



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



**FACULTAD DE MEDICINA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL
UNIDAD MÉDICA DE ALTA ESPECIALIDAD HOSPITAL DE
CARDIOLOGÍA**

**RESULTADOS DEL USO DE OXIGENADOR DE MEMBRANA
EXTRACORPÓREO EN EL CONTEXTO DE CHOQUE POSTCARDIOTOMÍA EN
EL HOSPITAL DE CARDIOLOGÍA DEL CENTRO MÉDICO NACIONAL SIGLO
XXI, EXPERIENCIA DE 4 AÑOS.**

**TESIS
PARA OBTENER EL GRADO DE ESPECIALISTA EN:
CIRUGÍA CARDIOTORÁCICA**

**PRESENTA:
DR. CÉSAR CASTILLO ROMERO
Residente de cuarto año de Cirugía Cardiotorácica.
Hospital de Cardiología, UMAE CMN Siglo XXI.
Tel: 55 2889 6720 Correo electrónico: cesar7abd@gmail.com.**

**INVESTIGADOR RESPONSABLE:
DR. CARLOS RIERA KINKEL
Jefe de la división de Cirugía Cardiotorácica.
Hospital de Cardiología, UMAE CMN Siglo XXI.
Tel: 55 5627 6900 Correo electrónico: rierac7@gmail.com.**

**INVESTIGADORES ASOCIADOS:
DR. JORGE TIZOC OLVERA LOZANO.
Médico adscrito al servicio de Cirugía Cardiotorácica.
Hospital de Cardiología, UMAE CMN Siglo XXI.
Tel: 55 5627 6900
Correo electrónico: jolver77@hotmail.com**

**DR. EDGAR HERNÁNDEZ RENDÓN.
Médico adscrito al servicio de Cirugía Cardiotorácica.
Hospital de Cardiología. UMAE CMN Siglo XXI.
Tel: 55 3168 8663. Correo electrónico:
dr.hernandez.cardiotoracico@gmail.com**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

TESIS DE POSGRADO

**RESULTADOS DEL USO DE OXIGENADOR DE MEMBRANA
EXTRACORPÓREO EN EL CONTEXTO DE CHOQUE POSTCARDIOTOMÍA EN
EL HOSPITAL DE CARDIOLOGÍA DEL CENTRO MÉDICO NACIONAL SIGLO
XXI, EXPERIENCIA DE 4 AÑOS.**

DR. GUILLERMO SATURNO CHIU

DIRECTOR DE LA UMAE HOSPITAL DE CARDIOLOGÍA
CENTRO MÉDICO NACIONAL SIGLO XXI

DR. SERGIO RAFAEL CLAIRE GUZMÁN

DIRECTOR MÉDICO

DR. EDUARDO ALMEIDA GUTIÉRREZ

DIRECTOR DE EDUCACIÓN E INVESTIGACIÓN EN SALUD

DRA. KARINA LUPERCIO MORA

JEFE DE LA DIVISIÓN DE EDUCACIÓN EN SALUD

DR. CARLOS RIERA KINKEL

ASESOR DE TESIS

DR. JORGE TIZOC OLVERA LOZANO

ASESOR METODOLÓGICO

ÍNDICE

Portada	1
Hoja de firmas	2
Resumen	4
Marco teórico	6
Justificación	16
Planteamiento del problema	16
Objetivo general	16
Objetivos específicos	16
Material y métodos	17
Variables y definiciones operacionales	18
Descripción general del estudio	23
Cuestiones éticas	23
Factibilidad	23
Experiencia del grupo	24
Resultados	25
Discusión	43
Conclusiones	47
Limitantes del estudio	49
Anexos	49
Cronograma de actividades	49
Hoja de recolección de datos	50
Glosario	51
Referencias bibliográficas	52

RESUMEN.

RESULTADOS DEL USO DE OXIGENADOR DE MEMBRANA EXTRACORPÓREO EN EL CONTEXTO DE CHOQUE POSTCARDIOTOMÍA EN EL HOSPITAL DE CARDIOLOGÍA DEL CENTRO MÉDICO NACIONAL SIGLO XXI, EXPERIENCIA DE 4 AÑOS.

Antecedentes: El oxigenador de membrana extracorpóreo venoarterial es una terapia de apoyo circulatorio que se utiliza para falla cardíaca refractaria. Básicamente, es un circuito de derivación cardiopulmonar de larga duración. Su primera aplicación se llevó a cabo en un paciente pediátrico como puente a recuperación posterior a cirugía cardíaca. En la actualidad sus indicaciones son diversas, aunque una de las más frecuentes es la del contexto o escenario que procede a la cirugía cardíaca. El uso de oxigenador de membrana extracorpóreo venoarterial es una terapia relativamente nueva en nuestro medio y los reportes de resultados a nivel nacional son pocos. **Objetivo:** Caracterizar los resultados del uso de oxigenador de membrana extracorpóreo en el contexto de choque postcardiotomía en nuestro centro, en los últimos 4 años. **Material y métodos:** Se realizó un estudio descriptivo, retrospectivo y transversal. Se revisaron los expedientes de los pacientes en quienes se utilizó la terapia ECMO posterior a cirugía en el periodo comprendido de julio del 2015 a diciembre del 2019. Se utilizaron herramientas de estadística descriptiva para variables continuas con medidas de tendencia central, desviación estándar y rangos intercuartílicos. Se usó prueba de Shapiro-Wilk. Se midieron asimetrías con coeficiente de Fisher y se determinó el grado de curtosis. Se evaluaron las medidas de tendencia no central con cuartiles y percentiles. Para variables categóricas se realizaron mediciones de frecuencia y se reportaron en gráficos Box-Whisker. **Recursos e infraestructura:** No se requirió financiamiento ni recursos adicionales a los propios del hospital, el material de papelería fue aportado por los investigadores. **Experiencia del grupo:** El equipo se encuentra conformado por cirujanos cardiovasculares, anestesiólogos cardiovasculares, cardiólogos intensivistas y enfermeras certificados internacionalmente en el uso de la terapia circulatoria y en investigación clínica. **Resultados:** La terapia ECMO en el contexto de choque postcardiotomía se utilizó en el 1.12% del total de las cirugías realizadas en el periodo de estudio, se excluyeron a 4 pacientes por no contar con expediente completo. Se obtuvo una N total de 31 pacientes, 51.61% pertenecen al sexo femenino y 48.39 al sexo masculino. La mediana para la edad fue de 26, el paciente más joven tratado tuvo una edad de 4 años mientras que el paciente de mayor edad fue de 66 años. El tipo de procedimiento quirúrgico que más se asoció al uso de la terapia fue el Congénito con un 61.3% a diferencia de los otros tipos

de procedimientos con un 22.6% para la cirugía Valvular aislada, 6.5% tanto para Revascularización miocárdica aislada y Otros, solo un paciente con procedimiento mixto (Valvular + RVM) requirió del apoyo circulatorio representando el 3.2%. Dentro de las complicaciones (directamente asociadas) que se presentaron con uso de la terapia, las más frecuente fue la falla renal (FR) en el 35.48% de los pacientes. La mediana de tiempo de uso de la terapia ECMO en pacientes con éxito al retiro fue de 5 días y en los pacientes sin éxito fue de 6 días, el paciente con menor tiempo de uso en el primer grupo fue de 3 días y en el segundo grupo de 1 día, mientras que la mayor duración para ambos grupos fue de 20 y 25 días respectivamente. Se obtuvo éxito de la terapia al retiro en el 38.71% de los casos y 29.03% al alta. Respecto a los pacientes en los cuales el ECMO no fue exitoso, la causa de mortalidad más frecuentemente reportada fue choque cardiogénico (CC), que correspondió al 54.84%, y 2 pacientes fallecieron por choque hipovolémico (CH), los cuales representan el 6.45% de los casos ECMO. **Discusión:** El uso de la terapia ECMO en el Hospital de Cardiología es relativamente reciente. En el periodo que comprende este estudio se utilizó ECMO en 58 pacientes tanto para falla respiratoria como choque cardiogénico refractario y apoyo en paro cardiaco. Se utilizó ECMO en el contexto de choque postcardiotomía en el 1.12% del total de las cirugías realizadas en el periodo de estudio, dicha cifra está dentro de la estadística de datos publicados a nivel internacional. El éxito obtenido en nuestro hospital fue del 38.71% al retiro y 29.03% al alta, resultados que no podemos considerarlos como óptimos pero si aceptables; además, los casos con evolución satisfactoria se han ido incrementando conforme el centro adquiere experiencia y preparación tanto en la selección de pacientes, tiempo de decisión, colocación, así como en los *cuidados* de la terapia. Las complicaciones más frecuentes fueron la falla renal y el sangrado en sitios de canulación como también se reporta a nivel mundial. El tratamiento con esta terapia ha venido mejorando en los últimos casos, actualmente los resultados son plausibles. **Conclusiones:** La terapia con oxigenador de membrana extracorpóreo en este centro ha obtenido resultados aceptables de acuerdo a lo publicado en el mundo y en especial en los últimos casos. Esto coincide con la mejor preparación del equipo ECMO y del personal a cargo en la terapia postquirúrgica. El recurso humano involucrado en el periodo perioperatorio debe estar disponible y capacitado para la evaluación ECMO y de la misma forma cumplir con el registro de todos los parámetros que se valoran para la decisión de su colocación y su retiro, dado que muy probablemente si se realicen pero no se plasmen de forma regular en el expediente. Se puede concluir finalmente, que se ha venido adquiriendo mucha experiencia y los resultados cada vez son mejores.

MARCO TEÓRICO.

El primer uso de derivación cardiopulmonar en humanos en un procedimiento quirúrgico fue en 1953 para ayudar en la reparación de un defecto septal atrial, y fue realizado por John Gibbon. En 1954, C. Walton Lillehei realizó una cirugía cardíaca con un oxigenador de burbujas. En 1957, Kammermeyer descubrió que el caucho de silicona era lo suficientemente fuerte como para soportar la presión hidrostática y, además permeable a la transferencia de gas. Con el desarrollo de un oxigenador de membrana de silicona se creó un dispositivo utilizado para soporte de derivación a largo plazo que permitió la recuperación en el estado postquirúrgico. Por lo tanto, el uso del oxigenador de membrana de silicona condujo al uso del actual oxigenador de membrana extracorpóreo (1,2).

El circuito básico del oxigenador de membrana extracorpóreo [Extracorporeal Membrane Oxigenation (ECMO)] incluye cánulas para drenaje y retorno, tubos, una bomba y una membrana de oxigenación. En la configuración de ECMO venoarterial (VA) se extrae sangre desoxigenada del sistema venoso a través de una cánula de drenaje, la sangre es impulsada a través de una membrana de oxigenación y regresa a la circulación arterial a través de una cánula de retorno. El flujo sanguíneo en ECMO VA siempre evita el sistema cardiopulmonar nativo. La membrana de oxigenación está compuesta por haces de fibras huecas. Un intercambio de gas dentro de las fibras y la sangre que circula fuera ellas ocurre a través de la membrana. Se ha desarrollado una membrana especial para maximizar la superficie de contacto sangre-gas. La membrana microporosa de polipropileno tiene limitaciones en términos de longevidad. Los polímeros de superficie comprimida como el polimetilpenteno (PMP) han estado disponibles desde principios del siglo actual. Este, también es microporoso pero su superficie externa está comprimida para formar una membrana sólida. El gas aún puede transferirse a través del material PMP hacia la sangre según el principio de difusión, pero el plasma tiene dificultades para pasar a través de la membrana porque los microporos están cubiertos con una membrana sólida. Estas fibras huecas PMP de superficie comprimida intercambian gas tan eficientemente como los polipropilenos microporosos y tienen una mayor longevidad (1, 2, 3,4). Las bombas de circulación extracorpórea se dividen en los siguientes dos subgrupos básicos: una bomba de rodillos y una bomba centrífuga. Los primeros circuitos usaban una bomba de rodillos la cual tenía el riesgo de ruptura de la línea. Por lo tanto, representaba un peligro cuando se utilizaba fuera la sala quirúrgica. Debido a que una bomba centrífuga rara vez causa una catástrofe de este tipo, la mayoría de los centros actualmente la usan como bomba convencional para ECMO. Las bombas centrífugas

generan flujo mediante un rotor giratorio que produce fuerza centrífuga. La bomba ha sido desarrollada para disminuir la generación de calor, el estrés, la hemólisis o la trombosis. En la actualidad se utilizan 3 clases de bombas según los tipos de rodamientos.

Las bombas centrífugas de primera generación tienen un puntal fijo y un rodamiento de metal. Debido a que con frecuencia causa trombosis alrededor del rodamiento en unos pocos días, no se usa ampliamente para ECMO. Las bombas centrífugas para ECMO actuales están diseñadas con un pivote de rodamientos y levitación magnética que reduce la hemólisis (2).

El choque cardiogénico es la expresión clínica de insuficiencia circulatoria, como consecuencia de disfunción ventricular izquierda, derecha o biventricular. El choque cardiogénico también se define como un estado de hipoperfusión crítica de órganos debido a disfunción cardíaca primaria. El choque cardiogénico no representa simplemente una disminución de la función contráctil cardíaca, sino también un síndrome de disfunción multiorgánica que afecta a todo el sistema circulatorio, a menudo complicado por síndrome de respuesta inflamatoria sistémica con anormalidades celulares y metabólicas graves. La presentación clínica del choque cardiogénico varía de anormalidades hemodinámicas de “pre-choque” a choque leve, progresando a un choque más severo y finalmente a un choque refractario que se asocia a altas tasas de mortalidad. Pueden ocurrir también arritmias, isquemia e infección, que cambian de manera aguda la trayectoria de la enfermedad (2, 3,4).

El manejo contemporáneo del choque cardiogénico implica un diagnóstico temprano y una terapia dirigida para optimizar el suministro de oxígeno y la perfusión tisular. El diagnóstico de choque cardiogénico se basa en la presencia de lo siguiente: (1) hipotensión persistente definida como presión arterial sistólica < 90 mmHg o presión arterial media (MAP) 30 mmHg por debajo del valor inicial o requerimiento de vasopresores para alcanzar una presión arterial sistólica ≥ 90 mmHg; y (2) signos de perfusión orgánica alterada (p. ej., anormalidades del sistema nervioso central que incluyen confusión, e incluso pérdida de consciencia, oliguria, piel fría, taquipnea, aumento de lactato arterial > 2 mmol / L) a pesar de normovolemia o hipervolemia. Algunos ensayos clínicos incluyen parámetros hemodinámicos como criterios diagnósticos, incluido un índice cardíaco (IC) bajo (< 1.8 L/min/m² sin soporte o < 2.2 L /min/m² con soporte) y presiones de llenado adecuadas o elevadas (presión diastólica final del ventrículo izquierdo > 15 mmHg). Sin embargo, el diagnóstico de choque cardiogénico se basa principalmente en el examen clínico (3,4).

Las indicaciones generales de la ELSO (Extracorporeal Life Support Organization) para el uso de ECMO VA en niños se dividen en 2 categorías, las que se relacionan con procedimientos y las que no. Las relacionadas con la cirugía y el cateterismo comprenden: Estabilización preoperatoria, fracaso en la salida de derivación cardiopulmonar, apoyo electivo durante procedimientos hemodinámicos de alto riesgo y bajo gasto cardiaco postoperatorio. Las relacionadas con la falla circulatoria: Falla miocárdica debido a miocarditis y cardiomiopatía o arritmia intratable, sepsis y anafilaxia, hipertensión pulmonar y embolia pulmonar. Y un subgrupo de los no relacionados con procedimientos comprenden aquellos pacientes que están en paro cardiaco y no responden a la terapia médica óptima. La ELSO indica el uso de ECMO VA para el paciente adulto en las siguientes situaciones: Paciente con choque cardiogénico que persiste a pesar de un adecuado volumen intravascular, inotrópicos y vasoconstrictores así como el uso de balón de contrapulsación. Las causas típicas de este estado son el infarto agudo al miocardio, miocarditis, cardiomiopatía periparto, falla cardiaca descompensada y choque postcardiotomía así como choque séptico (5,6).

El choque cardiogénico postcardiotomía es una complicación de la cirugía cardíaca con una incidencia de 0.5 a 6% asociada con un mal pronóstico y tasas de mortalidad superiores al 60-80%, sin una reducción significativa en la última década a pesar de los avances técnicos en soporte mecánico circulatorio.

La oxigenación de la membrana extracorpórea venoarterial tiene como objetivo reemplazar completamente la función cardíaca y pulmonar para mantener constante la perfusión tisular y otorgar tiempo para la posible recuperación del corazón. Cuando no se produce la recuperación de la función cardíaca, ECMO VA puede ser puente a un dispositivo de asistencia ventricular izquierda/corazón artificial total o trasplante de corazón (7).

Desde la primera implantación por Hill y sus colegas, la oxigenación por membrana extracorpórea se ha convertido en una opción de tratamiento establecida para pacientes con choque cardiogénico refractario, que proporciona soporte cardíaco y respiratorio temporal. Debido a su rápida disponibilidad, aplicabilidad y confiabilidad, el soporte ECMO se ha convertido en una opción cada vez más atractiva, particularmente en la configuración posterior a la cardiotomía. ECMO postcardiotomía se ha convertido en la indicación más frecuente de ECMO en los Estados Unidos, sin embargo, el aumento exponencial de su uso no se ha visto acompañado de mejores resultados, sino todo lo contrario (7,8,9).

La información sobre los resultados del alta hospitalaria después de ECMO VA ha mostrado tasas de supervivencia general que van del 17% al 40%, pero se ha prestado poca atención a otros factores relacionados con el pronóstico a largo plazo. Además, a pesar de numerosas publicaciones que han mostrado resultados a corto y mediano plazo relacionados con ECMO, los informes específicos sobre ECMO postcardiotomía han sido limitados y generalmente relacionados con la experiencia de pocos centros.

ECMO se ha utilizado después de cirugías cardíacas tanto en adultos como en pediátricos con resultados alentadores. Alrededor del 3.2% –8.4% de los niños sometidos a cirugía cardíaca pueden requerir apoyo circulatorio con ECMO debido a choque cardiogénico refractario a tratamiento médico óptimo. La principal utilidad del ECMO VA es proporcionar gasto cardíaco mientras "descansa" el corazón después del procedimiento quirúrgico para dar tiempo a la recuperación de la función ("puente a la recuperación"). En una proporción menor de pacientes en quienes no se logra la recuperación, la terapia se puede utilizar para apoyar la circulación hasta que se establezcan alternativas, incluido el dispositivo de asistencia ventricular, el trasplante ortotópico de corazón o la atención al final de la vida (8,9).

ECMO VA también se puede utilizar para temporizar y estabilizar a los pacientes preoperatorios en insuficiencia cardiorrespiratoria para "puentear a la cirugía cardíaca". Debido a la heterogeneidad de las condiciones y los factores del paciente, las indicaciones y el momento de colocación del ECMO en pacientes postcardiotomía se conforman en base a un juicio clínico del equipo ECMO, el cual se compone de personal con gran experiencia (10).

Los escenarios clínicos más comunes en los que se utiliza ECMO VA después de una cirugía cardíaca pediátrica son los siguientes: Después de una operación cardíaca en donde no es posible el destete de la derivación cardiopulmonar, como anticipación ante un inminente paro cardíaco postoperatorio (es decir, reanimación cardiopulmonar extracorpórea) o para asistencia circulatoria en pacientes que desarrollan insuficiencia circulatoria a pesar de terapia médica máxima.

Debido al estado crítico de los pacientes y al circuito extracorpóreo en sí, la terapia ECMO conlleva varias posibles complicaciones que pueden tener un impacto relevante en los resultados a corto y largo plazo. (11, 12,13).

El sangrado es una de las complicaciones más comunes, especialmente en el contexto postcardiotomía, oscila entre el 10 y el 30%. La fuente más frecuente de sangrado es el sitio de canulación y los sitios quirúrgicos. Los pacientes con ECMO pueden demostrar varios grados de coagulación intravascular diseminada (CID) y la enfermedad de von

Willebrand adquirida invariablemente debido al contacto con la superficie extracorpórea que activa la coagulación y, por lo tanto, provoca una coagulopatía de consumo. La sepsis puede contribuir a esta complicación, en particular para pacientes con ECMO de larga duración que son más susceptibles a las infecciones nosocomiales a menudo causadas por bacterias multirresistentes. Puede ocurrir también en las vías respiratorias y en el tracto gastrointestinal. De hecho, los procedimientos de rutina como la succión y la broncoscopia o la inserción del catéter urinario pueden desencadenar el sangrado. El porcentaje de reoperación por taponamiento cardíaco originado por complicaciones hemorrágicas se encuentra alrededor del 40%. El sangrado depende de la anticoagulación sistémica, la disfunción plaquetaria por la activación asociada al estrés por contacto, la activación masiva de la coagulación y la fibrinólisis durante y después de la circulación extracorpórea, la coagulopatía por consumo y la inflamación sistémica (2). El uso de circuitos heparinizados, los oxigenadores de última generación y la experiencia de los centros de alto volumen han generado informes de protocolos con uso de heparina en dosis bajas para la anticoagulación durante el ECMO, lo que disminuye en gran medida las complicaciones hemorrágicas (14, 15,16).

Las infecciones nosocomiales, son complicaciones comunes en pacientes con ECMO debido a varios factores predisponentes como las comorbilidades, el estado inmunocomprometido asociado a transfusiones y enfermedades críticas, la invasión de ECMO, catéteres vasculares múltiples, ventilación mecánica invasiva y terapia de reemplazo renal. Las complicaciones infecciosas (13%) a menudo se asocian con una larga permanencia del material exógeno en contacto directo con el corazón y los vasos. Estas aumentan especialmente en caso de canulación central, soporte a largo plazo y soporte ventilatorio, mayor estancia en la unidad de cuidados intensivos y en el hospital. Se originan principalmente en los sistemas respiratorio y urinario, a menudo se asocian con sepsis. Menos comunes, aunque igualmente importantes son las infecciones del sitio quirúrgico (principalmente inguinales). El diagnóstico clínico de infección en pacientes con ECMO es particularmente desafiante ya que el cuadro clínico a menudo es vago. La fiebre con frecuencia no es evidente ya que la temperatura corporal está controlada por el intercambiador de calor y los signos de activación sistémica de la inflamación están invariablemente presentes, parcialmente provocados por el propio circuito ECMO. Es importante tener un buen juicio clínico de los leucocitos y los índices de inflamación [proteína C reactiva (PCR), procalcitonina (PCT)] que están alterados en presencia de un circuito extracorpóreo pero que pueden ser una señal de alarma relevante para el inicio de antibiótico empírico temprano. Se debe instituir una terapia antimicrobiana empírica de

amplio espectro antes de que se conozcan los resultados de los cultivos microbiológicos. Se debe prestar especial atención a la dosificación del medicamento durante el apoyo ECMO y en consecuencia, también a los antibióticos, antivirales y agentes antifúngicos. Por lo tanto, el volumen de sangre en el ECMO aumenta el volumen de distribución y además el circuito y la membrana del ECMO provocan el secuestro de fármacos que alteran la farmacocinética de varios antibióticos, evitando así el despliegue de una concentración adecuada en el sitio del inóculo. Con estas premisas, la monitorización terapéutica regular de los medicamentos y la reevaluación diaria de la dosis del medicamento debe ser un estándar de atención durante ECMO (17).

Otras complicaciones importantes en ECMO son las lesiones vasculares. Puede derivarse de una canulación difícil debido a razones anatómicas (tamaño, estenosis, calcificaciones, variaciones anatómicas, cirugías previas y obesidad) y el estado clínico del paciente (ausencia de pulsatilidad durante estados de bajo flujo o paro cardíaco, vasoconstricción, etc.). La canulación arterial puede conducir a complicaciones graves, particularmente con una técnica percutánea, independientemente del uso de la estrategia guiada por eco. La perforación de la pared posterior del vaso se asocia con sangrado y perfusión inadecuada (2,18). El síndrome compartimental o hematoma retroperitoneal, puede ser una entidad devastadora; dependiendo del sitio de la lesión vascular. Otras complicaciones son la formación de fístulas arteriovenosas o pseudoaneurismas que necesitan una reparación quirúrgica (<5%). Los alambres guía y los dilatadores también pueden causar disección arterial que conduce a la colocación de la cánula extravascular e incapacidad para circular la sangre. En la canulación de la arteria femoral, las cánulas de gran diámetro y la inestabilidad hemodinámica durante la ECMO VA periférico ponen a la extremidad pélvica en riesgo de isquemia debido a complicaciones tromboembólicas. Las cánulas más grandes (> 20 Fr), el género femenino, los pacientes más jóvenes y la presencia de enfermedad periférica aumentan el riesgo. La inserción de una cánula de perfusión distal que consiste en un catéter anterógrado de 4 o 5 Fr colocado en la arteria femoral proximal y es conectado a través de un conector en T al puerto lateral de la cánula arterial, siempre debe considerarse para proporcionar una perfusión adecuada de la extremidad (19,20).

Las principales complicaciones neurológicas son la hemorragia del sistema nervioso central (2%) e infarto (4%). Otras complicaciones neurológicas muy sutiles, que por lo tanto deben investigarse de manera específica son el estado epiléptico y otras complicaciones neurológicas relacionadas con la enfermedad subyacente que condujo al ECMO. La más devastadora es la hemorragia intracraneal (HIC), que se asocia con un mal pronóstico, generalmente mortal. Los factores pre-ECMO pueden influir en su

incidencia. El paro cardíaco antes del soporte mecánico puede estar relacionado con la HIC para el desarrollo de lesión cerebral anóxica o infarto cerebral con posterior transformación hemorrágica. La insuficiencia renal y la terapia de reemplazo renal causan disfunción plaquetaria y propician la HIC. El peor resultado de HIC se asocia con hemólisis y trombocitopenia. Otros factores de riesgo son la edad más joven, el género femenino y la superficie corporal baja. Además de la hemorragia, el infarto (1–8%) y las convulsiones con edema cerebral (2–10%) son complicaciones frecuentes. Los eventos tromboembólicos pueden conducir a una isquemia cerebral en diferentes partes del cerebro y a menudo están relacionados con el microembolismo del coágulo de sangre o el aire. El ácido láctico pre-ECMO mayor de 10 mmol/L podría ser un predictor independiente de accidente cerebrovascular isquémico que ocurre durante el soporte de ECMO como un marcador de hipoperfusión tisular (20). El diagnóstico neurológico es insidioso debido a la sedación profunda y la baja eficacia de los exámenes neurológicos en consecuencia [tomografía computarizada (TC), resonancia magnética (RM)]. Además de una monitorización neurológica (biomarcadores proteicos de lesión cerebral, espectroscopía de infrarrojo y el doppler transcraneal), existen otros métodos para estimar la lesión cerebral, como la actividad convulsiva, electroencefalogramas y potenciales evocados. En caso de hipertensión intracraneal, una herramienta de monitor cada vez más adoptada es el diámetro de la vaina del nervio óptico que parece ser capaz de detectar tempranamente y de manera segura (no invasiva) la hipertensión intracraneal, ayudando así a la detección oportuna de graves condiciones intracraneales (20).

Igualmente, la lesión renal aguda (LRA) también es común en pacientes con ECMO, con una incidencia de hasta 70% a 85%. LRA en ECMO se asocia con mayores tasas de mortalidad de hasta 80%. La LRA está presente antes y después del inicio de ECMO; Sin embargo, se carece de claridad con respecto al momento y los factores de riesgo para el daño renal mayor. La terapia farmacológica dirigida a prevenir el inicio de ECMO a menudo se implementa a expensas de la función renal y no está claro si el comienzo de ECMO protege o exacerba esto (22). A pesar de la extensa literatura que investiga la LRA en el contexto de derivación cardiopulmonar, los datos aún son insuficientes para comprender el vínculo entre ECMO y LRA. Una comprensión integral de esta relación y la investigación posterior de LRA asociada a ECMO (LRA-E) permitiría predecir, tratar y mejorar la atención (22).

La LRA se caracteriza por una pérdida brusca de la función excretora renal que conduce a la retención de productos de desecho nitrogenados y la desregulación del volumen extracelular y los electrolitos. La incidencia de LRA en pacientes críticos es mayor, lo que

complica el curso clínico de casi el 60% de los pacientes ingresados en unidades de cuidados intensivos (UCI). Debido a la complejidad del diagnóstico, varias definiciones no estandarizadas y criterios de diagnóstico han existido y todavía están presentes en toda la literatura (21, 22,23).

Recientemente, se ha logrado un consenso sobre la definición de LRA por la iniciativa para la calidad de diálisis temprana. Los criterios originales de RIFLE (Risk, Injury, Failure, Loss of kidney function, and End-stage kidney disease) y los criterios revisados de AKIN (Acute Kidney Injury Network) ahora se usan comúnmente y están bien establecidos en toda la literatura. Además, estas aseveraciones se han consolidado en las guías de práctica clínica de KDIGO (Kidney Disease: Improving Global Outcomes) para la definición de LRA. RIFLE y AKIN han sido validados en varios entornos de población, incluidos pacientes en ECMO.

La creatinina sérica es un biomarcador poco sensible y confiable para la detección temprana de la lesión renal y la recuperación. Los cambios en creatinina sérica solo ocurren con una disminución >50% en la tasa de filtración glomerular (TFG) y, junto con la producción de orina, pueden verse influenciados por una serie de factores no relacionados con la disfunción renal. La detección temprana y precisa es importante ya que la "LRA transitoria" (resolución de la LRA dentro de las 72 horas posteriores al inicio) es común y se correlaciona independientemente con una mayor mortalidad. En vista de estas limitaciones, las mejoras futuras deben considerar marcadores que sean más sensibles y específicos a la precisión general del diagnóstico y la detección temprana de la insuficiencia renal en pacientes con ECMO. Identificar los factores fisiopatológicos y los mecanismos fisiológicos que ocurren en el riñón en el contexto de ECMO puede mejorar la precisión y la velocidad del diagnóstico de LRA-E (21 -24).

Se ha informado que la incidencia de distensión del ventrículo izquierdo que requiere descompresión después de la colocación de ECMO para el shock cardiogénico oscila entre 12-68%. Esta complicación, si no se trata adecuadamente puede incrementar la mortalidad de este grupo de pacientes. Es probable que la identificación y el manejo adecuado del subgrupo de pacientes con riesgo de distensión del ventrículo izquierdo y edema pulmonar mejoren el resultado general de estos pacientes. Los factores de riesgo para la distensión del ventrículo izquierdo son: Retorno venoso pulmonar a la aurícula izquierda incrementado como consecuencia de un drenaje inadecuado en el circuito (ECMO) debido a una cánula venosa colocada inapropiadamente o un flujo colateral intrínsecamente alto desde la circulación bronquial a la circulación pulmonar, falla de la válvula aórtica para abrirse debido a la gravedad del deterioro del ventrículo izquierdo o la

presencia de una resistencia vascular sistémica excesivamente alta que impone una postcarga elevada, la ausencia de insuficiencia mitral funcional como medio de descargar el ventrículo distendido, como se observa en la miocarditis aguda o el infarto agudo de miocardio anterior y la presencia de insuficiencia valvular aórtica (2,25).

La distensión ventricular izquierda puede diagnosticarse mediante ecocardiografía, que también puede demostrar insuficiencia mitral funcional y confirmar la posición de la cánula atrial derecha. La presión atrial izquierda se puede estimar midiendo la presión de la cánula capilar pulmonar usando un catéter Swan-Ganz. La distensión del ventrículo izquierdo también se puede detectar mediante la medición en serie de los niveles de péptido natriurético cerebral en suero (1,2).

Se han sugerido varias estrategias para tratar la distensión del ventrículo izquierdo y la elevación de la presión atrial izquierda en ECMO. Con el balón intraaórtico de contrapulsación (BIAC) se logra una reducción de la postcarga presistólica para ayudar a la expulsión y descarga del ventrículo izquierdo. El aumento del índice de tiempo de presión diastólica también contrarrestará la presión diastólica elevada del ventrículo izquierdo y, por lo tanto mejorará el flujo sanguíneo coronario.

El corazón izquierdo se puede drenar directamente creando un defecto septal atrial. Esto se puede lograr mediante una cuchilla percutánea o una septostomía con balón. Generalmente se hace bajo guía fluoroscópica, pero se ha realizado con éxito en la cabecera del paciente bajo guía ecocardiográfica. Con la guía mediante una ecocardiografía transesofágica se puede colocar y conectar una cánula transeptal atrial percutánea al circuito venoso, descomprimiendo el ventrículo izquierdo. Alternativamente, una vaina venosa femoral percutánea avanzada en el atrio izquierdo usando una aguja transeptal bajo guía fluoroscópica puede usarse como venteo atrial izquierdo incorporada en la entrada de ECMO. La descompresión del ventrículo izquierdo también se puede lograr mediante la colocación transeptal de la cánula venosa de ECMO a través de un agujero oval permeable (25). El ventrículo izquierdo se puede “ventear” directamente colocando un catéter transaórtico a través de la arteria axilar o mediante la inserción guiada por ecocardiografía de un catéter flexible en el ventrículo izquierdo a través de la válvula aórtica, conectada al drenaje venoso. Con mayor efectividad, la Impella LP2.5 (Abiomed Inc., Danvers, MA, EE. UU.), una bomba de flujo axial transaórtico, se puede introducir a través de un abordaje femoral percutáneo. Los pacientes que presentan choque cardiogénico agudo en algunos casos son rescatados por el dispositivo Impella o Tandem Heart (Cardiac Assist Inc., Pittsburgh, PA, EE. UU.) antes de instalar el dispositivo ECMO, esto para lograr un apoyo adicional. En estos casos, la presencia de

Impella o Tandem Heart es una ventaja, no solo para descomprimir el ventrículo izquierdo sino también para aumentar la eficacia del soporte circulatorio mecánico. Un enfoque alternativo para la descompresión del ventrículo izquierdo es la inserción percutánea de una cánula venosa en la arteria pulmonar y la conexión de esta cánula a la entrada venosa del circuito ECMO. Como último recurso, el corazón izquierdo puede descomprimirse mediante la canulación directa de la aurícula izquierda o el ventrículo izquierdo a través de una esternotomía o toracotomía (1, 2,25). Otra de las complicaciones importantes de la terapia ECMO es la hemólisis, esta se ha relacionado con mal pronóstico. Para vigilar la aparición de hemólisis se ha utilizado la hemoglobina libre en plasma en diversos estudios, este parámetro de laboratorio representa el estudio estándar. Se ha demostrado que los niveles elevados de hemoglobina libre en plasma eliminan el óxido nítrico de los tejidos y esto ocasiona disfunción endotelial. Además los glóbulos rojos lisados pueden precipitarse en los túbulos renales con hemoglobinuria secundaria y finalmente daño renal agudo. La hemólisis también conlleva aumento de la transfusión de glóbulos rojos para mantener un hematócrito ideal en este tipo de pacientes en los cuales resulta crítico; Las múltiples transfusiones propiamente pueden propiciar complicaciones ya ampliamente conocidas y descritas en la literatura mundial. Las pruebas de función hepática como las bilirrubinas y la deshidrogenasa láctica también se han documentado como parámetros que se ven afectados en los pacientes que se tratan con ECMO y presentan hemólisis. Al igual que la hemoglobina libre en plasma se realizan controles séricos después de 24 horas de iniciado el apoyo circulatorio. El punto de corte que se ha encontrado es mayor o igual a 50mg/dl para la hemoglobina libre en sangre. Para la bilirrubina indirecta ha sido mayor o igual a 13 mg/dl. Estrictamente no se ha establecido un umbral para la deshidrogenasa láctica, pero generalmente esta se encuentra muy elevada, en la mayoría de los casos se encuentra en un nivel mayor o igual a 3 veces su valor normal, tomándose este como punto de corte para apoyar el diagnóstico (26, 27, 28). El uso de la terapia ECMO representa una alternativa para salvar la vida de aquellos pacientes que sin este tipo de apoyo muy probablemente fallecerían en poco tiempo. Los cuidados de un paciente con ECMO son un reto para todo el personal involucrado y la exigencia en todos los aspectos es abismal. Como es bien conocido, los riesgos que existen y las complicaciones que se presentan son graves y pueden aparecer en cualquier momento después de instalada la terapia. En cada centro ECMO, para la obtención de mejores resultados en el futuro es indispensable determinar el estado actual y analizar las acciones positivas y negativas que se han llevado a cabo. Finalmente, se debe hacer una retroalimentación global y evolucionar.

JUSTIFICACIÓN

Nuestro centro es el hospital público con mas experiencia en el uso de ECMO venoarterial en el sistema de salud, la evaluación de los resultados es de suma importancia para la toma de decisiones en el tratamiento futuro de pacientes graves candidatos a esta terapia.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

¿Cuáles son los resultados del uso de oxigenador de membrana extracorpóreo en el contexto de choque postcardiotomía en nuestro centro, en el periodo comprendido de 1 de julio del 2015 al 31 diciembre del 2019?

HIPÓTESIS

No se requirió hipótesis ya que se trata de un estudio descriptivo, retrospectivo y transversal.

OBJETIVO

· **Objetivo general:** Caracterizar los resultados del uso de oxigenador de membrana extracorpóreo en el contexto de choque postcardiotomía en nuestro centro.

Objetivos específicos:

- Determinar el éxito de la terapia ECMO.
- Describir las complicaciones mas frecuentes directamente relacionadas con el uso de la terapia.
- Identificar el tiempo promedio de uso de la terapia.
- Describir el tipo de procedimiento quirúrgico que con mayor frecuencia requirió del apoyo circulatorio.
- Describir las características demográficas de la población de estudio.
- Describir la fracción de eyección del ventrículo izquierdo, desplazamiento sistólico del anillo tricuspídeo, integral velocidad-tiempo y gasto cardiaco en las primeras 24 horas de entrada en ECMO y despues de su retiro.
- Describir el método de descompresión del ventrículo izquierdo.
- Identificar las causas de mortalidad en ECMO no exitoso.

MATERIAL Y MÉTODOS.

Se realizó un estudio descriptivo, retrospectivo y transversal a fin de revisar los resultados del uso de oxigenador de membrana extracorpóreo en el contexto de choque postcardiotomía en el Hospital de Cardiología del Centro Médico Nacional Siglo XXI. Se revisaron los expedientes de pacientes en los que se utilizó la terapia y que reunieron los criterios de inclusión en el periodo especificado para estudio.

La recolección de los datos se realizó de forma retrospectiva directamente de los expedientes físicos y electrónicos de los pacientes, se trasladó la información a una base de datos y finalmente se llevó a cabo el registro de los resultados obtenidos.

Universo.

Todos los expedientes de pacientes en los cuales se usó el apoyo circulatorio tipo ECMO en el contexto de choque postcardiotomía en el servicio de Cirugía Cardiorácica del Hospital de Cardiología del Centro Médico Nacional Siglo XXI en el periodo que comprende del 01 de julio del 2015 al 31 de diciembre del 2019.

Tipo de estudio: Descriptivo, retrospectivo y transversal.

Muestreo:

Muestreo no probabilístico, por conveniencia y de casos consecutivos.

Criterios de inclusión:

- Sexo indistinto.
- Pacientes de cualquier edad.
- Pacientes en los que se usó oxigenador de membrana extracorpóreo como apoyo circulatorio en los pacientes que presentaron choque cardiogénico postcardiotomía.

Criterios de eliminación:

- Pacientes con expediente clínico físico o electrónico que no cuente con información indispensable para el estudio.

Operacionalización de las variables:

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	TIPO DE VARIABLE	NIVEL DE MEDICIÓN	UNIDAD DE MEDICIÓN
Edad	Tiempo de vida después del nacimiento al momento de la colocación del apoyo circulatorio	Se obtendrá la información del expediente clínico	Cuantitativa	Discreta	En años
Sexo	Sexo biológico con el que nace el individuo	Se obtendrá la información de la historia clínica.	Cualitativa	Nominal, dicotómica	1= Mujer 2= Hombre
Sangrado en sitio de canulación periférica	Sangrado, ya sea venoso o arterial periférico que requiere exploración quirúrgica	Se revisarán las notas de evolución y quirúrgicas durante el tiempo de uso de la terapia	Cualitativa	Nominal, dicotómica	Si= 1 No= 2
Sangrado mayor al habitual en canulación central	Sangrado cuantificado por sondas mediastinales que requiere exploración quirúrgica	Se revisarán las notas de evolución y quirúrgicas durante el tiempo de uso de la terapia	Cualitativa	Nominal, dicotómica	Si= 1 No= 2
Falla renal	Disminución o pérdida de la función renal posterior a la colocación del apoyo circulatorio y durante su uso, que requirió sustitución con terapia lenta continua	Se revisarán las notas de evolución durante el tiempo de uso de la terapia	Cualitativa	Nominal, dicotómica	Si= 1 No= 2
Hemólisis	Elevación de bilirrubina indirecta mayor o igual a 13 mg/dl y/o elevación de deshidrogenasa láctica mayor o igual a tres veces el valor normal, después de 24 horas de colocado el ECMO	Se revisarán las notas de evolución durante el tiempo de uso de la terapia	Cualitativa	Nominal, Dicotómica	Si= 1 No= 2
Lesión arterial o venosa de extremidad inferior	Daño de la pared arterial o venosa ocasionado por la canulación periférica (inferior) que requiere tratamiento	Se revisarán las notas de evolución y quirúrgicas durante el tiempo de uso de la terapia	Cualitativa	Nominal, dicotómica	Si= 1 No= 2

	conservador o quirúrgico				
Infecciones	Infecciones nosocomiales asociadas a comorbilidades del ECMO y que se presentan durante el uso de la terapia (transfusiones, estado crítico, invasiones múltiples, ventilación mecánica, canulación central, etc.)	Se revisarán las notas de evolución y quirúrgicas durante el tiempo de uso de la terapia	Cualitativa	Nominal, dicotómica	Respiratorio= 1 Sitio de canulación periférica= 2 Sitio de canulación central= 3 Sepsis= 4 No= 5
Evento vascular cerebral	Lesión cerebral, isquémica o hemorrágica, diagnosticada por clínica y estudios de imagen documentada durante el uso de la terapia	Se revisarán las notas de evolución durante el tiempo de uso de la terapia	Cualitativa	Nominal, Dicotómica	Si= 1 No= 2
Tamponade cardiaco	Síndrome debido a compresión cardíaca ocasionado por derrame pericárdico (hemopericardio) que compromete la hemodinamia, diagnosticado por ecocardiograma y clínica, directamente relacionado con el sangrado en sitio de canulación central ECMO que requiere tratamiento quirúrgico.	Se revisarán las notas de evolución y quirúrgicas durante el tiempo de uso de la terapia	Cualitativa	Nominal, dicotómica	Si= 1 No= 2
Tipo de canulación	Configuración de la canulación ECMO en relación a los sitios anatómicos donde colocan las cánulas arterial y venosa	Se revisarán las notas de evolución y quirúrgicas durante el tiempo de uso de la terapia	Cualitativa	Ordinal	1= Central 2= Periférica 3= Híbrido
Tipo de <i>Venting</i>	Método utilizado para evitar la dilatación del ventrículo izquierdo	Se revisarán las notas de evolución y quirúrgicas	Cualitativa	Ordinal	1= Atrioseptostomía percutánea, 2=

		durante el tiempo de uso de la terapia			Atrioseptostomía quirúrgica, 3= Catéter de drenaje en la vena pulmonar superior derecha, 4= Doble inotrópico 5= Balón intraaórtico de contrapulsación 6= Mixto 7= No
Tipos de procedimientos quirúrgicos	Procedimientos que se pueden clasificar en un grupo por sus características similares	Se revisarán las notas de evolución y quirúrgicas durante el tiempo de uso de la terapia	Cualitativa	Ordinal	1= Valvular 2= Revascularización miocárdica 3= Congénito 4= Mixto (Valvular/isquémico) 5. Otros
Éxito de la terapia	Supervivencia sin datos de choque cardiogénico después de 48 horas de retirada la terapia ECMO	Se revisarán las notas de evolución y quirúrgicas durante el tiempo de uso de la terapia	Cualitativa	Nominal, dicotómica	1= SI 2= NO
Tiempo de uso de la terapia.	Tiempo transcurrido entre la colocación del ECMO y su retiro.	Se revisarán las notas de evolución y quirúrgicas durante el tiempo de uso de la terapia	Cuantitativa	Discontinua	En horas
FEVI	Fracción de eyección del ventrículo izquierdo durante las primeras 24 horas de colocado el ECMO y a su retiro.	Se revisarán las notas de evolución y quirúrgicas durante el tiempo de uso de la terapia	Cuantitativa	Discontinua	En porcentaje
TAPSE	Desplazamiento sistólico del anillo tricuspídeo durante las primeras 24 horas de colocado el ECMO y a su retiro	Se revisarán las notas de evolución y quirúrgicas durante el tiempo de uso de la terapia	Cuantitativa	Discontinua	milímetros
ITV aórtico	Integral velocidad-tiempo del jet aórtico	Se revisarán las notas de evolución y quirúrgicas durante el tiempo de uso de la	Cuantitativa	Continua	En centímetros

		terapia			
Gasto cardíaco	Volumen sanguíneo eyectado por el tracto de salida del ventrículo izquierdo en un minuto medido por ecocardiograma	Se revisarán las notas de evolución y quirúrgicas durante el tiempo de uso de la terapia	Cuantitativa	Continua	En litros por minuto
Causa de mortalidad en ECMO no exitoso	Estado patológico que produjo la muerte directamente y se estableció legalmente como causa principal durante la terapia ECMO no exitosa.	Se revisarán las notas de evolución y quirúrgicas durante el tiempo de uso de la terapia	Cualitativa	Nominal	Diagnóstico CIE-9
Peso corporal	Masa o peso del paciente en el momento de colocación de la terapia ECMO	Se revisarán las notas de valoración preoperatoria	Cuantitativa	Continua	En kilogramos
Talla corporal	Estatura del paciente en el momento de colocación de la terapia ECMO	Se revisarán las notas de valoración preoperatoria	Cuantitativa	Continua	En centímetros
Área de superficie corporal	Cálculo de la superficie corporal estimada en el momento de colocación de la terapia ECMO	Se revisarán las notas de valoración preoperatoria	Cuantitativa	Continua	En m ²
Índice de masa corporal	Relación entre la talla y el peso del paciente en el momento de colocación de la terapia ECMO	Se revisarán las notas de valoración preoperatoria	Cuantitativa	Continua	En kg/ m ²
Reoperación	Antecedente de cirugía cardíaca en la cual el abordaje fue esternotomía estándar	Se revisarán las notas de valoración preoperatoria	Cualitativa	Nominal, Dicotómica	1= Si 2= No
Estratificación de riesgo quirúrgico, Aristóteles	Consenso de estratificación de riesgo de mortalidad quirúrgica, en relación con el procedimiento para resolver la cardiopatía congénita	Se revisarán las notas de valoración preoperatoria	Cualitativa	Ordinal	Nivel 1: 1.5 -5.9 Nivel 2: 6-7.9 Nivel 3: 8-9.9 Nivel 4: 10-15
Diabetes mellitus tipo 2	Antecedente de diagnóstico de la	Se revisarán las notas de	Cualitativa	Nominal, Dicotómica	1= Si 2= No

	enfermedad en el momento de la colocación de la terapia ECMO	valoración preoperatoria			
Hipertensión arterial sistémica	Antecedente de diagnóstico de la enfermedad en el momento de la colocación de la terapia ECMO	Se revisarán las notas de valoración preoperatoria	Cualitativa	Nominal, Dicotómica	1= Si 2= No
Estratificación de riesgo quirúrgico, EuroSCORE II	Estratificación de riesgo de mortalidad quirúrgica en pacientes adultos con cardiopatía no congénita	Se revisarán las notas de valoración preoperatoria	Cualitativa	Ordinal	Bajo: < 5 puntos Intermedio: 5-10 puntos Alto: > 10 puntos

Análisis estadístico.

Se utilizaron herramientas de estadística descriptiva para variables continuas con medidas de tendencia central, media, mediana y moda, medidas de dispersión como desviación estándar y rangos. Se evaluó la distribución con prueba de Shapiro-Wilk. Se midieron asimetrías con coeficiente de Fisher y se determinó el grado de concentración o curtosis. Se evaluaron las medidas de tendencia no central con cuartiles y percentiles. Para variables categóricas se realizaron mediciones de frecuencia y se reportaron en gráficos Box-Wisker. Se revisaron reportes de datos en gráficos de barras e histogramas.

Aspectos éticos.

El método de investigación de este estudio esta de acuerdo con lo estipulado en el Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud, título segundo, capítulo I, artículo 17, sección I, investigación sin riesgo y se apega a las normas éticas, a la Declaración de Helsinki y sus enmiendas, el informe Belmont y el Código de Reglamentos Federales de Estados Unidos (Regla Común). No se requirió consentimiento informado dado que se trató de una investigación puramente documental en la cual se garantizó la confidencialidad de los datos personales contenidos en los expedientes.

Recursos, financiamiento y factibilidad.

Se contó con personal capacitado en dispositivos de soporte circulatorio en el área médica y quirúrgica. Hubo el apoyo metodológico por parte de asesores expertos en el tema. Participó personal técnico y administrativo capacitado para el procesamiento de datos y recolección de información. El departamento del cual dependió esta investigación contaba con material electrónico y físico donde se resguarda una base de datos de los pacientes que son intervenidos quirúrgicamente. En el hospital existe un area de archivo clínico donde se almacenan los expedientes físicos. Se contó con el material y las condiciones necesarios para llevar a cabo esta terapia. No se requirió financiamiento por una entidad, ya que el gasto fue mínimo para la recolección y procesamiento de la información. Fue un estudio factible ya que se tuvieron los recursos humanos y materiales suficientes para la investigación.

Experiencia del grupo: En el hospital de Cardiología del Centro Médico Nacional Siglo XXI se cuenta con personal ampliamente capacitado en el proceso de selección, colocación y cuidados de la terapia ECMO, tanto en el área médica como quirúrgica. Este personal está certificado para ejercer el uso del apoyo circulatorio y el centro cuenta con registro ELSO, una organización mundial que rige el tratamiento con la asistencia circulatoria tipo ECMO.

Resultados.

Se realizó análisis con estadística descriptiva para variables numéricas utilizando medidas de tendencia central, media, mediana y moda, medias de dispersión, varianza y desviación típica, se realizó búsqueda de asimetría y curtosis así como se emplearon medidas de tendencia no central, se muestran datos en gráficos de barras, histogramas y Box-Whisker. Se obtuvo una N total de 31 pacientes, Se excluyeron a 4 pacientes por no contar con expediente completo para el estudio. 51.61% pertenecen al sexo femenino y 48.39 al sexo masculino (**Figura 1**).

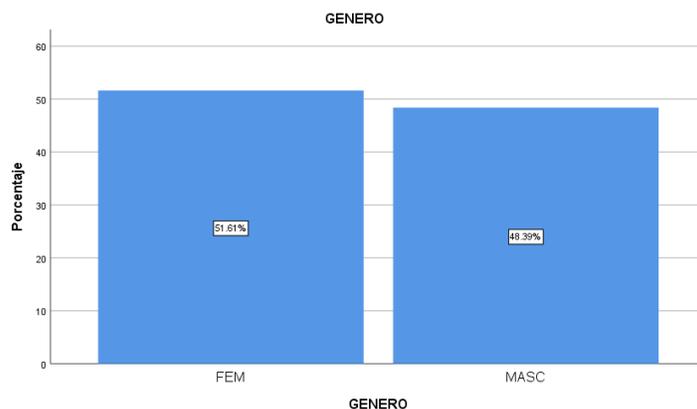


Figura 1. El uso de la terapia ECMO fue ligeramente mayor en los pacientes del género femenino.

Con el análisis estadístico descriptivo para la variable **edad** se obtuvo una **mediana** de **26** años en un rango intercuartílico (IQR) de 12 a 54.5 años, el paciente más joven tratado tuvo una edad de 4 años mientras que el paciente de mayor edad con asistencia circulatoria tuvo 66 años, se acepta la hipótesis verdadera mediante la prueba de Shapiro-Wilk $p < 0.001$ considerando la distribución anormal (**Figura 2**).

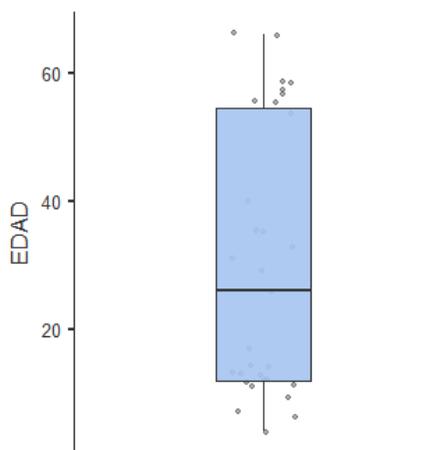


Figura 2. Box-Whisker para la edad. Nótese la relación entre la mediana y los rangos intercuartílicos. Los *outliers* se encuentran para el límite superior en 66 e inferior en 4 con una distribución claramente anormal.

El **índice de masa corporal** tuvo una **media** de **22.5** SD +/- 5.55 kg/m², siendo el parámetro más frecuente reportado de 29.3 kg/m², con un valor mínimo de 13.6 kg/m² y un máximo de 32 kg/m², con una curtosis de -1.23 y un coeficiente de desviación 0.17 aceptando la hipótesis nula mediante la prueba de Shapiro-Wilk (0.074) y por lo tanto la normalidad de la distribución de datos (**Figuras 3 y 4**).

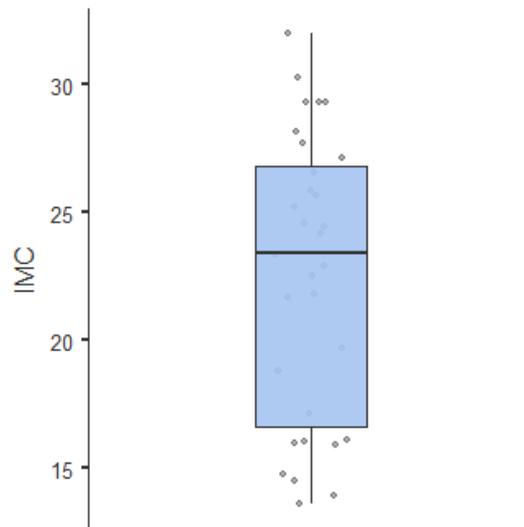


Figura 3. Box-Whisker para el IMC. Nótese la relación entre la media con la desviación estándar, la principal concentración de datos se mantiene entre los rangos de la SD. Los *outliers* son equidistantes sin afectar la normalidad de la distribución.

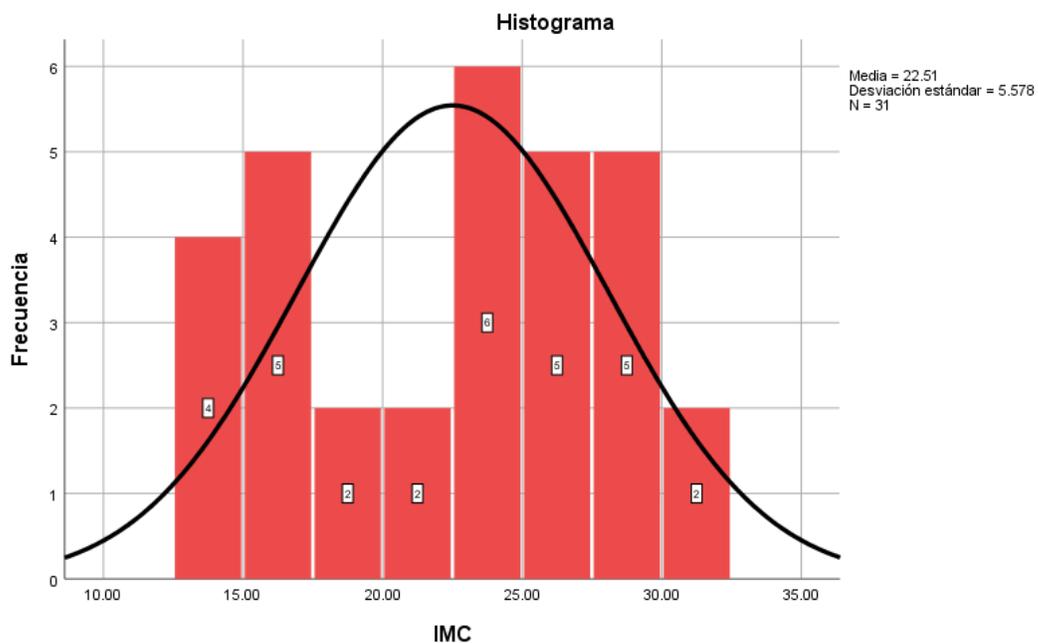


Figura 4. Se aprecia distribución por intervalos de frecuencia, en comparativa con distribución normal. Nótese la media de los datos de 22.51 y su desviación típica de 5.57 con prueba de Shapiro-Wilk de 0.074.

El **peso** tuvo una **media** de **54.7** SD +/- 23.5 kg, siendo el parámetro más frecuente reportado de 64 kg, con un valor mínimo de 16 kg y un máximo de 95 kg, con una curtosis de -0.97 y un coeficiente de desviación 0.18 aceptando la hipótesis nula mediante la prueba de Shapiro-Wilk (0.200) y por lo tanto la normalidad de la distribución de datos (Figuras 5 y 6).

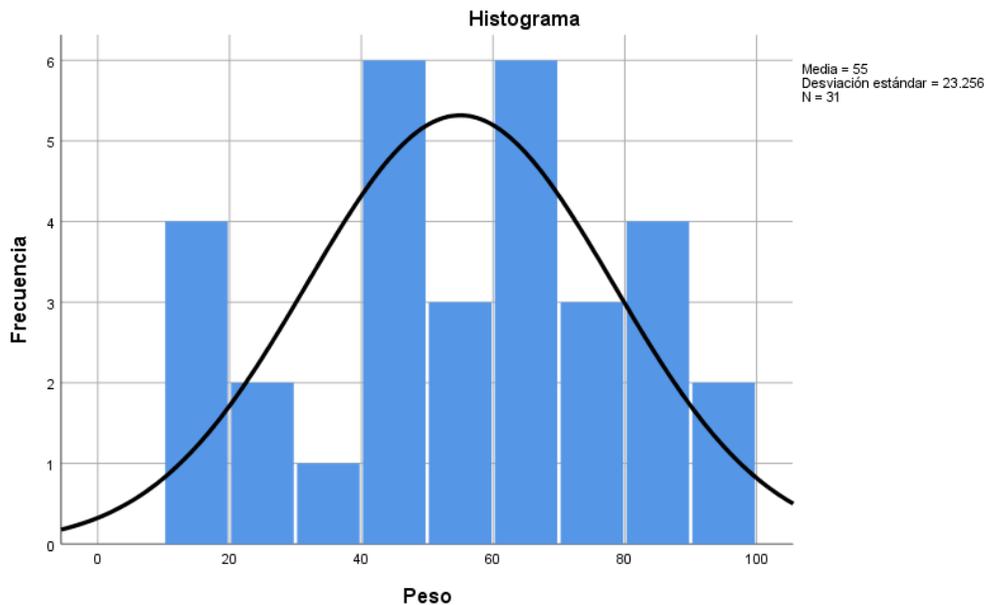


Figura 5. Se observa distribución por intervalos de frecuencia, en comparativa con distribución normal. Destaca la media de los datos de 55 y su desviación típica de 23.256 con prueba de Shapiro-Wilk de 0.200.

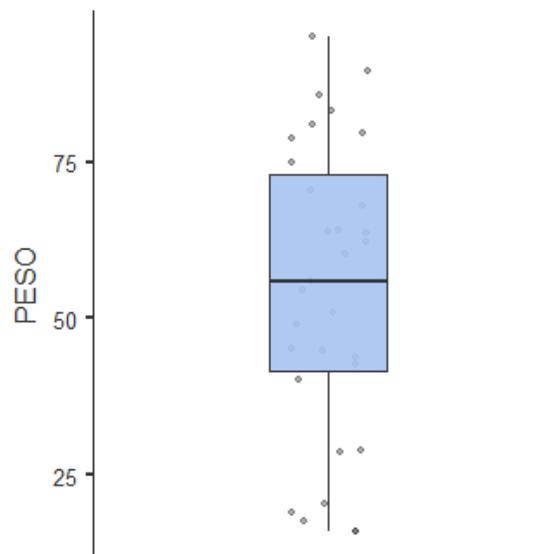


Figura 6. Box-Whisker para el peso. Se observa la relación entre la media y la desviación estándar, la mayor concentración de los datos se encuentra entre los rangos de la SD. Los *outliers* mantienen una equidistancia con distribución normal.

Se realizó análisis estadístico descriptivo para **talla**, con una **mediana** de 157 cm en un rango intercuartílico de 145 a 168 cm, el paciente con talla más baja tratado tuvo una estatura de 100 cm mientras que el paciente de mayor altura media 180 cm, se acepta la hipótesis verdadera mediante la prueba de Shapiro-Wilk por una $p < 0.004$ considerando la distribución anormal (**Figura 7**).

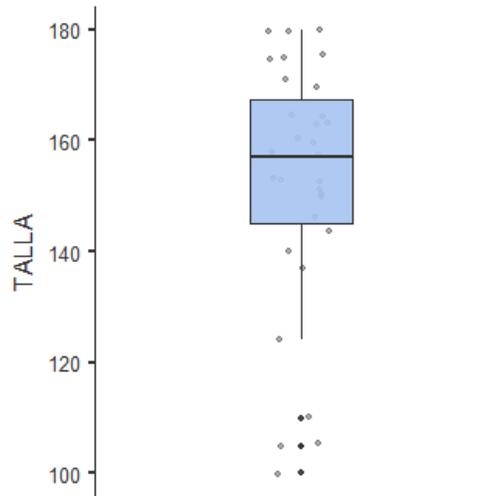


Figura 7. Box-Whisker para la talla. Destaca la relación entre la mediana y los rangos intercuartílicos. Los *outliers* se encuentran para el límite superior en 180 e inferior en 100 con una distribución evidentemente anormal.

El **área de superficie corporal** tuvo una **media** de **1.50 m²** SD +/- 0.42, siendo el parámetro más frecuente reportado de 1.40, con un valor mínimo de 0.67 y un máximo de 2.18, con una curtosis de -0.499 y un coeficiente de desviación 0.494 aceptando la hipótesis nula mediante la prueba de Shapiro-Wilk (0.09) y por lo tanto la normalidad de la distribución de datos (**Figura 8 y 9**).

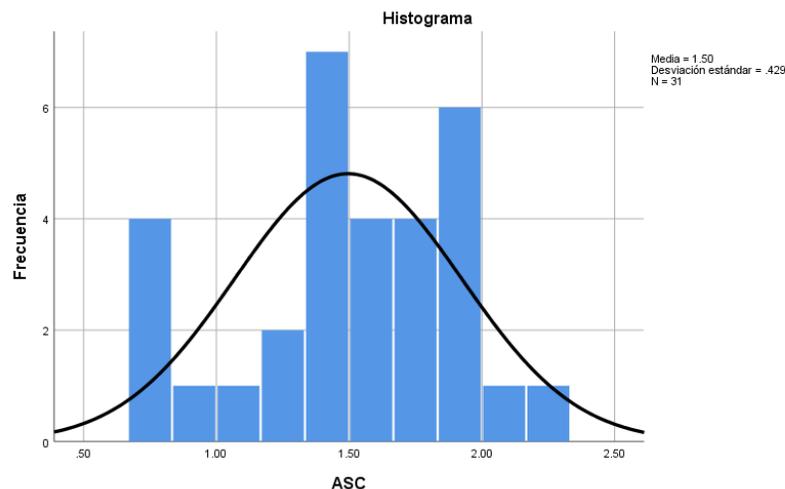


Figura 8. Se aprecia distribución por intervalos de frecuencia, en comparativa con distribución normal. Percátense la media de los datos de 1.50 y su desviación típica de 0.429 con prueba de Shapiro-Wilk de 0.09.

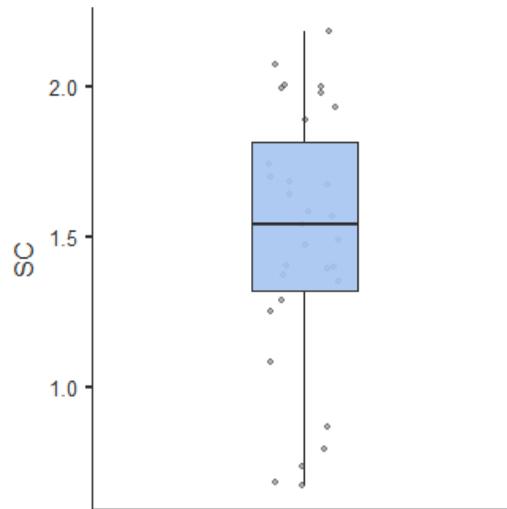


Figura 9. Box-Whisker para el ASC. Nótese la relación entre la media y la desviación estándar, la mayor concentración de los datos se encuentra entre los rangos de la SD. Los *outliers* mantienen una equidistancia sin afectar la normalidad de distribución.

La mortalidad esperada para los diferentes tipos de procedimientos quirúrgicos se estableció mediante la escala de riesgo **Aristóteles** para los procedimientos congénitos, en este aspecto se tuvo una **media de 8.5 puntos** SD +/- 2.7, y con esto se obtiene un riesgo quirúrgico nivel 3 de 4, siendo el parámetro más reportado 7.0 puntos, con un valor mínimo reportado de 3.0 y máximo de 13.0 puntos, con una curtosis de -0.003, y un coeficiente de desviación de -0.5181, se acepta la hipótesis nula mediante la prueba de Shapiro-Wilk (0.379) y por lo tanto la normalidad de la distribución de los datos (**Figura 10 y 11**).

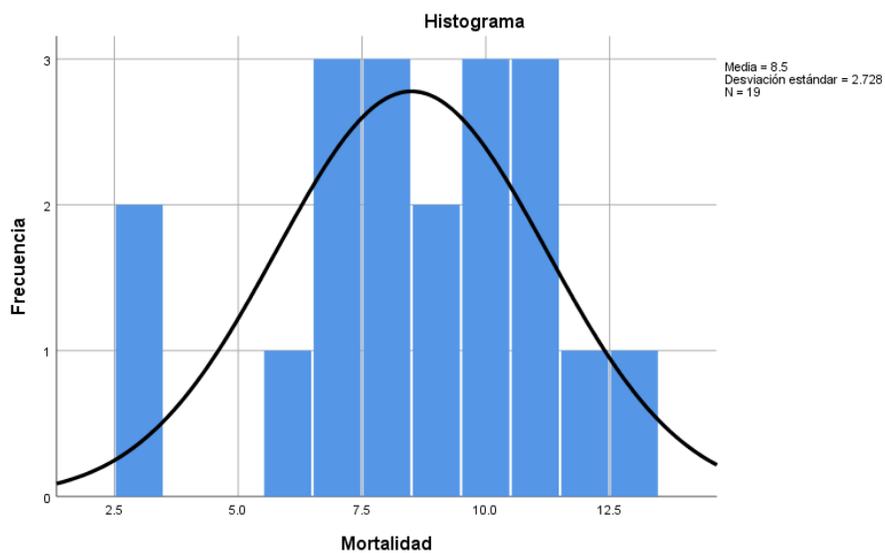


Figura 10. Histograma para *Aristóteles*. Se ilustra la distribución por intervalos de frecuencia, en comparativa con distribución normal. Nótese la media de los datos de 8.5 y su desviación típica de 2.728 con prueba de Shapiro-Wilk de 0.379.

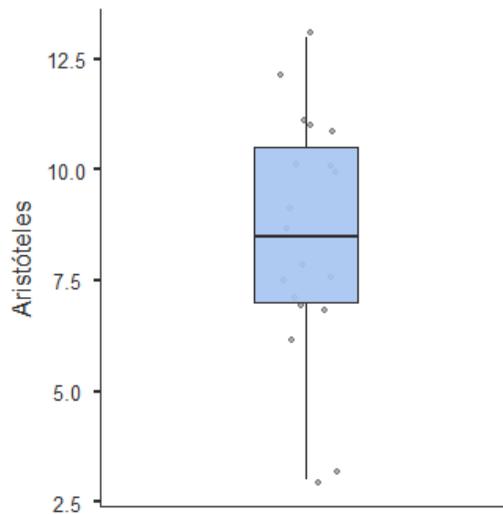


Figura 11. Box-Whisker para *Aristóteles*. Observe la relación entre la media y la desviación estándar, la gran concentración de los datos se ubica entre los rangos de la SD. Los *outliers* mantienen equidistancia con clara normalidad de distribución de los datos.

Para procedimientos quirúrgicos no congénitos se utilizó la escala de riesgo **EuroSCORE**, se obtuvo una **mediana** de **2.54 puntos** y con esto se ubica en un riesgo quirúrgico bajo (< 5 puntos), en un rango intercuartílico de 1.41 a 7.05 puntos, el paciente con menor puntaje obtuvo una puntuación de 0.67 mientras que el de mayor tuvo 12.5 puntos, se acepta la hipótesis verdadera mediante la prueba de Shapiro-Wilk por una $p < 0.034$ considerando la distribución anormal (**Figura 12**).

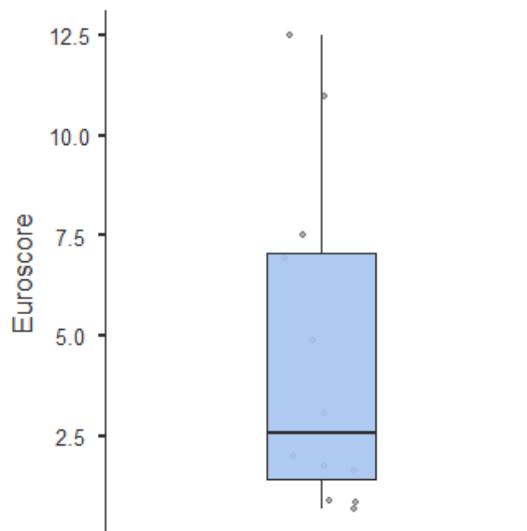


Figura 12. Box-Whisker para *EuroSCORE*. Nótese la relación entre la mediana y los rangos intercuartílicos. Los *outliers* se encuentran para el límite superior en 12.5 e inferior en 0.67 con una distribución francamente anormal.

La evaluación de la **función cardiaca a la entrada** se realizó mediante la medición de 4 parámetros ecocardiográficos. La **FEVI** tuvo una **mediana** de 21% en un rango intercuartílico de 15.0 a 21.0%, el paciente con menor porcentaje fue de 5% y el de mayor de 60%, se acepta la hipótesis verdadera mediante la prueba de Shapiro-Wilk por una $p < 0.003$ considerando la distribución anormal (**Figura 13**).

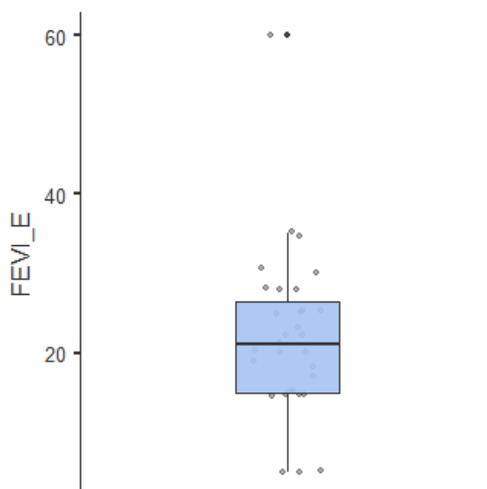


Figura 13. Box Whisker para FEVI a la entrada en ECMO. Observe la relación entre la mediana y los rangos intercuartílicos. Los *outliers* se encuentran para el límite superior en 60 e inferior en 5 con una distribución claramente anormal.

La **TAPSE** obtuvo una **mediana** de 5 mm en un rango intercuartílico de 15 a 26.5 mm, el paciente con menor valor fue de 2 mm y el de mayor obtuvo 10 mm, se acepta la hipótesis verdadera mediante la prueba de Shapiro-Wilk por una $p < 0.022$ considerando la distribución anormal (**Figura 14**).

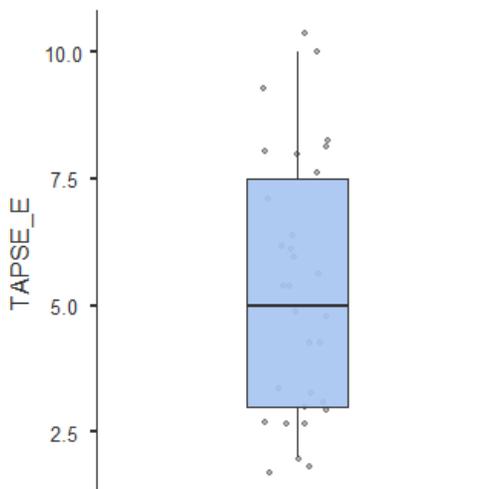


Figura 14. Box Whisker para TAPSE a la entrada en ECMO. Se evidencia la relación entre la mediana y los rangos intercuartílicos. Los *outliers* se encuentran para el límite superior en 10 e inferior en 2 con una distribución anormal.

El **ITV** aórtico tuvo una **mediana** de **4.7 cm** en un rango intercuartílico de 4.15 a 5.60 cm, el paciente con menor valor fue de 1.90 y el de mayor obtuvo 16 cm, se acepta la hipótesis verdadera mediante la prueba de Shapiro-Wilk por una $p < 0.001$ considerando la distribución anormal (**Figura 15**).

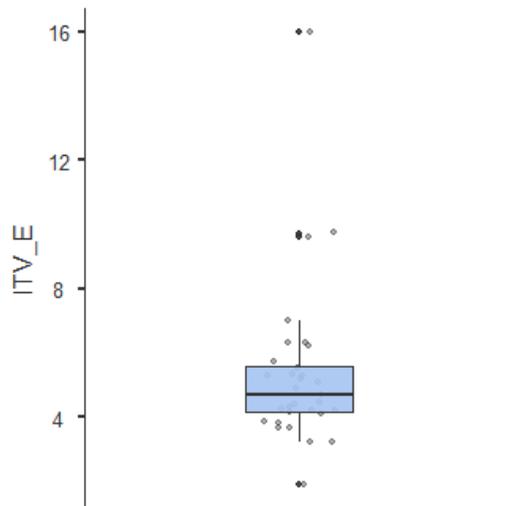


Figura 15. Box Whisker para el ITV a la entrada en ECMO. Nótese la relación entre la mediana y los rangos intercuartílicos. Los *outliers* se encuentran para el límite superior en 16 e inferior en 1.90 con una distribución francamente anormal.

El **GC** a la entrada en ECMO tuvo una **mediana** de **1.80 lpm** en un rango intercuartílico de 1.70 a 2.50 lpm, el paciente con menor desempeño cardiaco fue de 1.50 y el de mayor fue de 3.10 lpm, se acepta la hipótesis verdadera mediante la prueba de Shapiro-Wilk por una $p < 0.001$ por lo que se considera la distribución anormal (**Figura 16**).

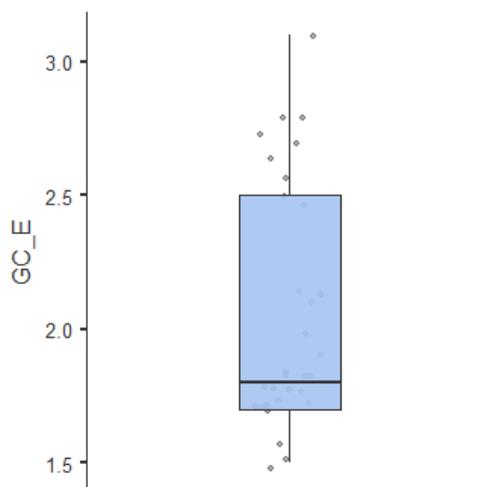


Figura 16. Box Whisker para el gasto cardiaco a la entrada en ECMO. Destaca la relación entre la mediana y los rangos intercuartílicos. Los *outliers* se encuentran para el límite superior en 3.10 e inferior en 1.50 con una distribución claramente anormal.

Se encontró que la mayoría de los pacientes no padecían **diabetes mellitus (DM)** e **hipertensión arterial sistémica**, el **96.8%** no tenía diagnóstico de DM y el **80.6%** no padecían esta segunda enfermedad ya mencionada (**Figuras 17 y 18**).

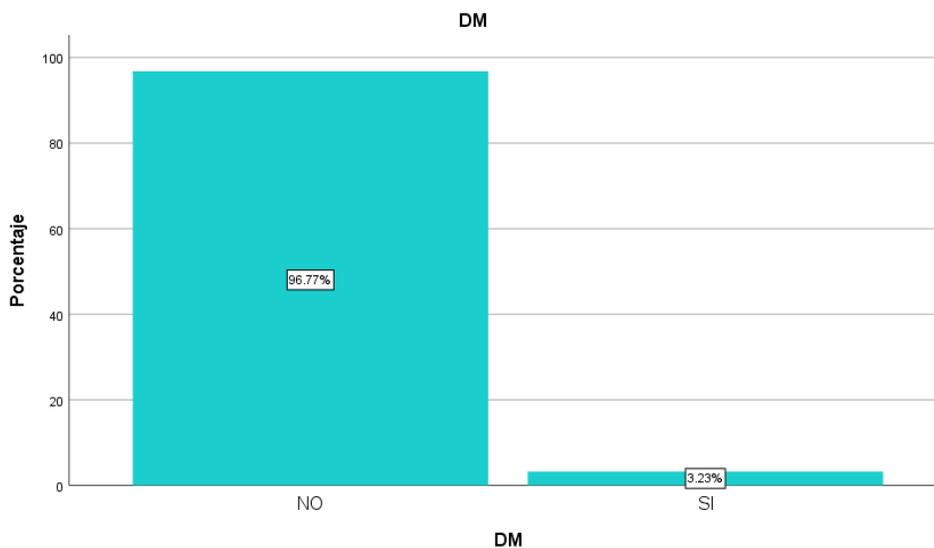


Figure 17. Prácticamente la totalidad de los pacientes no padecían diabetes mellitus (DM).

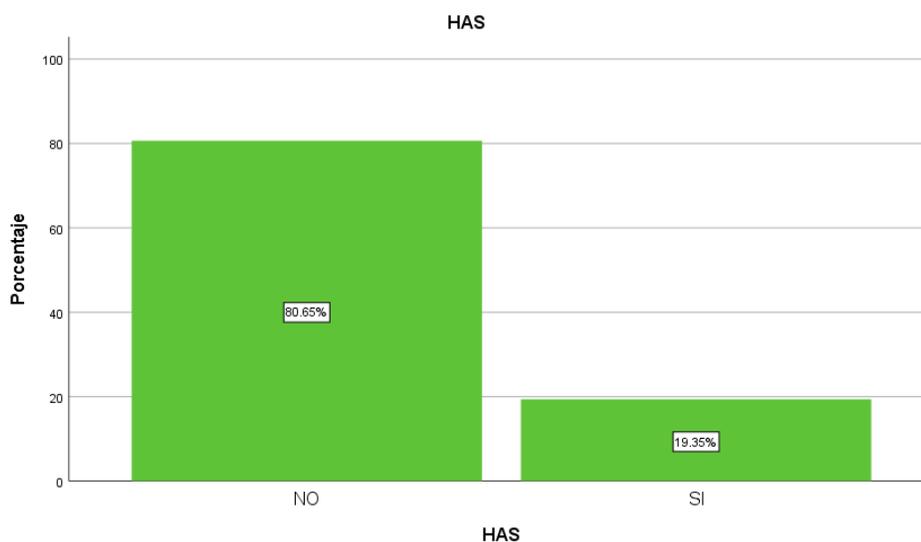


Figura 18. Una quinta parte de los pacientes padecían hipertensión arterial sistémica (HAS).

El estado de **Reoperación** estaba presente en el **67.7%** de los pacientes (**Figura 19**). El **tipo de procedimiento quirúrgico** que más se asoció al uso de la terapia fue el **Congénito** con un **61.3%** a diferencia de los otros tipos de procedimientos con un 22.6% para la cirugía Valvular aislada, 6.5% tanto para Revascularización miocárdica aislada y Otros, solo un paciente con procedimiento mixto (Valvular + RVM) requirió del apoyo circulatorio representando el 3.2% (**Figura 20**).

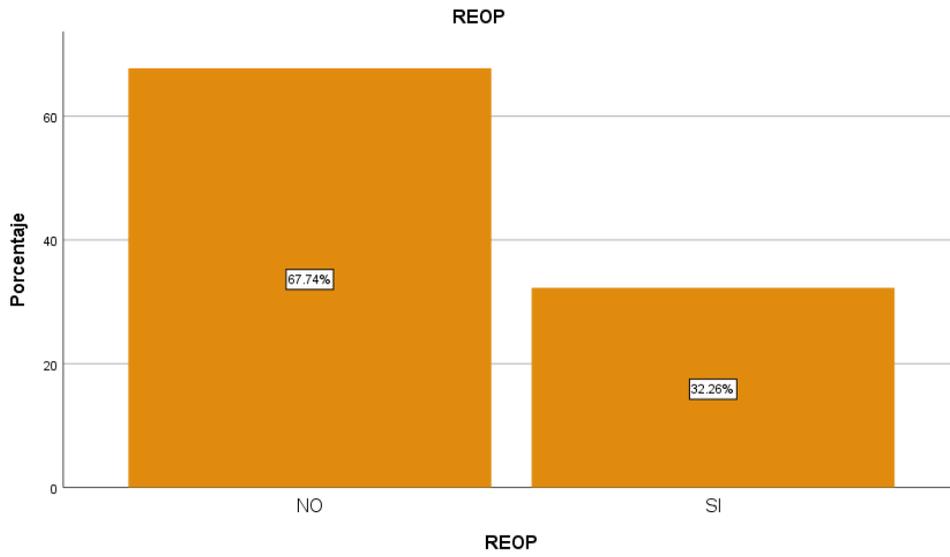


Figura 19. El estado de reoperación (REOP) estaba presente en cerca de una tercera parte de los pacientes.

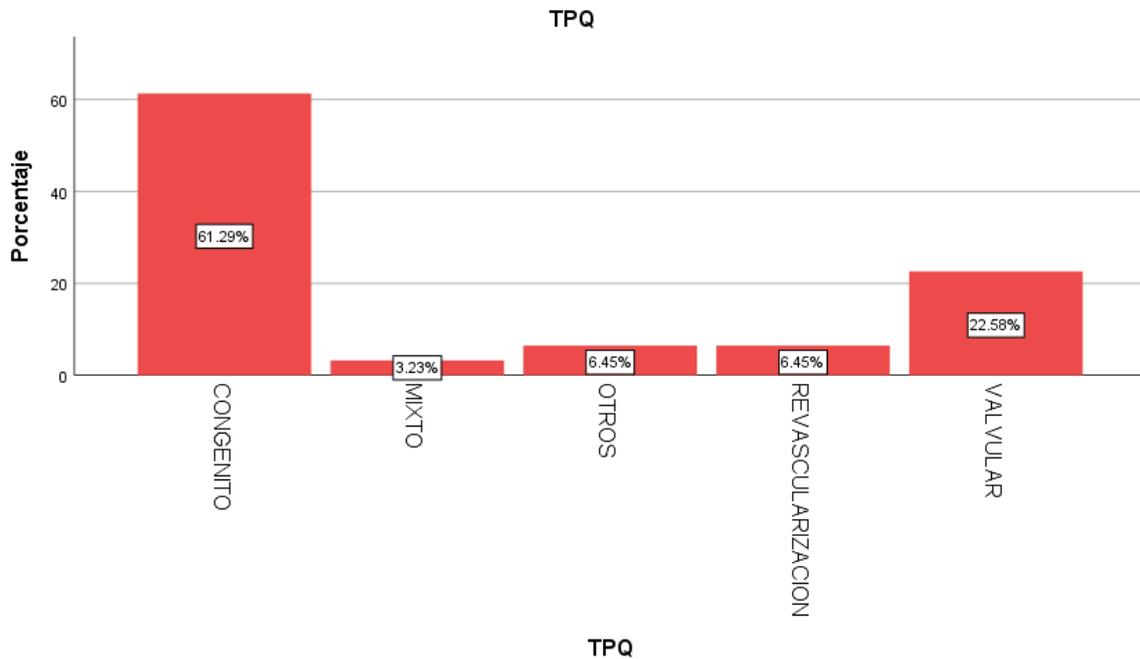


Figura 10. Gráfica de barras para los diferentes tipos de procedimientos quirúrgicos que requirieron asistencia circulatoria. Destaca por mayor uso de la terapia los procedimientos en pacientes con cardiopatía congénita.

El centro usa 3 tipos de canulación. La **canulación central** fue la más frecuente en el **45.2%** de los casos, abordaje híbrido en el 16.1% y la canulación periférica se usó en el 38.7% de los pacientes (**Figura 21**).

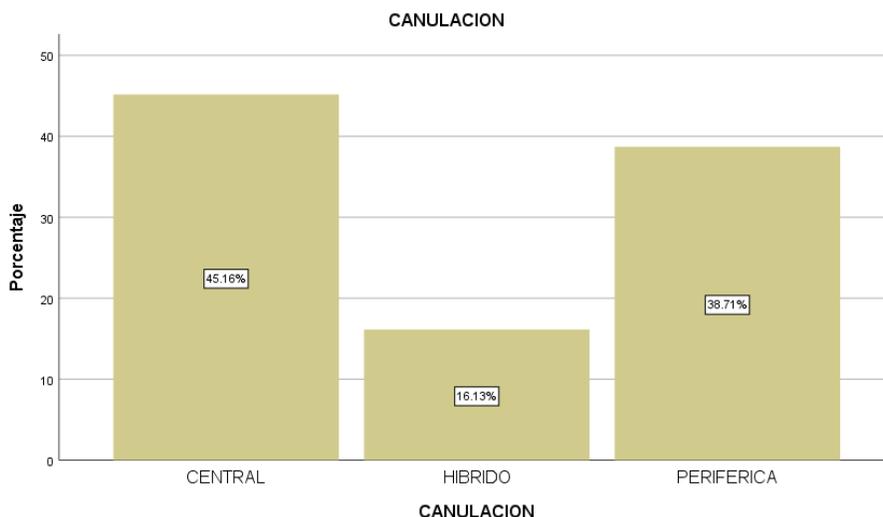


Figura 21. Representación gráfica de los tipos de canulación empleados, la canulación central fue la más utilizada.

El método de **venting** del ventrículo izquierdo más utilizado fue el **doble inotrópico** en el **32.3%** de los casos, a seguir la atrioseptostomía quirúrgica con 25.8%, catéter de drenaje en vena pulmonar superior derecha en el 19.4% de los pacientes, en el 12.9% no se usó método de *venting*, balón intraórtico de contrapulsación en el 6.5% y solo a un paciente se le realizó atrioseptostomía percutánea que representa el 3.2% de los casos (**Figura 22**).

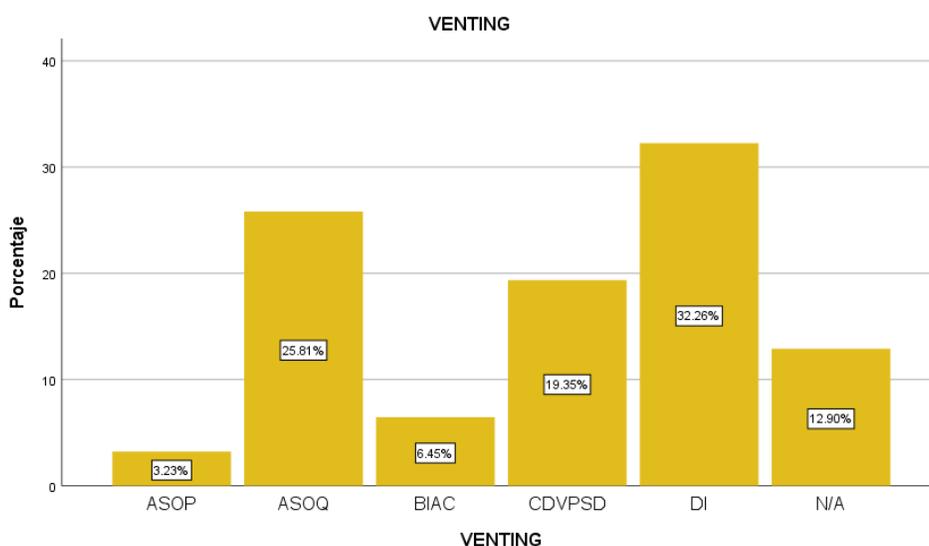


Figura 22. Gráfica de barras en donde se representan los métodos de *venting* utilizados. El doble inotrópico (DI) y la atrioseptostomía quirúrgica (ASOQ) fueron los más utilizados.

Dentro de las **complicaciones** (directamente asociadas) que se presentaron con uso de la terapia, las más frecuente fue la **falla renal** (FR) en el **35.48%** de los pacientes (**Figura 23**), el sangrado mayor al habitual en canulación central (SMHCC) se reportó en el 32.26%, el sangrado en sitio de canulación periférica (SSCP) se presentó en el 6.45% de los pacientes (**Figuras 24 y 25**).

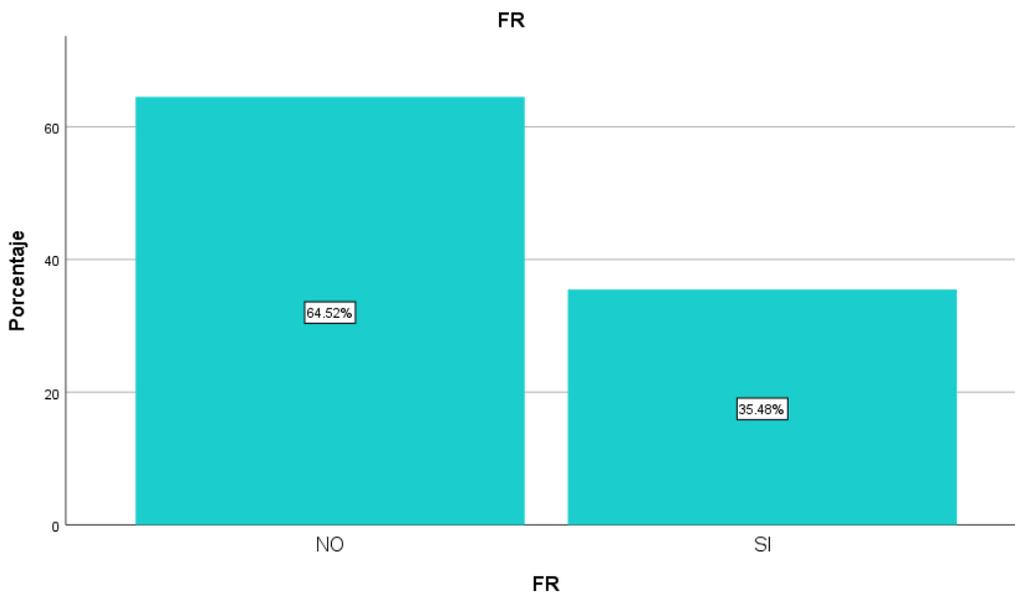


Figura 23. La falla renal fue complicación en poco más de la tercera parte de los pacientes.

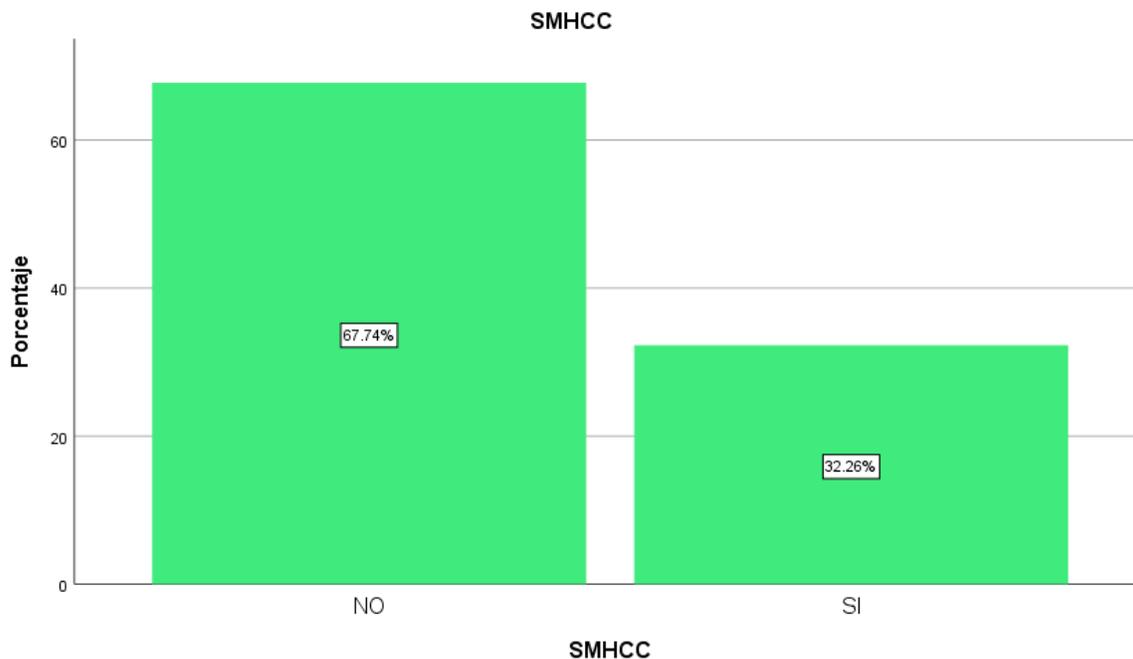


Figura 24. El sangrado en canulación central que requirió exploración quirúrgica se presentó en casi una tercera parte de los casos.

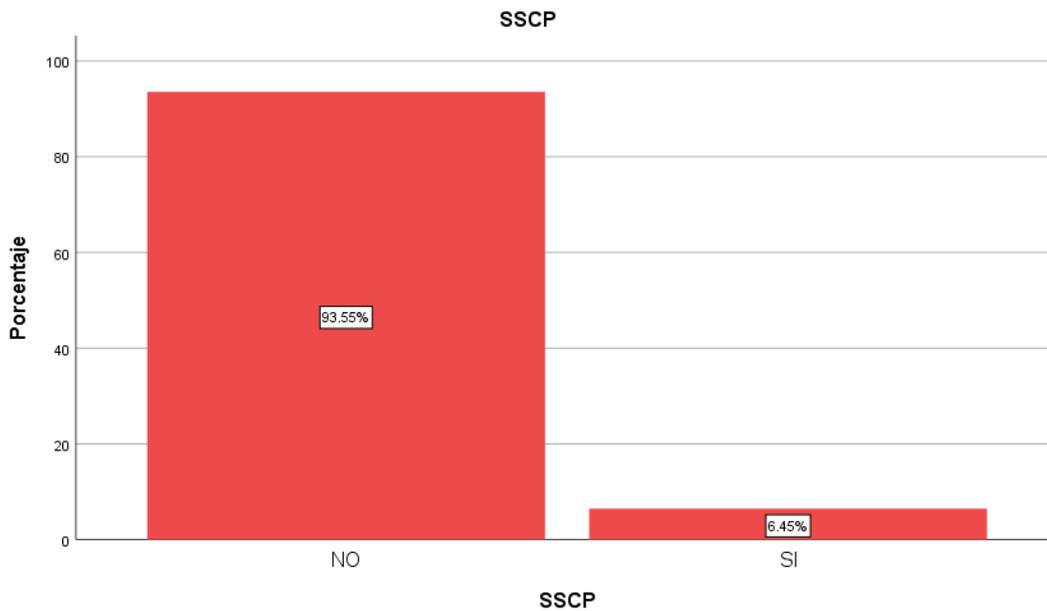


Figura 25. El sangrado en el sitio de canulación periférica que requirió exploración quirúrgica fue poco frecuente.

La **hemólisis** apareció únicamente en **2 pacientes** lo cual corresponde al 6.45%. La lesión en arteria o vena de extremidades inferiores (LAVEI) se presentó en el 12.90% de los casos (**Figuras 26 y 27**).

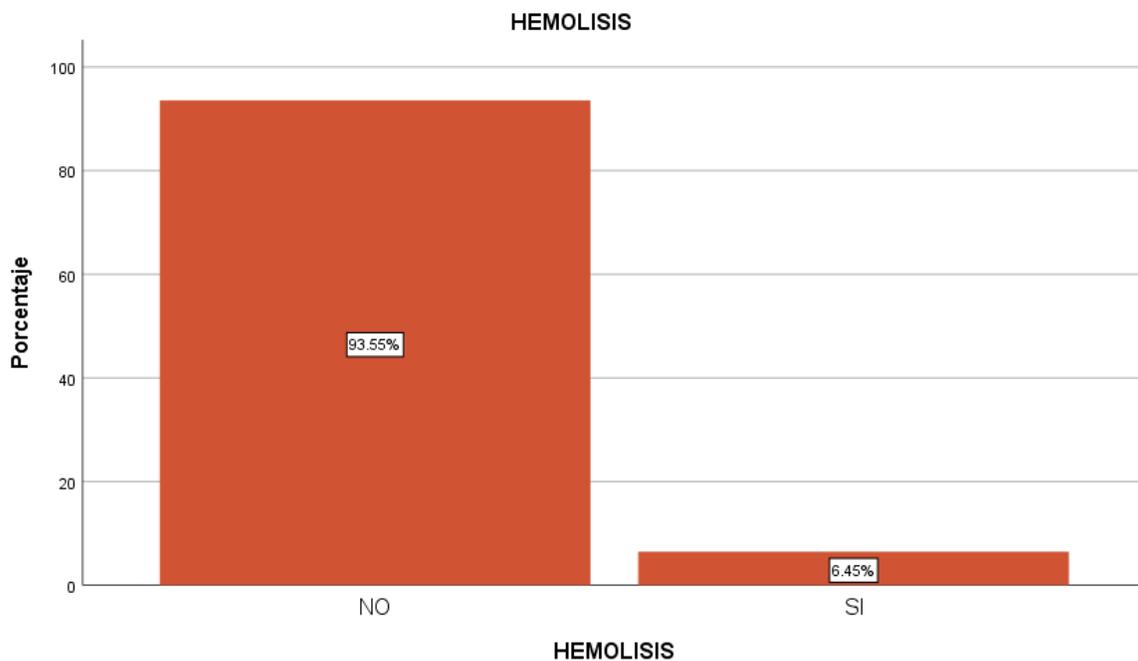


Figura 26. La hemólisis se presentó en una minoría del total de pacientes en los que se usó la terapia ECMO.

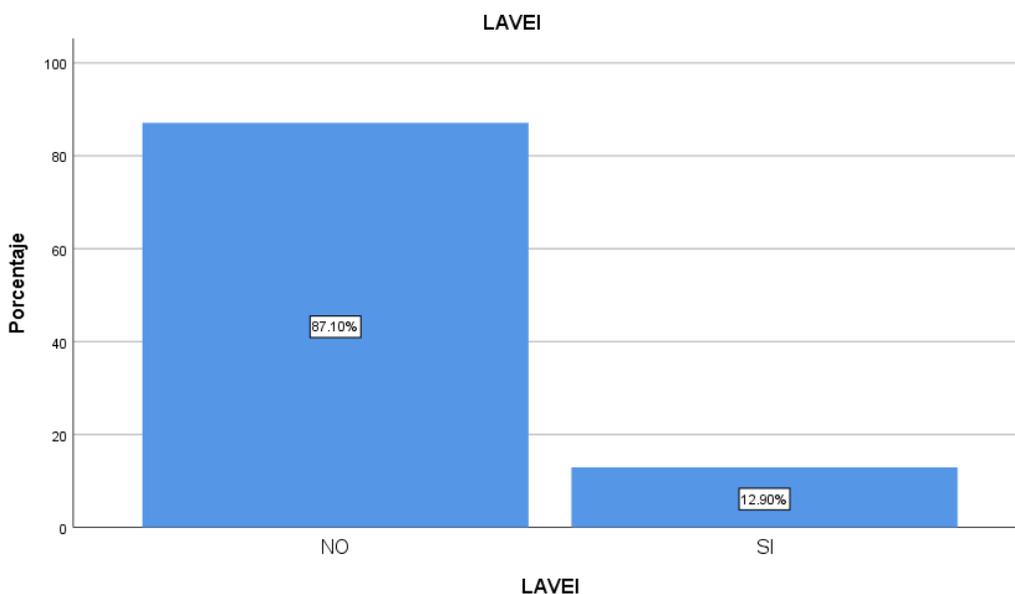


Figura 27. La lesión arterial o venosa en extremidades inferiores (femorales) que requirió reparación quirúrgica fue complicación en pocos pacientes.

Los **procesos infecciosos** se corroboraron en el **32.26%** de los pacientes, 2 de estos desarrollaron sepsis (6.45%), todos de **origen respiratorio (Figura 28)**.

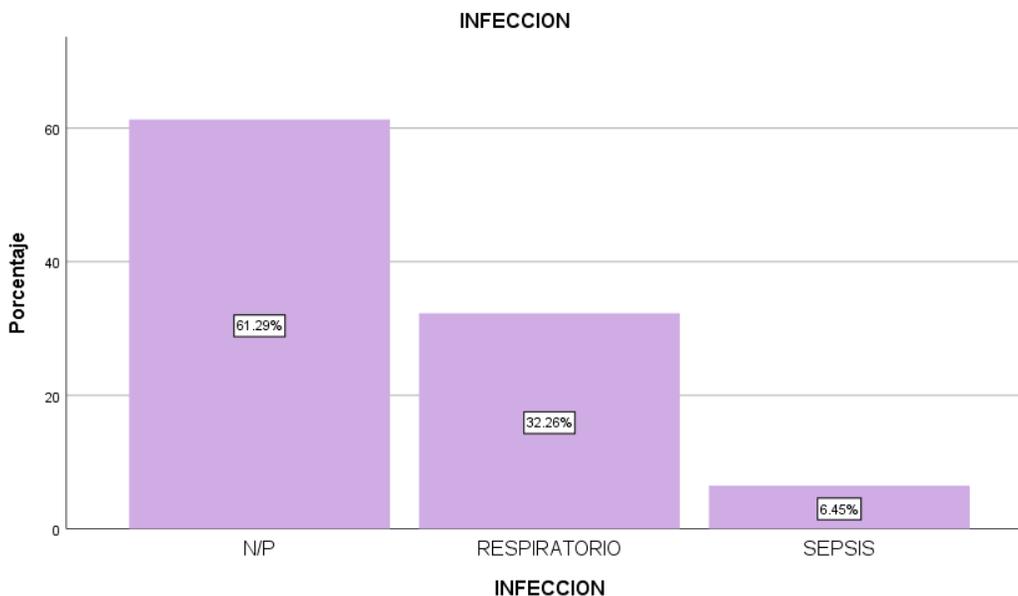


Figura 28. El origen de la infección en todos los pacientes fue el tracto respiratorio, una minoría se complicó con estado séptico.

Los **eventos vasculares cerebrales (EVC)** durante la terapia se presentaron en el **9.68%** (todos de origen hemorrágico) y el **tamponade cardiaco (TC)** en el **16.13%** de los casos (**Figuras 29 y 30**).

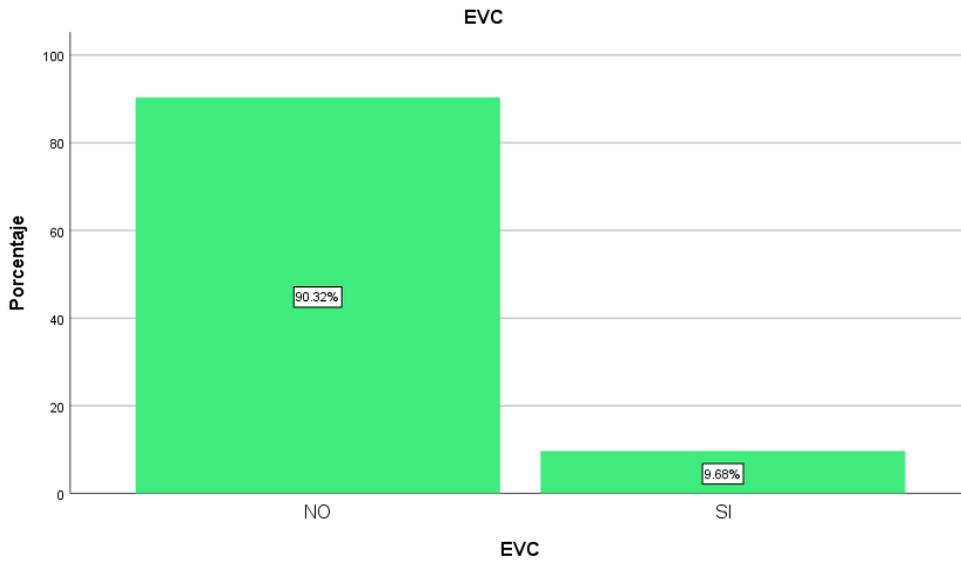


Figura 29. Los eventos vasculares cerebrales fueron complicación de pocos pacientes.

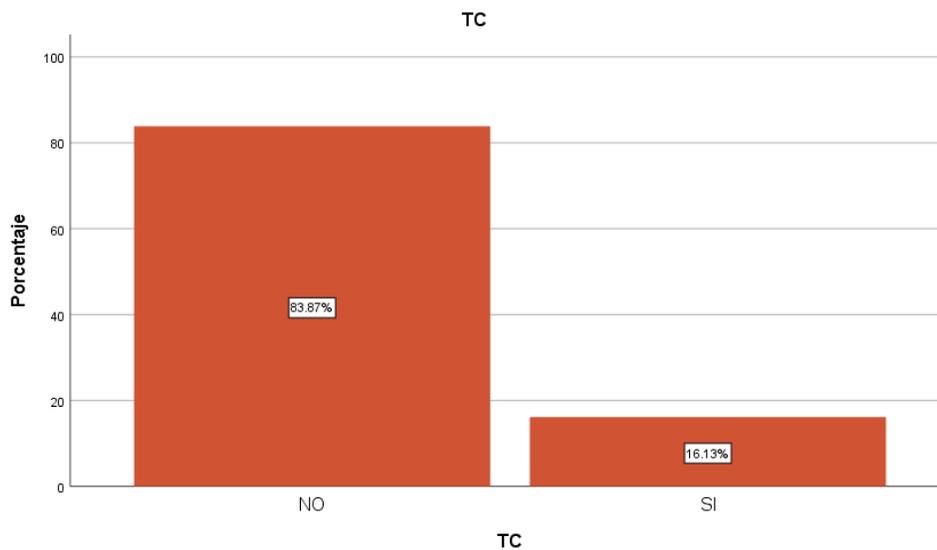


Figura 30. El tamponade cardiaco como complicación de los pacientes con canulación central se presentó en aproximadamente una sexta parte de los pacientes.

La **mediana de tiempo de uso** de la terapia ECMO en pacientes **con éxito** al retiro fue de **5 días** y en los pacientes **sin éxito** fue de **6 días**, en un rango intercuartílico de 3.50 a 9.0 días para el grupo con éxito y 3.0 a 12.50 días para el no exitoso, el paciente con menor tiempo de uso en el primer grupo fue de 3 días y en el segundo grupo de 1 día, mientras que la mayor duración para ambos grupos fue de 20 y 25 días respectivamente. Se acepta la hipótesis verdadera mediante la prueba de Shapiro-Wilk por una $p < 0.001$ para el grupo exitoso y $p < 0.027$ para el grupo no exitoso por lo que se considera la distribución anormal (**Figura 31**).

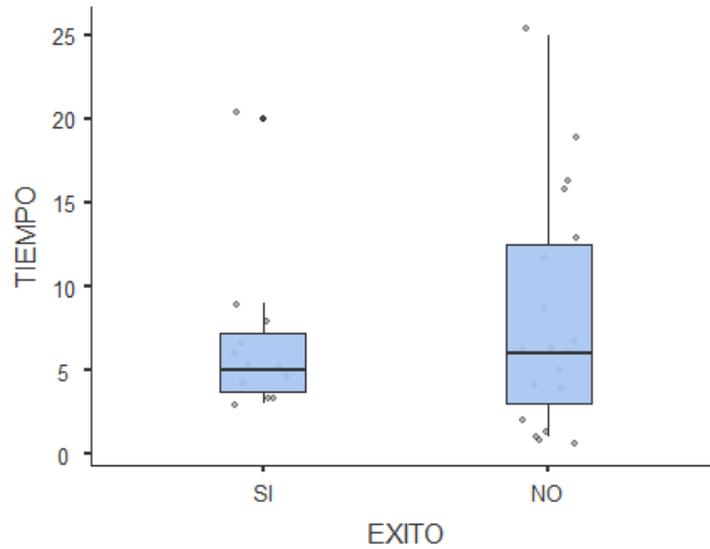


Figura 31. Box Whisker para el tiempo (días) de uso de la terapia ECMO en los casos con y sin éxito. Nótese la relación entre la mediana y los rangos intercuartílicos. Los *outliers* se encuentran para el límite superior en 20 e inferior en 3, esto para los casos con éxito y para los casos sin éxito en 25 y 1, con una distribución claramente anormal.

Los **parámetros ecocardiográficos después del retiro** del ECMO se encontraron de la siguiente forma: La **media** de la FEVI fue de **51.6%** SD +/- 12.1%, siendo el valor más frecuente reportado de 23%, con un valor mínimo de 23 y un máximo de 68%, con una curtosis de 1.72 y un coeficiente de desviación de -1.08, aceptando la hipótesis nula mediante la prueba de Shapiro-Wilk (0.472) y por lo tanto la normalidad de la distribución de los datos (**Figura 32**).

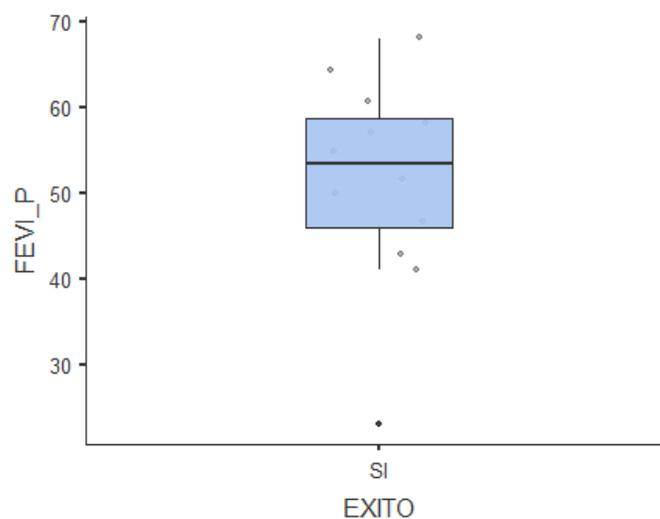


Figura 32. Box-Whisker para FEVI al retiro. Nótese la relación entre la media y la desviación estándar, la gran concentración de los datos se ubica entre los rangos de la SD. Los *outliers* mantienen equidistancia conservando la normalidad de distribución de los datos.

La **TAPSE** tuvo una **media** de **12.0 mm** SD +/- 3.44 mm, siendo el valor más frecuente reportado de 11 mm, con un valor mínimo de 7.5 mm y un máximo de 20 mm, con una curtosis de 1.96 y un coeficiente de desviación de 1.38, se acepta la hipótesis nula mediante la prueba de Shapiro-Wilk (0.057) y por tanto la normalidad de la distribución de los datos (**Figura 33**).

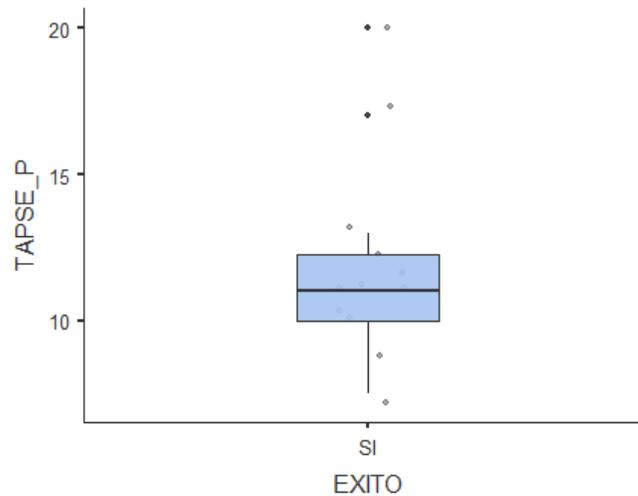


Figura 33. Box-Whisker para TAPSE al retiro. Observe la relación entre la media y la desviación estándar, la gran concentración de los datos se ubica entre los rangos de la SD. Los *outliers* mantienen equidistancia conservando la normalidad de distribución de los datos.

El **ITV aórtico** obtuvo una **media** de **18.2 cm** SD +/- 5.17 cm, siendo el valor más frecuente reportado de 22.0 cm, con un valor mínimo de 8.90 cm y un valor máximo de 25 cm, con una curtosis de -0.98 y un coeficiente de desviación de -0.574, se acepta la hipótesis nula mediante la prueba de Shapiro-Wilk (0.260) y por tanto la normalidad de la distribución de los datos (**Figura 34**).

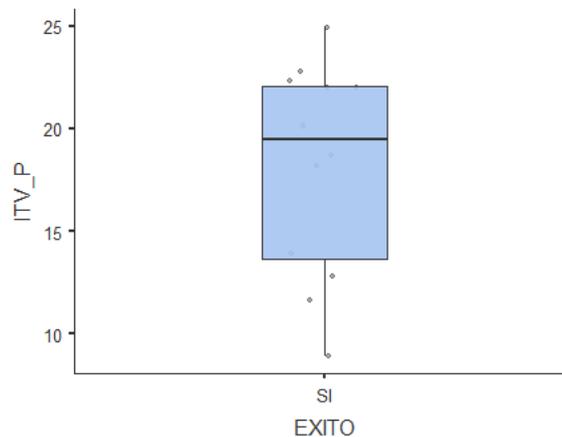


Figura 34. Box-Whisker para ITV aórtico al retiro. Visualice la relación entre la media y la desviación estándar, la basta concentración de los datos se ubica entre los rangos de la SD. Los *outliers* mantienen equidistancia conservando la normalidad de distribución de los datos.

El **GC** tuvo una **mediana** de **4.55 lpm**, en un rango intercuartílico de 4.40 y 5.20 lpm, el paciente con menor gasto cardiaco fue de 4.2 lpm y el de mayor fue de 5.5 lpm, se acepta la hipótesis verdadera mediante la prueba de Shapiro-Wilk por una $p < 0.033$, por lo que se considera la distribución de los datos anormal (**Figura 35**).

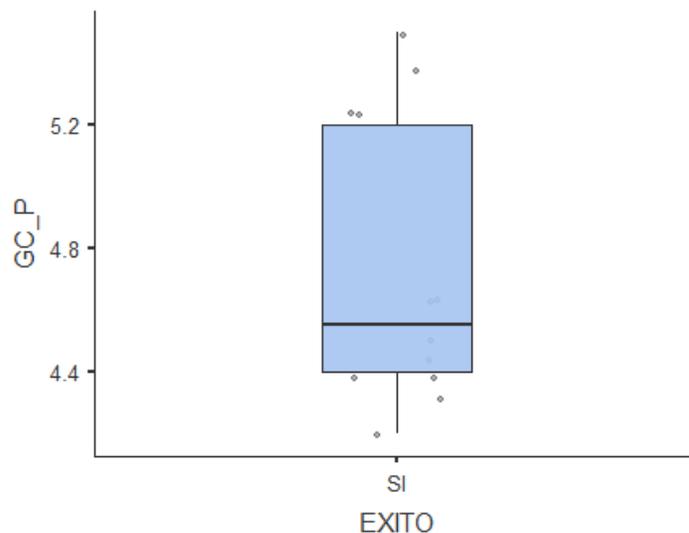


Figura 35. Box Whisker para el gasto cardiaco al retiro. Nótese la relación entre la mediana y los rangos intercuartílicos. Los *outliers* se encuentran para el límite superior en 5.5 e inferior en 4.2 con una distribución claramente anormal.

Se obtuvo **éxito de la terapia al retiro** en el **38.71%** de los casos y **29.03% al alta**. Respecto a los pacientes en los cuales el ECMO no fue exitoso, la causa de mortalidad más frecuentemente reportada fue **choque cardiogénico (CC)**, que correspondió al **54.84%**, y 2 pacientes fallecieron por choque hipovolémico (CH), los cuales representan el 6.45% de los casos ECMO (**Figura 36**).

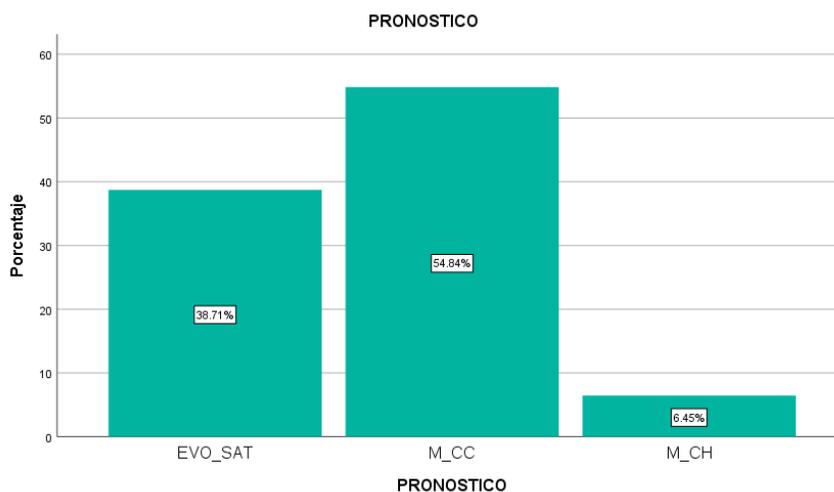


Figura 36. Gráfica de barras donde se representan los casos con evolución satisfactoria [EVO SAT (éxito al retiro)] y los casos no exitosos. Nótese que la casusa de mortalidad más frecuentemente reportada fue el choque cardiogénico (CC).

Discusión.

El uso de ECMO en el contexto de choque postcardiotomía tiene un porcentaje de éxito al alta hospitalaria alrededor del 40% de acuerdo a lo reportado en la literatura mundial, y esto se relaciona, entre otros factores, con la experiencia que tenga el centro y la capacitación de todo el personal involucrado (7,16). El éxito obtenido en nuestro hospital fue del 38.71% al retiro y 29.03% al alta hospitalaria, resultados que no podemos considerarlos como óptimos pero si aceptables; Además, los casos con evolución satisfactoria se han ido incrementando conforme el centro adquiere experiencia y preparación tanto en la selección de pacientes, tiempo de decisión, técnicas de colocación, así como en los *cuidados* de la terapia. El uso de la terapia ECMO en el Hospital de Cardiología es relativamente reciente, no solo en el contexto de choque postcardiotomía, sino en todas sus modalidades y escenarios. En el periodo que comprende este estudio se utilizó ECMO en 58 pacientes tanto para falla respiratoria como choque cardiogénico refractario y apoyo en paro cardíaco. Esta es una terapia que se utiliza en casos que sin el apoyo circulatorio que proporciona, los pacientes fallecerían en poco tiempo.

En el hospital se realiza cirugía para resolver cardiopatía congénita, es de conocimiento de todo médico involucrado en la cirugía cardíaca que son casos generalmente de alta complejidad quirúrgica y más aún cuando se deben realizar procedimientos de segunda o tercera fase como sucede en nuestro centro, y se constató en este trabajo, ya que se obtuvo una media de 8.5 puntos en *Aristóteles* que representa un nivel 3 de 4 en relación al riesgo quirúrgico de mortalidad. El estado de *reoperación* estaba presente en el 32.26% de los casos. Esto coincidió con la mayor utilidad de la terapia ECMO en este tipo de procedimientos, y simultáneamente se puede describir, aunque con cierto cuidado, que los mejores resultados se presentaron en este tipo de pacientes.

Sin embargo, no se ha documentado para *Aristóteles* ni para EuroSCORE que sean predictores del requerimiento del apoyo circulatorio y mucho menos del resultado con ECMO. Se utilizó ECMO en el contexto de choque postcardiotomía en el 1.12% del total de las cirugías realizadas en el periodo de estudio, dicha cifra está dentro de la estadística de los datos publicados a nivel internacional (1,7). No obstante, en caso de que se pretenda determinar si todos o la mayoría de candidatos a ECMO en el contexto de choque postcardiotomía fueron identificados y tratados con la terapia, se debe hacer un estudio en todos los pacientes que presentaron choque postcardiotomía, el presente

trabajo no tuvo este objetivo. No fue posible realizar un inicial escrutinio para encontrar a pacientes en este escenario por cuestiones de registro, esto debe ser un punto a mejorar. El equipo ECMO del hospital tuvo una mejor preparación en todos los aspectos que se relaciona en tiempo con la segunda mitad del periodo de estudio y esto concuerda con los mejores resultados obtenidos en los últimos casos. Uno de los factores que más influyen en el pronóstico de los pacientes que se tratan con ECMO, es el momento en el que se decide colocarlo y los parámetros que se evalúan (2,6, 29, 31). Dentro de esta investigación se encontró que en los casos de los años 2015 y 2016 no se realizaba una óptima valoración ecocardiográfica y en ocasiones la colocación de la terapia resultaba tardía, también se identificó que se empleaba en pocas ocasiones un método de *venting* para descomprimir el ventrículo izquierdo. Respecto a esta maniobra, actualmente está muy bien descrita su relación con la evolución satisfactoria (25). Esto no debe desalentar, ya que la mayoría de los centros tuvo un inicio similar e incluso se reporta a nivel mundial el contraste de los resultados obtenidos antes y después de la capacitación completa e integral del equipo ECMO (29).

Los días que se mantenga el paciente en ECMO se han relacionado con el pronóstico; En ECMO venoarterial el tiempo que se ha encontrado como ideal para salir del estado de choque son 3-5 días, la supervivencia después de 10 días es muy baja (2,30). Así como se describe mundialmente, entre más días ECMO el pronóstico fue peor. En nuestro trabajo encontramos que la mayoría de los pacientes con éxito se encontraban entre 3 y 9 días de uso de la terapia. Es en este tiempo cuando se debe resolver el estado de choque.

La causa principal de mortalidad en los pacientes con fracaso ECMO fue evidentemente el choque cardiogénico y 2 pacientes fallecieron por la imposibilidad de controlar el sangrado (choque hipovolémico), complicación que en estos pacientes ocasionalmente resulta muy difícil y que por lo tanto ha sido objeto de múltiples estudios recientes (1, 14,20).

La falla renal y el sangrado en sitio de canulación son las complicaciones más comunes en pacientes con ECMO. La lesión renal aguda tiene una incidencia de hasta 70% a 85%. La falla renal aguda en ECMO se asocia con mayores tasas de mortalidad de hasta el 80% (21, 22,23). El sangrado es más común en la terapia postcardiotomía, debido a que generalmente la canulación es central, oscila entre el 10 y el 30%. La fuente más frecuente de sangrado es el sitio de canulación y los sitios quirúrgicos (14, 15,16). En nuestro centro, semejante a lo reportado en el mundo, la falla renal y el sangrado fueron las complicaciones más comunes. La más frecuente fue la lesión renal aguda en el

35.48% de los pacientes; El sangrado mayor al habitual en canulación central se reportó en el 32.26% y el sangrado en sitio de canulación periférica se presentó en el 6.45% de los pacientes. Las complicaciones infecciosas se reportan mundialmente en el 13% de los casos aproximadamente, a menudo se asocian con una larga permanencia del material exógeno en contacto directo con el corazón y los vasos. Se originan principalmente en los sistemas respiratorio y urinario, a menudo se asocian con sepsis (16,17). En nuestros pacientes, los procesos infecciosos se presentaron en el 32.26% y de estos pacientes, 2 de ellos desarrollaron estado séptico, en todos ellos el origen fue el tracto respiratorio. Las complicaciones que se presentaron de forma menos común fueron la hemólisis (6.45%), el sangrado en sitio de canulación periférica (6.45%) y la lesión arterial o venosa femoral (12.9%). Probablemente los casos de hemólisis fueron pocos debido a que la consola *Cardiohelp* (dispositivo compacto que integra membrana y bomba) evita eficientemente esta complicación, y es esta máquina la que mayormente se usa en nuestro centro; Los problemas en vasos femorales no fueron tan frecuentes, esto pudo estar influenciado por la mayor cantidad de casos canulados de forma central. Los eventos vasculares cerebrales de igual forma fueron raros (9.66%) y relacionados con anticoagulación supraoptima (hemorrágicos). Los casos de tamponade cardiaco (16.13%) se relacionaron con los eventos de sangrado mayor al habitual en sitio de canulación central.

La evaluación ecocardiográfica para decidir la colocación de ECMO es de gran importancia, la bibliografía mundial ha reportado la necesidad de valorar la morfología y función ventricular izquierda y derecha, la dimensión y el volumen del atrio derecho, patología valvular y otros como la presencia de foramen oval permeable, disección o ateroma aórticos y red de Chiari (31). Nuestro trabajo tuvo como objetivo específico recabar FEVI, TAPSE, ITV aórtico y GC. Estos parámetros a la entrada en ECMO se encontraron de la siguiente manera: FEVI con una mediana de 21%, TAPSE mediana de 5 mm, ITV aórtico de 4.7 cm y GC de 1.8 lpm, sin duda cifras muy bajas que describen una pobre función cardiaca y contribuyen a la decisión de usar la terapia circulatoria. Estos mismos parámetros fueron investigados al retiro de la terapia y se obtuvieron valores contrastantes: FEVI con media de 51.6%, TAPSE con media de 12 mm, ITV aórtico con media de 18,2 cm y GC 4.55 lpm. Se decidió investigar únicamente estos parámetros debido a que era del conocimiento concreto del investigador en conjunto con el equipo ECMO que muy probablemente serían los datos que se encontrarían en la mayoría de los pacientes. Así como se había previsto, gran parte de los pacientes contaba con un registro de los parámetros ecocardiográficos objetivo, no obstante, como hemos mencionado, en algunos pacientes no se logró completar esta evaluación. Es

oportuno señalar que actualmente la valoración del equipo ECMO en este centro es integral, y por lo tanto incluye además de lo arriba mencionado, la clasificación INTERMACS, la edad, tipo de patología, presencia de fallas orgánicas crónicas o agudas irreversibles, ausencia de contraindicaciones y el consenso del equipo.

Nuestra muestra resultó pequeña para realizar un análisis comparativo y encontrar una relación de las variables con el desenlace. Sin embargo, este trabajo es el primero en reportar los resultados del uso de ECMO en el contexto de choque postcardiotomía de este centro, y ahora que conocemos el estado actual, debemos partir de aquí hacia investigaciones con mayor rigor metodológico.

Recordemos que el tratamiento de estos pacientes es muy complejo y que depende de muchas áreas de especialidad médica, así como de herramientas de diagnóstico oportuno, monitoreo invasivo y no invasivo de los diferentes órganos que más sufren durante la terapia, gran cantidad de hemoderivados y la disposición del personal en todo momento junto al paciente, dado que unos cuantos segundos pueden hacer la diferencia entre la vida y la muerte (en especial en los primeros días ECMO).

Conclusiones.

En el Hospital de Cardiología del Centro Médico Nacional Siglo XXI, el uso de oxigenador de membrana extracorpóreo es relativamente reciente, durante el periodo de estudio el número de casos en el contexto de choque postcardiotomía fue bajo, se utilizó en poco más del 1% de los pacientes operados de cirugía cardíaca con derivación cardiopulmonar. La cirugía para tratar las malformaciones congénitas fue la que más frecuentemente requirió de la terapia circulatoria. La cardiopatía congénita que se opera en el hospital corresponde a procedimientos de segunda o tercera fase, y por lo tanto, a pacientes en estado de *reoperación*, en los cuales la complejidad técnica-quirúrgica es mayor.

La escala de riesgo para pacientes con cardiopatía congénita tuvo una media de puntuación alta a diferencia de la escala para patología no congénita que fue baja. Se debe crear un programa estricto para estar alerta en el momento de término de la cirugía o al primer intento de salir de derivación cardiopulmonar, en especial en este tipo de pacientes. La diabetes mellitus y la hipertensión arterial sistémica estaban presentes en una minoría de los casos y de acuerdo a la edad, la terapia ECMO en general se usó en pacientes jóvenes. El método de *venting* del ventrículo izquierdo que mayormente se utilizó fue el doble inotrópico. De acuerdo a los datos encontrados, en los primeros casos no se implementaba un método invasivo de *venting*. Debido a la importancia de utilizar alguna de las estrategias más efectivas como la atrioseptostomía quirúrgica o percutánea (entre otras), se debe establecer una directriz para que siempre se utilice una maniobra de descompresión del ventrículo izquierdo. La evaluación ecocardiográfica no se realizó de forma óptima, o quizá no se registró en el expediente clínico de manera regular, y en los dos primeros años que evaluó este estudio, la realización de ecocardiograma pre ECMO fue escasa. El ecocardiograma es indispensable y se debe continuar mejorando la calidad de evaluación ecocardiográfica como sucedió en los últimos casos ECMO. El tiempo de uso de la terapia en los pacientes con éxito fue ligeramente menor que en los casos no exitosos, y en aquellos pacientes que tuvieron una duración mayor de 10 días la evolución satisfactoria fue poca.

Las complicaciones más comunes durante la terapia ECMO fueron la falla renal, el sangrado en sitio de canulación y las infecciones. En todos los pacientes con infección documentada el origen fue respiratorio. Se debe tener mayor vigilancia de la función renal en estos pacientes, sin embargo la falla renal aguda es una complicación que se asocia fuertemente al uso de la terapia y no podemos concluir en que realmente procede de un deficiente manejo médico. La causa que se estableció como principal o directa de muerte

fue el choque cardiogénico y dos pacientes fallecieron por choque hipovolémico. El éxito del ECMO al retiro fue del 38.71% y 29.03% al alta hospitalaria.

La terapia con oxigenador de membrana extracorpóreo en este centro ha obtenido resultados aceptables de acuerdo a lo publicado en el mundo y en especial en los últimos casos. Esto coincide con la mejor preparación del equipo ECMO y del personal a cargo en la terapia postquirúrgica. El recurso humano involucrado en el periodo perioperatorio debe estar disponible y capacitado para la evaluación ECMO y de la misma forma cumplir con el registro de todos los parámetros que se valoran para la decisión de su colocación y su retiro, dado que muy probablemente esto si se realice pero no se plasme de forma regular en el expediente.

Se puede concluir finalmente, que se ha venido adquiriendo mucha experiencia y los resultados cada vez son mejores.

Limitantes del estudio.

Los datos son objetivos acorde con lo contenido dentro de la dimensión del expediente clínico, lo cual establece un sesgo en su veracidad relacionado a la objetividad interpersonal, sometiendo los datos a esta variabilidad. Los datos fueron escasos, debido a que la terapéutica no fue tan frecuente, motivo por el cual no se pudieron realizar medidas de asociación. Sin embargo, como estudio descriptivo cumple su objetivo y se debe comprender desde esta perspectiva.

ANEXOS:

Cronograma de actividades.

Actividad	01/03/2019 - 01/05/2019	02/05/2019 – 02/07/2019	03/07/2019 – 03/11/2019	04/11/2019 – 04/02/2020	05/02/2020 – 05/06/2020
Revisión bibliográfica					
Elaboración de protocolo y presentación al CLIEIS					
Obtención de información					
Procesamiento y análisis de datos					
Elaboración del informe técnico final y presentación de resultados					

Hoja de recolección de datos.

Número del paciente:

Edad	
Sexo	
Sangrado en sitio de canulación periférica	
Sangrado mayor al habitual en canulación central	
Falla renal	
Hemólisis	
Lesión arterial o venosa de extremidad inferior	
Infecciones	
Evento vascular cerebral	
Tamponade cardiaco	
Tipo de canulación	
Tipo de <i>venting</i>	
Tipos de procedimientos quirúrgicos	
Éxito de la terapia	
Tiempo de uso de la terapia	
FEVI entrada	
FEVI post (al retiro)	
TAPSE entrada	
TAPSE post (al retiro)	
ITV aórtico entrada	
ITV aórtico post (al retiro)	
GC entrada	
GC post (al retiro)	
Causa de mortalidad en ECMO no exitoso	
Peso	
Talla	
IMC	
SC	
<i>Aristóteles</i>	
<i>EuroSCORE</i>	
Reoperación	
DM2	
HAS	

Glosario.

RMV: Revascularización miocárdica.

FR: Falla renal.

ECMO: Extracorporeal membrane oxygenation.

CC: Choque cardiogénico.

CH: Choque hipovolémico.

VA: Venoarterial.

ELSO: Extracorporeal Life Support Organization.

BIAC: Balón intraórtico de contrapulsación.

FEVI: Fracción de eyección del ventrículo izquierdo.

TAPSE: Desplazamiento diastólico del anillo tricúspideo (acrónimo en inglés, Tricuspid annular plane systolic excursion).

ITV: Integral Velocidad Tiempo (acrónimo en inglés, Velocity Time Integral).

GC: Gasto cardiaco.

SD: Desviación estándar (del inglés Standard Deviation).

Referencias bibliográficas:

1. MS Choi, K Sung, YH Cho. Clinical Pearls of Venoarterial Extracorporeal Membrane Oxygenation for Cardiogenic Shock. Korean Cir J 2019; 49: 657-677.
2. Brogan TV, Lequier L, Lorusso R, MacLaren G, Peek G. Extracorporeal Life Support: The ELSO Red Book. 5th edition. Ann Arbor, Michigan: Extracorporeal Life Support Organization, 2017.
3. Hajjar LA, Teboul JL. Mechanical Circulatory Support Devices for Cardiogenic Shock: State of the Art. Crit Care 2019; 23: 76.
4. Pappalardo F, Montisci A. Veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation (VA ECMO) in postcardiotomy cardiogenic shock: how much pump flow is enough?. J Thorac Dis 2016; 10: 1444-1448.
5. Pediatric Cardiac Failure, Extracorporeal Life Support Organization, Ann Arbor, MI. [cited 2017 Feb 15]. Available from <http://www.elseo.org/resources/guidelines.aspx>.
6. Adult Cardiac Failure, Extracorporeal Life Support Organization, Ann Arbor, MI. [cited 2017 Feb 15]. Available from <http://www.elseo.org/resources/guidelines.aspx>.
7. Meani P, Matteucci M, Jiritano F, et al. Long-term survival and major outcomes in post-cardiotomy extracorporeal membrane oxygenation for adult patients in cardiogenic shock. Ann Cardiothorac Surg 2019; 8: 116-122.
8. Kowalewski M, Raffa GM, Zielinski K, et al. The impact of Centres heart transplant status and volumen on in-hospital outcomes following extracorporeal membrane oxygenation for refractory post-cardiotomy cardiogenic shock: a meta-analysis. BMC Cardiovasc Disord 2020; 20: 10.
9. Shakoor A, Pedroso FE, Jacobs SE, et al. Extracorporeal Cardiopulmonary

Resuscitation (ECPR) in Infants and Children: A Single-Center Retrospective Study. *World J Pediatr Congenit Heart Surg* 2019; 10: 582-589.

10. Erdil T, Lemme F, Konetzka A, et al. Extracorporeal membrane oxygenation support in pediatrics. *Ann Cardiothorac Surg* 2019; 8: 109-115.
11. Lasa JL, Jain P, Raymond TT, et al. Extracorporeal Cardiopulmonary Resuscitation in the Pediatric Cardiac Population: In Search of a Standard of Care. *Pediatric Crit Care Med*; 2018: 125-130.
12. Biancari F, Dalén M, Perroti A, et al. Venoarterial extracorporeal membrane oxygenation after coronary artery bypass grafting: Results of a multicenter study. *In J Cardiol* 2017; 15: 109-114.
13. Bacon MK, Gray SB, Schwartz SM, Cooper DS. Extracorporeal Membrane Oxygenation (ECMO) Support in Special Patient Populations The Bidirectional Glenn and Fontan Circulations. *Frot Pediatr* 2018; 6: 299.
14. Riley JB, Schears GJ, Nuttall GA, Oliver WC, Ereth MH, Dearani JA. Coagulation Parameter Thresholds Associated with Non-Bleeding in the Eighth Hour of Adult Cardiac Surgical Post-Cardiotomy Extracorporeal Membrane Oxygenation. *J Extra Corpor Technol* 2016; 48: 71-78.
15. Guihaire J, Van SD, Rouze S, et al. Clinical outcomes in patients after extracorporeal membrane oxygenation support for post-cardiotomy cardiogenic shock: a single-centre experience of 92 cases. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 2017; 25: 363-369.
16. Khorsandi M, Dougherty S, Sinclair A, et al. A 20-year multicentre outcome analysis of salvage mechanical circulatory support for refractory cardiogenic shock

after cardiac surgery. *J Cardiothorac Surg* 2016; 8: 151.

17. Silveti S, Ranucci M, Pistuddi V, et al. Bloodstream infections during post-cardiotomy extracorporeal membrane oxygenation: Incidence, risk factors, and outcomes. *Int J Artif Organs* 2019; 42: 299-306.
18. Ariyaratnam P, McLean LA, Cale AR, Loubani M. Extra-corporeal membrane oxygenation for the post-cardiotomy patient. *Heart Fail Rev* 2014; 19: 717-725.
19. Bonicolini E, Martucci G, Simons J, et al. Limb ischemia in peripheral veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation: a narrative review of incidence, prevention, monitoring, and treatment. *Crit Care* 2019; 23: 266.
20. Coco VL, Lorusso R, Raffia GM, et al. Clinical complications during veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation in post-cardiotomy and non post-cardiotomy shock: Still the Achille's heel. *J Thorac Dis* 2018; 10: 6993-7004.
21. Kilburn DJ, Shekar K, Fraser JF. The Complex Relationship of Extracorporeal Membrane Oxygenation and Acute Kidney Injury: Causation or Association? *Biomed Res Int* 2016; 1094296.
22. Pabst D, Sanchez-Cueva PA, Soleimani B, Brehm CE. Predictors for acute and chronic renal failure and survival in patients supported with veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation. *Perfusion* 2020; 35: 402-408.
23. Ostermann M, Connor M, Kashani K. Continuous renal replacement therapy during extracorporeal membrane oxygenation: Why, when and how? *Curr Opin Crit Care* 2018; 24: 493-503.
24. Dado DN, Ainsworth CR, Thomas SB. Outcomes among Patients Treated with

Renal Replacement Therapy during Extracorporeal Membrane Oxygenation: A Single-Center Restrospective Study. *Blood Purif* 2020; 49: 341-347.

25. Soleimani B, Pae WE. Management of left ventricular distensión during peripheral extracorporeal membrane oxygenation for cardiogenic shock. *Perfusion* 2012; 27: 326-331.
26. Omar HR, Mirsaeidi M, Socias S, Sprenker C, Caldeira C, Camporesi EM, Mangar D. Plasma free hemoglobin is an independet predictor of mortality among patients on extracorporeal membrane oxygenation support. *Plos One* 2015; 10: e0124034.
27. Okochi S, Cheung EW, Barton S, et al. An analysis of risk factors for hemolysis in children on extracorporeal membrane oxygenation. *Pediatr Crit Care Med* 2018; 19: 1059-1066.
28. Rother RP, Bell L, Hillmen P, et al: The clinical sequelae of intravascular hemolysis and extracellular plasma hemoglobin. *JAMA* 2005; 293: 1653.
29. Lorusso R, Whitman G, Milojevic M, Raffa G, et al: 2020 EACTS/ELSO/STS/AATS expert consensus on postcardiotomy extracorporeal life support in adults patients. *Ann Thorac Surg* 2020; S0003-4975(20)31470-3.
30. Khorsandi M, Davidson M, Bouamara O, et al: Extracorporeal membrane oxygenation in pediatric cardiac surgery: A retrospective review of trends and outcomes in Scotland. *Ann Pediatr Cardiol* 2018; 3- 11.
31. Douflé G, Roscoe A, Billia F and Fan E. Echocardiography for adult patients supported with extracorporeal membrane oxygenation. *Crit Care* 2015; 19:326.
32. Biancari F, Perroti A, Dalen M, et al: Meta-analysis of the outcome after postcardiotomy venoarterial extracorporeal membrane oxygenation in adult patients. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2018; 1175.1182.