



**UNIVERSIDAD DE ESPECIALIDADES ESPIRITU SANTO
FACULTAD DE POSTGRADO
ESPECIALIDAD EN MEDICINA CRITICA**

TITULO:

**ASOCIACIÓN ENTRE TIEMPO DE CIRCULACIÓN
EXTRACORPÓREA Y PINZAMIENTO AÓRTICO EN LA
MORTALIDAD POSTOPERATORIA DE CIRUGÍA CARDÍACA EN LA
UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS DEL HOSPITAL ALCÍVAR EN
EL PERIODO ENERO 2017-JUNIO DEL 2018**

AUTOR:

**JOSÉ LUIS RODRÍGUEZ MARTÍNEZ
CARLOS JULIO SAN MARTÍN HERRERA**

TUTOR:

STENIO CEVALLOS ESPINAR

**TRABAJO DE TITULACIÓN PRESENTADO COMO REQUISITO
PARCIAL PARA OPTAR AL TÍTULO DE ESPECIALISTA EN MEDICINA
CRÍTICA**

SAMBORONDÓN

ENERO 2019

DEDICATORIA

A nuestras familias.

AGRADECIMIENTO

Al Hospital Alcívar.

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del trabajo de investigación de tesis para optar el título de especialista en Medicina Crítica, de la facultad de postgrados de la Universidad de Especialidades Espiritu Santo.

Certifico que he dirigido la tesis de grado presentada por los médicos, José Luis Rodríguez Martínez, C.I. 0603118100, y Carlos Julio Sanmartín Herrera, C.I. 1104459183 en el tema “Asociación entre tiempo de circulación extracorpórea y pinzamiento aórtico en la mortalidad postoperatoria de cirugía cardíaca en la unidad de cuidados intensivos del hospital Alcívar en el periodo enero 2017-junio del 2018”.

Revisada y corregida que fue la tesis, se aprobó en su totalidad, lo certifico:

Dr. Stenio Cevallos Espinar
Tutor de Trabajo de Investigación

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTO	II
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR.....	III
ÍNDICE DE CONTENIDO	IV
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
RESUMEN.....	VIII
SUMMARY.....	IX
INTRODUCCIÓN.....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.....	4
JUSTIFICACIÓN.....	4
VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
FORMULACIÓN DE OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS	6
OBJETIVO GENERAL	6
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	6
HIPÓTESIS.....	7
VARIABLES	7
VARIABLE INDEPENDIENTE	7
VARIABLE DEPENDIENTE.....	7
VARIABLES INTERVINIENTES	7
CAPÍTULO II.....	8
MARCO TEÓRICO	8
CAPÍTULO III.....	25

MATERIALES Y MÉTODOS.....	25
MATERIALES.....	25
LUGAR DE LA INVESTIGACIÓN.....	25
PERÍODO DE LA INVESTIGACIÓN.....	25
RECURSOS UTILIZADOS.....	25
RECURSOS HUMANOS.....	25
RECURSOS FÍSICOS:.....	25
UNIVERSO Y MUESTRA.....	25
UNIVERSO.....	25
MUESTRA.....	26
CRITERIOS DE INCLUSIÓN.....	26
CRITERIOS DE EXCLUSIÓN.....	26
MÉTODOS.....	26
TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	26
DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	26
INSTRUMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	27
ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	27
OPERACIONALIZACION DE LAS VARIABLES.....	28
CAPÍTULO IV.....	32
4. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	32
4.1 RESULTADOS.....	32
4.2 DISCUSIÓN.....	37
CAPÍTULO V.....	39
CONCLUSIONES.....	39
CAPÍTULO VI.....	40

RECOMENDACIONES.....	40
BIBLIOGRAFÍA.....	41
ANEXOS.....	45
ANEXO 1. FORMULARIO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	45
ANEXO 2. BASE DE DATOS.....	47
ANEXO 3. BASE DE DATOS.....	48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Distribución según las características generales de la población.	32
Tabla 2. Distribución según el riesgo quirúrgico mediante la aplicación del Euroscore II.	33
Tabla 3. Factores de riesgo asociados a la mortalidad post-operatoria de la cirugía cardiaca con circulación extracorpórea.....	33
Tabla 4. Análisis de asociación y riesgo de los factores asociados.....	34
Tabla 5. Asociación entre el tiempo de circulación extracorpórea con la mortalidad post-operatoria de cirugía cardiaca.....	35
Tabla 6. Asociación entre el tiempo de pinzamiento aórtico con la mortalidad post-operatoria de cirugía cardiaca.....	36

RESUMEN

Las cirugías cardíacas como reemplazos valvulares, revascularización coronaria o procedimientos mixtos por lo general requieren circulación extracorpórea (CEC). Se cree que el tiempo de CEC prolongado y el tiempo de pinzamiento aórtico se asocian de forma independiente con un aumento de la mortalidad postoperatorias. **Objetivo:** Determinar la asociación entre el tiempo de circulación extracorpórea y pinzamiento aórtico con la mortalidad post-operatoria de cirugía cardíaca en la unidad de cuidados intensivos del Hospital Alcívar en el periodo de enero del 2017 a junio del 2018. **Metodología:** Investigación observacional, cuantitativa, retrospectiva, analítica y longitudinal. La muestra fue de tipo no probabilística por conveniencia que evaluó a 90 pacientes sometidos a cirugía cardíaca con circulación extracorpórea, divididos en 4 grupos: con tiempo de CEC > 120 minutos, CEC < 120 minutos, PA > 60 minutos y PA < 60 minutos. Se utilizó Excel 2010 y SPSS 21 para el procesamiento estadístico de los datos. **Resultados:** El 57,8% (52) fueron pacientes > 60 años. La edad promedio fue de 59,43 años. El sexo masculino predominó con el 72,2% (65). La cirugía coronaria fue la más realizada con el 47% (42). La tasa de mortalidad fue del 24,4% (22). El riesgo quirúrgico empleando Euroscore II en el 68,9% fue bajo. Los factores de riesgo más frecuentes fueron la hipertensión arterial (56,7%), diabetes mellitus (18,9%) y el consumo de cigarrillos (13,3%). **Conclusiones:** La HTA triplica el riesgo de mortalidad en relación al grupo que no es hipertenso (OR: 3,877 IC95%: 0,331-9,326). El tiempo de circulación extracorpórea > 120 minutos es un factor de riesgo 3 veces mayor para mortalidad (OR: 3,587 IC95%: 1,234-10,430). El tiempo de pinzamiento aórtico > 60 minutos es un factor de riesgo 4 veces mayor para mortalidad (OR: 4,307 IC95: 1,425-13.017).

Palabras clave: Circulación extracorpórea, pinzamiento aórtico, mortalidad.

SUMMARY

Cardiac surgeries such as valvular replacements, coronary revascularization or mixed procedures usually require extracorporeal circulation (ECC). It is believed that prolonged CPB time and aortic clamping time are independently associated with an increase in postoperative mortality. **Objective:** To determine the association between the time of extracorporeal circulation and aortic clamping with the post-operative mortality of cardiac surgery in the intensive care unit of the Alcívar Hospital from January 2017 to June 2018. **Methodology:** Observational, quantitative research, retrospective, analytical and transversal. The sample was of a non-probabilistic type for convenience that evaluated 90 patients undergoing cardiac surgery with extracorporeal circulation, divided into 4 groups: with CPB time > 120 minutes, CPB <120 minutes, PA > 60 minutes, and BP <60 minutes. Excel 2010 and SPSS 21 were used for the statistical processing of the data. **Results:** 57.8% (52) were patients > 60 years. The average age was 59.43 years. The male sex predominated with 72.2% (65). Coronary surgery was the most performed with 47% (42). The mortality rate was 24.4% (22). The surgical risk using Euroscore II in 68.9% was low. The most frequent risk factors were hypertension (56.7%), diabetes mellitus (18.9%) and cigarette consumption (13.3%). **Conclusions:** The HTA triples the risk of mortality in relation to the group that is not hypertensive (HR: 3,877 IC95%: 0,331-9,326). The extracorporeal circulation time > 120 minutes is a risk factor 3 times higher for mortality (HR: 3.587 IC95%: 1,234-10,430). The time of aortic clamping > 60 minutes is a risk factor 4 times higher for mortality (HR: 4.307 IC95: 1.425-13.017).

Key words: Extracorporeal circulation, aortic clamping, mortality.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la circulación extracorpórea (CEC) ha sido sin duda extremadamente importante en el progreso de la cirugía cardíaca (1). La posibilidad de derivar sangre fuera del corazón y los pulmones, bombear sangre oxigenada desde el sistema venoso directamente al sistema arterial, ha permitido todo tipo de cirugía del corazón (2). También ha permitido los abordajes quirúrgicos de enfermedades complejas, como la corrección de aneurismas aórticos torácicos, la resección del carcinoma de células renales, el tratamiento de aneurismas neurovasculares, el trasplante de pulmón y la tromboendarterectomía de las arterias pulmonares (3).

La circulación extracorpórea mantiene la perfusión sistémica con un transporte adecuado de oxígeno y eliminación del dióxido de carbono, preservando la homeostasis mientras que el corazón y los pulmones no proporcionan estas funciones (1,2). Sin embargo, como es un procedimiento muy invasivo, la CEC puede desencadenar varios efectos indeseables, algunos predecibles y prevenibles, pero algunos impredecibles, que pueden promover lesiones celulares o de órganos de diferente magnitud y resultado que aumentan la morbimortalidad del procedimiento.

Los procedimientos comunes de cirugía cardiotorácica, como el injerto de bypass de arteria coronaria, el reemplazo de la válvula aórtica y la reparación o reemplazo de la válvula mitral, requieren circulación extracorpórea (CEC). Estos procedimientos obviamente tienen diferencias en la patología subyacente y se realizan en diferentes tipos de pacientes (4). En consecuencia, hay diferencias importantes en el resultado, sin embargo, se cree que el tiempo CEC prolongado y el tiempo de pinzamiento aórtico prolongado se asocian de forma independiente con un aumento de la morbilidad y la mortalidad postoperatorias en cirugía cardíaca.

Existen varias teorías para esta asociación, por ejemplo, los pacientes donde se prolongan el tiempo de los procedimientos tienen una coagulopatía inducida más

grave con un aumento de la pérdida de sangre y una tasa de transfusión más alta o una mayor incidencia de síndrome de bajo gasto cardíaco. También durante muchos años, el tiempo de pinzamiento aórtico se relacionó con un resultado adverso después de la cirugía cardíaca (5). La interrupción de la circulación ocasionado por el pinzamiento aórtico tiene implicaciones sobre la circulación cerebral, perfusión de otros órganos y sustancias pro-inflamatorias Sin embargo, aún no se sabe si el tiempo de pinzamiento tiene el mismo efecto en pacientes de cirugía cardíaca de acuerdo al tiempo de prolongación de la circulación extracorpórea.

El objetivo de la investigación es determinar la asociación entre el tiempo de circulación extracorpórea y el pinzamiento aórtico con la mortalidad postoperatoria de cirugía cardíaca en la unidad de cuidados intensivos del Hospital Alcívar en el periodo de enero del 2017 a junio del 2018. En este estudio, se vinculó el efecto del tiempo de pinzamiento aórtico de acuerdo al tiempo de circulación extracorpórea y se determinó la influencia con el resultado postoperatorio en pacientes de alto y bajo riesgo, aumentando así la comprensión de su posible implicación en el entorno de la cirugía cardíaca con la esperanza de reducir potencialmente su efecto perjudicial.

Con los resultados de la investigación se fortaleció la comprensión de la importancia del tiempo de circulación extracorpórea y el tiempo de pinzamiento aórtico, lo que conducirá a mejores estrategias preventivas que pueden mejorar el resultado clínico de la cirugía cardíaca. Además en vista de la limitación de los datos actuales, minimizar el tiempo de CEC y de pinzamiento aórtico es sin duda uno de los temas más importantes en la cirugía cardíaca.

Este estudio es de de enfoque cuantitativo, de tipo analítico, retrospectivo, transversal y de diseño no experimental. La historia clínica, el formulario de recolección de datos y la matriz de Excel fueron los instrumentos de análisis. Se proporcionó recomendaciones que beneficiará el manejo postoperatorio de estos pacientes en la sala de cuidados intensivos y orientará las decisiones transoperatorias sobre el tiempo de duración tanto de la CEC y el pinzamiento aórtico que ayuden a minimizar la mortalidad.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA

Uno de los efectos de la circulación extracorpórea es activar la cascada de coagulación y el sistema fibrinolítico; además de la activación de otros sistemas mediadores de inflamación como el complemento, liberación de enzimas citotóxicas por la degranulación de leucocito, entre otros. Por lo tanto, existe la hipótesis que a mayor tiempo de duración de la CEC mayores serán sus efectos negativos sobre el cuerpo (3,5).

El impacto del tiempo de pinzamiento aórtico, también genera controversias que aun necesitan ser dilucidadas, ya que el bloqueo de la circulación coronaria que conduce a isquemia subsecuente que puede repercutir sobre la perfusión cerebral (1). Además, el pinzamiento aórtico, aumenta significativamente la morbimortalidad porque causa liberación de mediadores inflamatorios, trombosis, desprendimiento de la placa (2,5). Estos antecedentes, crean la necesidad de sistemas de evaluación de los resultados postoperatorios, utilizando parámetros hemodinámicos que ayuden a mejorar la seguridad de la CEC y mantener un flujo cerebral óptimo durante el pinzamiento aórtico.

El problema planteado en el presente estudio es que actualmente existe un déficit de estudios en el Ecuador y especialmente en el Hospital Alcívar sobre los efectos de la circulación extracorpórea sobre la morbimortalidad de la cirugía cardiaca, además existe un déficit total de investigaciones que aborden específicamente los efectos del tiempo de duración de la CEC que los propios resultados de la CEC. Por lo tanto, fue necesario profundizar esta investigación que permitió demostrar la relación directa entre los tiempos de duración de los procedimientos y la mortalidad en los pacientes sometidos a cirugía cardiaca.

PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1. ¿Cuáles son las características generales de los pacientes sometidos a cirugía cardiaca con circulación extracorpórea?
2. ¿Cuál es el riesgo quirúrgico mediante la aplicación del Euroscore II en los pacientes del estudio?
3. ¿Cuáles son los factores de riesgo asociados a la mortalidad post-operatoria de la cirugía cardiaca con circulación extracorpórea?
4. ¿Cuál es la relación el tiempo de circulación extracorpórea y pinzamiento aórtico con la mortalidad post-operatoria de cirugía cardiaca?

JUSTIFICACIÓN

Este estudio analizó la asociación entre el tiempo de circulación extracorpórea y pinzamiento aórtico con la mortalidad post-operatoria de cirugía cardiaca en pacientes del Hospital Alcívar. Se describieron las características generales de los pacientes, se establecieron el riesgo quirúrgico, se identificó los principales factores de riesgo y se relacionó el tiempo de circulación extracorpórea y pinzamiento aórtico con la mortalidad post-operatoria de cirugía cardiaca.

En el Hospital Alcívar y no se han realizado investigaciones que evalúen los resultados de la cirugía cardiaca con circulación extracorpórea, especialmente si existe asociación de la mortalidad post-operatoria con el tiempo de pinzamiento aórtico, por lo tanto estudios de tipo comparativo a nivel local y nacional resulta complicado. Los resultados de esta investigación permitieron establecer si el incremento del tiempo de CEC y PA elevan las tasas de mortalidad. Además en forma indirecta permitió determinar el riesgo de mortalidad de cirugía cardiaca mediante una escala validada internacionalmente como el EuroSCORE II.

Por los antecedentes antes mencionados se justificó el desarrollo de esta investigación, con el propósito de satisfacer una interrogante sobre la asociación del tiempo de circulación extracorpórea y pinzamiento aórtico con la mortalidad post-operatoria de cirugía cardiaca en los pacientes ingresados en la Unidad de Terapia Intensiva del Hospital Alcívar. Se proporcionó información del estado actual de este procedimiento, además de una base de datos permitirá el desarrollo de investigaciones futuras.

VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

El presente trabajo de investigación se considera viable porque el Hospital Alcívar es una unidad hospitalaria con la capacidad técnica, administrativa y médica adecuada para desarrollar investigaciones en seres humanos acorde con la declaración de Helsinki. Tiene la infraestructura técnica necesaria para proporcionar tratamientos de alto nivel, como la cirugía cardíaca con circulación extracorpórea. Además, es un prestador de salud de referencia a nivel nacional, por lo tanto también proporciona una cantidad adecuada de pacientes que puedan ser utilizados de manera representativa y obtener resultados confiables.

FORMULACIÓN DE OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS

OBJETIVO GENERAL

Determinar la asociación entre el tiempo de circulación extracorpórea y pinzamiento aórtico con la mortalidad post-operatoria de cirugía cardiaca en la unidad de cuidados intensivos del Hospital Alcívar en el periodo de enero del 2017 a junio del 2018.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Describir las características generales de los pacientes sometidos a cirugía cardiaca con circulación extracorpórea.
2. Establecer el riesgo quirúrgico mediante la aplicación del Euroscore II en los pacientes del estudio.
3. Identificar los factores de riesgo asociados a la mortalidad post-operatoria de la cirugía cardiaca con circulación extracorpórea.
4. Relacionar el tiempo de circulación extracorpórea y pinzamiento aórtico con la mortalidad post-operatoria de cirugía cardiaca.

HIPÓTESIS

H₀: No existe asociación entre el tiempo de circulación extracorpórea y pinzamiento aórtico con la mortalidad post-operatoria de cirugía cardiaca en la unidad de cuidados intensivos del Hospital Alcívar en el periodo de enero del 2017 a junio del 2018.

H₁: Existe asociación entre el tiempo de circulación extracorpórea y pinzamiento aórtico con la mortalidad post-operatoria de cirugía cardiaca en la unidad de cuidados intensivos del Hospital Alcívar en el periodo de enero del 2017 a junio del 2018.

VARIABLES

VARIABLE INDEPENDIENTE

Tiempo de circulación extracorpórea.

Tiempo de pinzamiento aórtico.

VARIABLE DEPENDIENTE

Mortalidad post-operatoria de la cirugía cardiaca.

VARIABLES INTERVINIENTES

- Edad.
- Sexo.
- Tipo cirugía.
- Complicaciones.
- Euroscore.
- Factores de riesgo.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 CONCEPTOS GENERALES DE LA CIRCULACIÓN EXTRACORPÓREA

2.1.1 Inicios de la circulación extracorpórea

Para obtener un corazón exangüe que permita intervenir en su interior, existen en definitiva dos procedimientos: la interrupción de la circulación para impedir el paso de la sangre a las cámaras cardíacas, o su derivación, excluyendo el corazón aisladamente o junto con los pulmones, mediante el empleo de un circuito extracorpóreo (1).

La simple oclusión de las venas cavas impide la entrada de la sangre al corazón, pero esto determina una detención circulatoria, por lo que pasado un cierto tiempo aparecerán fenómenos anóxicos y lesiones irreversibles en el cerebro, el órgano más sensible a la anoxia (2). La perfusión cerebral con sangre oxigenada mientras dura la oclusión circulatoria, o el empleo de hipotermia, que al disminuir las necesidades metabólicas permite una mayor resistencia a la falta de oxígeno, han sido procedimientos para prolongar el tiempo de oclusión de las cavas (3).

Para dicho procedimiento se requiere el empleo de circuitos extracorpóreos que excluyan el corazón derecho, el izquierdo o ambos a la vez, y en este caso, con la exclusión o no, de los pulmones. Intentaremos explicar los funcionamientos técnicos básicos de la circulación extracorpórea (CEC) y, en particular, los relacionados con las bombas de circulación extracorpórea, las cuales son necesarias para el desplazamiento de sangre (2,3).

Un paso crucial en la evolución de la cirugía cardíaca fue el desarrollo de las máquinas o sistemas corazón-pulmón, que hicieron posible la realización de operaciones a corazón abierto en un campo operatorio exangüe (3). Desde el siglo XIX, los fisiólogos han estado interesados en el comportamiento de órganos y tejidos aislados durante la circulación artificial. Este interés llevó al desarrollo de métodos cruentos para la oxigenación y perfusión sanguínea. Un punto de

referencia importante fue el trabajo de Von Frey y Gruber (4). En 1885 diseñaron el primer sistema corazón-pulmón consistente en un cilindro giratorio por cuya parte interior, recubierta de una membrana, circulaba la sangre impulsada por un sistema de jeringas y válvulas, movidas por un motor eléctrico.

Otro pionero fue el ruso S. S. Brukhonenko, quien en 1926 y junto a S. Tchetchouline, utilizó también un pulmón explantado de un animal donante como oxigenador, y dos diafragmas como bomba. Inicialmente se utilizó para perfundir órganos aislados, pero más tarde se aplicó a un animal completo. Brukhonenko predijo un brillante futuro en el desarrollo del bypass cardiopulmonar para la cirugía cardíaca (5).

Los primeros experimentos los realizó en gatos, los cuales cazaba por las calles de Boston, ayudado por su esposa. Una vez dormidos con éter, los conectaba al sistema y simulaba un embolismo pulmonar mediante un clamp en la arteria pulmonar. Durante estos experimentos, sólo tres animales recuperaron las funciones cardiorespiratorias normales, y todos murieron después de varias horas. Sin embargo, sirvió para sentar las bases de la circulación y oxigenación artificial modernas (5). Más adelante, sustituyó los sistemas de expansión y compresión de tubos de goma por las bombas, de rodillo de DeBakey, pero aun así los flujos alcanzados no eran suficientes para su utilización en humanos.

Paralelamente, otros grupos desarrollaban sistemas de corazón-pulmón. En 1946, en Suecia, Crafoord y Anderson idearon la primera máquina que utilizaba un sistema de discos rotatorios. Ésta consistía en varios discos que giraban semisumergidos en un depósito de sangre, creando una fina membrana de ella en la superficie, lo que facilitaba la oxigenación (5). La sangre se bombeaba mediante dos bombas pulsátiles. Durante varios años, Viking Bjork realizó numerosos estudios acerca de los cambios fisiológicos en la sangre causados por el bypass cardiopulmonar. A pesar de que el sistema funcionaba bien en animales, nunca se utilizó en humanos (6).

A finales de la década de 1940, en la Universidad de Utrech (Holanda), Jongbloed también diseñó y construyó un sistema de bypass cardiopulmonar, consistente en seis tubos giratorios de plástico en forma de espiral. Solamente se utilizó en experimentación (1). En 1953, John Gibbon, en Filadelfia, llevó a cabo la primera operación intracardiaca con circulación extracorpórea, pero fueron las investigaciones realizadas por Lillehei et al las que llevaron al establecimiento del dispositivo de circulación extracorpórea, constituido por la bomba de Sigmamotor y el oxigenador de burbujas de DeWall, que determinaron el rápido lanzamiento de un método de circulación extracorpórea asequible a los centros quirúrgicos del mundo (5,6).

Posteriormente, en 1954, se habían establecido las técnicas de circulación cruzada que Lillehei empleó en clínica para la corrección de cardiopatías congénitas. Lógicamente, estas técnicas tuvieron escasa difusión y cedieron rápidamente el lugar a las de circulación extracorpórea artificial desarrolladas, como hemos dicho anteriormente, por Gibbon en Filadelfia (1953), Lillehei y Varco en la Universidad de Minnesota (1954) y Kirklin, en la Clínica Mayo (1955) (6)

El desarrollo de dispositivos de bombeo – impulsión de sangre eficientes y atraumáticos ha sido paralelo al desarrollo de la tecnología de oxigenación. Distintos tipos de mecanismos de impulsión se han utilizado: rodillos cónicos, rodillos dobles, bombas centrífugas, tornillos de Arquímedes, bombas de pistón, de diafragma y bombas de tipo ventricular (6).

2.1.2 Bombas de circulación extracorpórea

Para suplir las funciones del corazón se han propuesto numerosos tipos de bombas cuya revisión en este momento no tendrían más interés que el puramente histórico (2). Si se pretendiera la exclusión del corazón derecho e izquierdo, sin excluir los pulmones, sería necesario el empleo de dos bombas que suplieran, respectivamente, la función de cada ventrículo, con condicionamientos hemodinámicos diferentes, ya que el pulmón necesita de una perfusión a baja presión, y eso determinaría una gran complejidad en el montaje

del dispositivo extracorpóreo (6). En la práctica es preferible suprimir completamente la perfusión de la circulación menor, lo que obliga a disponer de un oxigenador que cumpla la función pulmonar en el circuito.

Galletti resume en los siguientes puntos los requisitos que deben de tener las bombas que se han de emplear en circulación extracorpórea (7):

- Capacidad de impulsar flujos de hasta 5 litros por minuto y contra presiones de hasta 200 mmHg.
- Flujos en proporción a la frecuencia de pulsaciones o revoluciones de la bomba permitiendo la calibración fácil y fiable.
- Posibilidad de perfusión con bajas velocidades de flujo para disminuir al máximo la hemólisis. Todas las partes en contacto con la sangre deben ser de superficie lisa, evitando turbulencias, estasis, formación de burbujas o coágulos.
- Facilidad de desmontaje, limpieza y esterilización.
- Funcionamiento automático en el uso habitual, pero con posibilidad de manejo manual si fuera necesario.

Conociendo la velocidad que se imprime a la rotación de los rodillos así como el diámetro de los tubos, es posible fijar con precisión el flujo y definir la oleada sanguínea que determina cada revolución. Este tipo de bombas no conlleva problemas de esterilización, ya que el tubo se coloca por el lecho, yendo por dentro del mismo la sangre, que no permanece en contacto con el exterior (7). En la actualidad, mientras que el oxigenador realiza la tarea del pulmón durante el bypass cardiopulmonar, la bomba realiza la del corazón. Su función es la proporcionar un adecuado flujo de sangre oxigenada al sistema arterial del paciente (7).

Los principales requisitos técnicos de las bombas son (7):

- Amplio rango de flujos (superiores a 7l/m)
- Baja hemólisis
- Mínimas turbulencias y/o estasis sanguíneas
- Sencillez y seguridad de manejo

- Capacidad de obtener flujo pulsátil
- Buena relación coste/eficacia
- Posibilidad de calibración fácil y fiable
- Funcionamiento automático con posibilidad de manejo manual
- Facilidad de desmontaje y limpieza

Tipos de bombas

En la actualidad se utilizan principalmente tres tipos de bombas (7):

- A. De rodillo: son bombas de desplazamiento positivo volumétricas
- B. Centrífugas: bombas de palas o de vórtice
- C. Peristálticas: bombas de más reciente aparición

A. Bombas de rodillo

Es el tipo más común utilizado actualmente. De Bakey descubrió este tipo de bomba como una ayuda para una rápida infusión y/o transfusión de sangre. Tiene la ventaja de su sencillez, pero el inconveniente de ser relativamente traumática con las células sanguíneas debido a las fuerzas de rozamiento del rodillo sobre los tubos. El grado de traumatismo sobre la sangre es directamente proporcional a la oclusión de los rodillos sobre los tubos. A mayor oclusión, mayor hemólisis y viceversa (7).

Estas bombas consisten en un estator circular y un rotor con dos rodillos opuestos (180°). Los tubos son comprimidos entre el rotor y el estator con lo cual la sangre nunca está en contacto directo con el mecanismo. El flujo es unidireccional, mientras los rodillos mantengan una compresión suficiente sobre los tubos. Las bombas de rodillo requieren ajustes rutinarios para mantener un adecuado volumen de sangre a desplazar. Un ajuste de oclusión parcial es preferible a una oclusión total. Como guía, lo calibraremos de modo que en una columna de suero salino en tubo de 3/8" y 1 metro de longitud descienda 1 cm/min (2cm/min si utilizamos tubo de 1/ 4") (7).

El funcionamiento de la bomba debe monitorizarse cuidadosamente. Una disminución en el flujo de entrada de la bomba puede ocasionar un vacío excesivo (presiones negativas), lo que causaría la liberación de gas y la formación de burbujas, y una obstrucción en la salida causaría un incremento

excesivo de presiones, pudiendo producir la rotura del circuito y/o del oxigenador. Los mecanismos de seguridad incluyen sensores de presiones y burbujas, colocados en puntos estratégicos del circuito y que nos permitirán la parada (manual o automática) del sistema (8).

B. Bombas centrífugas

Uno de los elementos mecánicos de mayor difusión en la actualidad son las bombas hidráulicas, dispositivos que transforman una energía mecánica procedente del motor que las arrastra en energía hidráulica, fundamentalmente en forma de energía cinética y de presión. Con ellas, se comunica la suficiente energía cinética a la sangre mediante la rotación a alta velocidad de un dispositivo giratorio que consigue una fuerza centrífuga suficiente para ello. Este dispositivo se une al motor mediante un potente imán, manteniendo sellada hermética la cámara de bombeo, que es desechable (8).

Podemos distinguir entre dos tipos fundamentales de bombas (8):

- Turbobombas, son aquellas en que se aumenta el momento cinético del flujo. Dicho aumento se realiza en el rodete de la bomba y posteriormente en el mismo cuerpo de la bomba se transforma el exceso de energía cinética en presión, dentro del difusor (si lo hay) y en el caracol. Dentro de las turbobombas, también podemos distinguir entre tres tipos, según el cambio de dirección del fluido:
 - Centrífuga: el fluido sale de la bomba en el plano perpendicular al eje de entrada.
 - Axial: el fluido sale de la bomba en la misma dirección que entra.
 - Helicentrífuga: es el caso intermedio entre los dos primeros.
- Bombas de desplazamiento, “se trata de dispositivos en los que se aplica una determinada fuerza o momento en unas cámaras que se van llenando y vaciando alternativamente. El aumento de energía se realiza en forma de presión. Estas bombas también se llaman volumétricas”.

Las bombas centrífugas están diseñadas para minimizar la hemólisis y la

coagulación en caso de estasis de sangre. No son oclusivas, con lo que el flujo obtenido depende de la resistencia. Si la resistencia aumenta, disminuye el flujo (6). El uso de las bombas centrífugas requiere un estricto control del flujo mediante métodos electromagnéticos o ultrasónicos con sensores situados en circuito. La información obtenida permite ajustar la velocidad de la bomba en función de las variaciones de la resistencia (postcarga) (8).

Las bombas centrífugas son extremadamente prácticas: compactas, duraderas y fáciles de montar y ajustar. Causan mucha menos hemólisis que las de rodillo, tienen la ventaja añadida de que si entra aire en el circuito, la bomba deja de impulsar debido a que no puede transmitir energía a la sangre, por lo que minimiza el riesgo de embolismo aéreo masivo. Su inconveniente es el alto coste, lo que limita su uso rutinario (8).

C. Bombas peristálticas

La bomba peristáltica más conocida es la bomba Affinity®, que ha sido diseñada para su uso extracorpóreo. La cámara de poliuretano consta de tres segmentos distintos: llenado, oclusivo y mayor (1,4). La cámara de la bomba se llena de forma pasiva debido a la presión de llenado producida por el volumen de sangre en el reservorio, en oposición al llenado por presión negativa. Un segmento oclusivo localizado distalmente al segmento de llenado de la cámara de la bomba debe abrirse por la presión de llenado para permitir el flujo a través de la cámara. Se debe mantener un volumen adecuado en el reservorio para abrir el segmento oclusivo y permitir el llenado del segmento mayor (8).

Las características más importantes de funcionamiento y seguridad de las bombas peristálticas son (8):

- No vacía el reservorio venoso
- No permite el flujo retrógrado
- Limita el exceso de presión evitando fugas o desconexiones
- Alto flujo a bajas rpm, reduciendo el potencial de hemólisis
- No crea una presión negativa valorable, reduciendo el potencial de cavitación.

El poliuretano diseñado en forma de cámara lisa minimiza el desprendimiento de partículas extraña.

La evolución de la ciencias y aparición de nuevas tecnologías y materiales hacen esperar nuevos desarrollos en el futuro. En líneas generales, cabe esperar con respecto a las bombas, que se desarrolle un sistema no oclusivo, autocalibrado y pulsátil, de un solo uso y completamente incorporado al circuito. En la actualidad, en el montaje de una bomba estándar para perfusión de rodillo, compacta o modular, a gusto del usuario se incorpora además, una bomba centrífuga o persitáltica (9).

La bomba debe estar formada como mínimo por 4 rodillos. Uno de los rodillos se utilizará como impulsor de sangre y será el que realizará las funciones del corazón. Este rodillo es el que sustituiremos por el de la bomba centrífuga o peristáltica; el segundo rodillo lo utilizaremos como aspirador de campo; el tercer rodillo, como aspirador de cavidades (de ventrículo), y el cuarto rodillo, lo podremos utilizar para la inyección de la cardioplejía (soluciones comúnmente utilizadas durante cirugía cardiaca para reducir el daño al miocardio); además, deberemos disponer de un quinto módulo, que realice las funciones de batería alternativa en el caso de corte de fluido eléctrico (9).

CARDIOPROTECCIÓN (CARDIOPLEJIA)

El objetivo de la cirugía cardiaca es conseguir un resultado anatómico y funcional óptimo, con el menor daño miocárdico posible. Para minimizar este daño, se utilizan las técnicas de protección miocárdicas, que tienen como objetivo: mantener la viabilidad de los miocitos durante el tiempo de isquemia y evitar o disminuir el daño por reperfusión. La protección miocárdica no incluye solo el tipo de cardioplejía; sino el concepto de protección miocárdica es mucho más amplio (8).

Una estrategia adecuada de protección miocárdica requiere un enfoque completo, es decir, comprende intervenciones antes, durante y después de la isquemia. Antes de la isquemia, para preparar el corazón; durante la isquemia, para reducir las necesidades metabólicas; y después de la isquemia para intentar

reducir el daño por reperfusión. Todo ello requiere que sea un trabajo en equipo, entre cirujanos, anestesistas y perfusionistas (8,9).

Casi todos los aspectos de esta protección miocárdica implican, mantener el equilibrio entre el suministro y la demanda miocárdica de oxígeno; así como minimizar el daño por reperfusión. En una primera etapa, la protección miocárdica se basaba en dos axiomas: mantener el corazón lo más frío posible y establecer una batalla contra reloj, cuanto más rápido y menor tiempo de clampaje mejor. Posteriormente se ha demostrado que el desarrollo de una lesión isquémica depende más, de cómo el corazón es protegido que del tiempo que está la aorta pinzada (oclusión aórtica no es sinónimo de lesión isquémica) (8,9) Según la composición de la cardioplejia, esta puede ser cristaloides o hemática: La cardioplejia cristaloides fue una de las primeras que se empezaron a utilizar, debe su nombre a que se compone de 100% solución cristaloides, se administra a 4 °C para conseguir una temperatura miocárdica de 10-15 °C. La forma más frecuente de administración es por la raíz de aorta, mediante un presurizador manual, aunque también se administra por los ostium y seno coronario. Inicialmente se administraba dosis única y posteriormente se utilizaron dosis múltiples (9).

Existen muchos tipos de soluciones según su composición. En un intento de mejorar este tipo de cardioplejia se incorporó oxígeno en la solución, utilizando hemoglobina libre de estroma y perfluorocarbonos, surgió lo que se llamó cardioplejia cristaloides oxigenada. Ventajas de este tipo de cardioplejia: es un método sencillo y barato, ya que no necesita circuito ni intercambiador de calor. Mejor distribución teórica en las zonas con lesiones coronarias debido a su menor viscosidad, aunque hay autores que refieren: la infusión anterógrada del mismo flujo de hemática y cristaloides, el cristaloides da lugar a menor presión, lo que hace suponer que el flujo se desvía a coronarias sanas, disminuyendo la protección miocárdica en las zonas más isquémicas (8,9).

Permite controlar la concentración de calcio administrado. Contribuiría a un menor daño por reperfusión puesto que carece de leucocitos. La cardioplejia

cristaloide tiene como desventajas: la necesidad de añadir sustratos farmacológicos que se encuentran presentes en la sangre de forma natural y pueden tener efectos secundarios. Produce una mayor hemodilución. La protección miocárdica sería menor, al utilizar temperaturas mayores a 20 °C, pudiendo evitarse, repitiendo las infusiones para disminuir la temperatura miocárdica. Menor protección miocárdica en determinadas situaciones, como: isquemia prolongada más de 2h, pacientes coronarios (9).

En la cardioplejia hemática, la sangre es el principal vehículo para administrar la cardioplejia. Se compone de sangre, más solución cristaloide en una proporción diferente, que puede oscilar desde miniplejia hasta la clásica 4:1, u 8:1 llamada protección miocárdica integral (Buckberg). Comúnmente la cardioplejia hemática, es la más utilizada, aunque con diferentes protocolos. Según el momento de administrar la dosis, se habla de dosis de inducción, mantenimiento y reperfusión (8,9).

Las ventajas serían: proporcionar oxígeno al miocardio, menor hemodilución, componentes hidroelectrolíticos y PH más fisiológicos, buena capacidad para tamponar acidosis posee capacidad osmótica para disminuir el edema celular y posee antioxidantes endógenos (5). Soluciones cristaloideas hay muchas y con diferentes aditivos. Las características generales que deberían cumplir serían: inducir asistolia, proporcionar sustratos para obtener energía, compensar la acidosis y reducir el edema, no ser cito tóxica y equilibrar los objetivos de sencillez, coste y eficacia (9).

2.1.3 Oxigenación extracorpórea

El oxígeno molecular disuelto interviene prácticamente en todos los procesos metabólicos del organismo y es utilizado casi por completo en la mitocondria, donde la presión parcial de oxígeno (pO_2) debe mantenerse por encima de un nivel que asegure el mantenimiento del metabolismo aeróbico (5). Hay variaciones en los tejidos, y no se conoce con certeza cuál es la pO_2 en la que ocurre un daño irreversible, sin embargo sí existen pruebas en que la pO_2 intracelular crítica es alrededor de 1 mm Hg en la mitocondria (9,10).

La pO_2 del aire a nivel del mar es de 21,2 kPa (159 mm Hg). La pO_2 disminuye a través de las vías respiratorias, el gas alveolar, la sangre arterial, los capilares sistémicos y la célula, para finalmente alcanzar su nivel más bajo en la mitocondria, lugar donde se utiliza (10). En circunstancias normales, la pO_2 mitocondrial oscila en un límite de 0.5-3 kPa (3.8 a 22.5 mmHg), variando de unos tejidos a otros y de una célula a otra. La fosforilación oxidativa sólo puede realizarse cuando la pO_2 mitocondrial está por encima de un nivel crítico de 0.15-0.3 (1-2 mmHg), nivel conocido como punto de Pasteur (11).

Un objetivo prioritario en el transcurso de cualquier situación crítica en general, y de una intervención quirúrgica en pacientes de alto riesgo en particular, es asegurar el mantenimiento del metabolismo aeróbico, esto es, el mantenimiento de un nivel de oxígeno intramitocondrial por encima del nivel crítico de Pasteur y de manera especial en aquellos sistemas que son más vulnerables a la hipoxia (estado en el que el aporte de O_2 es insuficiente para satisfacer las necesidades orgánicas) (11).

La razón de ser fundamental del sistema cardiovascular es la de suministrar el flujo de sangre adecuado a los tejidos, aportando suficiente cantidad de oxígeno y de otros nutrientes, al tiempo que renovar los productos de desecho (10). Para una correcta oferta tisular de oxígeno se requiere una adecuada oxigenación de la sangre, una adecuada tasa y calidad de hemoglobina plasmática, y el adecuado flujo de sangre a los tejidos. La oxigenación, el contenido arterial de O_2 , la tensión arterial y la velocidad de la circulación de la sangre están relacionados y subordinados entre sí, combinando su acción al servicio de la célula (11).

El sistema respiratorio es el causante de la obtención del oxígeno del aire ambiente para suministrarlo a cada célula del cuerpo. Asimismo, es la causa de la extracción del anhídrido carbónico producido en las células y su expulsión a la atmósfera.

El aire pesa. El peso del aire medido a nivel del mar (presión atmosférica) es de 15 psi (1 atmósfera); el nivel del mar es un punto de referencia en el que el aire

es más denso. A medida que se asciende sobre el nivel del mar, el peso del aire y la presión que dicho peso ejerce se reduce, ya que la densidad va disminuyendo. Una atmósfera es suficientemente potente para mantener una columna de mercurio de 760 mm o una columna de agua de 32 psi (12).

Los pesos y presiones medidos sobre la Tierra están siempre en referencia con la presión atmosférica, y se asume que se añaden a ella. Por ejemplo, una persona que pesa 60 kg, tiene un peso absoluto de 60 kg más 15 psi, a causa del aire que está ejerciendo presión sobre él (9). Las presiones pueden ser medidas y generalmente expresadas en milímetros de mercurio o en centímetros de agua (10). El agua se utiliza para medir pequeñas presiones puesto que 1,3 cm H₂O es igual a 1 mmHg. También se utiliza el término torr (1 torr = 1 mmHg). La unidad internacional estándar de presión es el kilopascal, término cada vez más utilizado (1kPa = 7,3 mmHg) (12).

El aire de nuestro ambiente es una mezcla de gases. Está compuesto por oxígeno (O₂), dióxido de carbono (CO₂) y nitrógeno, que constituye el 79,03% del aire. El siguiente en abundancia es el oxígeno, con 20,93%, y el CO₂ constituye el 0,04% (12). La presión total del aire a nivel del mar es la suma de las presiones o pesos de cada uno de estos gases. La relación entre las presiones respectivas está en la misma proporción que los porcentajes, siguiendo la ley de Dalton de los gases. La presión ejercida por cada componente alveolar de la mezcla se denomina presión parcial, sin embargo a medida que el aire llegado al alveolo se ve envuelto en los procesos de intercambio gaseoso, las concentraciones se van alterando (12).

Las presiones parciales de oxígeno y anhídrido carbónico en la sangre arterial son valores bastante fijos, y en la sangre venosa pueden variar más ampliamente (ejercicio, ventilación). En la sangre venosa la presión gaseosa total es algo menor que la atmosférica (706 frente a 760). El aumento arteriovenoso de la pCO₂ desde 40- 46 mmHg es unas 10 veces menor que el descenso arteriovenoso de la pO₂ desde 100-40 mmHg (12).

Cuando la presión parcial de un gas es diferente en dos partes de un sistema,

esta diferencia se llama gradiente. El gas difundirá desde la parte de mayor concentración hacia la de concentración más baja, hasta que se alcance el equilibrio. Este diferencial o gradiente se llama gradiente de difusión (10). Cuando mayor sea el gradiente de difusión más rápida será la velocidad de difusión. En equilibrio, el gradiente es igual a 0. Los gases más ligeros difunden más rápidamente que los gases más pesados (12).

La ley de Graham determina que la velocidad de difusión de los gases es inversamente proporcional a la raíz cuadrada de su peso molecular. El O_2 tiene un peso molecular de 32, y el CO_2 de 44, de modo que el coeficiente de difusión del O_2 es de 5,6 y el del CO_2 de 6,6 (1,7). La solubilidad según la ley de Henry también afecta a la difusión de los gases. Cuanto más soluble sea un gas en el solvente (sangre, plasma), más rápidamente difundirá en dicho solvente (10). El CO_2 tiene un coeficiente de solubilidad de 0,592, mientras que el del O_2 es de 0,0244, es decir, que el del CO_2 es alrededor de 24 veces más soluble en el plasma que el O_2 . Si se combinan los efectos de la ley de Graham y la ley de Henry, el CO_2 difundirá 20 veces más rápido que el O_2 (12)

El O_2 contenido en la sangre, tanto el disuelto en el plasma como el combinado con la hemoglobina, variará en relación directa con la pO_2 . Estas relaciones son constantes aun con cambios de temperatura y pH; lo que cambia es la posición de la curva. Si la temperatura del cuerpo se reduce por debajo de lo normal, la curva se desplaza hacia la izquierda describiendo el hecho de que el O_2 está ligado a la hemoglobina más fuertemente a medida que la temperatura baja y se disocia con mayor dificultad de la hemoglobina (11). De modo análogo, si la temperatura se eleva sobre lo normal, la curva se desplazará hacia la derecha, y el O_2 se ligará más débilmente siendo disociado y cedido con mayor facilidad (13).

El pH normal de la sangre arterial es de 7,40 a 37 °C y el de la sangre venosa es de 7,37. Si la sangre se hace más alcalina (pH superior a 7,40) la curva se desplazará hacia la izquierda. Un estado alcalótico de la sangre capta O_2 con más firmeza a la hemoglobina y permite disociarse de ella con mayor dificultad para ser utilizado por los tejidos. De modo similar, si la sangre se hace más

acidótica (pH inferior a 7,37), la curva se desplazará a la derecha, el O₂ será ligado más laxamente y se disociará con más facilidad. Esta respuesta al pH es conocida como el efecto BOHR (13).

Dado que los cambios en la concentración de hemoglobina, temperatura, pCO₂ y pH son hechos habituales durante la CEC, es valioso recordar estos efectos sobre la cesión de O₂ a los tejidos. La cantidad de O₂ suministrada a los tejidos depende de los siguientes factores (13):

- pO₂ del aire inspirado
- Función pulmonar (eficiencia del intercambio gaseoso y de la velocidad de difusión a través de la barrera alveolocapilar)
- Concentración de hemoglobina
- Gasto cardiaco
- Distribución de la sangre en los vasos sanguíneos (resistencias vasculares periféricas).

En un paciente en reposo o bajo anestesia, el gasto cardiaco (con el aporte de O₂) está distribuido en el siguiente porcentaje (14):

- Cerebro: 16%
- Corazón: 6%
- Riñones: 24%
- Tracto gastrointestinal: 26% (hígado, bazo)
- Piel y músculos: 28%

Si se produce una disminución del gasto cardiaco a 1/3 de lo normal, como mecanismo de defensa del organismo se produce una isquemia selectiva. El flujo sanguíneo se aleja de algunos de estos órganos para orientarse hacia órganos principales donde la isquemia es peor tolerada (15).

- Cerebro: 30% (es insuficiente)
- Corazón: 15% (es insuficiente)
- Riñones: 0% (a intervalos)
- Otros sistemas: 55%

Si se prolonga el tiempo de isquemia, se produce un aumento del metabolismo anaerobio con incremento consecuente de la producción de ácido láctico. La transición entre isquemia selectiva y anoxia es la línea divisoria entre shock isquémico reversible y shock isquémico irreversible (15).

Oxigenación artificial. Intercambio gaseoso extracorpóreo

En un oxigenador artificial, aunque los gradientes de O₂ y CO₂ pueden ser diferentes a lo fisiológico, la química es la misma. La pO₂ de la fase gaseosa es de 700 mmHg aproximadamente, mientras que la pCO₂ puede variar entre 0-20 mmHg, dependiendo de si el gas oxigenante es O₂ al 100% o una mezcla de O₂ y un porcentaje de CO₂, es decir, aire comprimido. Como puede verse fácilmente con un gradiente tan amplio, la difusión hacia el exterior de cantidades excesivas de CO₂ (hipocapnia) puede ocurrir durante la CEC, por eso se añade CO₂, o aire comprimido, a la fase gaseosa, para reducir este gradiente (16).

La capacidad de transporte de O₂ durante la oxigenación artificial es dependiente de varios factores, tres de ellos son variables y tienen gran influencia durante la perfusión en la oxigenación tisular (16,25,26).

- Hemodilución: reduce la concentración de hemoglobina, disminuye el transporte (efectos positivos ↓ la viscosidad y ↑ la microcirculación).
- Hipotermia: reduce las necesidades de O₂ (de 37 °C a 28 °C en un 50%) ↓ producción de CO₂ con desplazamiento de la curva hacia la izquierda.
- Flujo sanguíneo inadecuado: En muchos casos se produce una vasoconstricción excesiva, compañero inseparable es un aumento de la PAM (presión arterial media) de perfusión, con aumento de las resistencias vasculares periféricas (RVP); consecuentemente se incrementa la actividad metabólica flujo-dependiente. La determinación de los gases sanguíneos evalúa la situación de la oxigenación tisular. Puede aparecer hipercapnia (↑pCO₂) si el flujo es insuficiente y se acompaña de una reducción de la pO₂.

Cuando se produce hipocapnia (\downarrow $p\text{CO}_2$) podemos pensar que el flujo es demasiado alto si se acompaña de aumento de la $p\text{O}_2$.

Las necesidades de un paciente son las que dictan las prestaciones requeridas por un oxigenador. Idealmente éste debe ser capaz de oxigenar hasta 6 litros de sangre/minuto, desde una saturación venosa (SvO_2) de 40 al 70 % hasta una saturación arterializada del 100% (15). El intercambio gaseoso en la sangre realizado por un oxigenador extracorpóreo depende de varios factores importantes tales como: el grosor de la película de sangre, que se produzca sobre la superficie de una burbuja, de un disco, de una pantalla, de una membrana, el área superficial y, además, el tiempo a lo largo del cual se efectúa la exposición de la sangre al O_2 y la presión parcial de este son de pareja importancia (16,20,27). En un oxigenador artificial, el grosor de la película de sangre varía habitualmente de 0,1-0,3 mm (lo que equivale al espesor de 20-60 hematíes), con películas de ese grosor la turbulencia es un factor principal en su eficacia.

Los sistemas artificiales diseñados para intercambiar gases con la sangre pueden dividirse en dos grandes grupos, dependiendo de que la transferencia se establezca mediante el contacto directo entre dos fluidos, la sangre y el gas, o lo haga a través de una membrana artificial imitando al pulmón biológico (13). Los oxigenadores de contacto directo fueron los primeros en desarrollarse históricamente debido a su mayor simplicidad conceptual. Existen 3 tipos diferentes de oxigenadores artificiales: de pantalla o disco, de burbuja y de membrana, cada uno con sus especiales características (16,20).

A. Oxigenador de burbuja

Se trata de un oxigenador de contacto directo; básicamente consiste en un difusor de O_2 que inyecta gas a la sangre venosa que va llegando, produciendo con ello una columna de burbujas, resultando una película de sangre que encierra esferas de gas (11). El intercambio gaseoso tiene lugar entre la película de sangre y el O_2 que ella envuelve. No existe barrera entre el gas y la sangre, el área de oxigenación es menos limitada que en el oxigenador de disco

(13,16,22).

Tiene en su estructura tres partes o secciones (17,20,22):

- Una columna de intercambio gaseoso por formación de burbujas
- Una cámara de desburbujación de sangre
- Un depósito o reservorio de sangre arterializada, esta última funcionando en muchas ocasiones como depósito y lugar integrado de filtro e intercambiador de temperatura.

La magnitud del flujo de oxígeno es importante. Un flujo excesivamente alto puede elevar innecesariamente la pO_2 y producir hipocapnia, un flujo bajo, oxigena insuficientemente con aumento de la pCO_2 (hipercapnia)(23,29). El perfusionista debe recordar el peligro de formación de microémbolos gaseosos con pO_2 elevadas por encima de 300 mmHg, así como el riesgo de vasodilatación y posterior edema cerebral si la pO_2 se eleva en exceso, por lo que el uso de este oxigenador requiere las determinaciones frecuentes de los gases sanguíneos (24,29).

B. Oxigenador de pantalla o disco rotatorio

En este oxigenador de contacto directo no existen barreras entre el gas y la sangre; el área de oxigenación está limitada al disco, aunque pueden tomar diversas formas. Todos estos oxigenadores dirigen la sangre venosa hacia una película del gas situada sobre algún tipo de material sólido dentro de una atmósfera rica en O_2 . Este tipo de oxigenador fue popular en dos configuraciones básicas: el disco rotatorio y la pantalla vertical. (30).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

MATERIALES

LUGAR DE LA INVESTIGACIÓN

Hospital Alcívar.

PERÍODO DE LA INVESTIGACIÓN

Del 1 de enero del 2017 hasta el 30 de junio del 2018.

RECURSOS UTILIZADOS

RECURSOS HUMANOS

- Investigadores.
- Tutor.

RECURSOS FÍSICOS:

- Historias clínicas
- Utilitarios de Windows: Word, Excel.
- Paquete estadístico: SPSS versión 21.
- Computadora
- Impresora
- Libros de Medicina Interna y Terapia Intensiva.
- Revistas de Medicina Interna y Terapia Intensiva.

UNIVERSO Y MUESTRA

UNIVERSO

Todos los pacientes que fueron sometidos a cirugía cardiaca con circulación extracorpórea que ingresaron a la Unidad de Terapia Intensiva del Hospital Alcívar durante el periodo del 1 de enero del 2017 hasta el 30 de junio del 2018.

MUESTRA

De tipo no probabilística por conveniencia, esta conformada por 90 pacientes que fueron sometidos a cirugía cardíaca con circulación extracorpórea. No se empleo formula para calcular el tamaño de la muestra ya que se analizó al total de pacientes que conformaron el universo.

CRITERIOS DE INCLUSIÓN

- Todos los pacientes que recibieron cirugía cardíaca con circulación extracorpórea que ingresaron a la UCI del Hospital Alcívar entre enero del 2017 a junio del 2018.
- Historia clínica completa.

CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

- Pacientes que no fueron sometidos a Circulación Extracorpórea
- Menores de 20 años de edad.

MÉTODOS.

TIPO DE INVESTIGACIÓN.

- Observacional.
- Analítica.
- Retrospectiva.
- Longitudinal.

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

- No experimental
- Epidemiológico

INSTRUMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN

Los formularios de recolección de datos fueron el instrumento principal de la investigación, teniendo como base la historia clínica institucional de la unidad hospitalaria. La selección de los pacientes se basó en el diagnóstico preoperatorio y el tipo de cirugía a realizar (coronaria, valvular, mixta y otras) que empleó circulación extracorpórea y pinzamiento aórtico.

El EuroSCORE II se utilizó para estratificar a los pacientes en grupos de bajo riesgo (0-2 puntos), riesgo intermedio (3-5 puntos) y de alto riesgo (> 5 puntos). Cada uno de estos grupos fue analizado por separado. Además se estratificó a la población en 4 grupos según el tiempo de circulación extracorpórea (< 120 minutos y > 120 minutos) y tiempo de pinzamiento aórtico (< 60 minutos y > 60 minutos). Las medidas de resultado estudiadas incluyeron la mortalidad hospitalaria, las complicaciones postoperatorias, edad, sexo, tipo de cirugía y factores de riesgo.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El software estadístico SPSS versión 21, se utilizó para el procesamiento, tabulación y análisis de la información obtenida de las historias clínicas. Los resultados se representaron en forma de tablas simples y de contingencia, se utilizó estadística descriptiva e inferencial. Para las variables numéricas continuas (tiempo de circulación extracorpórea y tiempo de pinzamiento aórtico) se aplicó la prueba de Kolmogórov-Smirnov para determinar si las variables tenían distribución normal. Se empleó las pruebas estadísticas T-student para muestras relacionadas para establecer las diferencias de resultados al encontrarse distribución normal de la muestra, chi cuadrado para determinar la asociación entre variables categóricas y odd ratio para estimar el riesgo de cada factor asociado. Se considerará significativo un valor de $p > 0,05$ empleando un nivel de confianza del 95%.

OPERACIONALIZACION DE LAS VARIABLES

VARIABLE	INDICADOR	VALOR FINAL	TIPO/ESCALA
VARIABLE INDEPENDIENTE			
Tiempo de circulación extracorpórea	Historia clínica	> 120 minutos < 120 minutos	Numérica De intervalo Dicotómica
Tiempo de pinzamiento aórtico	Historia clínica	> 60 minutos < 60 minutos	Numérica De intervalo Dicotómica
VARIABLES INDEPENDIENTES			
Mortalidad	Historia clínica	Presencia Ausencia	Categórica Nominal Dicotómica
VARIABLES INTERVINIENTES			
Edad	Historia clínica	20-40 años 41-60 años > 60 años	Categórica Nominal Dicotómica
Sexo	Historia clínica	Masculino Femenino	Categórica Nominal Dicotómica
Tipo de cirugía	Historia clínica	Valvular Coronaria Mixta Otros	Categórica Nominal Politómica
Complicaciones	Historia clínica	Presencia Ausencia	Categórica Nominal Dicotómica
Euroscore	Historia clínica	Riesgo bajo Riesgo intermedio Riesgo alto	Categórica Nominal Politómica
Factores de riesgo	Historia clínica	Presencia Ausencia	Categórica Nominal Dicotómica
Tipos de factores de riesgo	Historia clínica	Hipertensión arterial Diabetes mellitus Insuficiencia renal crónica Tabaquismo Evento cerebrovascular	Categórica Nominal Politómica

Tipo de complicaciones	Historia clínica	Fibrilación auricular Flutter auricular Trombosis venosa Neumonía Infarto agudo de miocardio Edema agudo de pulmón Mediastinitis Shock cardiogénico Shock hipovolémico Convulsiones ECV isquémico	Categoría Nominal Politómica
------------------------	------------------	---	------------------------------

CONSIDERACIONES ÉTICAS

El presente estudio está realizado con la autonomía que tienen las universidades para el fomento a la investigación y apoyándose en los aspectos legales como lo estipula La Constitución Política de la República del Ecuador en los artículos: Art. 4. Inciso 2, Art. 74. Inciso 2, y Art. 75 y se la realizó mediante la aprobación de una solicitud del autor y autorización por escrito de la Dirección Técnica y Departamento de Docencia hospitalaria.

Se solicitó para el estudio la debida aprobación del departamento de Docencia del Hospital Alcívar, una vez aprobado el tema. Además, se solicitó autorización para la revisión de historias clínicas (Anexo 4). La información personal de los pacientes se mantuvo en anonimato y sólo se anotó el número de historias clínicas como constan en el sistema informático intrahospitalario.

El manejo y la recolección de la información será manejada de forma confidencial e interinamente en el Departamento de Estadística de la institución de salud. No hubo intervención por parte del autor, ya que solo se realizó observación indirecta, no influyendo en la evolución de la enfermedad, motivo por el cual el estudio es considerado sin riesgo para los pacientes. Los resultados de la investigación son de utilidad académica e investigativa y solo serán difundidos por la Universidad de Guayaquil y la institución de salud que permitió el desarrollo de la investigación.

CAPÍTULO IV.

4. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1 RESULTADOS

Tabla 1. Distribución según las características generales de la población.

Grupos etarios	Frecuencia	Porcentaje
19-40 años	9	10,0
41-60 años	29	32,2
> 60 años	52	57,8
Total	90	100,0
Sexo	Frecuencia	Porcentaje
Femenino	25	27,8
Masculino	65	72,2
Total	90	100,0
Tipo de cirugía	Frecuencia	Porcentaje
Coronaria	42	47,0
Valvular	26	29,0
Mixta	15	17,0
Otros	7	8,0
Total	90	100,0
Condición del paciente	Frecuencia	Porcentaje
Muerto	22	24,4
Vivo	68	75,6
Total	90	100,0

Fuente: Hospital Alcívar.

Elaborado: José Luis Rodríguez Martínez; Carlos Sanmartín Herrera.

Interpretación: Del total de pacientes que participaron en el estudio (90), el 57,8% (52) correspondió al grupo etario de adultos mayores (> 60 años). La edad promedio fue de 59,43 años. El sexo masculino predominó con el 72,2% (65). La cirugía coronaria fue la más realizada con el 47% (42). La tasa de mortalidad en los pacientes que fueron operados de cirugía cardiaca con circulación extracorpórea fue del 24,4% (22).

Tabla 2. Distribución según el riesgo quirúrgico mediante la aplicación del Euroscore II.

Euroscore II	Frecuencia	Porcentaje
Riesgo bajo	62	68,9
Riesgo intermedio	15	16,7
Riesgo alto	13	14,4
Total	90	100

Fuente: Hospital Alcívar.

Elaborado: José Luis Rodríguez Martínez; Carlos Sanmartín Herrera.

Interpretación: Se utilizó el EuroSCORE para la predicción de mortalidad, permitiendo estratificar a los pacientes del estudio en riesgo bajo (68,9%), riesgo intermedio (16,7%) y riesgo alto (14,4%).

Tabla 3. Factores de riesgo asociados a la mortalidad post-operatoria de la cirugía cardiaca con circulación extracorpórea.

Tipos de factores de riesgo	Frecuencia	Porcentaje
HTA	51	56,7
DM	17	18,9
Tabaquismo	12	13,3
IRC	4	4,4
ECV	3	3,3
Total	87	100,0

Fuente: Hospital Alcívar.

Elaborado: José Luis Rodríguez Martínez; Carlos Sanmartín Herrera.

Interpretación: Con un nivel de confianza del 95%, los factores de riesgo más frecuentes asociados a mortalidad postoperatoria de cirugía cardiaca con circulación extracorpórea fueron la hipertensión arterial (56,7%), diabetes mellitus (18,9%) y el consumo de cigarrillos (13,3%).

Tabla 4. Análisis de asociación y riesgo de los factores asociados

Factores de riesgo		Mortalidad		Total	p-valor	Odd ratio
		Si	No			
Hipertensión arterial	Si	13 59,1%	38 55,9%	51 56,7%	0,01	3,877 IC95%: 0,331- 9,326
	No	9 40,9%	30 44,1%	39 43,3%		
Total		22 100,0%	68 100,0%	90 100,0%		
Diabetes mellitus	Si	6 27,3%	11 16,2%	17 18,9%	0,248	0,515 IC95%: 0,165- 1,607
	No	16 72,7%	57 83,8%	73 81,1%		
Total		22 100,0%	68 100,0%	90 100,0%		
Insuficiencia renal crónica (IRC)	Si	1 4,5%	3 4,4%	4 4,4%	0,979	0,969 IC95%: 0,096- 9,823
	No	21 95,5%	65 95,6%	86 95,6%		
Total		22 100,0%	68 100,0%	90 100,0%		
Fumador	Si	5 22,7%	7 10,3%	12 13,3%	0,136	0,390 IC95%: 0,110- 1,386
	No	17 77,3%	61 89,7%	78 86,7%		
Total		22 100,0%	68 100,0%	90 100,0%		
Evento cerebrovascular	Si	1 4,5%	2 2,9%	3 3,3%	0,716	0,636 IC95%: 0,055- 7,376
	No	21 95,5%	66 97,1%	87 96,7%		
Total		22 100,0%	68 100,0%	90 100,0%		

Fuente: Hospital Alcívar.

Elaborado: José Luis Rodríguez Martínez; Carlos Sanmartín Herrera.

Interpretación: Se realizó un análisis de asociación y estimación de riesgo, para lo cual las variables de factores de riesgo se agruparon de forma dicotómica para el manejo estadístico. Se encontró asociación estadísticamente significativa entre la mortalidad y la presencia de hipertensión arterial ($p=0,01$). La HTA triplica el riesgo de mortalidad en relación al grupo que no es hipertenso (OR: 3,877 IC95%: 0,331-9,326). No se encontró asociación estadísticamente significativa con las variables: diabetes mellitus, IRC, consumo de cigarrillos y ECV ($p < 0,05$) debido a que la muestra analizada fue pequeña y la frecuencia de presentación de estos factores fue mínima en el grupo de pacientes que fallecieron, lo cual repercutió en el resultado estadístico.

Tabla 5. Asociación entre el tiempo de circulación extracorpórea con la mortalidad post-operatoria de cirugía cardiaca.

Variables		Mortalidad		Total	p-valor	Odd ratio
		Si	No			
Tiempo de circulación extracorpórea > 120 minutos	Si	9 40,9%	11 16,2%	20 22,2%	0,015	3,587 IC95%: 1,234-10,430
	No	13 59,1%	57 83,8%	70 77,8%		
Total		22 100,0%	68 100,0%	90 100,0%		
Tiempo de circulación extracorpórea < 120 minutos	Si	57 83,8%	13 59,1%	70 77,8%	0,41	1 IC95%: 0,096-1,010
	No	11 16,2%	9 40,9%	20 22,2%		
Total		68 100,0%	22 100,0%	90 100,0%		

Fuente: Hospital Alcívar.

Elaborado: José Luis Rodríguez Martínez; Carlos Sanmartín Herrera.

Interpretación: Se obtuvo el chi-cuadrado con valor para p de 0,015 al asociar la variable mortalidad con el tiempo de circulación extracorpórea > 120 minutos, que indica que si existe asociación estadísticamente significativa entre ambas variables. Se aplicó odd ratio, obteniendo un valor de 3,587 IC95%: 1,234-10,430, lo cual indica que el tiempo de circulación extracorpórea > 120 minutos es un factor de riesgo 3 veces mayor para mortalidad, en comparación al grupo con tiempo de circulación extracorpórea < 120 minutos.

Tabla 6. Asociación entre el tiempo de pinzamiento aórtico con la mortalidad post-operatoria de cirugía cardiaca.

		Mortalidad		Total	p-valor	Odd ratio
		Si	No			
Tiempo de pinzamiento aórtico > 60 minutos	Si	30 44,1%	17 77,3%	47 52,2%	0,007	4,307 IC95: 1,425-13,017
	No	38 55,9%	5 22,7%	43 47,8%		
Total		68 100,0%	22 100,0%	90 100,0%		
Tiempo de pinzamiento aórtico < 60 minutos	Si	38 55,9%	5 22,7%	43 47,8%	0,007	0,232 IC95%: 0,077-0,702
	No	30 44,1%	17 77,3%	47 52,2%		
Total		68 100,0%	22 100,0%	90 100,0%		

Fuente: Hospital Alcívar.

Elaborado: José Luis Rodríguez Martínez; Carlos Sanmartín Herrera.

Interpretación: Se obtuvo el chi-cuadrado con valor para p de 0,007 al asociar la variable mortalidad con el tiempo de pinzamiento aórtico > 60 minutos, que indica que si existe asociación estadísticamente significativa entre ambas variables. Se aplicó odd ratio, obteniendo un valor de 4,307 IC95: 1,425-13.017, lo cual indica que el tiempo de pinzamiento aórtico > 60 minutos es un factor de riesgo 4 veces mayor para mortalidad, en comparación al grupo con tiempo de pinzamiento aórtico < 60 minutos.

4.2 DISCUSIÓN

El presente estudio se realizó para determinar la asociación entre el tiempo de circulación extracorpórea y pinzamiento aórtico (PAo) con la mortalidad postoperatoria de cirugía cardíaca en la unidad de cuidados intensivos del Hospital Alcívar en el periodo de enero del 2017 a junio del 2018. A continuación, se describe el análisis comparativo de los resultados de este estudio con los reportados a nivel internacional.

El presente estudio reporta al sexo masculino con el 72,2% y al grupo etario de mayores de 60 años con el 57,8% como los de mayor frecuencia entre los pacientes sometidos a cirugía cardíaca con CEC en la Clínica Alcívar. Un estudio realizado por Al-Sarraf et al (31), en el St. James's Hospital de Irlanda también reporta a los adultos mayores (89%) como el grupo más frecuente, con la excepción que en este estudio el sexo femenino fue el predominante con el 63%. Otro autor, Verheijen et al (32), reportó dentro de las características generales de la población al sexo masculino y adultos > 60 como los más comunes. Los resultados antes expuestos, evidencia que después de los 60 años edad aumenta la incidencia de cirugía cardíaca en la población de adultos de sexo masculino.

Los principales factores de riesgos en la población de estudio fueron la hipertensión arterial (56,7%), diabetes mellitus (18,9%) y el consumo de cigarrillos (13,3%). Poveda J (33), reporta como factores de riesgo de mortalidad la edad > 80 años (33%), hipertensión arterial (28%) e insuficiencia renal crónica (11%). Los resultados de Ruggieri et al (34), reportan al sexo masculino (77%), hipertensión arterial (56%) y tabaquismo (12%). La hipertensión arterial es un fuerte factor de riesgo que se asocia con bastante frecuencia a complicaciones en cirugía cardíaca.

El presente estudio, demostró que existe asociación estadísticamente significativa entre el tiempo de circulación extracorpórea > 120 minutos con la mortalidad aumentada ($p=0,015$), siendo considerado un factor de riesgo 3 veces mayor para mortalidad (OR: 3,587 IC95%: 1,234-10,430). Al-Sarraf et al,

demostró que el tiempo prolongado de pinzamiento aórtico se correlaciona significativamente con la mayor morbilidad y mortalidad postoperatorias en pacientes de alto y bajo riesgo ($p=0,0001$). A pesar de estos resultados, Ramírez G (35), encontró que la media del tiempo de CEC y de PAo fue de 82.4 ± 28.2 min, y 58.6 ± 20.3 minutos y el análisis ANOVA demostró que no existe correlación entre el tiempo de CEC/PAo y la mortalidad ($p > 0.05$).

Dentro de las limitaciones de esta investigación, se encontró el Hospital Alcívar no cuenta con una investigación similar a la actual línea de investigación, convirtiendo al presente estudio como el primero de su tipo que analizó la asociación del tiempo de CEC y el tiempo de Pao con la mortalidad postoperatoria.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

El objetivo del estudio fue determinar la asociación entre el tiempo de circulación extracorpórea y pinzamiento aórtico con la mortalidad post-operatoria de cirugía cardiaca en la unidad de cuidados intensivos del Hospital Alcívar en el periodo de enero del 2017 a junio del 2018, esto se cumplió mediante el análisis retrospectivo de las historias clínicas, obteniendo las siguientes conclusiones:

Los pacientes de sexo masculino, especialmente adultos mayores representaron la población de mayor frecuencia.

El riesgo quirúrgico mediante la aplicación del Euroscore II en los pacientes del estudio fue bajo en más de la mitad de la población de estudio.

La HTA triplica el riesgo de mortalidad en relación al grupo que no es hipertenso.

Existe asociación estadísticamente significativa entre el tiempo prolongado de circulación extracorpórea y la mortalidad post-operatoria ($p < 0,05$).

Existe asociación estadísticamente significativa entre el tiempo prolongado de pinzamiento aórtico y la mortalidad post-operatoria.

El tiempo de circulación extracorpórea > 120 minutos es un factor de riesgo 3 veces mayor para mortalidad (OR: 3,587 IC95%: 1,234-10,430).

El tiempo de pinzamiento aórtico > 60 minutos es un factor de riesgo 4 veces mayor para mortalidad (OR: 4,307 IC95: 1,425-13.017).

CAPÍTULO VI

RECOMENDACIONES

Considerar los resultados de esta investigación sobre la influencia que el tiempo prolongado de pinzamiento aórtico en pacientes con cirugía cardíaca tiene sobre la morbilidad y mortalidad postoperatoria, que permitan prevenir complicaciones o reducir su incidencia.

Incluir dentro del protocolo de manejo de pacientes para cirugía cardíaca con circulación extracorpórea el empleo del EuroSCORE II para la categorización del riesgo trans y postoperatorio que permita proporcionar medidas de prevención de complicaciones.

Reducir el tiempo de circulación extracorpórea y de pinzamiento aórtica en la medida que sea permitido para disminuir el impacto que tienen sobre la morbimortalidad postoperatoria.

Considerar el tiempo prolongado de circulación extracorpórea como predictores de mortalidad.

La identificación temprana de los factores de riesgo con la finalidad de reducir la frecuencia de complicaciones clínicas y la mortalidad post-operatoria.

Fomentar el abandono del consumo de cigarrillos en la comunidad de pacientes que asisten a la Clínica Alcívar.

Actualización médica continua sobre los desarrollos tecnológicos referentes a circulación extracorpórea en el Departamento de Cuidados intensivos de la Clínica Alcívar.

BIBLIOGRAFÍA.

1. Braga DV, Brandão MAG. Diagnostic evaluation of risk for bleeding in cardiac surgery with extracorporeal circulation. *Rev Lat Am Enfermagem*. 2018;26:e3092. Published 2018 Nov 29. doi:10.1590/1518-8345.2523.3092
2. Mzoughi K. Early outcomes of cardiac surgery in elderly patients. *Tunis Med*. 2018 Apr;96(4):160-166.
3. Piątek J. Total arterial myocardial revascularization in patients over 70 years old - a new trend in coronary surgery in elderly. *Przegl Lek*. 2016;73(11):813-5.
4. Mannacio VA, Mannacio L. Sex and mortality associated with coronary artery bypass graft. *J Thorac Dis*. 2018;10(Suppl 18):S2157-S2159.
5. Alam M, Lee VV, Elayda MA, et al. Association of gender with morbidity and mortality after isolated coronary artery bypass grafting. A propensity score matched analysis. *Int J Cardiol* 2014;167:180-4. 10.1016/j.ijcard.2011.12.047
6. Patti G, Bennett R, Seshasai SR, et al. Statin pretreatment and risk of in-hospital atrial fibrillation among patients undergoing cardiac surgery: a collaborative meta-analysis of 11 randomized controlled trials. *Europace* 2015;17:855-63. 10.1093/europace/euv001
7. Dolgner et al. Predictors of Death or Extracorporeal Membrane Oxygenation Support After Surgery for Adult Congenital Heart Disease. *Circulation*. November 11, 2016. Vol 134, Issue suppl_1
8. Becher et al. Venoarterial Extracorporeal Membrane Oxygenation for Cardiopulmonary Support. *Circulation*. November 13, 2018 Vol 138, Issue 20
9. Vedel AG, Holmgaard F, Rasmussen LS, et al. High-Target Versus Low-Target Blood Pressure Management During Cardiopulmonary Bypass to Prevent Cerebral Injury in Cardiac Surgery Patients: A Randomized Controlled Trial. *Circulation* 2018; 137:1770.
10. Ono M, Brady K, Easley RB, et al. Duration and magnitude of blood pressure below cerebral autoregulation threshold during cardiopulmonary bypass is

- associated with major morbidity and operative mortality. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2014; 147:483.
11. Fischer GW, Levin MA. Vasoplegia during cardiac surgery: current concepts and management. *Semin Thorac Cardiovasc Surg* 2015; 22:140.
 12. Hajjar LA, Vincent JL, Barbosa Gomes Galas FR, et al. Vasopressin versus Norepinephrine in Patients with Vasoplegic Shock after Cardiac Surgery: The VANCS Randomized Controlled Trial. *Anesthesiology* 2017; 126:85.
 13. Verheijen et al. The association between aortic cross clamp time and postoperative morbidity and mortality in mitral valve repair: a retrospective cohort study. *The Journal of Cardiovascular surgery* 2018 June;59(3):453-61 doi: 10.23736/s0021-9509.18.10123-6.
 14. Engelman R, Baker RA, Likosky DS, et al. The Society of Thoracic Surgeons, The Society of Cardiovascular Anesthesiologists, and The American Society of ExtraCorporeal Technology: Clinical Practice Guidelines for Cardiopulmonary Bypass--Temperature Management during Cardiopulmonary Bypass. *J Extra Corpor Technol* 2015; 47:145.
 15. Newland RF, Tully PJ, Baker RA. Hyperthermic perfusion during cardiopulmonary bypass and postoperative temperature are independent predictors of acute kidney injury following cardiac surgery. *Perfusion* 2013; 28:223.
 16. Daniel WT, Kilgo P, Puskas JD, et al. Trends in aortic clamp use during coronary artery bypass surgery: effect of aortic clamping strategies on neurologic outcomes. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2013;147(2):652-7.
 17. Emmert MY, Seifert B, Wilhelm M, Grünenfelder J, Falk V, Salzberg SP. Aortic no-touch technique makes the difference in off-pump coronary artery bypass grafting. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2014;142:1499–1506
 18. Salis et al. Cardiopulmonary Bypass Duration Is an Independent Predictor of Morbidity and Mortality After Cardiac Surgery *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*, Vol 22, No 6 (December), 2008: pp 814-822
 19. Karim HM, Yunus M, Saikia MK, Kalita JP, Mandal M. Incidence and progression of cardiac surgery-associated acute kidney injury and its relationship with bypass and cross clamp time. *Ann Card Anaesth*. 2017;20(1):22-27.

20. Salsano et al. Aortic cross-clamp time and cardiopulmonary bypass time: prognostic implications in patients operated on for infective endocarditis. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2018 Sep 1;27(3):328-335. doi: 10.1093/icvts/ivy085.
21. Lino K, Miyata H, Motomura N, Watanabe G, Tomita S, Takemura H et al. Prolonged cross-clamping during aortic valve replacement is an independent predictor of postoperative morbidity and mortality: analysis of the Japan Cardiovascular Surgery Database. *Ann Thorac Surg* 2017; 103:602–9.
22. Nissinen J, Biancari F, Wistbacka JO, Peltola T, Loponen P, Tarkiainen P et al. Safe time limits of aortic cross-clamping and cardiopulmonary bypass in adult cardiac surgery. *Perfusion* 2014;24:297–305.
23. Chu et al. Effect of Aortic Clamping Strategy on Postoperative Stroke in Coronary Artery Bypass Grafting Operations. *JAMA Surg*. 2016 Jan;151(1):59-62. doi: 10.1001/jamasurg.2015.3097.
24. Ruggieri VG, et al. Prognostic Impact of Prolonged Cross-Clamp Time in Coronary Artery Bypass Grafting. *Heart, Lung and Circulation*. 2017, <https://doi.org/10.1016/j.hlc.2017.09.006>.
25. Ramírez G, Morales I. Asociación entre el tiempo de circulación extracorpórea y pinzamiento aórtico en la mortalidad de pacientes operados de cirugía cardíaca. *Rev Sanid Milit Mex* 2014; 68(5) Sep -Oct: 251-256.
26. N. Al-Sarraf et al. Cross-clamp time is an independent predictor of mortality and morbidity in low-and high-risk cardiac patients. *International Journal of Surgery*. 2015. Vol. 9 (1):104e109.
27. Verheijen et al. The association between aortic cross clamp time and postoperative morbidity and mortality in mitral valve repair: a retrospective cohort study. *The Journal of Cardiovascular surgery* 2018 June;59(3):453-61 doi: 10.23736/s0021-9509.18.10123-6.
28. Poveda J. Factores pre y perioperatorios determinantes de la mortalidad precoz en pacientes mayores de 75 años sometidos a circulación extracorpórea. *Rev Esp Cardiol* 2014; 53: 1365-1372.

29. Ruggieri VG, et al. Prognostic Impact of Prolonged Cross-Clamp Time in Coronary Artery Bypass Grafting. *Heart, Lung and Circulation*. 2017, <https://doi.org/10.1016/j.hlc.2017.09.006>.
30. Ramírez G, Morales I. Asociación entre el tiempo de circulación extracorpórea y pinzamiento aórtico en la mortalidad de pacientes operados de cirugía cardíaca. *Rev Sanid Milit Mex* 2014; 68(5) Sep -Oct: 251-256.

ANEXOS

ANEXO 1. FORMULARIO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

UNIVERSIDAD DE ESPECIALIDADES ESPIRITU SANTO
FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS
ESCUELA DE MEDICINA

SERVICIO DE MEDICINA CRÍTICA DE LA CLÍNICA ALCÍVAR

Numero HC:..... Nombres:

I. INFORMACION GENERAL

Edad:..... años Fecha de nacimiento:.....

Lugar de residencia:..... Lugar de procedencia:.....

Ocupación:..... Año ingreso:..... Mes ingreso:.....

Escolaridad:.....

II. CARACTERÍSTICAS CLÍNICAS

- Tipo de cirugía realizada
 - Coronaria ()
 - Valvular ()
 - Mixta ()
 - Otros: _____
- Riesgo quirúrgico:
 - Puntaje EuroSCORE _____
 - Riesgo bajo ()
 - Riesgo intermedio ()
- Riesgo alto ()

- Factores de riesgo:
 - Presencia ()
 - Ausencia ()
- Tipos de factores de riesgo:
 - HTA ()
 - DM ()
 - IRC ()
 - Tabaquismo ()
 - ECV ()
- Mortalidad
 - Presencia ()
 - Ausencia ()

III. CARACTERÍSTICAS DE LA CIRCULACIÓN EXTRACORÓREA

- Pinzamiento aórtico:
 - Presencia ()
 - Ausencia ()
 - Tiempo de pinzamiento_____
 - Tiempo de circulación extracorpórea_____

Autores: José Luis Rodríguez Martínez
Julio San Martín Herrera.

ANEXO 4. AUTORIZACIÓN DEL ESTUDIO

Guayaquil, enero del 2017
DDI/MOM/AM/003/2017

Señor Doctor

Carlos Julio Sanmartín Herrera
Postgradista de Medicina Crítica
Hospital Alcívar
Presente

De mis consideraciones:

Por medio de la presente informo a usted que una vez revisada la Ficha Técnica de su trabajo de titulación: “ASOCIACION ENTRE TIEMPO DE CIRCULACION EXTRACORPOREA Y PINZAMIENTO AORTICO EN LA MORTALIDAD POSTOPERATORIA DE CIRUGIA CARDIACA EN LA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS DEL HOSPITAL ALCIVAR EN EL PERIODO ENERO 2017 JUNIO 2018” ha sido autorizada su solicitud para realizar su trabajo de investigación en el Hospital Alcívar.

Particular que informo para los fines pertinentes.

Atentamente,



Dra. Mayra Ordoñez Martínez

Jefe Departamento de Docencia e Investigación
Hospital Alcívar