tecnologías que se están buscando desarrollar en donde el cirujano no debe estar presente en el sitio quirúrgico para realizar el procedimiento, es por eso que se puede decir que la cirugía asistida por robot está siendo el pilar para poder desarrollar y afianzar el ámbito quirúrgico en la telemedicina[36].

Todo lo anterior nos lleva a pensar que la cirugía asistida por robot, está tomando cada vez más importancia en nuestro medio, sin embargo parte de nuestra revisión estaba enfocada en la necesidad del médico cirujano en dicho procedimiento, es por eso que consideramos que si bien la robótica juega un papel importante en la cirugía, hoy por hoy consideramos que no se le debe desmeritar la participación de la parte humana, ya que se nos hace indispensable, tal vez, en un futuro muchas cosas hechas por el médico cirujano ya no serán necesarias, sin embargo concluimos que la parte robótica no tiene ser sin una parte humana que la este dirigiendo.

## **5.METODOLOGÍA**

### **5.1. Tipo de Estudio**

Es una revisión de literatura ya que se considera una búsqueda exhaustiva de los temas tratados según el objetivo.

### **5.2. Criterios de Selección**

- Idioma español, inglés
- Fecha de 2000 hasta 2023
- Tipo de estudios como revisiones de literatura, revisiones sistemáticas y otros tipos de estudios con información relevante para el tema

### **5.3. Motores de búsqueda**

Como principal motor de búsqueda utilizamos PubMed la cual incorpora medline y Google Scholar.

### **5.4. Estrategia de Búsqueda**

En Inglés: Robotic heart surgery con filtros de fecha entre enero del año 2000 hasta octubre del 2023

En Español: Cirugía Cardíaca Robótica con filtros de fecha entre enero del año 2000 hasta octubre del 2023

### **5.5. Control de sesgos**

En la revisión de literatura al momento de tener los artículos seleccionados, se empezó un control riguroso, ingresandolo en la plataforma de Mendeley, dicha herramienta de referencia nos permite ver en un panorama todos los artículos ingresados, de igual manera reconocer y mostrar si hay referencias duplicadas, una vez seleccionada esa opción, el programa no arrojó citas duplicadas. Para la verificación de la calidad los artículos se incorporaron aquellos que estuvieran categorizados en scimago y doble indexación.

### **5.6. Diagrama PRISMA**



Diagrama 1 Proceso de búsqueda y selección de estudios.

## 6. RESULTADOS

### 6.1. Descripción de los Artículos

De acuerdo a la búsqueda realizada en agosto del 2023 en Pubmed en el cual encontramos que a lo largo de los años se han venido aumentando el número de publicaciones acerca del tema (figura 1), de igual manera podemos ver que entre los países que más publicaciones del tema se destaca Estados Unidos.

También podemos evidenciar que entre el año 2022 y el 2023 el número de publicaciones es muy similar, teniendo como mayor número el año 2022 con una publicación más.

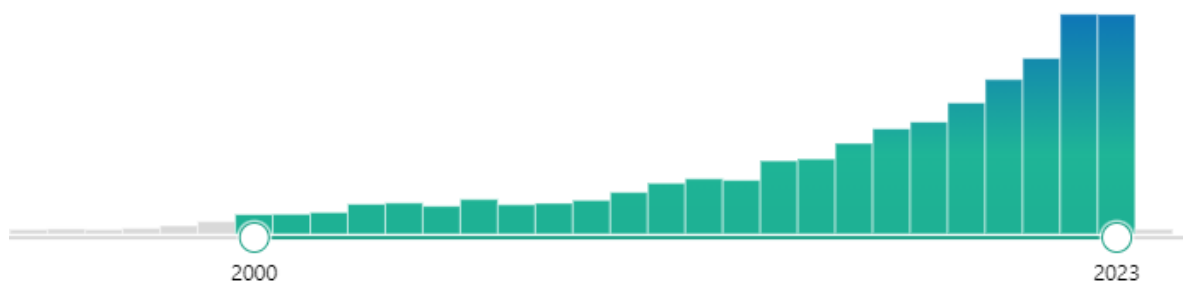


Figura 1. Número de publicaciones desde 2000 a 2023 Tomada de Pubmed.

### 6.2. Sucesos Históricos de la cirugía cardiovascular

Desde el comienzo de los tiempos el ser humano ha tratado de tener una mejor calidad de vida, desde el lugar en donde se desarrolla y la resolución que le plantea su entorno y su cuerpo mismo, es por eso que desde el siglo pasado se pudo evidenciar que por los determinantes sociales y biológicos los problemas cardiovasculares se estaban convirtiendo en un problema activo en nuestra sociedad, problema el cual afecta a una gran parte de nuestra población, es por eso que se incursionó en la búsqueda de cómo solucionarlo.

Los primeros sucesos importantes datan de 1892 en Alemania más específicamente en la ciudad de Frankfurt, donde el Dr cirujano Rehn tuvo el gran reto de cerrar una herida directa en el miocardio del ventrículo izquierdo la cual logró culminar con éxito, esto lo hizo utilizando 3 suturas, este gran hito generó un gran interés por la corrección de defectos valvulares o secuelas de eventos coronarios [33] [37].

Más adelante en 1902 el Dr Bruston hizo varios escritos acerca de los retos que el cómo Doctor tuvo en el tratamiento en el de la insuficiencia cardiaca, en estos escritos él mencionó la estenosis mitral como una de las formas más graves y de las cuales el profesional de la salud debería tener como signo de alarma de dicha enfermedad. este tipo de hallazgos y experimentos relacionados a estos llevaron a que en 1920 se llegara a avances bastante significativos como la comisurotomía mitral [33][38]. de igual manera en el año 1925 el

Cirujano Británico Souttar logró realizar un examen digital de la válvula mitral en un corazón latiendo mediante una incisión en la pared torácica izquierda, a un paciente de 15 años que tenía una estenosis mitral grave[39], teniendo esta técnica en cuenta, más adelante en 1949 Bailey perfeccionó la comisurotomía mitral como tratamiento de la estenosis mitral mostrando resultados mucho mejores de los que se venía observando. [33][40].

El tiempo fue avanzando y cada vez las técnicas quirúrgicas eran más innovadoras y se puede sacar a relucir la década de 1950 en donde se introdujo el uso del bypass cardiopulmonar el cual cambió abruptamente cómo se venían realizando las cirugías cardiacas, este proporcionó un campo sin sangre y útil manera de suministrar circulación extracorpórea[33][25]. Durante la misma década se empezó mediante ensayos clínicos a evaluar la manera de obtener un corazón y pulmón mecánico que fuera base del apoyo para la cirugía cardiaca por lo que fue considerada cómo la “década de oro de la cirugía cardiaca” [25].

Cabe recalcar que uno de los eventos que permitió el avance en la cirugía cardiaca fue la circulación extracorpórea, esto debido a que permite realizar cirugías mayores sin la necesidad de sangre, lo cual fue extremadamente bueno, pero así como tuvo un mundo de beneficios también se observó ciertas complicaciones, tales como traumatismo sanguíneo o embolización de restos ateroscleróticos de la arteria aorta, al igual que la asociación de una inflamación sistémica, esto secundario a la interacción de los elementos sanguíneos y los elementos artificiales[30], también se ha visto asociación entre la circulación extracorpórea y fibrilación postoperatoria en un 20 - 40% de pacientes[41], es por esto que hoy en día aun hay cirujanos y centros hospitalarios evalúan la implementación de dichas tecnologías, a la espera de mejoras en resultados de dichos procedimientos[33].

La introducción de los SRS en la cirugía cardiaca fue implementada por primera vez en una reparación de válvula mitral para el año 1998 la cual se realizó mediante el sistema robótico Da Vinci, operado por el doctor carpentier, dicho método no fue aprobado por la FDA hasta el 2002[42].

Actualmente se está trabajando en muchas tecnologías, las cuales tienen cómo objetivo cada vez hacer menos invasivo los procedimientos quirúrgicos, entre los cuales estamos cada día un paso más adelante en desarrollo de nuevos avances de cirugías asistidas por robot, en estas podemos encontrar procedimientos tales cómo el Bypass coronario endoscópico asistido por robot, revascularización coronaria, cierres de CIA o reparaciones de la VT[43], sin embargo la implementación de esta técnica en el mundo está siendo un poco lenta debido a que este presenta ciertas complicaciones en diferentes ámbitos, cómo económico, capacitación de centros y personal[33].

Estos avances están llamando cada día más la atención de inversionistas y centros debido a que el desarrollo de estas tecnologías permitiría la realización de intervenciones mediante telecirugía [36], teniendo cómo resultado un aumento en la tasa de resolución de problemas en zonas remotas aumentando el número de vidas salvadas, esto solo necesitando cirujanos capacitados, una combinación de ciertos elementos robóticos en el sitio en la cual se va a

desarrollar la corrección y una consola con vídeo para poder ubicarse anatómicamente en el lugar donde se encuentre el cirujano para que se pueda llevar a cabo los diferentes procedimientos[33].

### **6.3 Sistemas robóticos DaVinci y Zeus**

En el momento se desarrollan muchos prototipos de robots especializados en cirugías de todos los ámbitos, sin embargo, entre los más afianzados y que llevan más estudios con resultados podemos resaltar el sistema robótico DaVinci y Zeus. Robots telecomunicado el cual es operado por un cirujano especialista el cual traduce los movimientos que este realiza en una máquina a distancia, esto asemejando a lo que serían sus brazos en medio de la cirugía. Además de contar con una cámara de alta definición que proporciona una visión 3D ampliada del procedimiento[44].

El sistema de cirugía robótica del sistema Da Vinci está constituido por un carro quirúrgico, un carro de visión y una consola de cirujano. en la consola del cirujano, este puede mediante dos manijas adquirir vistas ampliadas, tridimensionales y binoculares de los campos operatorios que simulan de muy buena manera a las vistas de la cirugía invasiva. Mediante su sistema de brazos robóticos se puede obtener movimientos mínimamente invasivos y con rangos de precisión exactos los cuales evitan los movimientos involuntarios y rangos de errores que pueden presentarse con las manos humanas[9].

Por el lado del sistema robótico Zeus se encuentra constituido por una consola de control de cirujano y tres brazos robóticos que se encontraran montados sobre la mesa, dos de aquellos brazos robóticos están encargados de replicar los brazos del cirujano, y el tercer brazo es el encargado de dar la visión al cirujano, este mediante un endoscopio robótico controlado por sistema de voz. Esta disposición en su estructura le permite al cirujano realizar cirugías con una mayor comodidad a distancia y con mayor precisión gracias al sistema robótico[44].

### **6.4 Posicionamiento del sistema robótico.**

A lo largo de la implementación de la cirugía asistida por robot mínimamente invasiva han surgido problemas asociados al mejor uso de SRS como el Da Vinci, en los cuales se abarca encontrar la posición perfecta la cual dependiendo a el procedimiento y el objetivo de este, sea la más pertinente, en donde se pueda tener ángulos para correctas trayectorias sin que haya complicaciones secundarias a ruptura o deterioro de diferentes estructuras que se puedan encontrar en el camino[44].

Es por esta razón que previamente a la cirugía el cirujano realiza una reconstrucción anatómica tridimensional del paciente en donde ve y planifica según lo que ve, cuál será el sitio quirúrgico dependiendo de lo que analiza en las imágenes y el procedimiento que quiere hacer, luego de esto analiza cuáles van a ser los sitios potenciales de incisión en donde

ingresará las diferentes partes del robot, en diferentes procedimientos tal como el bypass coronario dependiendo a qué nivel desee hacerlo determinará según los espacios intercostales y dentro de estos vamos a tener puntos específicos, los llamados “puntos permitidos”[45].

Los anteriores puntos deben tener ciertas características específicas, tales como la distancia entre el punto de ingreso en donde va a ingresar el instrumental hasta el punto específico de procedimiento debe estar dentro de un intervalo característico del brazo del instrumental[45]. ya teniendo esto en cuenta se va a proceder a realizar el procedimiento reduciendo así en un gran porcentaje de complicaciones las cuales podría poner en riesgo el desarrollo exitoso del procedimiento.

### 6.5 Cirugía mitral robótica.

La cirugía mitral en la actualidad es el procedimiento que más se realiza con uso de tecnología robótica asistida, teniendo está una gran efectividad para el tratamiento de la insuficiencia mitral primaria grave. Desde sus inicios hace más de 2 décadas, múltiples estudios han corroborado ser una técnica eficaz y segura, beneficiando tanto a los pacientes, los cirujanos y los centros hospitalarios en múltiples aspectos, dependiendo la complejidad de la lesión, es indicado conocer las indicaciones y el prototipo de paciente candidato para poder asegurar un mayor porcentaje de éxito en la intervención quirúrgica robótica. [35] (ver tabla 1)

Tabla 1. Contraindicaciones generales en pacientes candidatos a cirugía mitral robótica.

Enfermedad arterial coronaria que requiere revascularización quirúrgica
Enfermedad vascular periférica grave o aneurismas de la aorta torácica o abdominal descendente
Cirugía torácica derecha previa, radiación o traumatismo
Cavidad torácica inusualmente pequeña
Deformidades graves de la pared torácica, como escoliosis y pectus excavatum
Dilatación ascendente de la aorta >45 mm o calcificación
Estenosis aórtica moderada a grave o regurgitación
Calcificación severa del anillo de la válvula mitral

Disfunción pulmonar grave o hipertensión pulmonar

## 6.6 Diferentes técnicas de SRS y su evidencia clínica.

En comparación entre las técnicas mínimamente invasivas, podemos resaltar dos, entre ellas la minitoracotomía y la cirugía asistida por robot. Sin embargo, para hacer una o la otra en términos de resultados, se deben evaluar los pro y los contras de cada una de ellas, qué en conjunto con la experticia del cirujano son la clave para el uso de estas técnicas en centros hospitalarios de alta complejidad[32].

Un estudio en donde se puso cara a cara estas dos técnicas en función de emparejamiento de propensión, se pudo evidenciar qué mediante la asistencia robótica hubo un mayor tiempo quirúrgico y por ende más riesgo de exposición a complicaciones intraoperatorias, sin embargo, se pudo asociar a una disminución en la tasa de fibrilación auricular y esto trajo como beneficio una reducción de tiempo en SH [30]. Cosa contraria en la minitoracotomía qué demostró tener mayores tiempos de SH, aparte de esto un estudio realizado en la cleveland clinic con una muestra de mil pacientes, se evidencio qué estos pacientes sometidos a cirugía de válvula mitral mínimamente invasiva asistida por robot tuvo una tasa de mortalidad a corto tiempo del 0.1%[31], resultado muy parecido a reportes dados por otras instituciones[46].

La cirugía asistida por robot ha mostrado tener un porcentaje muy bajo de complicaciones teniendo en cuenta qué la tasa de éxito está ligada a varios factores, por lo cual podemos evidenciar que la utilización de cirugías robóticas ha demostrado que un grupo poblacional controlado tener una tasa de éxito bastante buena y con EV muy mínimos con estancias hospitalarias muchas más cortas[11].

## 7. DISCUSIÓN

En un estudio de más de 400 pacientes, 22 con estenosis aislada valvular mitral se sometieron a reemplazo de válvula mitral asistida por robot, de los cuales 16 recibieron válvulas mecánicas y por el contrario los otros 6 recibieron válvula tisular, los resultados de dicho experimento fueron enfocados a el tiempo medio de Bypass cardiopulmonar y pinzamiento aórtico fue alrededor de  $137,1 \pm 21,9$  minutos (rango, 105-168) y  $99,3 \pm 17,9$  minutos (rango, 80-133), respectivamente, por lo cual se pudo evidenciar que mediante el reemplazo valvular tisular se logró reducir ampliamente los tiempos quirúrgicos[34].

### 7.1 Disminución de efectos adversos cirugía reemplazo valvular aórtico

Se evidenció que en el reemplazo valvular aórtico por cirugía robótica los efectos adversos asociado a procedimiento quirúrgico fueron mínimos, en un estudio en donde se evaluaron 20 casos de reemplazo valvular aórtico, en totales solo 1 necesitó transfusión de hemoderivados, al igual que dos que requirieron soporte respiratorio los cuales fueron retirados a las 2 horas aproximadamente después de la cirugía, además de esto se pudo ver que el tiempo de SH post procedimiento tuvo una media de 4,5 días (rango de 3-15 días) [47].

Según la American Heart Association cada año se llevan a cabo más de 1.5 millones de procedimientos cardiacos[10]. cuyo enfoque principal es la resolución de enfermedades del corazón, desde la perspectiva del cirujano la cirugía cardiaca se traza desde los enfoques tradicionales los cuales influyen cirugías con un grado de invasión grande que le permiten tener la mejor posición y habilidad intraoperatoria posible. Desde la perspectiva del paciente el exponerse a una cirugía de tan gran impacto implica en muchos casos un tiempo prolongado de recuperación y la posibilidad de adquirir un dolor crónico postoperatorio[48].

En la actualidad la utilización de los instrumentos robóticos en la cirugía cardiovascular está centrada principalmente en la reparación de la válvula mitral y, en menores medidas, ha sido utilizada para reparación de la VT, cierres de defectos septales simples, extirpación de tumores cardíacos y cirugía coronaria ( en mayores proporciones bypass de la arteria coronaria mínimamente invasivo asistido por robot)[11][35].

En los últimos años, la transición de la cirugía cardíaca invasiva tradicional a la cirugía robótica ha sido lenta debido a múltiples factores que incluyen económicos y de personal preparado entre otros. La principal limitación de este estudio se debió al escaso registro de estudios clínicos que demuestran un resultado significativo en los beneficios del uso de dispositivos robóticos vs métodos tradicionales. Los lugares donde se ha empezado la implementación de estas nuevas tecnologías han proporcionado a sus pacientes los múltiples beneficios que estas ofrecen, en temas como la rápida recuperación y la reducción de la SH, una menor pérdida de sangre y una estética mejorada en comparación de las cicatrices clásicas de la CCV invasiva[42][45]. Los resultados obtenidos parecen estar relacionados con el uso, la técnica y la destreza del cirujano tanto como en el desarrollo de estos dispositivos,

consideramos que a futuro con el aumento de la implementación lograremos obtener resultados significativos que nos ayuden a completar la transición de los métodos tradicionales a los SRS en la cirugía cardiovascular.

## **8. Conclusiones**

El uso e implementación de dispositivos robóticos quirúrgicos en cirugías cardiovasculares es una realidad que en los próximos años va a ir tomando más importancia. Aunque se ha demostrado su efectividad y los múltiples beneficios que tiene su implementación, en la actualidad todavía existen muchos impedimentos que limitan su uso. Los altos costos de creación, los bajos porcentajes de personal capacitado y el número de centros de alta complejidad, parecen ser los factores que más impiden la transición de la cirugía cardíaca convencional al futuro de este tipo de cirugías. Los estudios que existen actualmente son un abrebocas para evaluar el impacto que potencialmente estas nuevas tecnologías tendrán tanto en el paciente tratante como en el médico y/o cirujano partiendo como punto clave para el desarrollo de estos instrumentos.

## **9. RECOMENDACIONES**

Ante el aumento del uso de dispositivos robóticos quirúrgicos en la cirugía cardiovascular nuestra principal recomendación va dirigida en qué los programas académicos tanto de pregrado como de posgrado con énfasis quirúrgicos deberían implementar en su programa de aprendizaje el uso y manejo de dispositivos robóticos quirúrgicos ya que una de las limitaciones más notables que se encontraron en esta revisión fue la autodependencia de los resultados en base a la experiencia y la experticia de los cirujanos con la manipulación de estos dispositivos al momento de la cirugía.

## Lista de siglas

VT: válvula tricuspídea

CIA: comunicación inter auricular

VA: válvula aórtica

VM: válvula mitral

FDA: comisión de alimentos y alimentos de EE.UU

SRS: sistemas robóticos quirúrgicos

HS: estancia hospitalaria

EA: evento adverso

CCV: Cirugía cardiovascular

MIS: Cirugía mínimamente invasiva

## Referencias

1. García-Tornel M, Cañas A, Centella T, Ayala J, Cortina J, Castillo J, González Á, González Santos J, Checa S, León J, Mestres C, Pomar J, Portela F, Revuelta J, Grifol E, Martínez M, Meabe J. Cirugía cardiovascular. Definición, organización, actividad, estándares y recomendaciones. *Cir Cardiovasc*. 2012;19:15-38. doi: 10.1016/S1134-0096(12)70036-0.
2. Valderrama Marcos JF, González-González S, Calleja-Rosas F. Cirugía cardiovascular mínimamente invasiva: ¿algo más que cicatrices pequeñas? *Cardiocre*. 2016;51. doi: 10.1016/j.carcor.2016.07.005.
3. Cerfolio R, Louie BE, Farivar AS, Onaitis M, Park BJ. Consensus statement on definitions and nomenclature for robotic thoracic surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2017 Sep;154(3):1065-1069. doi: 10.1016/j.jtcvs.2017.02.081.
4. Vernick W, Atluri P. Robotic and minimally invasive cardiac surgery. *Anesthesiol Clin*. 2013 Jun;31(2):299-320. doi: 10.1016/j.anclin.2012.12.002.
5. Ng AT, Tam PC. Current status of robot-assisted surgery. *Hong Kong Med J*. 2014 Jun;20(3):241-50. doi: 10.12809/hkmj134167.
6. Lehr EJ, Guy TS, Smith RL, Grossi EA, Shemin RJ, Rodriguez E, Ailawadi G, Agnihotri AK, Fayers TM, Hargrove WC, Hummel BW, Khan JH, Malaisrie SC, Mehall JR, Murphy DA, Ryan WH, Salemi A, Segurola RJ Jr, Smith JM, Wolfe JA, Weldner PW, Barnhart GR, Goldman SM, Lewis CT. Minimally Invasive Mitral Valve Surgery III: Training and Robotic-Assisted Approaches. *Innovations (Phila)*. 2016 Jul-Aug;11(4):260-7. doi: 10.1097/IMI.0000000000000299.
7. Modi P, Hassan A, Chitwood WR. Minimally invasive mitral valve surgery: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2008;34:943-52.
8. Brown JK, Singh K, Dumitru R, Chan E, Kim MP. Los beneficios de los programas de recuperación mejorada después de la cirugía y su aplicación en la cirugía cardiotorácica. *Methodist DeBakey Cardiovasc J*. 2018 Apr-Jun;14(2):77-88. doi: 10.14797/MDCJ-14-2-77.
9. Ishikawa N, Watanabe G. Robot-assisted cardiac surgery. *Ann Thorac Cardiovasc Surg*. 2015;21(4):322-8. doi: 10.5761/atcs.ra.15-00145.
10. Benjamin EJ, Blaha MJ, Chiuve SE, Cushman M, Das SR, Deo R, de Ferranti SD, Floyd J, Fornage M, Gillespie C, Isasi CR, Jiménez MC, Jordan LC, Judd SE, Lackland D, Lichtman JH, Lisabeth L, Liu S, Longenecker CT, Mackey RH, Matsushita K, Mozaffarian D, Mussolino ME, Nasir K, Neumar RW, Palaniappan L, Pandey DK, Thiagarajan RR, Reeves MJ, Ritchey M, Rodríguez CJ, Roth GA,

- Rosamond WD, Sasson C, Towfighi A, Tsao CW, Turner MB, Virani SS, Voeks JH, Willey JZ, Wilkins JT, Wu JH, Alger HM, Wong SS, Muntner P; Comité de Estadísticas de la American Heart Association y Subcomité de Estadísticas de Accidentes Cerebrovasculares. Heart Disease and Stroke Statistics-2017 Update: A Report From the American Heart Association. *Circulation*. 2017 Mar 7;135(10) . doi: 10.1161/CIR.0000000000000485.
11. Dearani JA. Robotic heart surgery: Hype or hope? *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2018 Mar;155(3):943-944. doi: 10.1016/j.jtcvs.2017.10.001.
  12. Sánchez Martín FM, Millán Rodríguez F, Salvador Bayarri J, Palou Redorta J, Rodríguez Escovar F, Esquena Fernández S, et al. Historia de la robótica: de Arquitas de Tarento al robot Da Vinci (Parte I). *Actas Urol Esp*. 2007 Feb;31(2):69-76.
  13. Lane T. A short history of robotic surgery. *Ann R Coll Surg Engl*. 2018 May;100(6\_sup):5-7. doi: 10.1308/rcsann.suppl.5.
  14. Hockstein NG, Gourin CG, Faust RA, Terris DJ. A history of robots: from science fiction to surgical robotics. *J Robot Surg*. 2007;1(2):113-8. doi: 10.1007/s11701-007-0021-2.
  15. Lara-Hernández R. Técnicas quirúrgicas en la patología oclusiva aorto-iliaca. Elsevier. 2016;23(3):132-135.
  16. Drake R, Vogl W, Mitchell A. *Gray's Anatomy for Students*. 3rd ed. 2019.
  17. Khokhariya A, Vikani S, Gujar B, Javia M, Nirvan A. Coronary dominance among the Indian aborted fetal hearts. *Bioinformation*. 2022 Jun 30;18(6):513-517. doi: 10.6026/97320630018513.
  18. Valderrama J. Cirugía cardiovascular mínimamente invasiva: ¿algo más que cicatrices pequeñas? *CardiCore*. 2016;51(4):142-145.
  19. Miga KC. Trends in cardiac surgery: exploring the past and looking into the future. *Crit Care Nurs Clin North Am*. 2007 Dec;19(4):343-351. doi: 10.1016/j.ccell.2007.07.009.
  20. Brunton L. Preliminary note on the possibility of treating mitral stenosis by surgical methods. *Lancet*. 1902 Feb 8;359:352.
  21. Zalaquett SR. Sixty years of mitral valve surgery. *Rev Méd Chile*. 2009 Sep;137(9):1253-1260. doi: 10.4067/S0034-98872009000900017.
  22. Ritchie C. Commissurotomy. *J Vet Dent*. 2017 Mar;34(1):41-43. doi: 10.1177/0898756417702993.
  23. Daly R, Dearani J, McGregor C, et al. Fifty years of open heart surgery at the Mayo Clinic. *Mayo Clin Proc*. 2005;80(5):636-640.
  24. Gibbon J. Application of mechanical heart and lung apparatus to cardiac surgery. *Minn Med*. 1954;37:171-180.
  25. Raja S. Pump or no pump for coronary artery bypass. Current best available evidence. *Tex Heart Inst J*. 2005;32(4):489-501.
  26. Earp J, Mallia G. Myocardial protection for cardiac surgery. The nursing perspective. *AACN Clin Issues* 1997;8(1):20-32
  27. St Andre A. Hemodynamic management of patients in the first 24 hours after cardiac surgery. *Crit Care Med* 2005;33(9):2082-93.

28. Jin R, Hiratzka L, Grunkemeier G, et al. Aborted off-pump coronary artery bypass patients have much worse outcomes than on-pump or successful off-pump patients. *Circulation* 2005;112:I-332–7.
29. McKhann G, Grega M, Borowicz L, et al. Stroke and encephalopathy after cardiac surgery. An update. *Stroke* 2006;37(2):562–71.
30. Mihaljevic T, Jarrett CM, Gillinov AM, et al. Robotic repair of posterior mitral valve prolapse versus conventional approaches: potential realized. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2011;141:72-80.
31. Gillinov AM, Mihaljevic T, Javadikasgari H, Suri RM, Mick SL, Navia JL, et al. Early results of robotically assisted mitral valve surgery: analysis of the first 1000 cases. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2018;155:82-91.
32. Kitahara H, Balkhy HH. Cirugía mínimamente invasiva de la válvula mitral con o sin robótica: Examinando la evidencia. *J Card Surg.* 2022 Oct;37(10):3276-3278. doi: 10.1111/JOCS.16854.
33. Miga KC. Trends in cardiac surgery: exploring the past and looking into the future. *Crit Care Nurs Clin North Am.* 2007 Dec;19(4):343-351. doi: 10.1016/j.ccell.2007.07.009.
34. Gao C, Yang M, Xiao C, Wang G, Wu Y, Wang J, Li J. Reemplazo de válvula mitral asistido por robot. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2012 Apr;143(4 Suppl) . doi: 10.1016/j.jtcvs.2012.01.045.
35. Palmen M, Navarra E, Bonatti J, Franke U, Cerny S, Musumeci F, Modi P, Singh S, Sandoval E, Pettinari M, Segers P, Gianoli M, van Praet F, de Praetere H, Vojacek J, Cebotaru T, Onan B, Bolcal C, Alhan C, Ouda A, Melly L, Malapert G, Labrousse L, Agnino A, Phillipsen T, Jansens JL, Folliguet T, Suwalski P, Cathenis K, Doguet F, Tomšič A, Oosterlinck W, Pereda D. Current state of the art and recommendations in robotic mitral valve surgery. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2022 Nov 8;35(6) . doi: 10.1093/icvts/ivac160.
36. Mathias J. Robotic assist in bypass surgery. *OR Manager.* 1999;15(12):8-9.
37. Rainer W. Cardiac surgery before cardiopulmonary bypass. *Perfusion.* 2003;18:139-144.
38. Brunton L. Preliminary note on the possibility of treating mitral stenosis by surgical methods. *Lancet.* 1902 Feb 8;359:352.
39. Souttar HS. The surgical treatment of mitral stenosis. *Br Med J.* 1925 Oct 3;2:603-605.
40. Bailey C. The surgical treatment of mitral stenosis (Mitral Commisurotomy). *Dis Chest.* 1949;15(4):377-397.
41. Zangrillo A, Landoni G, Sparicio D, et al. Predictors of atrial fibrillation after off pump coronary artery bypass graft surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2004;18:704-708.
42. Harky A, Hus sain SMA. Robotic Cardiac Surgery: The Future Gold Standard or An Unnecessary Extravagance? *Braz J Cardiovasc Surg.* 2019 Aug 27;34(4):XII-XIII. doi: 10.21470/1678-9741-2019-0194. PMID: 31454191; PMCID: PMC6713378.
43. PikeN,Gundry St.Robotically assisted cardiac surgery. Minimally invasive techniques to totally endoscopic heart surgery. *J Cardiovasc Nurs* 2003;18(5):382–8.

44. Lanfranco AR, Castellanos AE, Desai JP, Meyers WC. Robotic Cardiac Surgery: The Future Gold Standard or An Unnecessary Extravagance? *Ann Surg.* 2004 Jan;239(1):14-21. doi: 10.1097/01.sla.0000103020.19595.7d. PMID: 14685095; PMCID: PMC1356187.
45. Coste-Manière E, Adhami L, Severac-Bastide R, Boissonnat JD, Carpentier A. Planification et simulation de chirurgie cardiaque mini-invasive robotisée [Planning and simulation of minimally-invasive robotic heart surgery]. *C R Biol.* 2002 Apr;325(4):321-326. doi: 10.1016/s1631-0691(02)01442-7.
46. Yoo JS, Kim JB, Jung SH, et al. Mitral durability after robotic mitral valve repair: analysis of 200 consecutive mitral regurgitation repairs. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2014;148:2773-2779.
47. Badhwar V, Wei LM, Cook CC, Hayanga JWA, Daggubati R, Sengupta PP, Rankin JS. Reemplazo robótico de la válvula aórtica. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2021 May;161(5):1753-1759. doi: 10.1016/j.jtcvs.2020.10.078.
48. Ha B, Usman AA, Augoustides JG. Cirugía cardíaca mínimamente invasiva: identificación de oportunidades para mejorar aún más la calidad de la recuperación postoperatoria del paciente. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2020 Dec;34(12):3231-3233. doi: 10.1053/j.jvca.2020.08.037.