

Conductas de perfusión en cirugías de arco aórtico en adultos en iberoamérica.

Perfusion management in adult patients undergoing aortic arch surgeries in Latin America.

AUTORES: NIDIA ROSA ALVERNIA OJEDA¹, ELIANA MARILYN CERÓN LÓPEZ², JENIFFER STEFANI CIPAMOCHA MORA³, MIRIAM ADELA HUAYTA GUEVARA⁴, VANESA PORTILLO YÁÑEZ⁵, VIELKA JULISSA RODRÍGUEZ GUERRA⁶, ROSA MARÍA ROMÁN JIMÉNEZ⁷, ADRIANA SANTIBAÑEZ GONZÁLEZ⁸, MARTHA SERNA RODRIGUEZ⁹, PAULA TIHISTA SAVIO¹⁰, MARÍA JOSÉ URIZA MARTÍNEZ¹¹, BERNY STEPHANIE VILLANUEVA NOLAN¹², FRADWIKIGNS VARGAS REYES¹³, BRIGIDA AGUERREVERE BRANGER¹⁴.
AUTOR DE CORRESPONDENCIA: VIELKA J. RODRÍGUEZ¹⁵.

¹Servicio de Cirugía Cardíaca. Hospital de Especialidades Alfredo Paulson. Guayaquil. Ecuador. ²Clínica Guayaquil. Guayaquil, Ecuador.

³Ab medical. Sydney, Australia. ⁴Hospital Nacional Guillermo Almenara Irigoyen (HNGAI). Lima, Perú. ⁵Instituto Nacional de Cardiología Ignacio

Chávez. Ciudad de México, México. ⁶Instituto Cardiovascular y Torácico. Ciudad de la Salud, CSS, Panamá. ⁷CEDIMAT Centro Cardiovascular. Santo Domingo. República Dominicana. ⁸Hospital Regional ISSSTE. Morelia, México. ⁹Hospital Infantil de México Federico Gómez. Ciudad de México, México.

¹⁰Cardiocentro. Asociación Española. Montevideo, Uruguay. ¹¹Escuela de Perfusión ALAP. CEDIMAT Centro Cardiovascular. Santo Domingo. República Dominicana. ¹²Escuela de Perfusión ALAP. CEDIMAT Centro Cardiovascular. Santo Domingo. República Dominicana. ¹³Unión Médica del Norte Santiago

de los Caballeros. República Dominicana. ¹⁴CEDIMAT Centro Cardiovascular. Santo Domingo. República Dominicana. ¹⁵Instituto Cardiovascular y torácico. Ciudad de la Salud, CSS, Panamá, República de Panamá. Correo electrónico: vjurod@gmail.com

RESUMEN

Introducción: La cirugía de arco aórtico ofrece grandes retos al equipo que realiza la cirugía, debido a las complejas técnicas que se requieren para su resolución. En el presente estudio, se realizó un consenso sobre las conductas en tendencia adoptadas por los perfusionistas en Iberoamérica.

Objetivos: Conocer las conductas de perfusión empleadas actualmente en pacientes adultos sometidos a cirugía de arco aórtico en Iberoamérica.

Métodos: Se realizó un estudio descriptivo prospectivo mediante una encuesta de 48 preguntas según variables: demográficas y laborales, monitorización y dispositivos utilizados, técnicas y configuración del circuito extracorpóreo y estrategias de perfusión guiadas por objetivos; tomando en cuenta las recomendaciones y protocolos en la guía americana 2024 para el diagnóstico y tratamiento de los síndromes agudos y crónicos de aorta. Los resultados fueron expresados en porcentajes, diagramas de barra y tablas de distribución; además, se usó como medida de tendencia central la media.

Conclusión: En la práctica actual de la conducción de la perfusión en cirugía de arco aórtico existe cierto grado de heterogeneidad en las estrategias de manejo y protocolos reportados. Es importante resaltar las siguientes tendencias: 40,85 % realiza paro circulatorio total entre 18 – 20 °C; 53,25 % usa la estrategia de Alpha Stat, y el 46,75 % usan la estrategia pH Stat; el 72,35 % refiere no realizar perfusión distal; el 42,14 % utiliza vasodilatadores durante la etapa de recalentamiento; el 44,52 % corrige el nivel de glucosa por encima de 200 mg/dl; el 76,81 % utiliza la perfusión guiada por objetivos y utiliza parámetros como: DO₂, VO₂ y SvO₂; mientras que el 21,78 % utiliza parámetros como el CO₂ en el puerto de extracción del oxigenador y el índice de extracción.

Palabras clave: Arco aórtico, aorta, iberoamérica, adultos, configuración del circuito extracorpóreo, estrategias de perfusión, circulación extracorpórea.

ABSTRACT

Introduction: The aortic arch surgery represents a challenge to the surgical team, due to the high level of complexity to develop the surgical techniques. For this reason, research was undertaken regarding trends adopted by Latin American perfusionists.

Objectives: To know the current perfusion strategies in adult patients undergoing aortic arch surgery in Latin America.

Methods: A prospective descriptive study was carried out based on a survey of 48 questions related to different aspects such as demographic distribution, occupation, monitoring, medical devices, surgical techniques, extracorporeal circuit components and goal directed perfusion strategies. This research took into consideration the recommendations and protocols compiled in the 2024 American Guide for the diagnosis and treatment of acute and chronic aortic syndromes. The results were expressed in percentages, bar graphs and distribution tables. The mean was used as a measure of central tendency.

Conclusion: In the current practice of perfusion in aortic arch surgery, there is a degree of heterogeneity related to the strategies and protocols. It is important to highlight the following trends: 40.85 % performed total circulatory arrest between 18 - 20 °C; 53.25 % used the Alpha Stat strategy; 46.75 % used the pH Stat strategy; 72.35 % did not use distal perfusion; 42.14 % used vasodilators during the rewarming; 44.52 % correct the glucose level above 200 mg/dl; 76.81 % use goal-directed parameters such as DO₂, VO₂ and SvO₂, while 21.78 % use parameters such as CO₂ at the oxygenator extraction port and extraction index.

Key words: Aortic arch, aorta, latin américa, adults, extracorporeal circuit configuration, perfusion strategies, extracorporeal Circulation.

TABLA DE ABREVIATURAS

AC	Arresto circulatorio	HA	Hemoadsorción
ACHP	Arresto circulatorio hipotérmico profundo	NMDA	N-metil-D-aspartato
AEP	Asociación Española de Perfusionistas	PAM	Presión arterial media
ALAP	Asociación Latinoamericana de Perfusión	PCA	Perfusión cerebral anterógrada
BIS	Índice bispectral	PCR	Perfusión cerebral retrógrada
C _A O ₂	Contenido arterial de oxígeno	PCS	Perfusión cerebral selectiva
CO ₂	Dióxido de carbono	PGO	Perfusión guiada por objetivos
DCP	Derivación Cardiopulmonar	PIE	Presión intraespinal
DO ₂	Entrega de Oxígeno	SBCEC	Sociedad Brasileña de Circulación Extracorpórea
EBC	Electroencefalograma	SDRA	Síndrome de dificultad respiratoria aguda
ETE	Ecocardiografía transesofágica	S _v O ₂	Saturación venosa de oxígeno
GABA	Ácido gamma aminobutírico	VO ₂	Consumo de oxígeno
GIK	Glucosa insulina potasio, solución		

INTRODUCCIÓN

La cirugía de arco aórtico se caracteriza por ser compleja, por lo que requiere de planeación por parte de un equipo quirúrgico donde destacan el cirujano, el perfusionista y el anestesiólogo. Este tipo de procedimientos se realiza frecuentemente bajo arresto circulatorio (AC). Durante este período existe un riesgo importante de eventos neurológicos y sistémicos, lo que desencadena un incremento en la morbimortalidad, por lo que se hace necesario la utilización de nuevas técnicas y estrategias innovadoras para proteger todos los órganos, especialmente al cerebro.

Las primeras intervenciones quirúrgicas de arco aórtico datan de 1950, fueron Michael E. DeBakey, Denton A. Cooley y E. Stanley Crawford, los pioneros del abordaje quirúrgico del arco aórtico, que favoreció el aumento de las cirugías de aorta torácica.¹

En 1963 Christian Neethling Barnard y Velva Schrire utilizaron el Arresto Circulatorio Hipotérmico Profundo (ACHP) y la derivación cardiopulmonar (DCP) simultáneamente en dos pacientes con aneurisma aórtico que afectaba a la aorta ascendente y al arco aórtico. Enfriaron a los pacientes a una temperatura de aproximadamente 10 °C medida en el esófago.²

En 1986 Jean Bachet y Daniel Guilmet, en Europa, introdujeron la perfusión cerebral selectiva (PCS)

anterógrada. Esta estrategia neuroprotectora conocida también como “cerebroplejía fría”, consiste en perfundir selectivamente el cerebro, en hipotermia profunda (6 - 12 °C), a través de las arterias carótidas durante un AC en hipotermia sistémica (26 °C). Esta estrategia facilitó que se realizaran procedimientos quirúrgicos más complejos y prolongados con menores complicaciones neurológicas y al mismo tiempo que permitía evitar la hipotermia sistémica profunda (< 20 °C) y sus complicaciones.³ Recientemente Jonsson y cols. realizaron estudios experimentales donde identificaron que, durante la PCS anterógrada, el umbral isquémico se encontraba cuando se usaban flujos inferiores a 6 ml/kg/min. Por lo que, a partir de este reporte, la mayoría de los centros adoptaron como protocolo la perfusión cerebral anterógrada (PCA) a un flujo de aproximadamente 8 a 12 ml/kg/min y una presión de perfusión de 40 a 60 mmHg a temperaturas entre 23 y 28 °C.¹

La Asociación Española de Perfusionistas (AEP), ha establecido protocolos de PCA con arresto circulatorio hipotérmico profundo (ACHP), circulación extracorpórea (CEC) e hipotermia moderada en AC y PCS así como estrategias de perfusión con doble rodillo arterial en cirugía de arco aórtico.^{4,5} Estas estrategias fueron consideradas factibles, por demostrar ser técnicas seguras y reproducibles, que permiten perfundir diferentes órganos, lo que facilita la protección medular y cerebral y permite acortar los tiempos de AC.⁶

El manejo quirúrgico de las enfermedades de la aorta, sobre todo las que involucran el arco aórtico y sus ramificaciones es complejo, los autores de revisión proponen mejoras en las técnicas quirúrgicas y de perfusión.

Después de haber revisado la literatura disponible, hemos observado que no existe una estandarización en cuanto a la conducta de perfusión en las cirugías de arco aórtico, por lo que surge la siguiente interrogante ¿Cómo es la conducta y estrategias de perfusión en cirugías de arco aórtico de los perfusionistas en Iberoamérica?

Para dar respuesta a esta interrogante se realizó una encuesta con el objetivo de conocer las diversas y actuales estrategias de perfusión en la cirugía de arco aórtico en pacientes adultos en Iberoamérica, con el fin de identificar la heterogeneidad de los protocolos, la implementación de nuevas técnicas y documentar la evidencia científica y la experiencia de la comunidad.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL:

Conocer las conductas de perfusión en cirugía de arco aórtico en pacientes adultos en Iberoamérica.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

-Monitorización y dispositivos.

Conocer los parámetros de monitorización cerebral invasiva y no invasiva.

Identificar la disponibilidad y uso de equipos y/o terapias de apoyo al proceso quirúrgico (recuperador celular y hemoadsorción).

Conocer los tipos de prótesis endovasculares utilizadas en la cirugía de arco aórtico.

-Técnicas empleadas y configuración del circuito extracorpóreo.

Identificar las técnicas de perfusión cerebral, canulaciones, presiones, flujos y tiempo de arresto circulatorio promedio en la cirugía de arco aórtico.

Analizar las diferentes configuraciones utilizadas en el ensamblaje del circuito para la perfusión cerebral selectiva y/o sistémica.

-Perfusión guiada por objetivos.

Conocer las estrategias de neuroprotección.

Identificar las diferentes estrategias de temperatura y el manejo de gases ph-stat y alpha-stat.

Conocer las medidas correctivas ante las alteraciones hemodinámicas y metabólicas que se presentan durante el enfriamiento y el recalentamiento.

Identificar la frecuencia de aplicación de técnicas de protección medular.

MÉTODO

Se realizó un estudio de tipo descriptivo prospectivo mediante la aplicación de una encuesta elaborada en la plataforma QUESTIONPRO®, se elaboraron 48 preguntas que fueron dirigidas a perfusionistas de Iberoamérica (ver anexo), abordando cuatro aspectos: demográficos y laborales, monitorización y dispositivos utilizados, técnicas y configuración del circuito extracorpóreo y estrategias de perfusión guiadas por

objetivos. Para la elaboración de la encuesta, se consideraron recomendaciones y protocolos publicados en la guía 2024 EACTS/STS/Guidelines for diagnosing and treating acute and chronic syndromes of the aortic organ.⁷ Luego de validar la encuesta, se distribuyó a través de las redes sociales, de la página web de la Asociación Latinoamericana de Perfusión (ALAP), de la Asociación Española de Perfusionistas (AEP) y de la Sociedad Brasileña de Circulación Extracorpórea (SBCEC). La encuesta permaneció abierta por dos semanas durante el mes de mayo del 2024. Una vez recolectada la información, los datos se almacenaron en la plataforma Questionpro®. Para el análisis de los datos se elaboró un documento de Excel Microsoft Office®, se aplicaron las herramientas de estadística descriptiva (porcentajes y media). A partir de ahí se analizaron y se sustentaron con bibliografía para su discusión.

CRITERIOS DE INCLUSIÓN.

Se incluyeron todos los perfusionistas que realizan perfusión en adultos en cirugías de arco aórtico en Iberoamérica (países de lengua española y portuguesa).

CRITERIOS EXCLUSIÓN.

Perfusionistas que no realizan su práctica de perfusión en Iberoamérica.

Perfusionista que solo trabajan perfusión pediátrica.

POBLACIÓN Y MUESTRA.

Durante dos semanas la encuesta se distribuyó a través de las redes sociales y de la página web de ALAP, AEP y de la SBCEC. Fue vista por 500 perfusionistas latinoamericanos y de España de los cuales respondieron 147, equivalente a una tasa de respuesta del 29,00 % la cual fue considerada como buena. En referencia a Brasil la encuesta fue traducida al idioma portugués y se obtuvieron 30 respuestas con una baja tasa de respondedores correspondiente al 3,75 %.

No fueron ofrecidos incentivos a los perfusionistas para contestar esta encuesta. El total de las encuestas recibidas fue de 177.

HIPÓTESIS.

HIPÓTESIS NULA:

No existe heterogeneidad en las técnicas implementadas actualmente en perfusión durante cirugías de arco aórtico en Iberoamérica.

HIPÓTESIS ALTERNA

Existe heterogeneidad en las técnicas implementadas actualmente en perfusión durante cirugías de arco aórtico en Iberoamérica.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

DEMOGRÁFICAS Y LABORALES

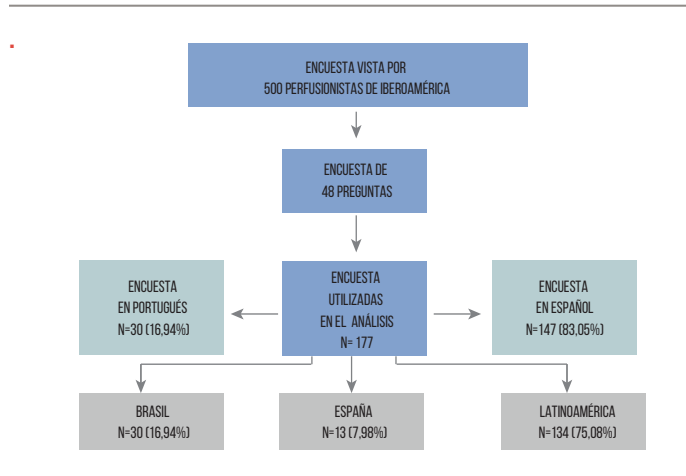


Figura 1: Diagrama que describe la distribución de las respuestas recibidas en los diferentes idiomas y regiones

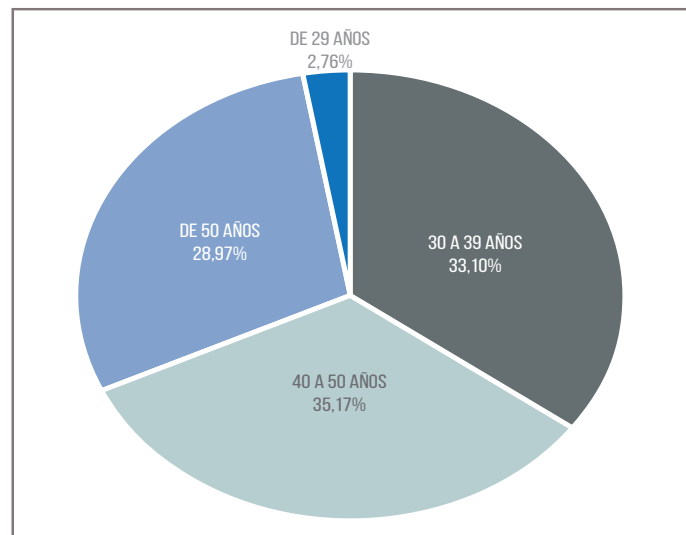


Gráfico 1: edad promedio de los perfusionistas (rango de edad)

La mayoría de los encuestados de 40 a 50 años y con experiencia laboral > 10 años son los que realizan los procedimientos de alta complejidad. La población de < 29 años corresponde a la menor tasa de respondedores, se puede asumir que aún no está especializada en este tipo de

procedimientos (Gráfico 1). El 60 % de los perfusionistas trabaja sólo en 1 centro hospitalario.

La cirugía de reparación del arco aórtico es un procedimiento complejo que requiere de AC, el manejo de conocimientos avanzados y comunicación entre miembros del equipo multidisciplinario. El paro circulatorio hipotérmico junto con la PCA ofrece a los cirujanos un campo operativo sin sangre al tiempo que reduce y mantiene la demanda metabólica cerebral y aumenta el tiempo de seguridad del arresto. De los encuestados sólo el 4 % no realiza cirugía de arco aórtico y de los que realizan este procedimiento el 59 % lo realiza con perfusión cerebral o regional, el 11 % continúa realizando este tipo de cirugías en hipotermia profunda y paro circulatorio total, y el 30 % solo utiliza el paro total sin perfusión al cerebro en ocasiones específicas.

MONITORIZACIÓN Y DISPOSITIVOS.

TABLA 1: TIPOS DE MONITOREO		
Invasivo	Linea arterial en miembro superior	49,22%
	Linea arterial femoral	13,26%
	Catéter Swan-Ganz	12,81%
	Otra	24,72%
No invasivo	Pulsimetría	44,88%
	Otra	55,13%
Cerebral	Bis	44,72%
	Saturación regional de oxígeno	46,61%
	Eco Doppler transcraneal	2,11%
	Electroencefalograma (EEG)	1,41%
	Saturación mixta bulbo yugular	1,41%
	Otro	7,75%

Las guías españolas anestésico-quirúrgicas del año 2020, para el tratamiento de la cirugía de la aorta recomiendan: la medición bilateral invasiva de la presión arterial radial para controlar la presión cerebral sin interrupción, la presión de la arteria femoral adicional permite evaluar la eficacia de la perfusión distal del cuerpo antes y después de la parada circulatoria hipotérmica, la medición de gasto cardíaco mediante los dispositivos PICCO, PULSION O VIGILEO, el uso de BIS (Índice Biespectral) para monitorizar la profundidad anestésica, además registra la tasa de supresión del electroencefalograma (EEG) en los últimos 63 segundos, la Ecocardiografía transesofágica (ETE) ofrece evaluación cardiovascular en tiempo real como una modalidad de imagen seminvasiva, la oximetría cerebral para monitorizar de forma continua y no invasiva cambios en el metabolismo cerebral. Las guías de neuromonitorización consideran el

doppler transcraneal como un indicador de clase III para monitorizar la embolización cerebral o la hipoperfusión. La oximetría en el bulbo yugular, se realiza colocando un catéter a nivel del bulbo de la yugular, canulando de forma retrógrada la vena yugular, actualmente el INVOS ha reemplazado esta técnica, si bien sigue siendo una opción para centros que no cuenten con esta tecnología.⁸

La tabla 1 refleja que el 49,22 % utiliza línea arterial en el miembro superior izquierdo y derecho. Aun cuando el catéter Swan-Ganz actualmente es poco usado, 12,83 % de los encuestados continúa utilizándolo. Con relación a la monitorización cerebral el BIS y la saturación regional de oxígeno ya sea con NIRS, INVOS, MASIMO, NONIN son de los más utilizados, aún existe un 7,75 % que no utiliza ningún dispositivo de monitorización cerebral.

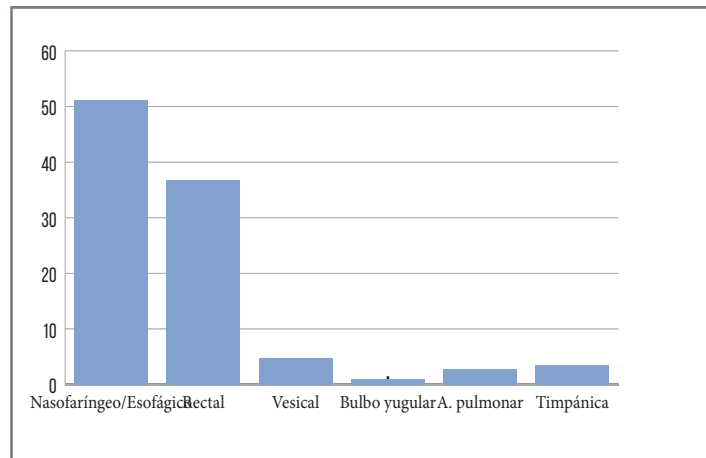


Gráfico 2: Sitios anatómicos para el monitoreo de la temperatura

El sitio anatómico más utilizado para monitorizar la temperatura continúa siendo el nasofaríngeo/esofágico con 51,11 %. (Gráfico 2). Los resultados coinciden con un trabajo anterior de perfusionistas latinoamericanos que realizó esta encuesta.⁹

La medición de la temperatura del bulbo yugular se reconoce como el mejor indicador de la temperatura cerebral pero no se utiliza habitualmente como lo revela esta encuesta y su precisión depende de la posición óptima de esta sonda de temperatura invasiva, aunque de acuerdo a la Guía de Práctica Clínica para *Bypass* Cardiopulmonar del manejo de temperatura durante *bypass* cardiopulmonar, de la STS/SCA/AmSECT menciona que el registro de la temperatura de la arteria pulmonar o la nasofaríngea es razonable para el destete y la medición de la temperatura inmediatamente después de la derivación. (Clase IIa, Nivel C).⁹

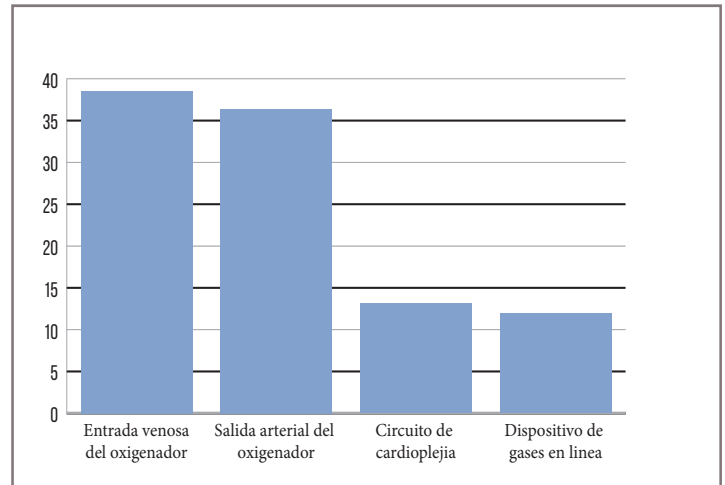


Gráfico 3: Sitio del circuito para monitoreo de temperatura

La Guía de Práctica Clínica para *Bypass* Cardiopulmonar, Manejo de temperatura durante *Bypass* Cardiopulmonar de la STS/SCA/AmSEC recomienda monitorizar la temperatura de la sangre a la salida arterial del oxigenador como sustituto de la medición de la temperatura cerebral durante la CEC (Nivel C, Clase 1).⁹

Se observa que la mayoría de los perfusionistas que eligen monitorizar la temperatura en la entrada venosa o en la salida arterial no se rige por la recomendación de la mencionada guía. (Gráfico 3).

En cuanto al uso del recuperador celular el 74,13 % de la población encuestada utiliza de manera rutinaria el recuperador celular, mientras que el 25,87 % no lo utiliza.

Algunos estudios concluyeron que "el uso rutinario de ahorro de glóbulos rojos es útil para la conservación de sangre en operaciones cardíacas que utilizan CEC, excepto en pacientes con infección o malignidad (Nivel de evidencia A) y que "el consenso sugiere que el uso de alguna forma de rescate de la sangre del campo quirúrgico y la reinfusión de sangre residual de la bomba al final de la CEC es razonable como parte de un programa de manejo de la sangre para minimizar la transfusión de sangre" (Nivel de evidencia IIa B).¹⁰ Por otra parte la sangre del campo quirúrgico se puede recolectar por separado en un reservorio (bicameral), una bolsa de transfusión de sangre o en el depósito de un recuperador celular, pues se ha demostrado que la sangre procesada o sangre del campo quirúrgico se asocia con una disminución de marcadores para la generación de trombina, activación plaquetaria, inflamación, lesión neuronal y disminución de la pérdida de sangre.¹¹ En relación

con las terapias adsorbedoras: el 24,05 % de los perfusionistas considera el uso de hemoadsorción (usan siempre el 6,60 % y usan a veces 17,45 %). Aunque dispositivo más conocido es la columna de Cytosorb, se comienza a ver entre los encuestados un porcentaje que ha iniciado la utilización de otros dispositivos como el de Jafron (29,00 % vs 6,00 % respectivamente), como terapia atenuante del síndrome de respuesta inflamatoria sistémica propiciado por la CEC de larga duración.

La terapia de hemoadsorción (HA) puede reducir potencialmente aún más la respuesta inflamatoria asociada con arresto circulatorio bajo hipotermia. La HA puede eliminar rápidamente las citocinas in vitro e in vivo.¹² Un estudio del 2019 investigó el efecto del uso intraoperatorio adyuvante de CytoSorb® en cirugía aórtica, y en general se observó una menor necesidad de terapia vasopresora y transfusiones de productos sanguíneos en comparación con los controles, y hubo una menor incidencia de síndrome de dificultad respiratoria aguda (SDRA).¹³

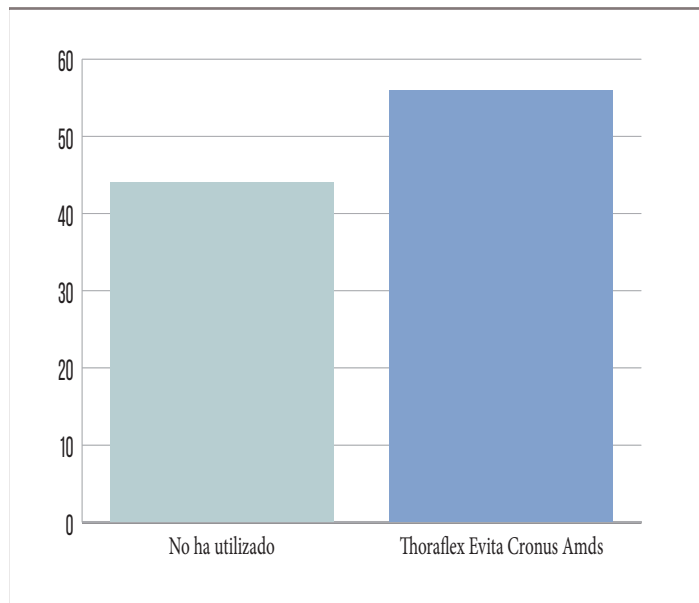


Grafico 4: Tipos de prótesis endovasculares

El uso de prótesis endovasculares en cirugía abierta ha ido en ascenso como muestra el gráfico 4, el 55,96 % sí las ha utilizado y entre ellas destacan: THORAFLEX, EVITA, CRONUS, AMDS. La incorporación de estas prótesis en el acto quirúrgico aporta un valor agregado al cierre del lumen falso de la disección, además de brindar puertos accesorios para perfusión cerebral y sistémica como la THORAFLEX y la EVITA. El perfusionista debe conocer las estrategias de

perfusión para perfundir a través de estos puertos, así como también el momento quirúrgico en el cual son desplegadas, bien sea en la aorta descendente y/o el arco aórtico.

Técnicas y configuración del circuito.

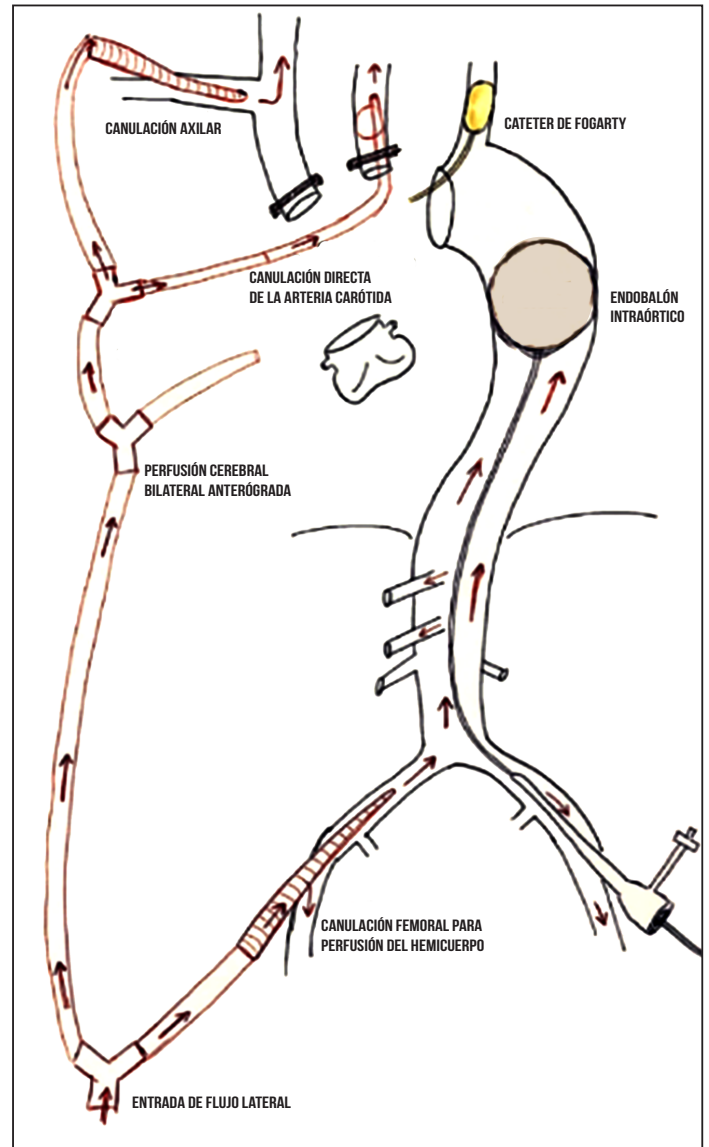


Figura 2. Diagrama del circuito arterial (tomado de Ascaso, Quintana. 2024).

La figura 2, muestra el esquema de la estrategia de canulación para realizar el reemplazo del arco aórtico con PCA bilateral y perfusión de la parte inferior del cuerpo, la cual se logra mediante una canulación femoral y la colocación de un endobalón de oclusión.¹⁴

Según la literatura consultada, la canulación de la arteria innominada para la derivación cardiopulmonar ofrece la ventaja de una canulación central con técnicas estándar, cuando la aorta ascendente y el arco aórtico no están disponibles, solo el 7,98 % de los encuestados realiza esta canulación (Gráfico 5). Esta técnica evita las dificultades asociadas a una segunda incisión (canulación de la arteria axilar) y a la perfusión retrógrada (canulación de la arteria femoral). La elección del sitio de canulación para el retorno arterial es un punto importante en la toma de decisiones durante la realización del *bypass* cardiopulmonar. El éxito de la canulación de la arteria axilar ha motivado el uso de la arteria innominada para la perfusión arterial en algunas circunstancias.¹⁵ La canulación femoral continúa siendo elegida por la mayoría de los equipos quirúrgicos según muestra el 28,19 %.

En cuanto a la canulación venosa el 30,61 % la realiza habitualmente con cánula única, a excepción de la existencia de procedimientos que requieren una doble canulación. Habitualmente se procede a la canulación de la aurícula derecha. En los casos en que sea recomendable iniciar la circulación extracorpórea antes de realizar la esternotomía, se puede utilizar la vena femoral.⁸ Se observa que los resultados difieren de la literatura, por lo que se puede inferir que la canulación venosa depende de lo que cada caso en particular requiera.

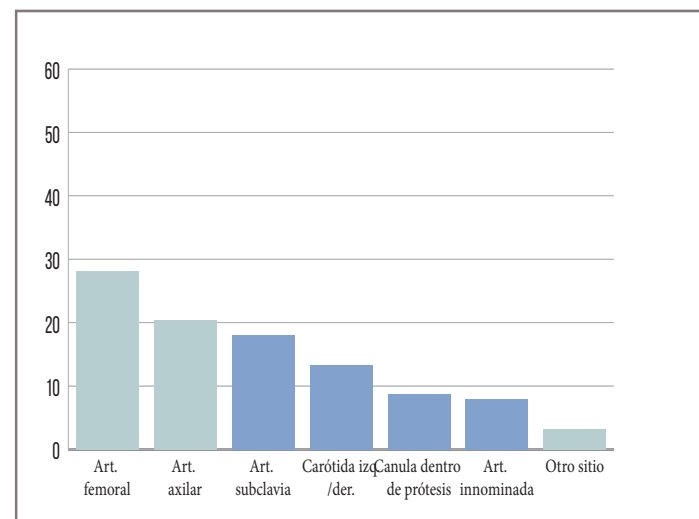


Gráfico 5: Sitio anatómico para la canulación arterial para el inicio

En cuanto a la perfusión cerebral el 27,60 % realiza la perfusión cerebral a través de la carótida izquierda o derecha o de manera bilateral; les siguen en preferencia el acceso axilar y subclavia. El 7,12 % de los encuestados utiliza de rutina una prótesis de dacrón de 8 Fr en alguno

de los accesos mencionados en donde introduce una cánula arterial. (Gráfico 6).

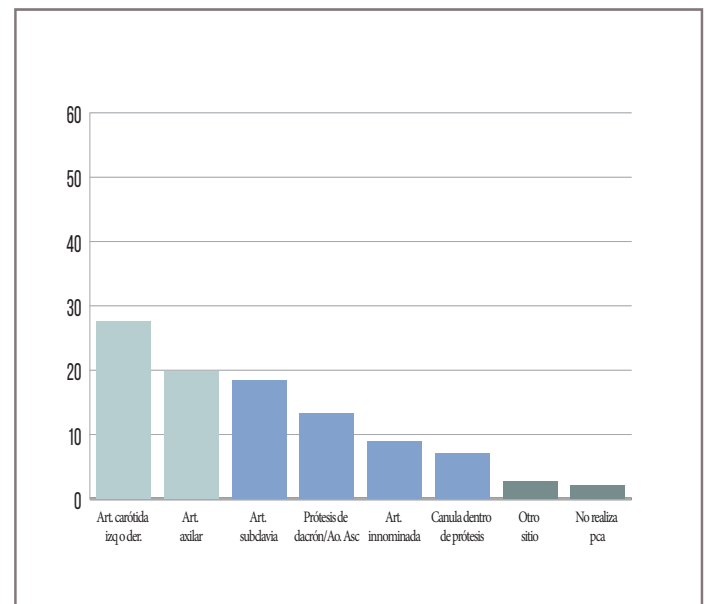


Gráfico 6: Vía para la perfusión cerebral anterógrada

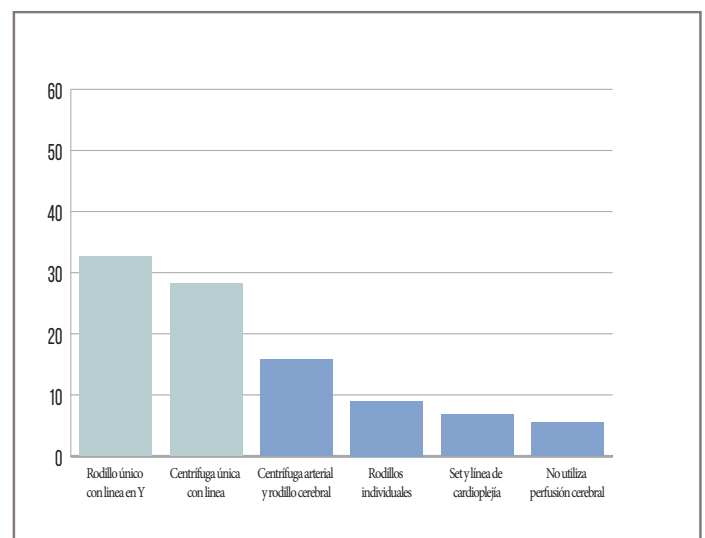


Gráfico 7: bomba principal para perfusión cerebral

El estudio reveló que el 32,70 % de los encuestados emplea un rodillo único con conexión en Y para la PCS, el 28,20 % utiliza una centrífuga única con conexión en Y para este propósito. Un 15,81 % opta por una centrífuga arterial junto con un rodillo para la PCS. Además, el 9,03 % de los perfusionistas utiliza rodillos individuales, es una técnica segura que permite perfundir diferentes órganos, adaptando

el flujo y presión correspondiente a cada zona según la temperatura y la superficie corporal durante toda la cirugía.¹⁶ Un 6,77% utiliza el set de cardioplejia para la PCS, y un 5,56 % de los encuestados indicó que no utiliza perfusión cerebral en sus procedimientos.

Es importante tener presente que, si se realiza PCS con rodillos independientes, para evitar colapsar la membrana del oxigenador es importante recircular de forma continua un 20 % más de flujo con el rodillo arterial, que con el rodillo de PCS.

El uso de una centrifuga como bomba principal podría ser importante para la seguridad del paciente y del perfusionista ya que al ser poscarga dependiente aporta mayor seguridad para perfundir el territorio cerebral, ya que un aumento de la presión, disminuye el flujo aportado, además de las bondades en cuanto a seguridad que la misma ofrece a nivel de manejo de bombas accesorias cuando la bomba principal está detenida.¹⁷ La PCS anterógrada con la técnica de conexión en Y es muy fácil y rápida de configurar en el circuito CEC (en cualquier momento durante la operación) y no crea dificultades adicionales para el cirujano. La ventaja más importante es que aumenta la "seguridad" de los perfusionistas, permitiéndoles utilizar una configuración de sistema CEC estándar.¹⁸ La elección entre una o dos bombas de rodillo y el uso de la conexión en Y para la PCA depende de la duración y complejidad del procedimiento, generalmente se utiliza de forma independiente más en pediatría que en el adulto, esta asegura siempre un manejo óptimo del flujo y minimiza los riesgos para el paciente y el equipo de perfusión.¹⁶

Como muestra la tabla 2 en cuanto al manejo de PCA el 50,22 % realizan la anterógrada unilateral, el 32,00 % la anterógrada bilateral, aunque aún se desconoce exactamente si la perfusión bilateral supera la unilateral, actualmente solo se ha asociado a mayor mortalidad en aquellos períodos más largos de AC > 50 min con perfusión unilateral.

En cuanto al flujo de PCA el 57,40 % administra flujo de 10 a 15 ml/kg/min, seguido del 37,87 %, 8 a 10 ml/kg/min. Según la literatura Jonsson y cols. Informaron sobre sus resultados experimentales de mínimo flujo sanguíneo cerebral seguro durante la perfusión cerebral anterógrada selectiva e identificaron un umbral isquémico de al menos 6 ml/kg/min. Por lo tanto, la mayoría de los centros que adoptan PCA en su práctica quirúrgica habitual perfunde el cerebro a un flujo de aproximadamente 8 a 12 ml/kg/min.¹ Se observa que los rangos utilizados en Latinoamérica se asemejan a lo recomendado. (Tabla 2).

En cuanto a la perfusión cerebral retrógrada (PCR) el 48,00 % de los encuestados no la utiliza y el 26,04 % mantiene un flujo de entre 200 a 300 ml/min, el 15,38 % de entre 400 a 600 ml/min y el 10,65 % usa flujos de 300 a 400 ml/min.

En la literatura se encontraron diferentes recomendaciones de un flujo de 150 a 300 ml/min.¹ Pero según las guías del consenso de las Sociedades Española de Cirugía Cardiovascular y Endovascular y la de Anestesiología, Reanimación y Terapéutica del Dolor, se recomiendan flujos de 300 a 500 ml/min.⁸

La PCR es de menor eficacia y existe el riesgo de edema cerebral proporcional al flujo y al tiempo.¹⁹ Se observa heterogeneidad en

TABLA 2: MANEJO DE LA PERFUSION CEREBRAL SELECTIVA

Tipo de perfusion cerebral		Perfusión cerebral anterógrada		
Tipo de perfusion cerebral	Unilateral	50,22 %	Perfusión cerebral anterógrada	
	Bilateral	32 %		
	Anterógrada unilateral/bilateral	11,11 %		
	Retrógrada	3,11 %		
	No utiliza	3,56 %		
Flujo				
8-10 ml/kg/min				37,87 %
10-15 ml/kg/min				57,40 %
15 ml/kg/min				4,73 %
Presión media				
50 mmHg				32,94 %
50-70 mmHg				38,24 %
>70 mmHg				1,18 %
No mide				27,65 %
Sitio de monitoreo Pam				
Arteria radial				35,12 %
Linea arterial salida del circuito				27,98 %
Cánula de perfusion cerebral				18,45 %
Set de cardioplejia				7,14 %
No mide				18,45 %
Tiempo de registro				
<30min				31,91 %
30-50 min				58,16 %
>50 min				9,93 %

la muestra de quienes realizan la técnica, esto puede deberse a que se sabe que el cerebro no es perfundido de manera efectiva debido a las derivaciones venosas, por lo que existe riesgo de edema cerebral, pero elimina los desechos y el aire de las arterias, previene la micro agregación de células sanguíneas y retrasa la acidosis en el cerebro isquémico al eliminar metabolitos. Por lo tanto, la PCR puede ser superior a la PCA en pacientes con estenosis carotídea grave, disección carotídea o ateroma difuso en el arco.¹⁹

En cuanto al sitio para monitorizar la presión de perfusión cerebral: el de mayor elección por los encuestados, con el 35,12 %, correspondió a la monitorización de la presión de perfusión cerebral en la arteria radial, generalmente la derecha. La cual el 38,24 % de los encuestados prefiere manejarla con valores de entre 50 a 70 mmHg y el 32,94 % lo hace con cifras < 50 mmHg. Otros grupos (18,45 %) no utilizan la arteria radial para esta medición y utilizan el puerto de salida de la cánula de perfusión cerebral. La medición de la presión en el set de cardioplegia la realizan el 7,14 % y un porcentaje no despreciable (11,31 %) no mide presión de perfusión cerebral durante la PCA.

Cuando se utiliza la arteria axilar derecha o la arteria innominada para el flujo arterial, la presión de perfusión de 50 a 70 mmHg es la presión de la línea arterial radial derecha.²⁰ Al analizar los datos se observa que coincide la tendencia a utilizar este valor, con lo referenciado en la literatura.

Durante el año 2020 López et al. en un documento de consenso: Guía anestésico-quirúrgica en el tratamiento de la cirugía de la aorta ascendente y del arco aórtico, recalca que la reparación quirúrgica abierta del arco aórtico requiere períodos de oclusión y perfusión selectiva de las ramas supra aórticas al menos temporalmente. Una línea arterial de un solo sitio no es suficiente para la monitorización ininterrumpida de la presión de perfusión de los órganos vitales. La medición bilateral invasiva de la presión de la arteria radial permite controlar la presión de perfusión cerebral sin interrupción durante la canulación en subclavia directa o con injerto y durante la reparación. Cuando la PCA axilar derecha se realiza a través de un injerto vascular arterial canulado, es posible la monitorización simultánea de la presión de entrada de la perfusión cerebral anterógrada axilar derecha y la presión radial izquierda resultante. Esto puede proporcionar información sobre la integridad funcional del polígono de Willis y/o el flujo sanguíneo de la arteria subclavia izquierda a la aorta torácica descendente. Sin embargo, la monitorización bilateral de la presión radial se usa solo en aproximadamente el 50 % de los centros europeos.⁸

Generalmente el tiempo promedio de perfusión cerebral de los centros quirúrgicos, según el presente estudio, oscila entre los 30 a 50 min con un 58,16 % que así lo registra.

Es importante conocer que cuando solo se utilizaba el arresto circulatorio hipotérmico en cirugías complejas, donde el tiempo perioperatorio excedió los 40 min, se reportaron tasas más elevadas de complicaciones neurológicas, y si el tiempo de arresto aumentaba por encima de los 65 min se incrementa dramáticamente la mortalidad.²¹

En cuanto a la posición del paciente en Trendelenburg durante la perfusión cerebral para evitar embolismo aéreo: el 50,30 % utiliza la posición, el 27,81 % no la utiliza y el 21,89 % la utiliza a veces. Las investigaciones no han demostrado el beneficio en la reducción de embolias cerebrales, falta evidencia más concluyente.²² Por lo observado se entiende que la decisión sobre el uso o no de esta posición queda sujeta al protocolo de cada servicio.

ESTRATEGIAS DE PERFUSIÓN GUIADA POR OBJETIVOS.

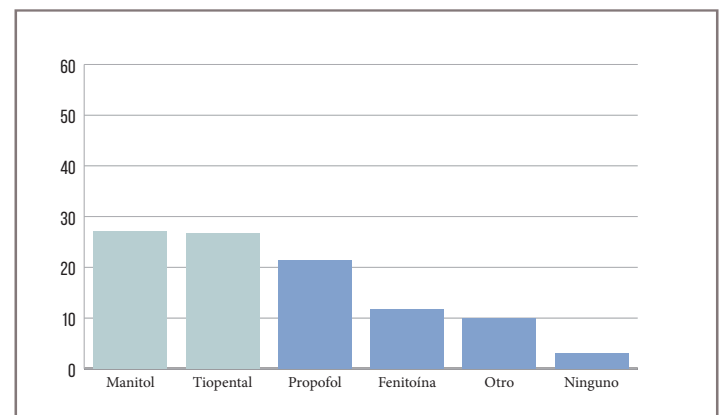


Gráfico 8: fármacos utilizados para neuroprotección durante el *bypass* cardiopulmonar

El gráfico 8, hace referencia a los fármacos utilizados por los perfusionistas para la neuroprotección, son el Manitol, el Tiopental y el Propofol los más utilizados. El Propofol preserva las neuronas contra lesiones isquémicas leves a través de la activación del receptor del ácido gamma aminobutírico (GABA), la inhibición de los receptores NMDA (N-metil-D-aspartato) y la reducción del transporte de los canales iónicos de calcio, sodio y potasio. El tiopental como agente barbitúrico disminuye la tasa metabólica cerebral, reduce el consumo de oxígeno cerebral y, por lo tanto, brinda protección durante la isquemia. El manitol, actúa como barredor de radicales libres después de la isquemia cerebral.²³

El 20,00 % de los encuestados refiere que utiliza protección medular, se observa que la técnica va adquiriendo relevancia dentro de las estrategias multimodales para disminuir la morbilidad (paraplejas y paraparesia) en este tipo de cirugías.

La técnica de protección medular está basada en que la presión de perfusión medular o espinal está dada por la diferencia entre la presión arterial media (PAM) y la presión intraespinal (PIE). La PIE está determinada por la presión del líquido cefalorraquídeo, es decir que el drenaje de este se considera un procedimiento efectivo para prevenir la lesión isquémica espinal posreparación aórtica (Clase I Nivel C).⁸

En cuanto a la meta de temperatura para realizar la perfusión cerebral, el 42,51 % de los perfusionistas la realizan entre 24 a 26 °C, el 31,74 % entre 26 a 28 °C, el 11,98 % entre 28 a 30 °C y el 13,77 % afirman estar en otro rango de temperatura. La hipotermia es una gran estrategia para disminuir la tasa metabólica cerebral durante la cirugía del arco aórtico, el consumo cerebral de oxígeno disminuye un 7,00 % por cada grado de reducción de temperatura. La supresión máxima de la tasa metabólica cerebral se produce durante la isoelectricidad del EEG.

El enfriamiento guiado por EEG minimiza la lesión hipotérmica al evitar el enfriamiento excesivo.²⁴

La temperatura óptima es controversial y esta influenciada por diferentes variables como el sitio de canulación, la tasa de perfusión, la de enfriamiento y de calentamiento, las técnicas de PCA, así como de la neuromonitorización con EEG para guiar el enfriamiento.²³

Se puede observar que, aunque la mayoría de los perfusionistas realicen la perfusión cerebral con temperaturas entre 24 a 26 °C, aún hay diversos rangos de hipotermia utilizados, cada vez son menos los centros quirúrgicos que realizan hipotermia profunda (< 20 °C). A pesar de que se ha demostrado que la supresión máxima de la tasa metabólica cerebral se mantiene hasta los 27,20 °C, hay centros que realizan perfusión cerebral entre 28 y 30 °C, puede atribuirse al esfuerzo por disminuir los efectos adversos de la hipotermia como mayores tiempos de CEC o mayor necesidad de transfusión sanguínea.

Como se observa en la tabla 3, el 40,85 % realizan AC total a temperaturas de entre 18 a 20 °C, lo que sugiere que es necesario mayor tiempo de seguridad para la corrección de patologías del arco aórtico, el 23,17 % lo hacen con temperaturas de entre 24 a 28 °C, el 18,29 % de 20 a 24 °C, el 12,20 % a 18 °C o menos y solo el 5,49 % de 28 a 32 °C.

El Arresto Circulatorio Hipotérmico Profundo (ACHP) sin PCS proporciona la forma más simple de neuroprotección, teniendo en cuenta que la conciencia se pierde a los 30 °C, la autorregulación cerebral a los 25 °C, a los 18 °C la tasa metabólica cerebral de oxígeno es aproximadamente del 17 al 30 % de la medida a normotermia y la tolerancia a la isquemia es 10 veces mayor que a la temperatura normal.²³ La diversidad de los rangos de temperatura puede depender de diferentes factores como la complejidad de la cirugía, la habilidad del cirujano, entre otros. Pero es evidente que un porcentaje muy bajo realiza AC con hipotermia moderada al representar menor disminución de la tasa metabólica cerebral y por lo tanto menor protección cerebral.

En el enfriamiento para realizar el paro circulatorio el 62,87 % de los perfusionistas manejan un gradiente de temperatura entre la salida arterial y la entrada venosa del circuito menor o igual a 4 °C (Tabla 3), siguiendo las recomendaciones de la Guía de Práctica Clínica para Bypass Cardiopulmonar del Manejo de temperatura durante Bypass Cardiopulmonar de la STS/SCA/AmSECT, que incluso permite un gradiente seguro no mayor de 10 °C, durante el enfriamiento (Clase 1, Nivel C).⁹

TABLA 3: MANEJO DE LA TEMPERATURA DURANTE EL ARRESTO CIRCULATORIO

Variable	porcentaje
Rango de hipotermia en el arresto circulatorio	
28-32°C	5,49 %
24-28°C	23,17 %
20-24°C	18,29 %
18-20°C	40,85 %
18°C o menos	12,20 %
Gradiente de temperatura arteriovenoso	
Menor o igual a 4°C	62,87 %
Mayor de 4°C	6,59 %
Que no exceda los 10°C	30,54 %

En el transcurso del paro circulatorio total el 53,25 % de los encuestados afirmaron que usan la estrategia de Alpha Stat, y el 46,75 % usan la estrategia pH Stat.

A medida que disminuye la temperatura, los valores de PaO₂ y PaCO₂ se reducen y los valores de pH aumentan. Así que, en el manejo del pH con hipotermia, se consideran dos estrategias.

La estrategia Alpha Stat, conserva la actividad celular, proteica y enzimática en un entorno normal, logrando así una mejor preservación de la autorregulación cerebral, el flujo y el acoplamiento neurovascular.²⁴

En la estrategia pH Stat, hay una pérdida de la autorregulación cerebral y un enfriamiento más homogéneo de las estructuras cerebrales más profundas, aunque con un mayor riesgo de edema cerebral por aumento del flujo sanguíneo cerebral y una carga microembólica potencialmente mayor. Por lo cual, la evidencia sugiere que la estrategia Alfa Stat es preferible en el adulto, mientras que la pH Stat es preferible en la práctica pediátrica, particularmente con arresto circulatorio hipotérmico profundo.²⁵

Indagando un poco acerca de la perfusión en los miembros inferiores durante el AC, recientemente se ha informado sobre distintas técnicas para canular la aorta descendente durante la cirugía del arco aórtico, el objetivo es asegurar la perfusión renal y esplácnica con hipotermia moderada para proteger los órganos y así disminuir los niveles de lactato, la estancia hospitalaria y la lesión renal aguda postoperatoria.²⁶ Según la tabla 4, solo el 27,64 % mide el flujo que aporta al hemicuerpo inferior; el 72,35 % refieren no realizar perfusión distal y entre los dispositivos que más usan para monitorizar la perfusión distal están el NIRS/BIS/INVOX que corresponde con el 35,67 %. Se puede deducir que actualmente la perfusión en el hemicuerpo inferior durante este tipo de procedimientos es una técnica novedosa o poco explorada para una cantidad considerable de grupos de trabajo.

TABLA 4. PERFUSIÓN SISTÉMICA HACIA EL HEMICUERPO - MANEJO DURANTE LA CIRUGÍA DE ARCO AÓRTICO EN ADULTOS

Flujo sistémico	No realiza medición del flujo	72,35 %
	Medición del flujo	27,64 %
Dispositivos no invasivos para evaluar el flujo	NIRS/BIS/INVOX	35,67 %
	No utiliza	35,67 %
	Transductores en línea	17,54 %
	Pulsioximetría en miembros inferiores	11,11 %

Una vez terminado el paro circulatorio posterior al arresto circulatorio el 84,62 % de los encuestados utiliza flujo lineal/laminar y el 15,38 % usa flujo pulsátil. El flujo pulsátil ha demostrado que tiene un mayor beneficio en pacientes de riesgo de daño a órgano blanco, por ejemplo, el riñón. En

pacientes sin riesgo de falla, el beneficio del flujo pulsátil puede ser que ocurra a niveles subclínicos, haciendo que la selección de los pacientes sea un factor significativo en la comparación de los resultados.²⁷

Luego de terminar el paro circulatorio comienza el periodo de recalentamiento del paciente. El 42,14 % de los perfusionistas encuestados utilizan vasodilatadores durante la etapa de recalentamiento, el uso de ellos debe realizarse con precaución debido a los posibles efectos secundarios, como la disminución significativa de la resistencia vascular.

Un enfoque más lento y progresivo puede ser preferible, permitiendo una distribución más uniforme de la temperatura en el organismo evitando problemas asociados a un rápido aumento del consumo de oxígeno y la acumulación de CO₂ al final del recalentamiento.¹

Durante el recalentamiento en CEC, cuando la temperatura de salida de la sangre arterial es igual o superior a 30 °C, es crucial mantener un gradiente de temperatura controlado de ≤ 4 °C entre la salida arterial y la entrada venosa (Clase IIa Nivel B), ya que ayuda a prevenir una excesiva disolución de gases en la sangre que retorna al paciente.⁸ Los datos muestran que la mayoría de los encuestados limitan el aumento de temperatura durante la circulación extracorpórea a menos de 4 °C (62,87 %) o hasta 10 °C (30,54 %) .(Tabla 5).

TABLA 5: MANEJO DE LA TEMPERATURA EN DERIVACIÓN CARDIOPULMONAR

Gradiente de temperatura	
Menor o igual a 4°C	62,87%
Mayor de 4°C	6,59%
Que no exceda los 10°C	30,54%

En cuanto al manejo de la hiperglucemia se entiende que factores como la respuesta metabólica al estrés, la hipotermia, la acción de la bomba de CEC, el metabolismo cardíaco y la resistencia a la insulina pueden aumentar los niveles de glucosa en sangre que puede empeorar el pronóstico neurológico debido a que promueve la inflamación y el estrés oxidativo, daña la microcirculación cerebral y aumenta la glucólisis anaerobia, lo que conduce a una acumulación de lactato y acidosis intracelular. La Society of Thoracic Surgeons recomiendan mantener niveles de glucemia < 180 mg/dl. La corrección se puede realizar mediante bolos

y/o infusiones de insulina, solución de glucosa - insulina - potasio (GIK), cuyo objetivo es controlar los niveles de glucosa en sangre para evitar complicaciones asociadas con la hiperglucemia durante y después de la cirugía cardíaca.²⁸ Según la encuesta, el 44,52 % corrige el nivel de glucosa > 200 mg/dl, y el 7,79 % no realiza corrección. (Tabla 6).

TABLA 6: MANEJO DE LOS NIVELES DE GLUCOSA DURANTE EL BYPASS PULMONAR		
Nivel de hiperglicemia donde realizan intervención	<160 mg/dL	4,21 %
	161 - 180mg/dL	7,33 %
	181 - 200mg/dL	36,11 %
	>200mg/dL	44,72 %
	No corrige	7,79 %
Plan de corrección	Bolos de insulina	58,93 %
	Infusion continua de insulina	7,64 %
	Combina bolos/infusión	21,85 %
	Solución polarizante	8,43 %
	No corrige	3,15 %

En la Tabla 6, se observa que el 58,93 % de perfusionistas utilizan bolos de insulina, el 7,64 % infusión continua de insulina, el 21,85 % combina ambas estrategias, el 8,43 % utiliza solución polarizante mientras que el 3,15 % no corrige.

En cuanto a la corrección de bicarbonato, la figura 3 describe que el total de los encuestados corrige el bicarbonato teniendo en cuenta el peso, exceso de base y la constante, el 34,47 % administra el total de lo calculado mientras el 36,36 % administra la mitad de lo calculado sin embargo el 4,90 % no corrige y el 9,09 utiliza otro método.

La administración del bicarbonato debe ser realizada siempre evitando la administración brusca del mismo y monitorizando los valores de sodio sérico. El uso excesivo de bicarbonato puede generar diversas complicaciones, en primer lugar, la generación de alcalosis que desvía la curva de disociación de oxihemoglobina hacia la izquierda, aumentando su afinidad por el oxígeno y disminuyendo la liberación de oxígeno a los tejidos. En segundo lugar, produce hipernatremia e hiperosmolaridad, lo que resulta el fallo multiorgánico, con especial afección de los riñones y cerebro. Si el sodio se eleva rápidamente por el bicarbonato de sodio en el cebado o por su administración posterior puede producirse mielinolisis pontina central.

El compromiso neurológico producido por la administración excesiva de bicarbonato se manifiesta con alteraciones del tono muscular y movimientos anormales de las extremidades. El

exceso de bicarbonato se transforma en CO₂ contribuyendo a acidosis intracelular.²⁹

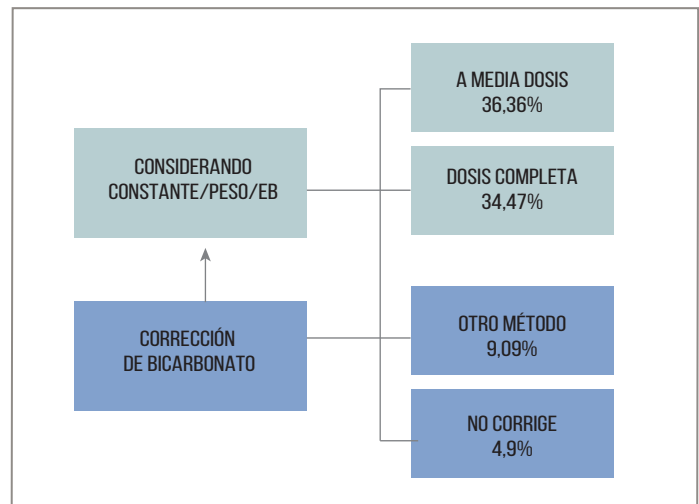


Figura 3: Reposición de bicarbonato al salir del arresto circulatorio

La vigilancia continua de los niveles de sodio sérico es crucial para prevenir mielinolisis pontina central y otros efectos adversos neurológicos asociados con el exceso de bicarbonato, asegurando así la seguridad y la eficacia del manejo durante la CEC.

Durante la CEC es fundamental el cálculo y monitoreo de los parámetros de acuerdo con las condiciones individuales del paciente; por tal motivo, la perfusión guiada por objetivos (PGO) es beneficiosa en cada uno de los casos. Entre estos parámetros se incluyen, la entrega de oxígeno (DO₂) el cual confirma la correcta oxigenación de los tejidos, especialmente en áreas críticas como el cerebro; la presión arterial media (PAM) asegura una adecuada perfusión tisular; la saturación venosa de oxígeno (SvO₂) evalúa la extracción de oxígeno por parte de los tejidos; el consumo de oxígeno (VO₂) corresponde al volumen de oxígeno que el cuerpo consume metabólicamente; el contenido arterial de oxígeno (CaO₂) toma en cuenta la cantidad de hemoglobina disponible para transportar, así como aquella mínima fracción de oxígeno que llega a los tejidos disuelta en el plasma. El objetivo es optimizar la oferta de oxígeno para prevenir complicaciones como la lesión renal aguda. Se mantiene el DO₂ dentro de ciertos parámetros específicos para garantizar una adecuada perfusión tisular.³⁰

El 76,81 % de los encuestados utilizan los parámetros de la perfusión guiada por objetivos como: el DO₂, el VO₂ y la

SvO₂, el 21,78 % utilizan el CO₂ en el puerto de extracción del oxigenador y el índice de extracción. (Tabla 6). En la tabla 6 se observa que la mayoría de los encuestados (80,86 %) mantienen el DO₂ entre 272 a 300 ml/min/m², el 4,96 % lo mantiene > 262 ml/min/m² y el 14,18 % asegura no medirlo.

Parámetro de medición	Valor	Porcentaje
Parámetro de medición	DO2	16,81 %
	SvO2	
	VO2	
	CO2	21,78 %
	IEO2	
Mantenimiento de DO2 durante el <i>bypass</i> cardiopulmonar	No utiliza PGO	1,41 %
	>272-300ml/min/m2	88,86 %
	>262ml/min/m2	4,96 %
	No utiliza PGO	

CONCLUSIONES

Después de la revisión de la literatura disponible a nivel internacional y del análisis del resultado de la encuesta informativa desarrollada en la región Iberoamericana, se concluye que, en la conducción de la perfusión en la cirugía del arco aórtico en adultos, existe cierto grado de heterogeneidad en cuanto a los protocolos de manejo. Actualmente las estrategias reportadas por los perfusionistas en Iberoamérica se encuentran soportadas mediante la evidencia científica y las guías de manejo americanas y europeas.

Es importante resaltar ciertos puntos observados en los resultados de la encuesta. La planeación preoperatoria multidisciplinaria prevalece en la comunidad, siendo la comunicación parte fundamental para el procedimiento quirúrgico. Actualmente, un alto porcentaje de profesionales realiza la cirugía del arco aórtico con empleo de la PCS, lo cual mejora el pronóstico del paciente, ya que suministra un nivel de seguridad en cuanto a la extensión del tiempo quirúrgico, el grado de hipotermia usado y la preservación fisiológica de la función cerebral, disminuyendo así los efectos deletéreos.

En cuanto a los avances en cirugía de arco aórtico, se evidencia el aumento de la práctica de perfusión regional del hemicuerpo inferior, enfocándose así en la mejora de las estrategias de preservación de la función multiorgánica. Sumado a esto, se reporta un auge en cuanto a las estrategias

de protección medular, mediante el drenaje del líquido cefalorraquídeo considerándose un procedimiento efectivo para prevenir la lesión isquémica espinal posreparación aórtica, disminuyendo así la morbilidad (paraplejas y paraparesia) en este tipo de cirugías.

El manejo de la hipotermia al momento de comenzar la perfusión selectiva y regional oscila en la mayoría de los casos entre 24 y 26 °C. Sumado a esto, el empleo de la PCS anterógrada unilateral es la estrategia más usada ya que proporciona un flujo sanguíneo cerebral fisiológico. En contraste, la perfusión cerebral selectiva retrograda, es menos empleada por los participantes, pero ha demostrado utilidad en la eliminación del embolismo aéreo y los desechos de agregación de células sanguíneas, lo cual disminuye el riesgo de accidentes cerebrovasculares y como resultado es superior para el manejo de pacientes con estenosis carotídea grave, disección carotídea o ateroma difuso en el arco.

El monitoreo invasivo y no invasivo durante la perfusión cerebral selectiva es de vital importancia en la mayoría de los encuestados; herramientas como los dispositivos de saturación regional de oxígeno cerebral (NIRS - INVOX, MASIMO, NONIN) son relevantes, ya que reflejan el balance entre el DO₂ y VO₂, lo cual es clave para la prevención de la isquemia cerebral. La monitorización de la presión de perfusión cerebral en la mayoría de los casos fue en la arteria radial derecha. De acuerdo con las guías actuales, la medición invasiva de la presión de la arteria radial bilateral es recomendada, ya que permite controlar la presión de perfusión cerebral sin interrupción durante la canulación en subclavia directa o con injerto y durante la reparación, pero no es una práctica común en la mayoría de los centros.

En cuanto al manejo de gases, prevalece el uso de la estrategia Alpha Stat, la cual permite la actividad celular, proteica y enzimática en un entorno normal, logrando así una mejor preservación de la autorregulación cerebral, el flujo y el acoplamiento neurovascular.

En lo referente al suministro farmacológico, actualmente existen fármacos que por sus características se les atribuyen efectos neuroprotectores. Medicamentos como el propofol y el tiopental son bastante utilizados por parte de los sondeados, ya que disminuyen el metabolismo cerebral, lo cual por ende disminuye el consumo de oxígeno cerebral y consecuentemente tiene efectos protectores.

Conceptos como el grado de hipotermia, la estrategia de manejo de gases y manejo de la glucemia, son tópicos que juegan un papel crucial en cuanto a la neuroprotección y son parámetros tomados en cuenta por parte de la población encuestada. La autorregulación cerebral es altamente influenciada por los cambios de temperatura y las concentraciones de CO_2 , por tal motivo es primordial un balance en cuanto el manejo de estas dos variables; adicional a esto, la hiperglucemia puede empeorar el pronóstico neurológico debido a que es desencadenante de inflamación y del estrés oxidativo, lo que daña la microcirculación cerebral, aumentando la glicólisis anaerobia y conduce a una acumulación de lactato y a acidosis intracelular. Controlar los niveles de glucosa en sangre es crucial para mitigar estos efectos y mejorar la recuperación neurológica, por tal motivo la mayoría de los participantes corrige el nivel de glucosa por encima de 200 mg/dl, mediante bolos o infusión continua.

Es importante resaltar el empleo de la PGO como rutina en cirugías de arco aórtico por parte de los participantes, debido a que esto mejora el pronóstico multiorgánico en general del paciente, ya que la suma de perfusión óptima y conceptos de respiración celular tales como el DO_2 , el VO_2 , el VCO_2 y el CaO_2 , entre otros, ofrecen como resultado condiciones más fisiológicas, lo que permite así ajustar cada CEC de acuerdo con las necesidades del paciente.

LIMITACIONES

Los investigadores consideran que una limitación importante fue la baja tasa de encuestas respondidas por parte de los perfusionistas, la encuesta se envió por varias redes sociales de las asociaciones (ALAP, AEP y SBCEC) pese a esto no obtuvimos los resultados deseados en cuanto al número de respondedores especialmente en la encuesta traducida al portugués, al igual que otros trabajos publicados por Latinoamérica, la tasa de respondedores en Brasil ha sido baja.³¹ Se recomienda para estudios de este tipo el envío y recepción de correos o colocar la encuesta al final de eventos de perfusión o en pasos que realicen los perfusionistas como lo son suscripciones y/o renovaciones a sociedades científicas o al Board Latinoamericano de Perfusión.³¹ Así mismo se indagaron temas como el cebado del circuito y el uso de halogenados, puntos que no aportaron mayor relevancia en este tipo específico de intervención quirúrgica.

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestro agradecimiento a los colegas de la región Iberoamericana que se tomaron el tiempo necesario para responder la encuesta y así obtener evidencia científica desde nuestra especialidad. De igual manera el agradecimiento también a los presidentes de las diferentes asociaciones de perfusión que nos ayudaron a difundir la encuesta en sus redes sociales. A los compañeros y docentes del curso, gracias.

ANEXOS

ENCUESTA ANÓNIMA DISEÑADA PARA PERFUSIONISTAS

¡Hola! Como parte del trabajo final del curso Competencias del perfusionista: Cohorte III Curso de investigación de ALAP Estamos interesados en conocer las técnicas que se utilizan durante la CIRUGÍA DE ARCO AÓRTICO (Ao) en pacientes adultos, cuando se emplea la circulación extracorpórea. Nos encantaría saber qué métodos son comunes en Iberoamérica. ¿Podrías ayudarnos respondiendo algunas preguntas sobre esto? Tu experiencia y conocimiento son muy importantes para nosotros.

1. ¿En qué país trabaja usted actualmente?
2. ¿A qué grupo etario pertenece usted?
 - A. 20 - 29 años.
 - B. 30 - 39 años.
 - C. 40 - 50 años.
 - D. Mayor a 50 años.
3. ¿En cuántos centros quirúrgicos trabaja usted actualmente?
 - A. 1.
 - B. 2.
 - C. 3.
 - D. Más de 3.
4. ¿Años de experiencia en Perfusión?
 - A. Menos de 5.
 - B. 5 - 10.
 - C. 10 - 20.
 - D. Mayor a 20.

5. ¿En su centro realizan Cirugías de arco aórtico?
- Sí.
 - No.
 - A veces.
 - No se utiliza.
6. Previo a la cirugía ¿Se reúne con el equipo quirúrgico: cirujano, anestesiólogo y enfermeras para planear estrategias a seguir?
- Sí.
 - No.
 - En algunos casos.
7. ¿Qué tipo de bomba utiliza como principal durante la perfusión cerebral?
- Rodillo único con línea en “Y”.
 - Centrífuga único con línea en “Y”.
 - Rodillos individuales.
 - Centrífuga arterial y rodillo cerebral.
 - A través de set y línea de cardioplejía.
 - No utilizamos perfusión cerebral.
8. En relación con el cebado del circuito extracorpóreo, ¿Qué tipo de solución utiliza? (Puede seleccionar más de una opción).
- Solución de ringer/ Lactato de ringer/ Hartman.
 - Solución Salina.
 - Gelatinas.
 - Plasmalyte u homólogo.
9. Durante la derivación cardiopulmonar en cirugías de arco Ao. ¿Qué tipo de halogenado utiliza?
- Sevoflurane.
 - Isoflurane.
 - Otro.
 - Ninguno.
10. En este tipo de cirugías ¿Usa de manera rutinaria recuperador celular (cell saver)?
- Sí.
 - No.
11. ¿Qué tipo de hemoadsorción y con qué frecuencia utiliza en cirugías de arco Ao.? (múltiple selección).
- Cytosorb.
 - Jafron.
 - Siempre.
12. Para la monitorización invasiva ¿Qué accesos y catéteres utiliza? (Puede elegir más de una opción).
- Línea arterial en miembro superior derecho.
 - Línea arterial en miembro superior izquierdo.
 - Línea arterial femoral.
 - Catéter venoso central.
 - Catéter Swan Ganz.
13. ¿Qué monitorización NO invasiva utiliza? (Puede elegir más de una opción).
- Pulsioximetría en miembros superiores.
 - Pulsioximetría en miembros inferiores.
 - Presión arterial no invasiva en miembros superiores.
 - Presión arterial no invasiva en miembros inferiores.
 - Saturación regional de oxígeno (NIRS - INVOX, MASIMO, NONIN).
14. Para la monitorización cerebral ¿Qué herramienta utiliza? (Puede elegir más de una opción).
- BIS.
 - Saturación regional de oxígeno (NIRS - INVOX, MASIMO, NONIN).
 - Saturación mixta bulbo yugular.
 - ECO Doppler transcraneal.
 - Electroencefalograma.
 - Otra.
 - Ninguna.
15. ¿Utilizan protección medular en estas cirugías?
- Sí, se coloca previo a la cirugía, catéter de drenaje de líquido cefalorraquídeo.
 - Sí, se usa otro método.
 - No se usa protección medular.
16. Indique en qué sitio anatómico del paciente monitoriza la temperatura (puede elegir más de una opción).
- Nasofaringe/Esofágico.
 - Rectal.
 - Vesical.
 - Bulbo yugular.
 - Arteria pulmonar.
 - Timpánica.

17. En el circuito extracorpóreo ¿En qué sitios monitoriza la temperatura? (Puede elegir más de una opción).
- A. Entrada venosa del oxigenador.
 - B. Salida arterial del oxigenador.
 - C. Circuito de cardioplejia (En caso de utilizarla para perfusión cerebral).
 - D. Dispositivo de gases en línea.
 - C. Cánula dentro de la prótesis.
 - D. Arteria Subclavia.
 - E. Arteria Innominada.
 - F. Arteria Femoral.
 - G. Otro sitio.
18. En caso de usar la estrategia pH-Stat, ¿Qué intervención realiza?
- A. Adiciona Co2 al blender o al circuito.
 - B. Modifica el barrido de gas.
19. Durante el *bypass* cardiopulmonar ¿El equipo quirúrgico suele adicionar Co2 al campo quirúrgico?
- A. Sí.
 - B. No.
20. Durante la etapa de enfriamiento, si el corazón fibrila ¿Administra dosis de cardioplejia?
- A. Sí.
 - B. No.
 - C. No se utiliza hipotermia.
21. ¿Realiza usted cirugías de arco Ao bajo paro circulatorio total sin perfusión cerebral ni regional?
- A. Sí.
 - B. No.
 - C. En casos muy puntuales.
22. ¿Qué sitio es de elección para realizar la canulación venosa e iniciar el *bypass* cardiopulmonar? (Puede elegir más de una opción).
- A. Bicaval.
 - B. Doble o triple estadio.
 - C. Femoral.
 - D. Femoral y Vena cava superior.
23. ¿Qué sitio es de elección para realizar la canulación arterial e iniciar el *bypass* cardiopulmonar? (Puede elegir más de una opción).
- A. Carótidas, izquierda o derecha.
 - B. Arteria Axilar.
 - C. Cánula dentro de la prótesis.
 - D. Arteria Subclavia.
 - E. Arteria Innominada.
 - F. Prótesis de dacron para Aorta ascendente con puerto para perfundir.
 - G. Otro sitio.
 - H. No se realiza perfusión cerebral.
24. En caso de realizar perfusión cerebral anterógrada ¿Qué sitio es de elección para realizarla? (Puede elegir más de una opción).
- A. Carótidas, izquierda o derecha.
 - B. Arteria Axilar.
 - C. Cánula dentro de la prótesis.
 - D. Arteria Subclavia.
 - E. Arteria Innominada.
 - F. Prótesis de dacron para Aorta ascendente con puerto para perfundir.
 - G. Otro sitio.
 - H. No se realiza perfusión cerebral.
25. Previo al paro circulatorio ¿Qué medicamentos para la neuroprotección utiliza?
- A. Propofol.
 - B. Tiopental.
 - C. Manitol.
 - D. Fenitoína.
 - E. Otro.
 - F. Ninguno.
26. ¿Cuál es la temperatura promedio a la que realiza perfusión cerebral y perfusión sistémica?
- A. 24 - 26 °C.
 - B. 26 - 28 °C.
 - C. 28 - 30 °C.
 - D. Otra.
27. ¿Qué rango promedio de temperatura utiliza su centro quirúrgico para realizar el paro circulatorio total?
- A. 28 a 32 °C.
 - B. 24 a 28 °C.
 - C. 20 a 24 °C.
 - D. 18 a 20 °C .
 - E. < 18 °C.

28. ¿Qué gradiente de temperatura se maneja entre la salida arterial y entrada venosa en caso de tener una temperatura < 30 °C?
- Menor o igual a 4 °C.
 - Mayor de 4 °C.
 - Que no exceda los 10 °C.
29. Durante el paro circulatorio con perfusión regional ¿En su centro colocan al paciente en posición Trendelenburg, para evitar embolismo aéreo?
- Sí.
 - No.
 - A veces.
30. ¿Qué tipo de perfusión cerebral selectiva realizan en su centro? (Puede elegir más de una opción).
- Anterógrada unilateral.
 - Anterógrada bilateral.
 - Retrógrada.
 - Anterógrada y retrógrada.
 - No se realiza.
31. ¿Qué flujo sanguíneo administra durante la perfusión cerebral anterógrada?
- De 8 a 10 ml/Kg/min.
 - De 10 a 15 ml/Kg/min.
 - Mayor a 15 ml/Kg/min.
32. ¿Dónde monitoriza la presión de perfusión cerebral?
- Cánula de perfusión cerebral.
 - Arteria radial.
 - Presión de perfusión arterial.
 - Set de cardioplejia.
 - No mide presión.
33. En caso de monitorizar la perfusión cerebral a través de la arteria radial ¿Qué presión arterial media promedio mantiene durante la perfusión cerebral anterógrada?
- Menor de 50 mmHg.
 - De 50 a 70 mmHg.
 - Mayor a 70 mmHg.
 - No aplica.
34. ¿Qué flujo promedio mantiene durante la perfusión cerebral retrógrada?
- 200 a 300 ml/min.
 - 300 a 400 ml/min.
 - 400 a 600 ml/min.
 - No utilizo.
35. ¿Qué presión de perfusión mantiene durante la perfusión cerebral retrógrada?
- 25 a 30 mmHg.
 - 40 a 50 mmHg.
 - 50 a 60 mmHg.
 - No utilizo.
36. Si realiza perfusión sistémica ¿qué método emplea para medir el flujo hacia el hemicuerpo inferior? (puede elegir más de una opción).
- Saturación regional de oxígeno (NIRS - INVOX, MASIMO, NONIN).
 - Pulsioximetría en miembros inferiores.
 - Colocar un transductor de flujo en la línea.
 - No utilizo.
37. ¿Durante el paro circulatorio o hipotermia qué método utiliza para analizar los gases en sangre?
- AlphaStat.
 - pH Stat.
38. ¿A partir de qué niveles de glucosa realiza corrección durante el *bypass* cardiopulmonar?
- < 160 mg/dl.
 - 161 a 180 mg/dl.
 - 181 a 200 mg/dl.
 - Mayor a 200 mg/dl.
 - No realizo corrección.
39. ¿Qué utiliza para corregir niveles de glucosa durante el *bypass* cardiopulmonar?
- Bolos de insulina según requerimiento.
 - Infusión continua de insulina IV.
 - Combinación de ambos.
 - Solución polarizante (GIP).
 - No utiliza.

40. En caso de realizar perfusión distal en miembros inferiores, ¿Qué flujo utiliza?
- 10 ml/kg.
 - 15 ml/kg.
 - 20 ml/kg.
 - 25 ml/kg.
 - No realizamos perfusión distal en miembros inferiores.
41. Generalmente ¿Qué tiempo de perfusión cerebral registra su centro quirúrgico?
- < 30 minutos.
 - 30 - 50 minutos.
 - > 50 minutos.
42. ¿Qué tipo de flujo utiliza posterior al arresto circulatorio?
- Flujo pulsátil.
 - Flujo laminar/lineal.
43. ¿Durante el recalentamiento usa algún tipo de vasodilatador, para que el proceso sea más rápido?
- Sí.
 - No.
 - A veces.
44. Durante la etapa de recalentamiento ¿Cuál es el gradiente de temperatura que maneja entre su salida arterial y entrada venosa en caso de haber llegado a temperatura > 30 °C?
- Menor o igual a 4 °C.
 - Mayor de 4 °C.
 - Que no supere los 10 °C.
45. Al salir del paro circulatorio ¿Como realiza la corrección de bicarbonato?
- Fórmula (EB x Kg x 0,3) administra el total del valor calculado.
 - Fórmula (EB x Kg x 0,3) administra la mitad del valor calculado.
 - Fórmula (Kg x 0,5).
 - Mediante protocolo, se administra un bolo de bicarbonato al perfusado independiente del peso y base exceso.
 - Otro método.
 - No se corrige.
46. ¿Qué parámetros de perfusión guiada por objetivos mide usted durante el *bypass* cardiopulmonar? múltiple elección.
- CO₂ en el puerto de excreción del oxigenador.
 - VO₂.
 - DO₂i.
 - Saturación Venosa.
 - Índice de extracción (ER).
 - No utilizo PGO.
47. En caso de medir DO₂ i ¿Dentro de qué parámetros lo mantiene?
- ≥ 262 ml/min/m².
 - ≥ 272 ml/min/m².
 - ≥ 280 ml/min/m².
 - ≥ 300 ml/min/m².
 - No medimos DO₂i.
48. En la cirugía de arco Ao ¿se utiliza en su centro prótesis endovasculares de colocación abierta? si su respuesta es sí, ¿qué tipo de prótesis?
- AMDS.
 - CRONUS.
 - EVITA.
 - THORAFLEX.
 - Otro.
 - No se ha utilizado.

Gracias por tu tiempo y generosidad al compartir tu experiencia. Con el análisis de la información que nos han proporcionado podemos contribuir a la mejora continua de las prácticas en perfusión.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bessho, R.. Neuroprotection during Open Aortic Arch Surgery: Cerebral Perfusion Methods and Temperature Journal of Nippon Medical School, 90(1), (2023) [Internet] [cited 2024 june] Available from: https://doi.org/10.1272/jnms.JNMS.2023_90-103
- Barnard CN, Schrire V. El tratamiento quirúrgico del aneurisma adquirido de la aorta torácica. *Tórax*.1963;18: 101-15.

3. The aortic team and bicuspid aortic valve patients, Martin Missfeldt, Christian D. Etz, Sergey Leontyev, Michael A. Borger. *Ann Cardiothorac Surg* [internet]. 2022;11(4): 459-61 [cited 2024 July 1]. Available from: <https://doi.org/10.21037/acs-2021-bav-213>
4. Caro, J. M. Protocolo de perfusión cerebral anterógrada con parada circulatoria total en hipotermia profunda. *Revista Española de Perfusión*. 2015;(58): 33-9.
5. Menendez, J.G. Circulación extracorpórea con hipotermia moderada, parada circulatoria perfusión cerebral selectiva. *Revista Española de Perfusión*. 2015: 41-4.
6. Rianseres Garcia Benitez, M. T. Estrategias de perfusión con doble rodillo arterial en la cirugía del arco aórtico. *Revista Española de Perfusión*. 2020: 15-23.
7. Martin Czerny, Martin Grabenwöger, Tim Berger, Victor Aboyans, Alessandro Della Corte, Edward P Chen, et al. EACTS/STS Scientific Document Group, EACTS/STS Guidelines for diagnosing and treating acute and chronic syndromes of the aortic organ. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery* [Internet]. 2024 [cited jul 1 2024];65(2). Available from: <https://doi.org/10.1093/ejcts/ezad426>
8. López Gómez A, Rodríguez, R, Zebdi, N. Ríos Barreira, R., Forteza, A., Legarra Calderón, JJ. Guía anestésico-quirúrgica en el tratamiento de la cirugía de la aorta ascendente y del arco aórtico Documento de consenso de las Sociedades Española de Cirugía Cardiovascular y Endovascular y la Sociedad Española de Anestesiología, Reanimación y Terapéutica del Dolor. *Cirugía Cardiovascular* [Internet]. 2020 [cited jul 1 2024];27(2): 47-74. Available from: <https://www.elsevier.es/es-revista-cirurgia-cardiovascular-358-articulo-guia-anestésico-quirúrgica-el-tratamiento-cirurgia-S1134009620300310>
9. Engelman R, Baker RA, Lokosky DS, Dickinson TA, Shore-Lesserson L, Hammon JW, 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 JECT [internet]. 2015 [cited jun 18 2024];47: 145–54. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2015.03.126>
10. Baker RA, Merry AF. Cell salvage is beneficial for all cardiac surgical patients: arguments for and against. *JECT*. 2012;44(1): P38-41.
11. Alexander Wahba, Milan Mилоjevic, Christa Boer, Filip M J J De Somer, Tomas Gudbjartsson, Jenny van den Goor, et al. EACTS/EACTA/EBCP Committee Reviewers, 2019 EACTS/EACTA/EBCP guidelines on cardiopulmonary bypass in adult cardiac surgery. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery* [internet]. 2020 [cited jun 20 2024];57(2): 210–51. Available from: <https://10.1093/ejcts/ezz267>
12. Saller T, Hagl C, Woitsch S, Li Y, Niedermayer S, Born F, et al. Haemadsorption improves intraoperative hemodynamic and metabolic changes during aortic surgery with hypothermic circulatory arrest. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*. 2019;56(4): 731–7.
13. Marijana Matejic-Spasic, Lindstedt S, Lebreton G, Dzemali O, Suwalski P, Thierry Folliguet, et al. The role of hemoabsorption in cardiac surgery – a systematic review. *BMC cardiovascular disorders*. 2024;24(1): 258.
14. Acaso M, Quintana E. Aortic arch disease. Contemporary open surgical treatment strategies *Cirugía Cardiovascular* [internet]. 2024 Article in press [cited 2024 June 30]. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.circv.2024.02.011>
15. Michael K Banbury, Delos M Cosgrove. Arterial cannulation of the innominate artery. *The Annals of Thoracic Surgery* [internet]. 2000 [cited jun 30 2024];69(3): P957. Available from [https://www.annalsthoracicsurgery.org/article/S0003-4975\(99\)01519-2/fulltext](https://www.annalsthoracicsurgery.org/article/S0003-4975(99)01519-2/fulltext)
16. Diez Castro R, Reta Ajo L, Rubia Martín, MaC. Perfusión cerebral y sistémica simultáneas en cirugía de arco aórtico con hipotermia moderada. *Revista Española de Perfusión*. 2015;(58): 9-15.

17. Colangelo, N; Benussi, S; Piazza, G; Alfieri, O. A simplified technique for antegrade selective cerebral perfusion. *Perfusión* [internet]. 2002 [cited jul 1 2024];17(3): 187–89. Available from: <https://10.1191/0267659102pf569oa>
18. Carballo M. J, Caballero S, Tocón C, Solís D. Protocolo de perfusión cerebral anterógrada con parada circulatoria total en hipotermia profunda. *Revista Española de Perfusión*. 2015; 58(1): 33–9.
19. Cui, Y., Liu, X., Xiong, J., Tan, Z., Du, L., & Lin, J. Cardiopulmonary bypass for total aortic arch replacement surgery: A review of three techniques. *Frontiers in Cardiovascular Medicine* [Internet]. 2023 [cited jun 15 2024];10. Available from: <https://doi.org/10.3389/fcvm.2023.1109401>
20. Preventza O, Coselli JS. Differential aspects of ascending thoracic aortic dissection and its treatment: the North American experience. *Ann Cardiothorac Surg* [internet]. 2016 [cited jun15 2024];5(4): 352–9. Available from: <https://10.21037/acs.2016.07.01>.
21. Gravlee GP; Davis RF, Hammon JW, Kussman BD. *Cardiopulmonary Bypass and Mechanical Support: Principles and practice*. 4th edition. Wolters Kluwer. 2015
- 22- Ho R, McDonald C, Pauls JP, Li Z. Efecto de la profundidad de la canulación aórtica en el transporte de émbolos aéreos durante la derivación cardiopulmonar: un estudio computacional. *Perfusión* [internet]. 2023 [cited Jul 4 2024];38(5): 993–1001 Available from: <https://10.1177/02676591221092942>
23. Falter F, Perrino AC, Baker RA. *Cardiopulmonary bypass*. 3th edition. Cambridge University Press. 2022.p.222.
24. Englum BR, Andersen ND, Husain AM, Mathew JP, Hughes GC. Degree of hypothermia in aortic arch surgery - optimal temperature for cerebral and spinal protection: deep hypothermia remains the gold standard in the absence of randomized data. *Ann Cardiothorac Surg* [internet]. 2013 [cited Jul 3 2024];2(2): 184–93. Available from: <https://10.3978/j.issn.2225-319X.2013.03.01>.
25. Esteban Ortiz-Prado, Alfredo Banderas León, Luis Unigarro y Pablo Santillan. Oxigenación y Flujo Sanguíneo Cerebral, Revisión Comprensiva de la Literatura . *Rev. Ecuat. Neurol* [internet]. 2018 [cited June 20 2024]; 27(1): 80–4) Available from: <https://revecuatneurol.com/wp-content/uploads/2018/09/>
26. Boburg RS, Rosenberger P, Kling S, Jost W, Schlenksak C, Magunia H. Selective lower body perfusion during aortic arch surgery in neonates and small children. *Perfusion*. 2020;35(7): 621–25.
27. Rojas Zeledón.R. Flujo pulsátil, “una técnica olvidada”. ¿Opción o elección? *Revista En Bomba* [internet]. 2017 [cited Jul 2 2024];1(2): 55–63. Available from: <https://revistaenbomba.org/index.php/bomba/article/view/69>
28. Diarmaid D, Singh H, Klar G. Paro Circulatorio Hipotérmico Profundo. *Anestesia Cardiorácica*. Tutorial 373 [internet]. [cited Jun 28 2024]. Pdf: 1–7 Available from: <https://resources.wfsahq.org/atotw/paro-circulatorio-hipotemico-profundo/>
29. Nieves C. Acerca de la acidosis metabólica poscirculación extracorpórea y su tratamiento por el perfusionista. *Revista En Bomba* [internet]. 2017 [cited Jun 22 2024];1(2): 80–5 . Available from: <https://revistaenbomba.org/index.php/bomba/article/view/77>
- 30- Mylena Masseno de Pinho Pereira, Seo Young Chang, Diego Faria Marques Ferreira
- Perfusión dirigida por metas:revisión sistemática. *Revista En Bomba* [internet]. 2022 [cited Jun18 2024];6(1): 54–57. Available from: <https://www.revistaenbomba.org/index.php/bomba/article/view/164/190>
31. Beckford, K., Calderon, H., Cerón, E., Ciuro, L., del Valle, H., et al. Práctica actual de la conducción de la perfusión para cirugía cardíaca de adultos en la Latinoamérica de habla hispana.[internet] *Revista En Bomba* [internet]. 2022 [cited jul 5 2024];6(1): 32–53. Available from: <https://revistaenbomba.org/index.php/bomba/article/view/163>