

República Dominicana
Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña
Facultad de Ciencias de la Salud
Escuela de Medicina
Centro de Diagnóstico, Medicina Avanzada y Telemedicina (CEDIMAT)
Maestría en Circulación Extracorpórea

TENDENCIAS EN LATINOAMÉRICA EN LAS ESTRATEGIAS APLICADAS EN LA
PROTECCIÓN CEREBRAL CON PERFUSIÓN ANTERÓGRADA SELECTIVA E
HIPOTERMIA DURANTE ARRESTO CIRCULATORIO.



Tesis de posgrado para optar por el título de:
Especialista en Perfusión y Circulación Extracorpórea, Maestría

Sustentante:

Lic. Yaosca Mercado Moronta.

Estudiante de maestría de perfusión y circulación extracorpórea CEDIMAT.

Asesora:

Lic. Brígida Aguerrevere Branger.

Coordinadora del Departamento de circulación extracorpórea, coordinadora docente del Postgrado de perfusión y circulación extracorpórea CEDIMAT, Santo Domingo República Dominicana.

Los conceptos emitidos en el presente anteproyecto de tesis de posgrado son de la exclusiva responsabilidad de la sustentante del mismo.

Distrito Nacional: 2019

AGRADECIMIENTO

Primeramente, agradezco a mi madre, Ana Mercedes Fermín y mi hermana Oriana Mercado por apoyarme de manera incondicional en todos mis proyectos y decisiones.

A Christian Casimir, por su sacrificio y esfuerzo en todo este tiempo, para que yo hoy lograra esta meta y podamos brindarle un mejor futuro a nuestro Zaíd.

*Mi agradecimiento también va dirigido al Hospital Metropolitano de Santiago (HOMS) y su Centro cardiovascular por siempre darme la oportunidad de crecer como profesional y apoyarme una vez más.
Al Doctor Miguel Carrasco por creer en mi capacidad y elegirme para pertenecer a su equipo de cirugía cardiovascular.*

A mis formadores, en especial a Brígida Aguerrevere, Frad Wilkins Vargas y Yajaira Ramírez por sus enseñanzas, motivación y pasión que me fueron transmitida y que me han marcado para emprender mi camino, con muchos conocimientos, pero también con el sentir de hacerlo bien, de velar por el bienestar de los pacientes, de aportar a la profesión y de nunca parar de aprender.

Mi sincero y especial agradecimiento a mi tutora, Brígida Aguerrevere, por su dedicación y esfuerzo, por guiarme en todo este camino, facilitándome todas las herramientas para poder realizar y concluir con éxito este trabajo final de maestría.

A mis compañeros, Karen Beckford, Rosa Román y Nestor Ríos por sus aportes, correcciones, recomendaciones y apoyo incondicional.

A la asociación latinoamericana de perfusión y al centro de diagnóstico medicina avanzada y telemedicina por aceptarme y brindarme esa excelente plataforma, para

mi formación. Agradezco a todos sus colaboradores por todo lo que me enseñaron, por el apoyo y el cariño.

Para finalizar, a la Universidad Pedro Henríquez Ureña y en especial a la Dra. Claridania Rodríguez, por hacer que esta maestría fuera posible.

RESUMEN

Las cirugías cardíacas que requieren perfusión cerebral tanto en el ámbito pediátrico como adulto abarcan técnicas complejas con una gama amplia de temática que van desde: el manejo de la temperatura, manejo de gases sanguíneos, sitios de canulación, medición de temperatura, flujos, presiones, monitoreo cerebral y medicamentos protectores cerebrales. Este estudio tiene como objetivo conocer si existe un consenso en Latinoamérica para las prácticas aplicadas a la protección cerebral durante cirugías cardíacas que requieren arresto circulatorio mediante una encuesta; para de esta manera generar conclusiones y análisis de la situación actual de las estrategias utilizadas para perfusión cerebral anterógrada en nuestra región. De los datos revisados se encuentran que la temperatura más frecuente en la que se realiza perfusión cerebral anterógrada es 18°C, siendo la vía unilateral la más frecuente, la monitorización de la temperatura nasofaríngea y rectal la más común, así como en la fase de recalentamiento se realiza en aquellos centros en donde se mide temperatura en la salida arterial del oxigenador por gradiente de temperatura entre la salida arterial y la temperatura nasofaríngea. Como monitoreo cerebral el NIRS muestra una tendencia en el aumento de su uso y el medicamento más utilizado durante la fase de perfusión cerebral es el Tiopental sódico. De los datos analizados se evidencia que en la comunidad de perfusionistas de la asociación latinoamericana de perfusión hay tendencias no homogéneas en las estrategias de perfusión cerebral anterógrada y que estudios complementarios son necesarios para sentar las bases científicas y creación de guías latinoamericanas de estrategias de perfusión cerebral anterógrada.

ABSTRACT

Cardiac surgeries that require cerebral perfusion in both pediatric and adult settings involve complex techniques with a wide range of topics ranging from: temperature management, blood gas management, cannulation sites, temperature measurement, flows, pressures, brain monitoring and brain protective medications. The purpose of this study is to know if there is a consensus in Latin America for practices applied for brain protection during cardiac surgeries that require circulatory arrest through a survey, in order to generate conclusions and analysis of the current situation of the strategies used for anterograde cerebral perfusion in our region. From the data reviewed, it is found that the most frequent temperature at which anterograde cerebral perfusion is performed is 18°C, with the unilateral route being the most frequent, nasopharyngeal and rectal temperature monitoring being the most common. The rewarming phase is carried out in those centers where the temperature in the arterial outlet of the oxygenator is measured by a temperature gradient between the arterial and nasopharyngeal outlet between 7- 10°C. For cerebral monitoring, the NIRS shows a tendency in the increase of its use and the most commonly used medication during the cerebral perfusion phase is sodium thiopental. From the analyzed data it is evident that in the perfusion community of the Latin American perfusion society there are non-homogeneous trends in anterograde cerebral perfusion strategies and complementary studies are necessary to establish the scientific foundations and creation of Latin American guidelines of anterograde cerebral perfusion strategies.

INDICE

AGRADECIMIENTO	ii
RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
INTRODUCCIÓN	1
ANTECEDENTES	2
JUSTIFICACIÓN	4
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
OBJETIVOS.....	5
General.....	5
Específicos:	6
MARCO TEÓRICO.....	6
MANEJO DE LA TEMPERATURA.....	6
Historia	6
Clasificación de los grados de hipotermia.....	8
Ventajas de la hipotermia en cirugía cardíaca	9
Desventajas de la hipotermia en cirugía cardíaca.....	11
Resultados clínicos del uso de la hipotermia (leve, moderada, profunda y severa).....	12
Gestión de la temperatura	13
Gradientes de temperatura y tasa de recalentamiento.....	13
Temperatura óptima para el destete de la circulación extracorpórea	14
Monitoreo de la temperatura	15
Manejo de los gases en hipotermia	16
Manejo apropiado ácido-base para la perfusión cerebral óptima.....	18
Manejo de valores de hemoglobina en hipotermia	20
PERFUSION CEREBRAL SELECTIVA ANTEROGRADA.....	21
Perfusión cerebral Retrógrada versus Anterógrada.....	23
Sitios de canulación para perfusión cerebral anterógrada selectiva	24
Perfusión cerebral unilateral versus bilateral	26

MÉTODOS FARMACOLÓGICOS PARA LA PROTECCIÓN DEL CEREBRO.....	27
MONITORIZACION NEUROLÓGICA DURANTE PERFUSIÓN CEREBRAL SELECTIVA	29
OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.....	32
MATERIAL Y MÉTODOS	36
RESULTADOS:.....	38
DISCUSIÓN	44
CONCLUSIONES.....	47
RECOMENDACIONES	48
LIMITACIONES.....	48
REFERENCIAS	49
ANEXOS	57
Anexo 1. Encuesta Asociación Latinoamericana de Perfusión. Fuente Portal web.	57
Anexo 2. Costos y Recursos	58
Anexo 3. Evaluación.....	60

INTRODUCCIÓN

Por mas de 50 años se ha intentado mejorar las técnicas para protección multiorgánica con especial atención en el sistema nervioso central, y esos esfuerzos en la actualidad han reflejado mejores resultados en la mortalidad y complicaciones neurológicas, pero aun siguen estando presentes.

Aunque internacionalmente existen protocolos para el manejo de la perfusión cerebral, al revisar la literatura se observa que estos protocolos han sido propuestos por sociedades de perfusión de Estados Unidos, Canadá y Europa, mas no por sociedades Latinoamericanas de perfusión. En los últimos años, estas sociedades de perfusión están reuniendo esfuerzos para que la práctica de esta profesión sea basada en evidencia sólida en nuestros países y no de forma empírica. Los primeros pasos para la estandarización de una práctica de perfusión cerebral segura y basada en estudios recientes; es la identificación de la situación actual en la que nos encontramos con respecto a esta temática.

Las cirugías que requieren perfusión cerebral tanto en el ámbito pediátrico como adulto abarcan técnicas complejas con una gama amplia de temática que van desde: el manejo de la temperatura, manejo de gases sanguíneos, sitios de canulación, medición de temperatura, flujos, presiones, monitoreo cerebral y medicamentos protectores cerebrales; este estudio tiene como objetivo conocer si Existe un consenso en Latinoamérica para las practicas aplicadas a la protección cerebral durante cirugías cardiacas que requieren arresto circulatorio, para generar y aportar conclusiones y análisis de la situación actual de las estrategias utilizadas pera perfusión cerebral anterógrada en nuestra región.

ANTECEDENTES

La cirugía que involucra la reparación del arco aórtico es un procedimiento complejo que tradicionalmente ha requerido un arresto circulatorio (AC) necesario para lograr condiciones quirúrgicas óptimas, un campo libre de pinzas, exangüe, etc. Durante este período existe un riesgo importante de eventos neurológicos adversos y un incremento en la mortalidad, por lo cual es necesario proteger todos los órganos de la isquemia, especialmente al cerebro, para este propósito se han desarrollado varias estrategias. (1)

La primera medida utilizada para reducir el riesgo de isquemia fue la hipotermia sistémica. En 1950, Bigelow y sus colegas introdujeron el concepto de que la hipotermia de todo el cuerpo podría ser útil en la cirugía cardíaca.

Inicialmente, la hipotermia se produjo por enfriamiento externo y fue aplicada por primera vez por Lewis y Taufic en 1953 para la corrección de una comunicación interauricular en una niña de 5 años con una parada de 5 minutos. En 1958, Sealy y sus colegas informaron casos clínicos exitosos en los que la hipotermia se combinó con circulación extracorpórea (CEC). En 1959, Drew y colegas informaron estudios experimentales en los que se empleó CEC (utilizando los propios pulmones del sujeto como oxigenador) durante el paro circulatorio a 15°. En 1973, usando solo CEC para enfriamiento (enfriamiento central), Hamilton y sus colegas informaron operaciones con paro circulatorio hipotérmico. (2)

La duración segura del arresto circulatorio es controversial y dependerá de la hipotermia lograda y del uso concomitante de perfusión cerebral. Un período seguro de parada circulatoria se caracteriza por la ausencia de alteraciones de los órganos funcionales o estructurales detectables en el postoperatorio temprano o tardío. En la actualidad, con los avances en la neuroprotección, el AC se combina con hipotermia, perfusión cerebral retrograda o anterógrada; la aplicación de estas estrategias ha llevado a tasas más bajas de morbimortalidad. (3)

En el 2015, la Sociedad de Cirujanos Torácicos, la Sociedad de Anestesiología Cardiovascular y la Sociedad Estadounidense de Tecnología Extracorpórea se unieron para crear una guía del manejo adecuado de la temperatura en circulación extracorpórea donde incluyeron recomendaciones específicas para la inducción de la hipotermia y recalentamiento, estrategias imprescindibles para protección cerebral en arresto circulatorio. (4)

De Paulis y cols. realizaron una encuesta en centros cardíacos europeos para evaluar los métodos utilizados para la protección cerebral durante la cirugía aórtica que involucra el arco aórtico, publicada en el 2015 como: «*Current trends in cannulation and neuroprotection during surgery of the aortic arch in Europe*». La encuesta evaluó tendencias de utilizadas para este tipo de cirugía en cuanto a: sitio de canulación arterial, técnica de perfusión cerebral, temperatura de perfusión, flujo y presión de perfusión cerebral, así como fármacos neuroprotectores. (5)

Okita y cols., igualmente en el 2015, realizaron un estudio a partir de la base de datos japonesa llamado: «*A study of brain protection during total arch replacement comparing antegrade cerebral perfusion versus hypothermic circulatory arrest, with or without retrograde cerebral perfusion: analysis based on the Japan Adult Cardiovascular Surgery Database*»; en el cual compararon resultados de cirugía de aorta con paro circulatorio hipotérmico con perfusión cerebral anterógrada versus retrógrada. En su estudio concluyeron que: el paro circulatorio hipotérmico / perfusión cerebral retrógrada y la perfusión cerebral anterógrada proporcionan resultados clínicos comparables con respecto a la mortalidad y las tasas de accidente cerebrovascular, pero el paro circulatorio hipotérmico / perfusión cerebral retrógrada resultó en una mayor incidencia de estadías prolongadas en la unidad de cuidados intensivos. La perfusión cerebral anterógrada podría preferirse como método de protección cerebral para procedimientos complicados del arco aórtico. (6)

En el 2016, la Sociedad Cardiovascular Canadiense, junto con la Sociedad de Cirujanos Cardíacos y la Sociedad de Cirugía Vascular Canadiense en su publicación «*Society Position Statement Canadian Cardiovascular*

Society/Canadian Society of Cardiac Surgeons/Canadian Society for Vascular Surgery Joint Position Statement on Open and Endovascular Surgery for Thoracic Aortic Disease» propusieron estrategias de perfusión y técnicas quirúrgicas para la reparación del arco aórtico. (7)

En Latinoamérica no existe publicaciones de protocolos actualizados referentes a estrategias de perfusión cerebral anterógrada selectiva e hipotermia durante arresto circulatorio.

JUSTIFICACIÓN

La realización de la cirugía compleja del arco aórtico requiere la interrupción de la perfusión cerebral y del resto de toda la circulación (paro circulatorio total). La forma en que el cerebro está protegido es de crucial importancia ya que, a pesar de los avances en las técnicas de protección, las complicaciones a nivel cerebral siguen siendo significativas. (8)

La cirugía del arco aórtico no siempre es una cirugía estandarizada. Dependiendo del tipo de patología, afectación de la aorta, de los troncos supra aórticos y de las preferencias del cirujano, se pueden emplear distintas alternativas quirúrgicas que modifican el proceso de la perfusión, pero todo el equipo debe pautar las estrategias a seguir porque de ella depende en gran medida unos resultados óptimos.

Se ha observado que no existen consensos ni protocolos estandarizados en cuanto a las estrategias de perfusión cerebral en Latinoamérica. Se espera que esta investigación sea útil para determinar las tendencias en Latinoamérica con relación a la perfusión cerebral, y a partir de estos datos unificar criterios y crear lineamientos que dirijan la práctica clínica. Así como fomentar futuras investigaciones que aporten evidencia en esta disciplina.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Aunque internacionalmente existen protocolos para el manejo de la perfusión cerebral, al revisar la literatura se observa que estos protocolos han sido propuestos por sociedades de perfusión de Estados Unidos, Canadá y Europa, mas no por sociedades Latinoamericanas de perfusión. En los últimos años, estas sociedades de perfusión están reuniendo esfuerzos para que la práctica de esta profesión sea basada en evidencia sólida en nuestros países y no de forma empírica. Los primeros pasos para la estandarización de una práctica de perfusión cerebral segura y basada en estudios recientes; es la identificación de la situación actual en la que nos encontramos con respecto a esta temática. Conocer a dónde nos encontramos nos llevará a identificar debilidades y establecer puntos de partida a fin de crear protocolos en Latinoamérica. Las razones antes expuestas llevan a la pregunta que por la cual surge esta investigación:

¿Existe un consenso en Latinoamérica para las practicas aplicadas a la protección cerebral durante cirugías cardiacas que requieren arresto circulatorio?

Esta investigación tiene como objetivo principal analizar las tendencias en Latinoamérica en relación a las estrategias aplicadas en la protección cerebral con perfusión anterógrada selectiva e hipotermia durante arresto circulatorio.

OBJETIVOS

General

Analizar las tendencias en Latinoamérica en relación a las estrategias aplicadas en la protección cerebral con perfusión anterógrada selectiva e hipotermia durante arresto circulatorio

Específicos:

1. Analizar tendencia en Latinoamérica del manejo de la temperatura y gases en arresto circulatorio con perfusión cerebral anterógrada.
2. Analizar la tendencia en Latinoamérica del flujo y la presión con que es perfundido el cerebro por vía anterógrada.
3. Distinguir la tendencia de los sitios de canulación utilizados para la perfusión cerebral anterógrada en Latinoamérica.
4. Determinar los medicamentos utilizados para la protección cerebral en arresto circulatorio y la monitorización cerebral utilizada durante estos casos.

MARCO TEÓRICO

MANEJO DE LA TEMPERATURA

Historia

A fines del siglo XIX, los cirujanos tenían el concepto general de que realizar cirugías de corazón era una hazaña imposible. En 1898, el famoso médico Billroth dijo en su legendaria cita que un cirujano que quiere mantener el respeto de sus colegas nunca debería atreverse a realizar suturas cardíacas. Hasta mediados del siglo XX, las pocas cirugías cardíacas que se realizaban, tenían una alta tasa de mortalidad. Cuando John Gibbon Jr. desarrolló la máquina corazón-pulmón en 1953, aunado a la aplicación de la hipotermia por enfriamiento de superficie por Wilfred Gordon Bigelow; esta situación cambió debido a la mayor sobrevivencia de los pacientes

sometidos a estas cirugías, las cuales por primera vez fueron exitosas de manera consecuente, estableciendo así la era moderna de cirugía cardíaca. (9)

Bigelow y sus colegas, fueron los primeros en introducir el concepto de hipotermia por el enfriamiento de la superficie en animales y que podría ser útil en la cirugía cardíaca. Posteriormente, en 1953 Lewis y Taufic aplicaron la hipotermia por primera vez en la reparación exitosa de un defecto del tabique auricular en una niña de 5 años. En 1958, Sealy y sus colegas informaron casos clínicos exitosos en los que la hipotermia se combinó con CEC. En 1959, Drew y colegas indujeron hipotermia a 15°C realizando arresto circulatorio y utilizando los propios pulmones del sujeto como oxigenador. En 1961, Kirklin y sus colegas de la Clínica Mayo, utilizaron la técnica de Drew para 23 pacientes y el uso de una bomba con oxigenador en 29 pacientes, informando resultados de operaciones con paro circulatorio hipotérmico. Dillard y sus colegas también emplearon hipotermia por superficie, logrando la extensión del paro circulatorio a 60 minutos. En 1970, Barratt-Boyes y sus colegas en Nueva Zelanda emplearon hipotermia en 34 bebés con peso menor de 10 kg usando enfriamiento de superficie y central a través de la derivación cardiopulmonar. En 1973, usando solo bypass cardiopulmonar para enfriamiento (enfriamiento central), Hamilton y sus colegas informaron operaciones con paro circulatorio hipotérmico en 18 niños. Griep y sus colegas informaron en 1975 sobre la primera serie de pacientes con aneurismas del arco aórtico describiendo el concepto de arresto circulatorio hipotérmico. (8)

Como tal, el arresto circulatorio hipotérmico, ahora se considera un componente esencial de la cirugía del arco aórtico. (10)

En 1986, Guilmet et al. en Europa y Kazui en Japón, introdujeron con éxito la perfusión cerebral selectiva, lo que permitió el uso de temperaturas más cálidas y tiempos de bypass cardiopulmonar más cortos. (1)

Estas experiencias y modificaciones posteriores en la técnica abrieron el camino para una cirugía intracardiaca más segura, reparando defectos cada día mas complejos y con mejores resultados.

Clasificación de los grados de hipotermia

Durante aproximadamente 40 años no existía un consenso estandarizado de la nomenclatura para clasificar los grados de hipotermia. En el 2013 expertos de diversos centros en Australia, Asia, Norte América y Europa; donde se maneja gran volumen de cirugía de arco aórtico, propusieron un documento de consenso sobre la nomenclatura de los diferentes niveles de hipotermia en paro circulatorio. La tabla 1 muestra la clasificación para la temperatura en cirugía de arco aórtico. (10)

Tabla 1

Clasificación para la temperatura en cirugía de arco aórtico

Categoría	Temperatura nasofaríngea
Hipotermia severa	≤ 14 °C
Hipotermia profunda	14.1 – 20 °C
Hipotermia moderada	20.1 – 28 °C
Hipotermia leve	28.1 – 34 °C

La hipotermia severa proporciona al menos de 30 a 40 minutos de tiempo de arresto circulatorio hipotérmico seguro. Un estudio reveló que en hipotermia severa el 14% de los pacientes no lograron silencio electrocerebral mientras que otro más amplio encontró que el 22% de los pacientes no alcanzaron silencio electrocerebral a esta temperatura. No obstante, esta temperatura no se usa con frecuencia para el arresto porque puede no conferir mucha ventaja cerebral fisiológica, ya que con relación a la hipotermia profunda (20.1 a 28°C) sólo disminuye la tasa metabólica un 5%, lo cual no representa una ventaja riesgo/beneficio por las complicaciones que aparecen en hipotermia severa: mayor tiempo requerido para enfriar y

recalentar al paciente y mayor potencial de trastornos de la coagulación. (11)
(12)(13)

La hipotermia profunda proporciona aproximadamente de 20 a 30 minutos de tiempo de arresto circulatorio hipotérmico seguro; suficiente para reparaciones abiertas, distales y en el arco medio. Con esta categoría de hipotermia, entre el 75 a 98% de los pacientes no alcanzaron el silencio electrocerebral. (12) (13)

En hipotermia moderada el 99-100% de los pacientes no han alcanzado el silencio electrocerebral. Este grado de hipotermia solo proporciona aproximadamente de 10 a 20 minutos de tiempo de arresto circulatorio seguro. (13)

La hipotermia leve ofrece solo un breve efecto protector sobre los órganos, con menos de 10 minutos de tiempo seguro de arresto circulatorio. Por encima de 28°C, Stecker y colaboradores estimaron que casi el 100% de los pacientes no alcanzarán el silencio electrocerebral; James y sus colegas confirmaron estos resultados, y descubrieron que ninguno de sus 325 pacientes podía alcanzar el silencio electrocerebral a temperaturas superiores a 25 ° C. (11)

Ventajas de la hipotermia en cirugía cardíaca

La aplicación y desarrollo de la técnica de hipotermia fue un paso vital para la corrección de cirugías mas complejas donde era necesario detener la circulación sistémica, a fin de crear un campo operativo sin sangre y para evitar la colocación de pinzas en el tejido friable de la aorta. Todo esto se logro gracias a la protección cerebral que ofrece la hipotermia, reduciendo la demanda metabólica y proporcionándole al cirujano un determinado tiempo seguro de arresto. (8)

Se ha determinado que la hipotermia reduce en gran medida el consumo de oxígeno (VO₂), el cual es una medida fundamental de la actividad metabólica, por lo que a mayor profundidad de hipotermia; menor VO₂ del organismo. Esta conducta refleja la dependencia de la velocidad de las reacciones bioquímicas de la temperatura. La dependencia de las velocidades de reacción de los procesos bioquímicos a la temperatura se ha descrito mediante el concepto de Q₁₀ (ley de Vant Hoff), que se

define como el aumento o la disminución de las velocidades de reacción o los procesos metabólicos en relación con un cambio de temperatura de 10 ° C. Por ejemplo, si la temperatura es de 10°C, la velocidad de reacción de un proceso disminuye un 50%. (2)

Debido a que la hipotermia actúa disminuyendo la actividad enzimática intracelular, reduce el consumo de oxígeno cerebral, mejorando así el equilibrio entre la oferta y la demanda de oxígeno; de hecho: el metabolismo cerebral disminuye entre un 6% a un 10% por cada reducción de 1° C en la temperatura corporal durante el enfriamiento. (14)

Durante el proceso de enfriamiento ocurre un fenómeno a nivel celular denominado transición de fase y se piensa que es el resultado de un cambio en la membrana celular de un estado líquido a gel. Estos cambios, alteran las velocidades de reacción de procesos bioquímicos que tienen lugar en dicha membrana. Las transiciones de fase aparecen entre aproximadamente 25 a 28°C, y los cambios se dan a una tasa de 3% por cada 10° C de descenso de la temperatura. Por lo cual, ante niveles clínicos de hipotermia las transiciones de fase son mínimas e insignificantes, pero a temperaturas cercanas al punto de congelación del agua; se forma hielo en el tejido, condición que es intolerable e irreversible. Por esta razón, hay un límite a los efectos beneficiosos de la hipotermia. (15)

Otras ventajas de la hipotermia son: la preservación de los almacenes de fosfato de alta energía y la reducción de la liberación de neurotransmisores excitadores como el glutamato; el cual provoca la apertura de los canales de calcio y la activación de múltiples sistemas enzimáticos destructivos. (16)

En la cirugía cardíaca, también ofrece la ventaja que permite flujos de perfusión más bajos, y por consiguiente: mejor visualización por parte del cirujano, disminución del retorno venoso de los vasos (colaterales bronquiales, pulmonares y no coronarios) y menos trauma de la sangre. Además, permite mejor protección del miocardio y de los órganos en general que la perfusión normotérmica, proporcionando así; cierto margen de seguridad si se produce una falla del equipo o se debe emplear un paro circulatorio total no planificado. (17)

Desventajas de la hipotermia en cirugía cardíaca

A pesar de los enormes beneficios de la hipotermia en la cirugía cardíaca, aún enfrenta desventajas y complicaciones que han llevado a muchos equipos quirúrgicos a elegir técnicas de hipotermia leve o moderada sobre la profunda. Demostraron que la hipotermia leve aumenta el sangrado durante el proceso quirúrgico. En su estudio, aplicaron normotermia *versus* hipotermia leve durante un procedimiento quirúrgico, resultando que solo 1,6°C de hipotermia central aumentó la pérdida de sangre en un 30% y aumentó significativamente el requerimiento de hemoderivados. (18)

Se han propuesto tres mecanismos generales que contribuyen a los trastornos de la coagulación relacionados con la temperatura: la función plaquetaria, la función enzimática de los factores de coagulación y la actividad fibrinolítica. (19)

La hipotermia desencadena vasoconstricción termorreguladora, la cual podría desencadenar una hipertensión durante la CEC. Evidencia también ha sugerido, que la hipotermia leve afecta función inmune, incluida la producción de anticuerpos mediada por células T y la eliminación bacteriana oxidativa inespecífica por neutrófilos. (20)

Se han reportado otras consecuencias asociadas con la hipotermia como: hipopotasemia, aumento de cardiotoxicidad de la bupivacaína, afeción leve de potenciales evocados somatosensoriales, y obliteración de la señal del oxímetro por vasoconstricción suficiente. Tiempos más largos de CEC son requeridos para el enfriamiento y recalentamiento, lo cual causa mayor respuesta inflamatoria por contacto prolongado de la sangre con la superficie de las tuberías. La hipotermia afecta también el metabolismo de los medicamentos debido a que la hipotermia altera las enzimas que moderan la función de los órganos y metabolizan la mayoría de las drogas. Sin embargo, son pocos los anestésicos en los que se ha evaluado la farmacocinética y farmacodinamia en hipotermia. (19)

Resultados clínicos del uso de la hipotermia (leve, moderada, profunda y severa)

El concepto de utilizar la hipotermia para reducir temporalmente los requerimientos de oxígeno y metabólicos de los tejidos hipóxicos es intuitivo y está respaldado por décadas de ciencia de laboratorio y clínica. No obstante, la temperatura óptima para el paro circulatorio hipotérmico durante la cirugía de arco sigue sin estar clara.

La supresión máxima de la tasa metabólica cerebral del consumo de oxígeno se produce cuando se alcanza el silencio cerebral, la práctica de muchos cirujanos modernos es alcanzar el nivel de supresión metabólica mediante el uso de hipotermia profunda o severa. Aunque inicialmente se consideró necesario enfriar por debajo de 18 ° C para lograr este silencio electrocerebral. (21) (22)

Estudios más recientes han demostrado que éste puede ocurrir entre 10 y 27 ° C en sujetos humanos. (12) A raíz de las múltiples complicaciones atribuidas a la hipotermia profunda y junto con el advenimiento de las estrategias de protección cerebral, un número cada vez mayor de centros ahora emplean grados de hipotermia sistémica moderada o incluso leve, junto con perfusión cerebral anterógrada selectiva.

Estudios han comparado la hipotermia profunda versus la moderada, con perfusión cerebral selectiva para cirugía aórtica. Se demostró que la técnica de hipotermia moderada es segura, con mejor morbilidad y mortalidad. Varios autores no han encontrado diferencia significativa en cuanto a mortalidad entre las dos técnicas. No obstante, la preocupación que persiste con relación al uso de arresto circulatorio con hipotermia moderada por más de 60 minutos y perfusión cerebral; es el riesgo de protección insuficiente en médula espinal y vísceras abdominales. En estudios recientes, no se encontraron diferencias significativas, la incidencia de insuficiencia renal o biomarcadores de disfunción visceral entre las dos técnicas de enfriamiento siempre que el arresto circulatorio total no exceda los 60 minutos.

Gestión de la temperatura

Siguiendo las recomendaciones de la Sociedad de Cirujanos Torácicos, la Sociedad de Anestesiólogos Cardiovasculares y la Sociedad Americana de Tecnología Extracorpórea, el enfriamiento debe realizarse gradualmente manteniendo un gradiente de temperatura entre la salida arterial y la entrada venosa en el oxigenador no deben exceder los 10 ° C para evitar la generación de embolia gaseosa (recomendación I, nivel de evidencia C). (4)

Durante el recalentamiento los gradientes de temperatura entre la salida arterial y la entrada venosa en el oxigenador, no deben exceder los 10° C para evitar la desgasificación cuando la sangre regresa al paciente (Clase I, Nivel C), De igual manera cuando la temperatura de salida de sangre arterial es de ≥ 30 C se recomienda mantener un gradiente de ≤ 4 C (Clase IIa, Nivel B). (4)

Para controlar la temperatura del perfusado cerebral durante el calentamiento, se debe suponer que la temperatura de la sangre de salida arterial del oxigenador subestima la temperatura del perfusado cerebral, por tanto, la temperatura de salida del oxigenador no debe exceder los 37 ° C para prevenir la hipertermia cerebral (Clase I, Nivel C). Se han informado que una temperatura de salida arterial superior a 37 grados esta relacionada con disfunción cognitiva, mediastinitis e insuficiencia renal aguda. (23)

Gradientes de temperatura y tasa de recalentamiento

Existen recomendaciones por algunos autores de realizar una reperfusión fría antes del recalentamiento durante al menos 10 minutos, especialmente cuando se usó hipotermia profunda durante mas o menos 40 minutos, al parecer esto lo reduce los eventos neurológicos. (24)

Cuando se produce un recalentamiento rápido, devolviéndole sangre tibia a un paciente que esta hipotérmico, se puede producir una desgasificación (los gases disueltos salen de la sangre), por lo que se debe guardar el gradiente de 10°C (Clase I, Nivel C). Varios estudios han evaluado los gradientes de recalentamiento y

temperatura, con un gradiente recomendado de no más de 10 °C. Grigore y colaboradores demostraron un beneficio asociado con el recalentamiento "lento" en comparación con el recalentamiento "rápido" en el rendimiento cognitivo de los pacientes después de la CEC, Scheffer y Sanders reportaron que el recalentamiento rápido disminuye la saturación de la hemoglobina venosa yugular, creando un desajuste entre el consumo y el suministro de oxígeno cerebral. Con estos efectos negativos en mente, la protección cerebral durante la CEC es imprescindible y estos autores recomiendan mantener la relación entre el flujo sanguíneo cerebral y la tasa metabólica cerebral de oxígeno evitando la desaturación venosa y tomar mayor tiempo de recalentamiento para una mejor distribución del calor. (25)

El gradiente de temperatura arterial en pacientes pediátricos se mantiene entre 8°C y 10 ° C cuando se enfría. El enfriamiento se realiza durante al menos 15 minutos antes de la parada circulatoria y la temperatura arterial se mantiene por encima de 15 °C. El calentamiento también se realiza con el gradiente de temperatura arterial a paciente mantenido de 8° C a 10° C. (26)

La guía del manejo de temperatura, ya mencionada, recomienda que cuando la temperatura de la sangre en la salida arterial es inferior a 30 °C: en el recalentamiento, es razonable mantener un gradiente máximo de 10 °C entre la salida de la arteria y la temperatura de entrada venosa. (Clase IIa, Nivel C) y cuando la temperatura es de 30 °C en la salida arterial se debe mantener un gradiente de temperatura entre la salida arterial y la temperatura de entrada venosa de 4 ° C o menos. (Clase IIa, Nivel B). manteniendo una velocidad de recalentamiento de 0.5° C/min o menos. (Clase IIa, Nivel B). (4)

Temperatura óptima para el destete de la circulación extracorpórea

Aun no existen suficiente evidencia que apoye una recomendación por lo que la elección de la temperatura para el destete de la CEC debe equilibrarse entre evitar la hipertermia cerebral y minimizar la coagulopatía y la transfusión por hipotermia.

En el ensayo aleatorizado de Nathan y colaboradores publicaron un estudio donde los pacientes después de bajar la temperatura a 32° C en cirugías de

revascularización coronaria, se volvieron a calentar a 37 ° C o 34 ° C antes del destete de la CEC. La función cognitiva se evaluó en tres puntos temporales: post-CEC temprano, 3 meses y 5 años después. Se observó un beneficio inicial temprano después de la CEC en el grupo 34 °C (48% frente a 62% de disminución), pero esto se superó en gran medida en 3 meses, y no se observó un beneficio estadísticamente significativo a los 5 años. (27)

Insler y colaboradores informaron resultados negativos en pacientes de revascularización coronaria que tenían temperaturas centrales inferiores a 36 ° C al llegar a la unidad de cuidados intensivos (UCI), los pacientes hipotérmicos tuvieron mayor mortalidad, recibieron más transfusiones y aumento el tiempo de intubación y una estadía más prolongada en la UCI. (28)

Monitoreo de la temperatura

En los últimos tiempos se ha tratado de determinar el sitio óptimo para el monitoreo de la temperatura central y cerebral. Se han informado varios sitios de medición, incluyendo la nasofaringe, membrana timpánica, vejiga, esófago, recto, arteria pulmonar, bulbo yugular, flujo arterial y retorno venoso.

En una encuesta realizada a los perfusionistas de Canadá, se reportaron los sitios más comunes para medir la temperatura: nasofaríngeos (84%), retorno venoso (75%), línea arterial (72%), vejiga (41%) y recto (28%). (29)

El mejor acceso de monitoreo que representa la temperatura central es un catéter intravascular en la arteria pulmonar AP. Este tipo de catéter no se coloca con frecuencia, por esta razón ha sido necesario la búsqueda de otras opciones que sean eficaces y de fácil colocación para el registro de la temperatura. Se sabe que la medición de la temperatura en el bulbo yugular es el mejor indicador de la temperatura cerebral, pero no se utiliza habitualmente, y su precisión depende del posicionamiento óptimo de esta sonda de temperatura invasiva. (30)

En un estudio para evaluar el monitoreo de la temperatura cerebral, Akata y colaboradores, determinaron que la temperatura de la vejiga y la rectal son

indicadores no confiables de la temperatura cerebral durante la CEC y pueden ser de hasta 2 °C o 4 °C más bajas que la temperatura del cerebro cuando se calienta durante la CEC. El uso de la monitorización de la temperatura nasofaringe es preferible a la temperatura de la vejiga o la temperatura rectal durante el recalentamiento para evitar una posible hipertermia cerebral. (23)

En 2004, Kaukuntla y colaboradores demostraron que los sitios de monitoreo de temperatura de salida arterial deben ser monitoreadas para evitar el flujo de entrada hipertérmico cerebral. (31) Nussmeier y colaboradores demostraron que la medición de la temperatura de salida de la sangre arterial proporcionó la mejor correlación con la temperatura de bulbo yugular, seguida la nasofaringe y que todos los sitios del cuerpo sobreestimaron la temperatura del bulbo yugular durante el enfriamiento y la subestimaron durante el recalentamiento, informando que "el sitio de salida arterial tenía la menor discrepancia promedio de todos los sitios de temperatura en relación con el sitio de bulbo yugular". (30)

Siguiendo las recomendaciones de la Sociedad de Cirujanos Torácicos, la Sociedad de Anestesiólogos Cardiovasculares y la Sociedad Americana de Tecnología Extracorpórea en su guía de manejo de temperatura del 2015, la temperatura de la sangre de salida arterial del oxigenador se ha de utilizar como sustituto para la medición de la temperatura cerebral durante el la CEC. (Recomendación I, Nivel de evidencia C). Para el destete de la CEC y la medición inmediata de la temperatura después del bypass se es razonable la temperatura de la arteria pulmonar o nasofaríngea. (Recomendación IIa, Nivel de evidencia C). (4)

Manejo de los gases en hipotermia

La regulación del pH del tejido durante la hipotermia es fundamental para el mantenimiento de la homeostasis celular, ya que la hipotermia induce cambios en el pH por la constante de disociación del agua y por aumento en la solubilidad de los gases. Al disminuir la temperatura aumenta la solubilidad del CO₂ en plasma y la PaCO₂ disminuye produciendo una alcalosis fisiológica.

A la temperatura corporal normal (37 ° C), la sangre y los fluidos tisulares son alcalinos (menor concentración de Hidrogeniones [H +] y, en consecuencia, un pH más alto) en relación con el agua a la misma temperatura. Varios sistemas de amortiguadores crean y mantienen esta alcalinidad relativa, de modo que la proporción de [OH-] a [H +] permanece constante en aproximadamente 16: 1 a pesar de la variación de la temperatura. A medida que cambia la temperatura, la disociación intrínseca de estos sistemas de tampón también cambia para mantener la relación de [OH-] a [H +] constante. Este medio interno constante se logra predominantemente por la capacidad de amortiguación del grupo imidazol del aminoácido histidina. (26)

Se han recomendado dos enfoques para el manejo de los cambios iónicos durante la hipotermia:

El término α -stat ha llegado a indicar una estrategia de manejo ácido-base en la cual conserva la relación de [OH-] a [H +] con el cambio de temperatura y produce un cambio alcalino y este mantenimiento a medida que la temperatura disminuye permite la función óptima de muchas enzimas respiratorias. Aquí se mantienen constantes las reservas de CO₂ y permitiendo que el pH y la PaCO₂ sigan sus cambios de disociación mediados por los cambios de temperatura en forma termodinámica. En otras palabras, durante el enfriamiento, no se agrega CO₂ exógeno al sistema cuando se sigue la estrategia α -stat. (26)

El método alternativo de la estrategia ácido-base se denomina pH-stat. La regulación de PH-stat implica mantener un pH constante de 7.40 a todas las temperaturas con ajustes de la PaCO₂. Con este método, el pH es el valor que se mantiene constante a temperaturas variables. Si se usa esta estrategia en hipotermia (a temperatura corregida), se debe agregar CO₂ para mantener un PaCO₂ de 40 y un pH de 7.40. Las relaciones extracelulares e intracelulares de [OH-] a [H +] están alteradas y las reservas totales de CO₂ están elevadas. (2)

Manejo apropiado ácido-base para la perfusión cerebral óptima

Claramente, el flujo sanguíneo cerebral disminuye significativamente con la hipotermia. La tasa metabólica cerebral también disminuye durante el bypass hipotérmico. La respuesta de la circulación cerebral a los cambios en la PaCO₂ se conserva, al menos durante la hipotermia moderada; por lo tanto, el manejo de α -stat dará como resultado flujos cerebrales más bajos que los observados con el manejo de pH-stat. Sin embargo, debido a la disminución de la demanda metabólica, un flujo sanguíneo cerebral más bajo puede ser apropiado e indicativo de un acoplamiento sostenido del flujo sanguíneo y la demanda metabólica.

En adultos se tiene la noción de que el manejo de α -stat puede ser beneficioso si se considera que el mecanismo más probable para la lesión neurológica en estos pacientes es probablemente la embolia. Por lo tanto, se esperaría que el manejo de α -stat proporcione flujos sanguíneos cerebrales más bajos que estén más alineados con la tasa metabólica cerebral y una menor carga embólica.

Los defensores del método α stat sugieren que los flujos de sangre innecesariamente altos (con el manejo de pH-stat) pueden poner al cerebro en riesgo de daño por microémbolos, edema cerebral o presión intracraneal alta, o pueden predisponer a una redistribución adversa del flujo sanguíneo cerebral en pacientes con enfermedad cerebrovascular.

Por otro lado, los defensores de la estrategia de pH-stat sugieren que un flujo sanguíneo cerebral aumentado puede ser útil para mejorar el enfriamiento cerebral antes del inicio del paro circulatorio. De hecho, si el flujo sanguíneo cerebral total aumenta, se mejora el enfriamiento cerebral global y el flujo sanguíneo cerebral se redistribuye durante el manejo en pH-stat. Una mayor proporción de flujo sanguíneo cerebral se distribuye a estructuras cerebrales profundas (tálamo, tronco cerebral y cerebelo) cuando se usa el manejo de pH-stat. (32)

Sin embargo, otros datos sugieren que la recuperación metabólica cerebral después de la parada circulatoria puede ser mejor con el método α -stat que con el

modo pH-stat. Esta variación en los resultados ha llevado a algunos autores a abogar por una estrategia de cruce en la cual se utiliza un enfoque de pH-stat durante los primeros 10 minutos de enfriamiento, ocasionando una vasodilatación cerebral para favorecer la homogeneidad del enfriamiento, para proporcionar una supresión metabólica cerebral máxima, seguida de una estrategia α -stat para eliminar la acidosis grave que se acumula durante la hipotermia profunda durante pH-stat. Este enfoque parece ofrecer una recuperación metabólica máxima en animales. (33) (24)

La elección del manejo ácido-base puede ser particularmente importante en el subgrupo de pacientes pediátricos con colaterales aortopulmonares, para quienes el enfriamiento cerebral es problemático. Parece que la adición de CO₂ durante el enfriamiento mejora la perfusión cerebral y mejora la recuperación metabólica cerebral. (34) Además se esperaría ver un aumento en la resistencia vascular pulmonar y una disminución en el flujo sanguíneo pulmonar con la estrategia pH-stat. De hecho, en un ensayo clínico aleatorizado de 40 niños cianóticos, Sakamoto y colaboradores demostraron una reducción en la circulación colateral sistémico-pulmonar en el grupo pH-stat. (35)

La diferencia aparente en el resultado entre adultos y niños en relación con la aplicación de una técnica y otra puede relacionarse con diferencias en el mecanismo de lesión cerebral en derivación cardiopulmonar. En los adultos, los émbolos parecen jugar un papel prominente en el resultado neurológico adverso. (36)

Por lo tanto, se postula que el flujo sanguíneo cerebral reducido asociado con el manejo de α -stat puede ser protector al limitar la dispersión de los microembolios cerebrales. Por otro lado, el mecanismo de lesión en los niños puede estar más relacionado con la hipoperfusión o la activación de las vías excitotóxicas. Si se emplea una estrategia de pH stat, el aumento del flujo sanguíneo cerebral puede ser beneficioso para asegurar el enfriamiento completo del cerebro y disminuir el consumo de oxígeno. (37)

La nueva guía Europea recomienda aplicar la estrategia alfa-stat en las cirugías cardíacas de adultos bajo hipotermia moderada a leve, porque los resultados

neurológicos y neurocognitivos son mejores, con recomendación IIa y nivel de evidencia B. (38)

Manejo de valores de hemoglobina en hipotermia

La hipotermia aumenta la viscosidad de la sangre; por lo tanto, a bajas temperaturas, un hematocrito más bajo es más apropiado que a 37 ° C.

Actualmente, la sangre de los pacientes se hemodiluyen rutinariamente a un hematocrito de menos del 25% hasta que se completa la reconstrucción aórtica, momento en el cual se inicia el recalentamiento y la hemoconcentración. Aunque la hemodilución disminuye la capacidad de transporte de oxígeno, el suministro general de oxígeno mejora porque la disminución de la viscosidad sanguínea mejora el flujo microcirculatorio. (26)

Un hematocrito inferior a lo normal parece deseable durante la CEC en hipotermia, ya que el perfusado tiene una viscosidad y tasa de cizallamiento aparentemente más baja y proporciona una mejor perfusión de la microcirculación.

Por lo tanto, un hematocrito de aproximadamente 0,20 a 0,25 puede ser óptimo durante la CPB moderadamente y profundamente hipotérmica, aunque un hematocrito bajo podría predisponer al paciente a la disfunción neurológica, particularmente cuando existe durante un período de bajo flujo de CPB y también en pacientes ancianos y diabéticos con mala regulación cerebral del flujo sanguíneo. Varios estudios de lactantes sugieren que un hematocrito de 0.25 se asocia con un mejor resultado neurológico que uno de 0.20, pero que no hay una mejora incremental para el hematocrito mayor de 0.25 (hasta 0.35).

Durante el recalentamiento, puede ser deseable un hematocrito más alto debido a las mayores demandas de oxígeno, y la viscosidad aparente más alta de un hematocrito más alto es apropiada durante la normotermia. Esto puede lograrse

mediante ultrafiltración o agregando glóbulos rojos empaquetados si el volumen de sangre es demasiado bajo para permitirlo.(2)

PERFUSION CEREBRAL SELECTIVA ANTEROGRADA

La primera publicación donde se aplicó la estrategia de perfusión cerebral selectiva fue reportada por DeBakey y sus colegas en 1962, en la primera serie de casos donde se hizo reemplazos del arco. En esta experiencia inicial, la mortalidad fue del 22% y no se informó la tasa de accidente cerebrovascular. (39)

En 1974 Panday y colegas realizaron perfusión cerebral anterógrada a través de la arteria axilar y en 1986 Frist y colegas informaron sobre la experiencia de Stanford con 10 pacientes usando perfusión cerebral anterógrada selectiva con hipotérmica moderada (25 C y 28 C). Bachet y sus colegas informaron sobre la técnica de perfusión cerebral selectiva con hipotermia profunda (6° C.-12° C.) e hipotermia sistémica moderada, un método que denominaron "cerebroplejía fría", aumentando la tolerancia isquémica y permitiendo tiempos quirúrgicos más largos. (40)

Cuando solo se utilizaba arresto circulatorio hipotérmico en cirugías complejas donde el tiempo perioperatorio excedió los 40 minutos se reportaron tasas más elevadas de complicaciones neurológicas, y si el tiempo de arresto aumentaba por encima de los 65 minutos se incrementaba dramáticamente la mortalidad, estas limitaciones del arresto circulatorio hipotérmico en patologías que requerían tiempos sustancialmente más largos aumentan la morbimortalidad. El paro circulatorio hipotérmico junto con la perfusión cerebral anterógrada, 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. (26)

La perfusión cerebral anterógrada permite el uso de hipotermia moderada, esta estrategia a reportado una menor mortalidad hospitalaria a 30 días, un tiempo de derivación cardiopulmonar más corto y menos secuelas neurológicas que la

hipotermia profunda en pacientes que se someten a cirugía de arco aórtico con perfusión cerebral anterógrada. (41)

De esta forma, los resultados neurológicos son mejores y el intervalo de seguridad es mayor. Aun así, es necesario tener en cuenta que existe la posibilidad de isquemia en la parte inferior del cuerpo, especialmente de las vísceras abdominales y la médula espinal, por lo tanto, el tiempo de parada circulatoria debe ser limitado y no exceder los 80 minutos. (1)

La perfusión cerebral anterógrada consiste en entregar sangre oxigenada al cerebro a través de la ruta arterial. Puede ser unilateral a través de la arteria axilar derecha, arteria subclavia o innominada o bilateral con canulación directa de los troncos supraaórticos. Por lo general, se usa un caudal de 10 a 15 ml / kg / min y una presión de perfusión de entre 50 y 70 mmHg en la arteria radial derecha o de 60 a 70 mmHg en la arteria carótida. A estas presiones y a temperaturas superiores a 25 ° C, generalmente se mantiene la autorregulación cerebral. (7)

Existen diversos estudios sobre el flujo sanguíneo cerebral óptimo y la adecuada presión arterial para la perfusión cerebral anterógrada selectiva. Recientemente, Jonsson y colaboradores 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. (42)

Por lo tanto, la mayoría de los centros que adoptan perfusión cerebral anterógrada en su práctica quirúrgica habitual perfunden el cerebro a una velocidad 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. [(43)(44)(45)].

Cuando se considera el flujo sanguíneo cerebral óptimo, hay que tener en cuenta que la autorregulación se puede perder no solo por desajuste fisiológico del flujo o la presión, sino que también puede modificarse por la temperatura, esta autorregulación disminuye drásticamente a 25 ° C y menos (46) .

Se ha reportado que con una temperatura por debajo de 20 ° C se asocia con un aumento en la muerte hospitalaria, así como con aumentos significativos en la tasa de mortalidad de 30 días y el tiempo de CEC y un aumento no significativo en la incidencia de accidente cerebrovascular. (41)

Perfusión cerebral Retrógrada versus Anterógrada

La perfusión cerebral anterógrada parece ser superior a la retrograda porque es más fisiológico con una distribución homogénea del flujo sanguíneo cerebral y permite mantener hipotermia moderada en lugar de profunda. El principal inconveniente de la perfusión cerebral anterógrada es la posibilidad de embolias cerebrales, por manipulación arterial, pero actualmente, es la técnica más utilizada para la cirugía aórtica en la mayoría de los hospitales por sus buenos resultados y ventajas como es aumentar el tiempo de seguridad a más de 80 minutos. (47)

También se describe una disminución del riesgo de complicaciones neurológicas y una tendencia hacia una disminución de la mortalidad a 30 días y a medio plazo con perfusión cerebral anterógrada en comparación con perfusión cerebral retrograda. (24)

Es conocido que el efecto beneficioso de la perfusión cerebral retrograda están relacionados principalmente con el mantenimiento de la hipotermia cerebral homogénea y profunda y con la expulsión de burbujas de aire, lavado de partículas solidas, pero se mantiene en duda si en verdad satisface las demandas metabólicas del cerebro, o incluso si proporciona algún flujo a través de la microvasculatura cerebral. Los datos experimentales sugieren cada vez más que la perfusión cerebral retrograda no entrega sangre al cerebro de manera efectiva. La principal desventaja es el riesgo de edema cerebral debido al flujo o las altas presiones de perfusión. (48)

En base a todos estos hallazgos, algunos autores han sugerido que la perfusión cerebral retrograda puede reservarse para casos en los que los troncos supraaórticos no pueden ser manipulados por un gran riesgo embólico o en caso de accidente de embolismo aéreo. (24) (49)

Sitios de canulación para perfusión cerebral anterógrada selectiva

El reemplazo del arco aórtico sigue siendo una de las operaciones más formidables en la cirugía cardiovascular. El arco aórtico se define anatómicamente como el segmento de la aorta desde el cual surgen la arteria innominada, la arteria carótida común izquierda y la arteria subclavia izquierda. En los últimos años se han desarrollado avances recientes en estrategias de protección cerebral y en técnicas quirúrgicas con el objetivo de mejorar los resultados postoperatorios.

Después del informe de DeBakey y colaboradores de la primera aneurismectomía del arco aórtico exitosa en 1957, se utilizaron múltiples técnicas para proporcionar protección cerebral durante la reconstrucción del arco aórtico. Estos incluían perfusión cerebral anterógrada con canulación de uno, dos o tres vasos braquiocefálicos. (50)

Las preferencias de los diferentes equipos quirúrgicos han favorecido una variedad de rutas para la canulación para llevar a cabo la perfusión cerebral anterógrada selectiva, utilizando las diferentes arterias como son: la arteria axilar, innominada, las carótidas y subclavia.

Arteria Axilar

La canulación de la arteria axilar derecha, facilita la perfusión central y la perfusión cerebral anterógrada unilateral sin manipular la aorta ascendente. La canalización axilar derecha como la arteria innominada previenen la mala perfusión y la ateroembolia cerebral retrógrada, y facilitan la administración de perfusión cerebral anterógrada durante todo el período arresto circulatorio hipotérmico. (51)

Cuando se utiliza la arteria axilar derecha o la arteria innominada para el flujo de entrada arterial, la presión de perfusión es la presión de la línea radial derecha. (52)

Arteria Innominada

La canulación de la arteria innominada tiene varias ventajas sobre la canulación de la arteria axilar. Primero, no hay necesidad de una incisión adicional; así, el tiempo operatorio es potencialmente más corto. En segundo lugar, debido a que el sitio de canulación permanece bajo la visión directa del cirujano en todo momento, se puede evitar la pérdida de sangre adicional y el posible retorcimiento del injerto de entrada. Tercero, la arteria innominada es técnicamente más fácil de canular en pacientes obesos que la arteria axilar y cuarto, se elimina el riesgo de lesión del plexo braquial y la isquemia o claudicación del brazo. (26)

Preventza y colaboradores utilizaron una técnica similar en 68 pacientes. La cánula también se puede insertar directamente en la arteria innominada. Por lo general, el vaso es de tamaño suficiente para permitir el flujo anterógrado hacia la arteria carótida, pero es importante que la arteria innominada sea sustancialmente más grande que la cánula insertada. (53)

Arteria carótida izquierda

Cuando se indica perfusión cerebral anterógrada directo al lado izquierdo, se puede administrar a través de la arteria carótida común izquierda.

Neri E. y colaboradores realizaron un estudio entre diciembre del 1999 y abril de 2001, utilizando la canulación de la arteria carótida izquierda común en 26 operaciones de arco aórtico, reportando el uso de esta técnica donde obtuvieron excelentes resultados y concluyeron que la canulación de la arteria carótida común izquierda es un medio seguro y efectivo para proporcionar un flujo arterial para perfundir selectivamente el cerebro. (54)

Injerto trifurcado

Esta técnica emplea un injerto en Y simple o doble que puede adaptarse a la anatomía y reconstruir el arco aórtico del paciente, aísla los vasos braquiocefálicos

de la aorta ateromatosa a menudo enferma cerca de sus orígenes y permite una gran versatilidad del injerto en Y para acomodar anomalías en el arco o para modificar la secuencia de anastomosis de acuerdo con los hallazgos intraoperatorios. (55)

Perfusión cerebral unilateral versus bilateral

La controversia deriva del hecho de que la perfusión cerebral anterógrada unilateral puede ser insuficiente en caso de estenosis carotídea, accidente cerebrovascular previo o anomalías anatómicas en el polígono de Willis. Perfusión cerebral anterógrada selectiva puede administrarse bilateral o unilateralmente, en donde la perfusión contralateral depende de las vías colaterales, más prominentemente el círculo de Willis. Sin embargo, el impacto clínico de un círculo incompleto no está claro. (40)

Merkkola y sus colegas realizaron autopsias en 98 cerebros humanos y determinaron que hasta el 17% de las muestras tenían evidencia anatómica del círculo incompleto. Recomendaron la angiografía por tomografía computarizada (TC) para identificar a los pacientes que podrían necesitar perfusión cerebral anterógrada selectiva bilateral. Otro estudio sugirió que el 42,4% de los europeos orientales tienen un círculo incompleto; Además de la angiografía CT preoperatoria, estos autores recomendaron la monitorización intraoperatoria con espectroscopía de infrarrojo cercano, Doppler transcraneal y electroencefalografía. (1)

La perfusión cerebral anterógrada bilateral es algo más difícil técnicamente y requiere una mayor manipulación de los troncos supraaórticos con los cuales el riesgo embólico es mayor.

Los estudios que comparan ambas perfusiones tienen resultados mixtos. En algunas publicaciones, se ha descrito una incidencia menor pero no significativa de accidente cerebrovascular con perfusión unilateral. (56)

El uso de un tipo u otro de perfusión anterógrada probablemente depende de las características de cada paciente, los protocolos de cada hospital y la existencia de

asimetrías en la saturación de oxígeno cerebral regional, o electroencefalografía al inicio. Sin embargo, se ha reportado que la perfusión unilateral permitió alrededor de 30-50 min y la perfusión bilateral permitió 86 a más de 164 min de perfusión cerebral selectiva anterógrada con una tasa de accidente cerebrovascular aceptablemente baja, por lo que recomiendan que si se predice un arresto circulatorio mayor de 40 o 50 minutos, se recomienda la perfusión bilateral. (57)

MÉTODOS FARMACOLÓGICOS PARA LA PROTECCIÓN DEL CEREBRO

La neuroprotección farmacológica es una técnica que ha venido estudiándose a lo largo de los años para disminuir o contrarrestar los posibles daños cerebrales que podría estar causados por efectos indeseables durante la corrección quirúrgica cardiovascular, pero hay poca evidencia que concluya los beneficios de los fármacos tradicionalmente utilizados, por lo tanto, no existe un consenso sobre esta estrategia.

En el 2001, la asociación de anestesiología cardiovascular de Reino Unido realizó una encuesta a sus miembros para determinar los agentes farmacológicos como protectores cerebrales durante el paro circulatorio hipotérmico profundo en cirugía aórtica torácica adulta, mostraron que el 83% de los encuestados usaban algún tipo de agente farmacológico para la protección cerebral; El 59% de los encuestados usó tiopental, el 29% usó propofol y el 48% usó una variedad de otros agentes, los más comunes fueron los esteroides. (58)

Tiopental

Los barbitúricos actúan reduciendo consumo cerebral de oxígeno, flujo sanguíneo cerebral, ácidos grasos libres, radicales libres, edema cerebral y actividad convulsiva. Los barbitúricos se han estudiado ampliamente en modelos

animales de isquemia focal con diversos grados de éxito, pero la utilidad para la protección del cerebro durante la CEC ha sido difícil de demostrar clínicamente (59)

Nussmeier y colaboradores fueron de los primeros en informar los efectos beneficiosos del tiopental en la prevención de complicaciones neuropsiquiátricas después de la cirugía cardíaca, pero un estudio similar realizado por Zaidan y colaboradores no pudo corroborar estos hallazgos. Los ensayos de barbitúricos como agentes protectores en la isquemia global no mostraron una mejora en el resultado. (60) (61)

Incluso se ha sugerido que los barbitúricos pueden poner en peligro el estado energético del cerebro en pacientes con arresto circulatorio hipotérmico profundo. (58)

A pesar de la falta de evidencia concluyente de neuroprotección, los barbitúricos todavía se usan para ese propósito en la práctica clínica durante el arresto circulatorio hipotérmico profundo.

Propofol

La introducción del propofol generó cierto interés en su aplicabilidad para la neuroprotección en la cirugía cardíaca, pero no se han realizado estudios similares a los de Nussmeier o Zaidan. Se han probado efectos inmunomodulares, donde tuvo una influencia positiva inmune después de la CEC, además, se encontró niveles de la proteína S100 β más bajos en pacientes que recibieron propofol en contraste con pacientes bajo anestesia con desflurano en pacientes con arresto circulatorio hipotérmico. (62)

Dexametasona y la Metilprednisolona

Los esteroides, en particular la dexametasona y la metilprednisolona, contrarrestan la respuesta inflamatoria sistémica durante y después de la CEC al disminuir las citocinas proinflamatorias, que se cree que juegan un papel en la lesión

isquémica cerebral, así como en la depresión miocárdica y la desensibilización adrenérgica. Anteriormente se ha demostrado que los esteroides mejoran el resultado neurológico en pacientes con arresto circulatorio hipotérmico. Sin embargo, las dosis altas de esteroides pueden conducir a un mayor riesgo de sepsis y una alteración en el metabolismo de la glucosa. (63)

Manitol

Aparte de los efectos como un diurético osmótico que protege el riñón al disminuir la resistencia vascular renal, preservar la integridad tubular y reducir el edema de células endoteliales. También reduce el edema cerebral y elimina los radicales libres, reduciendo así el daño tisular. (64)

En el 2013, se realizó una revisión de la base de datos del Registro alemán de disección aórtica aguda tipo A (GERAADA), que incluían 50 centros de cirugía cardíaca en Alemania, Austria y Suiza, evaluando los efectos beneficiosos del manitol, los barbitúricos y los esteroides en la cirugía de aneurisma tipo A. 2,137 pacientes se examinaron en la base de datos durante 4 años. Un total del 48% de los pacientes no recibió medicamentos neuroprotectores (grupo control), se usó monoterapia con esteroides en el 11.2% de los pacientes, barbitúricos en el 8.4%, manitol en el 7.3% y el resto (25.1%) recibió una combinación de estos medicamentos. No se pudo determinar ningún efecto neuroprotector de ningún medicamento; solo el manitol se asoció con una disminución de la mortalidad después de la cirugía, aunque puede deberse a sus efectos en otros órganos. (65)

MONITORIZACION NEUROLÓGICA DURANTE PERFUSIÓN CEREBRAL SELECTIVA

En la época actual, con la introducción de técnicas quirúrgicas mucho más complejas y los avances tecnológicos, la necesidad de monitorizar los parámetros

que garantizan una adecuada perfusión multiorgánica es de carácter obligatorio para el perfusionista.

El cerebro es el órgano más dependiente de oxígeno, por lo tanto; la protección cerebral durante la CEC, especialmente en situaciones de parada circulatoria, ya sea con hipotermia moderada o profunda, es un procedimiento altamente demandante en el que se deben minimizar todos los riesgos existentes; en especial, los que impiden garantizar una entrega adecuada de oxígeno a este órgano vital. Existen varias medidas de monitorización cerebral en las que el equipo cardiovascular; con mayor énfasis el perfusionista, se pueden apoyar para asegurar la óptima protección cerebral.

A continuación, se mencionan algunos métodos de monitorización empleados durante la cirugía de aorta con perfusión cerebral:

Electroencefalograma (EEG): esta técnica de monitoreo es útil en la cirugía con hipotermia profunda, arresto circulatorio y perfusión cerebral para registrar el silencio electrocerebral antes de realizar el arresto, también puede detectar actividad epileptiforme. Se ha verificado que la actividad eléctrica cerebral durante el enfriamiento sigue patrones predecibles, aunque con amplios márgenes, mostrando inactividad eléctrica completa entre 12.5 y 27.2°C (media $17.8 \pm 4^\circ\text{C}$).
(11)

Durante el calentamiento hay una normalización progresiva del EEG. Esta técnica de monitorización cerebral presenta algunas desventajas: pobre especificidad, no puede detectar actividad en regiones subcorticales/profundas, requiere un técnico dedicado, el EEG isoelectrico puede aparecer a diferentes temperaturas en distintos pacientes, es afectado por la radiación electromagnética ambiental y drogas anestésicas. (66)

Potenciales evocados somatosensoriales (SEP): las respuestas corticales, subcorticales y periféricas se pueden usar durante el enfriamiento porque su

supresión debe ocurrir antes del arresto circulatorio. Lo primero en desaparecer son las respuestas corticales, seguidas de las respuestas subcorticales y periféricas. (1)

Oximetría cerebral continua (en inglés, NIRS: near infrared spectroscopy): es una técnica que se desarrolló en los años 70 y está basada en el empleo de la espectroscopía próxima al infrarrojo que analiza el balance entre aporte y demanda de O₂ al cerebro. Se coloca un sensor en la región craneal del paciente que capta cada 4 a 5 segundos la saturación regional de oxígeno (SrO₂) de los tejidos subyacentes (85% procede de corteza cerebral y 15% de tejido extracerebral) correspondiente a los territorios de perfusión de las arterias cerebrales anterior y media. La captación de la señal no se afecta ni por el grado de profundidad anestésica ni por la hipotermia. Es una guía útil para determinar el tiempo de seguridad isquémica y también para determinar el flujo de perfusión y ritmo de recalentamiento óptimos durante este periodo evitando así, eventos isquémicos, secundarios al binomio oferta/demanda. Además de evitar valores superiores del 85% de SrO₂ que nos informarían de un hiperflujo y posible edema cerebral. (1)

Esta técnica presenta como desventajas: únicamente monitorea una pequeña área de la corteza, no la función global, y no puede diferenciar la causa de una SrO₂ baja (embolia versus hipoperfusión). (66)

Índice biespectral (BIS): Mide la profundidad anestésica y también es útil para controlar la actividad cerebral durante el enfriamiento y el recalentamiento. Con la hipotermia, el valor de BIS disminuye, a menudo de manera bifásica y aumenta la tasa de supresión. El rango de valores varía ampliamente entre los pacientes, pero generalmente con temperaturas <18°C, el BIS es 0. Su utilidad en caso de hipotermia sería identificar rastros de supresión o silencio eléctrico.

Saturación de O₂ venosa yugular (SyO₂): se puede medir de forma invasiva con un sensor insertado en la vena yugular. La supresión metabólica máxima se logra con saturaciones superiores al 95%. Una SyO₂ baja refleja una alta absorción de O₂ que indica la posibilidad de daño neurológico, se puede usar para medir la

temperatura cerebral directamente. Presenta como desventajas: únicamente refleja el flujo sanguíneo cerebral global, mas no la isquemia regional, no se correlaciona directamente con los hallazgos del EEG debido a que se puede observar una SyO_2 baja en el silencio EEG. (67)

Doppler transcraneal (TCD): es una técnica barata y no invasiva que permite detectar cambios en tiempo real, especialmente embolias y descensos del flujo sanguíneo cerebral, generalmente durante la perfusión cerebral anterógrada. Mide la velocidad de la sangre en los vasos grandes y a menudo se emplea como sustituto del flujo sanguíneo cerebral. (68) Desafortunadamente, TCD es técnicamente difícil de implementar en la sala de operaciones, sus principales inconvenientes son que requiere capacitación y experiencia, es un operador dependiente, no es fácilmente reproducible y puede ser difícil obtener una señal adecuada.

Actualmente, NIRS y BIS son los más utilizados, ya que no son invasivos, a diferencia de SjO_2 , son menos complejos y requieren menos aparatos que el EEG y SEP y menos subjetivos que el TCD.

OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Tabla 1. Variables del estudio definidas operacionalmente

Variable	Definición Operacional	Unidad de Medida	Tipo
Temperatura de perfusión cerebral selectiva	Temperatura a la que se perfunde sangre al cerebro a través de un sistema de circulación extracorpórea, de manera selectiva anterógrada; expresada	<ul style="list-style-type: none"> • 15°C • 18°C • 20°C • 22°C • 24°C 	Cuantitativa

anterógrada (PCSA)	en grados centígrados (°C) y obtenido a través de una encuesta electrónica.	<ul style="list-style-type: none"> • 26°C • 28°C 	
Temperatura de destete de circulación extracorpórea (CEC)	Temperatura a la se lleva al paciente través de un sistema de circulación extracorpórea, previo a separarlo de la ella; expresada en grados centígrados (°C) y obtenido a través de una encuesta electrónica.	<ul style="list-style-type: none"> • 36°C • 37°C • 37.5°C • Otra 	Cuantitativa
Tasa de recalentamiento	Relación que se guarda entre temperatura y tiempo, o entre temperatura de intercambiador de calor y de la línea arterial al momento de recalentar el paciente en circulación extracorpórea, obtenido a través de una encuesta electrónica.	<ul style="list-style-type: none"> • Gradiente entre 7 – 10°C • 0.25°C por minuto • 0.5°C por minuto • 1°C por minuto 	Cuantitativa
Sitio de medición de temperatura	Ubicación en el cuerpo del termómetro ya sea invasiva o no, para registrar la temperatura durante la derivación cardiopulmonar; obtenido a través de una encuesta electrónica.	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatur a arterial del oxigenador • Temperatur a venosa del oxigenador • Nasofarínge a 	Cuantitativa

		<ul style="list-style-type: none"> • Vejiga • Recto • Bulbo • Yugular • Arteria Pulmonar • Membrana timpánica • Otra 	
Estrategia de manejo de gases	Técnica utilizada para el mantenimiento del equilibrio ácido básico durante la derivación cardiopulmonar según se realice en normotermia o en hipotermia; obtenido a través de una encuesta electrónica.	<ul style="list-style-type: none"> • pH stat • alfa stat 	Cuantitativa
Flujo de perfusión cerebral	Volumen sanguíneo que se perfunde al cerebro a través de circulación extracorpórea, en relación a peso del paciente, medido en litros/ kilogramo; obtenido a través de una encuesta electrónica.	<ul style="list-style-type: none"> • 6 ml/kg • 8 ml/kg • 10 ml/kg • 15 ml/kg 	Cuantitativa
Sitio de monitoreo	Ubicación de línea arterial para medir la presión de la perfusión cerebral en mmHg, ya sea en el	<ul style="list-style-type: none"> • arteria radial derecha 	Cuantitativa

depresión de perfusión	paciente o en el circuito extracorpóreo; obtenido a través de una encuesta electrónica.	<ul style="list-style-type: none"> • cánula de perfusión cerebral • presión de perfusión arterial • no se mide presión 	
Sitio de canulación para perfusión cerebral	Ubicación anatómica donde se coloca la cánula para realizar perfusión cerebral; obtenido a través de una encuesta electrónica.	<ul style="list-style-type: none"> • arteria axilar • arteria innominada • arteria subclavia • una cánula de distribución para los tres grandes vasos • cánula arterial en dos carótidas • otro sitio anulación 	Cuantitativa
Medicación neuroprotectora	Fármacos administrados previo al arresto circulatorio total para protección cerebral; obtenido de una encuesta electrónica.	<ul style="list-style-type: none"> • tiopental sódico • propofol • manitol 	Cuantitativa

		<ul style="list-style-type: none"> • dexametasona • no se administra medicación • otro medicamento 	
Monitorización cerebral	Dispositivo auxiliar para medir saturación cerebral, actividad electroencefalográfica y/o profundidad anestésica, durante la derivación cardiopulmonar, obtenido de una encuesta electrónica.	<ul style="list-style-type: none"> • BIS • Entropía • NIRS • EEG • Ninguno 	Cuantitativa

MATERIAL Y MÉTODOS

Tipo de estudio

Estudio de corte transversal, descriptivo con el fin de especificar las tendencias en Latinoamérica en la aplicación de las diferentes estrategias para la protección cerebral durante arresto circulatorio.

Material

El material utilizado para este estudio lo constituye una encuesta anónima utilizando la plataforma de la Asociación latinoamericana de perfusión, entidad que

impulsa la educación continua, el mejoramiento profesional y gremial de los perfusionistas latinoamericanos.

Área de estudio

Universo

Los Perfusionistas miembros de la asociación latinoamericana de perfusión.

Se envió una encuesta a 271 perfusionistas que corresponden al total de los miembros activos de la asociación latinoamericana de perfusión (ALAP).

Muestra

El tipo de muestreo fue no probabilístico. La muestra obtenida corresponde a 127 cuestionarios contestados por los perfusionistas de ALAP, para una representación de un 47%.

Criterios

De inclusión

Cada una de las encuestas respondidas correctamente.

De exclusión

Cuestionarios con preguntas sin contestar, incompletas o con respuesta confusas.

Instrumento de recolección de datos

El instrumento utilizado fue una encuesta anónima en línea:

anexo 1. Encuesta Perfusión Cerebral en cirugía de Arco aórtico.

Procedimiento

Se obtuvieron las respuestas a través de una encuesta anónima, dirigidas a todos los perfusionistas miembros de la asociación latinoamericana de perfusión, enviadas por la aplicación TYPEFORM, Se utilizaron como descriptores estadísticos de porcentajes de programa Excel.

El cuestionario consistió en 10 preguntas, tanto con selección múltiples y como respuesta única.

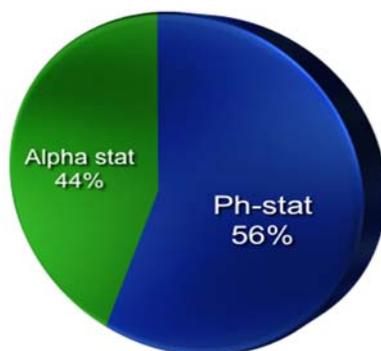
RESULTADOS:

Se analizaron 127 cuestionarios de la encuesta anónima aplicada a través de la plataforma de la asociación latinoamericana de perfusión para sus miembros. Luego de aplicar los criterios de inclusión y exclusión, se encontró que 126 cuestionarios eran útiles para la realización de este estudio; el cuestionario eliminado presento respuestas incoherentes.

Tendencia del manejo de la temperatura y de gases en arresto circulatorio con perfusión cerebral anterógrada.

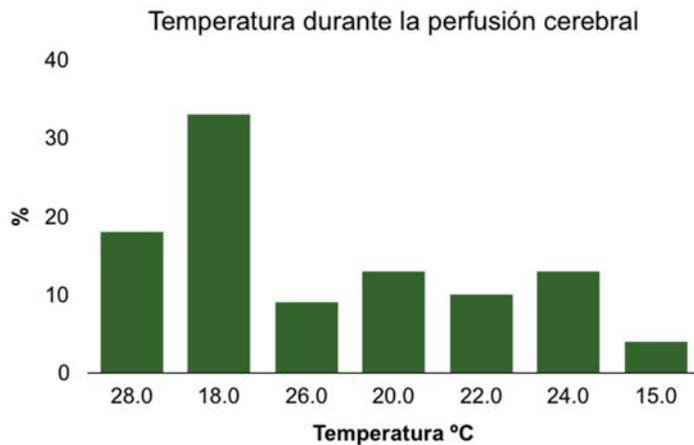
Gráfico 1. Estrategia de manejo de gases en hipotermia.

Estrategia manejo de gases en hipotermia



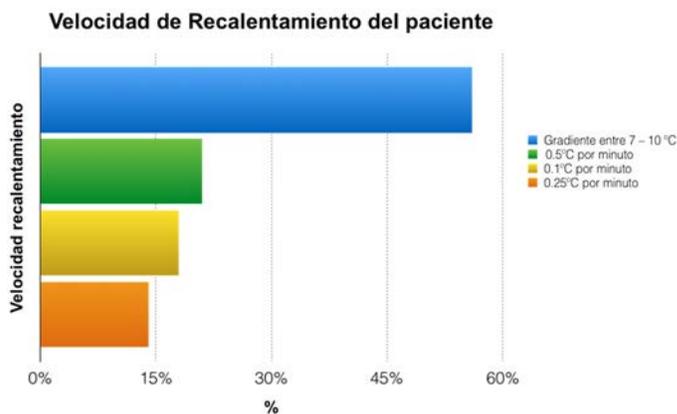
En cuanto a la tendencia del manejo de la temperatura y de gases en arresto circulatorio con perfusión cerebral anterógrada, se observa en el gráfico 1 un predominio del manejo de gases en hipotermia con la técnica Ph-stat sobre la técnica alphastat, con una superioridad en la elección de la técnica del 12%.

Gráfico 2. Temperatura del paciente durante la perfusión cerebral



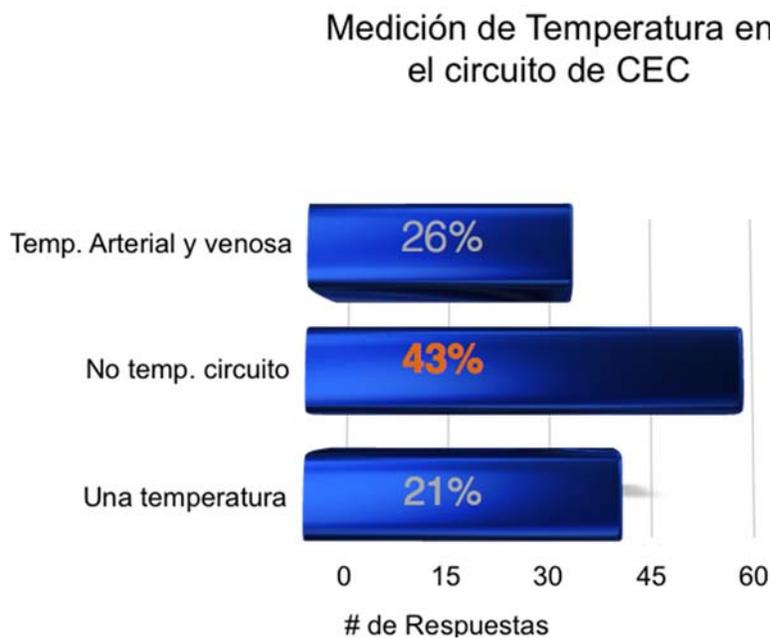
De los datos arrojados por la gráfica 2, se observa que 33% de los encuestados realizan la perfusión cerebral de sus pacientes a una temperatura de 18°C seguido por un 28% que manejan la temperatura a 28 °C y un 13% realiza la perfusión cerebral a temperatura de 15°C, solo un 4% maneja a los pacientes a temperaturas de 15 °C.

Gráfico 3. Tasa de velocidad de recalentamiento del paciente.



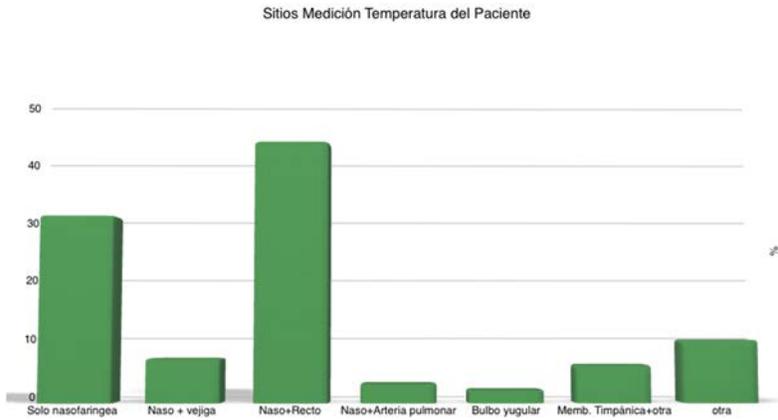
La gráfica 3 muestra que el 56% de los encuestados realizan el recalentamiento del paciente manteniendo un gradiente de temperatura entre 7 y 10°C entre la temperatura arterial del circuito y la temperatura nasofaríngea del paciente, seguido por un 21% de los encuestados que realizan dicho recalentamiento a una tasa de 0.5 °C por minuto.

Gráfica 4. Sitios de Medición de la temperatura en el circuito de circulación extracorpórea durante perfusión cerebral anterógrada.



En el gráfico 4 se observa que el 26% y 21% de los encuestados miden temperatura arterial y venosa en el circuito de circulación extracorpórea o solo una de estas dos durante esta técnica, mientras que la mayoría (43%) no monitoriza la temperatura en el circuito de circulación extracorpórea.

Gráfica 5. Sitios de Medición de la temperatura del paciente

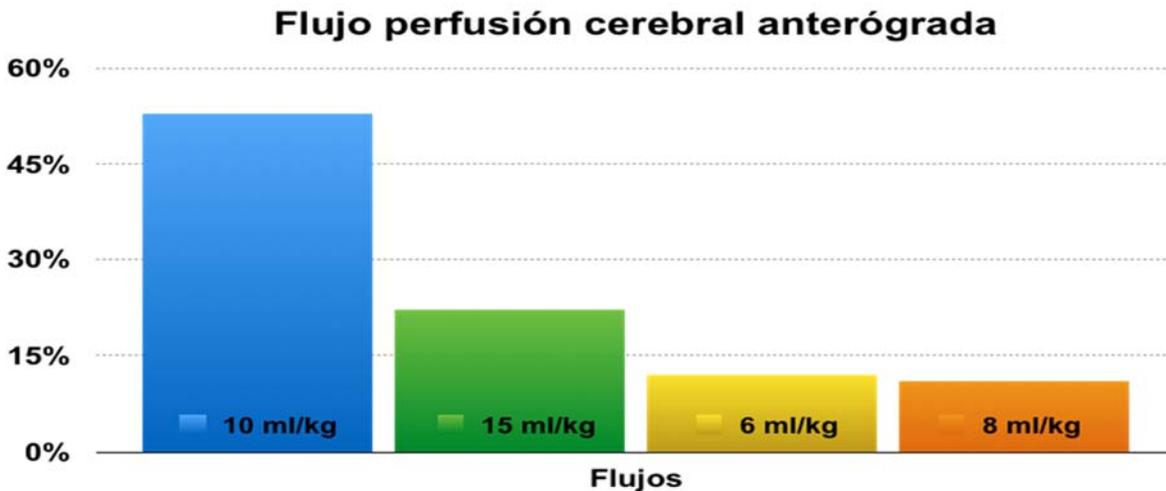


Naso: nasofaríngea, Memb. Tímpanica: Membrana timpánica.

Como muestra la gráfica 5 los sitios de medición de la temperatura durante la perfusión cerebral anterógrada más comunes observados en la población estudiada correspondió a la combinación de la medición de temperatura Nasofaríngea y Recto con un 43%, la temperatura medida menos frecuente correspondió a mediciones en el bulbo yugular y la combinación de la temperatura nasofaríngea y arteria pulmonar.

Tendencia del flujo y la presión con que es perfundido el cerebro por vía anterógrada.

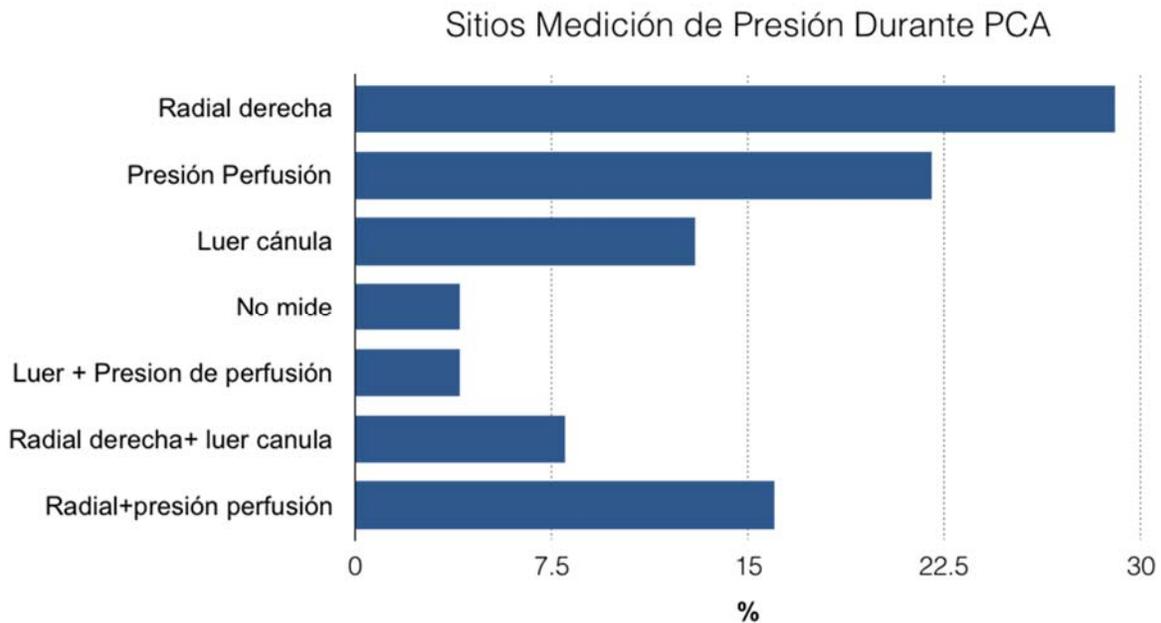
Gráfica 6. Flujos en ml/kg/min en el que es perfundido el cerebro.



La gráfica 6 muestra que el 53% de los perfusionistas encuestados realiza la perfusión cerebral anterógrada con un flujo arterial de bomba de 10 ml/kg/min

seguido del 22% quienes perfunden a 15 ml/kg/min, siendo el flujo de 8 ml/kg/min el menos frecuente con un 11% de frecuencia.

Gráfica 7. Sitios de medición de presión en perfusión cerebral anterógrada.

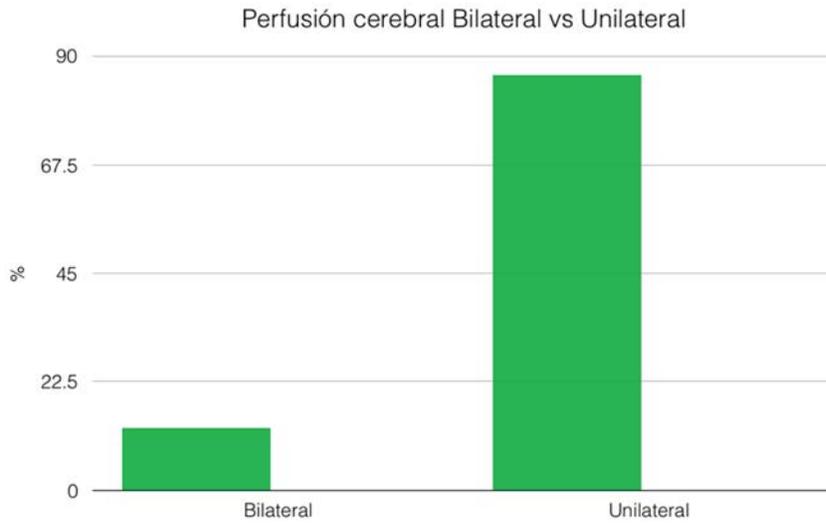


PCA: Perfusión cerebral anterógrada

La grafica 7 demuestra que el 29% de las respuestas corresponden a que se realiza la medición de la presión de perfusión cerebral anterógrada mediante mediciones únicamente de presión de la arteria radial derecha, seguida por 22% quienes miden solo la presión de perfusión como presión referencial de la perfusión cerebral, mientras que el 16% combina monitorización de ambas presiones Radial y presión de perfusión. Técnicas como mediciones directas en un puerto luer de la cánula y combinada con monitorización en arteria radial derecha son menos frecuentes con un 13% y 8% respectivamente. El 4% de la población estudiada no mide ni monitoriza presión de perfusión cerebral.

Tendencia de los sitios de canulación utilizados para la perfusión cerebral anterógrada en Latinoamérica.

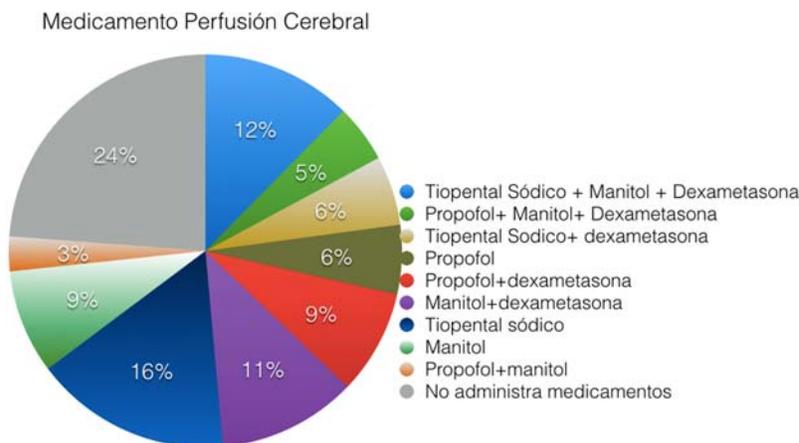
Gráfica 8. Estrategias de perfusión cerebral unilateral vs bilateral.



Se observó según la gráfica 8 una tendencia mayor (86%) en los centros de Latinoamérica en estrategias de perfusión a nivel cerebral de forma unilateral, siendo escasas respuestas encontradas de referencias de centros en donde se realice estrategias de perfusión bilateral.

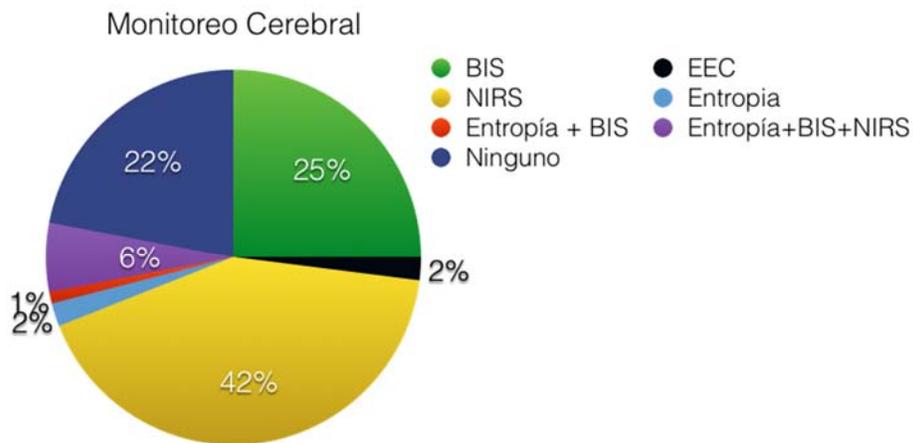
Medicamentos utilizados para la protección cerebral en arresto circulatorio y monitorización cerebral utilizada durante estos casos.

Gráfica 9. Medicamentos utilizados para la protección cerebral en arresto circulatorio.



El 24% de los encuestados no administra medicamentos antes o durante la perfusión cerebral anterógrada. El medicamento más utilizado entre la población estudiada como nos muestra la gráfica 9 en casos de perfusión cerebral anterógrada como neuroprotector corresponde a Tiopental sódico únicamente (16%) seguido de una mezcla de Tiopental sódico+manitol+dexametasona (12%).

Gráfica 10. Monitorización cerebral utilizada durante estos casos.



La gráfica 10 demuestra en cuanto a la monitorización cerebral utilizada para estos casos, el dispositivo más utilizado por los encuestados es el monitor de oxigenación cerebral regional NIRS (Espectroscopía de reflectancia cercana al infrarrojo) por un 42% de los encuestados, seguido del BIS (Índice biespectral) con un 25%. Luego se observa una heterogeneidad en el reporte de los datos y una cifra de 22% que no usan monitor cerebral.

DISCUSIÓN

El porcentaje de respuesta a esta encuesta del 47% puede haber estado disminuido por aquellos perfusionistas que no están envueltos en técnicas de rutina de

perfusión cerebral, o también por la limitación del tiempo de disponibilidad y alcance en la plataforma de la Asociación latinoamericana (1 mes)

Aunque la encuesta no reporta si la población analizada realiza únicamente cirugía pediátrica o adulta llama la atención que la tendencia del manejo de gases durante períodos de hipotermia en arresto circulatorio con perfusión cerebral anterógrada, como muestra el gráfico 1 demuestra un predominio del manejo de gases en hipotermia con la técnica Ph-stat sobre la técnica alphastat. Se desconoce si realizan dicha técnica añadiendo CO₂ a la mezcla de gases o si propician un ambiente de acidosis respiratoria a través de retención de CO₂. Futuras investigaciones son necesarias a partir de este hallazgo

A pesar de los beneficios que ofrece la hipotermia moderada sobre la hipotermia profunda y de que la autorregulación cerebral se pierde aproximadamente a los 25°C, de los datos arrojados por la gráfica 2, se observa que 33% de los encuestados realizan la perfusión cerebral de sus pacientes a una temperatura de 18°C y el resto se encuentra divididos en una muestra no homogénea entre temperaturas de 28 y 26°C.

La tasa de recalentamiento del paciente según el gráfico 3 muestra que la tendencia en Latinoamérica del 53% es mantener un gradiente de temperatura entre 7 y 10°C entre la temperatura arterial del circuito y la temperatura nasofaríngea del paciente, dato que no guarda relación con el 43% de los encuestados que no miden temperatura en el circuito de circulación extracorpórea como refleja la grafica 4. La incorporación de la medición de temperatura arterial en el circuito específicamente en la salida arterial puede sustituir la medición de la temperatura cerebral y así evitar la hipertermia en este órgano en el recalentamiento.(4) En cuanto a la velocidad de recalentamiento, la tendencia en Latinoamérica es de realizar el recalentamiento a una tasa de 0.5°C por minuto con un 21% de respuestas a favor, sin embargo por los datos arrojados se observa que la mayoría de los perfusionistas retornan al

paciente a la normotermia guiados por el gradiente de temperatura en vez de por tasa de velocidad.

Los sitios de medición de la temperatura durante la perfusión cerebral anterógrada más comunes observados en la población estudiada en Latinoamérica corresponde a la combinación de la medición de temperatura Nasofaríngea y Recto con un 43%, la temperatura medida menos frecuente correspondió a mediciones en el bulbo yugular y la combinación de la temperatura nasofaríngea y arteria pulmonar probablemente por el costo de los dispositivos y el desuso del catéter de Swan-Ganz.

A pesar de que la tendencia en cuanto a la estrategia del sitio de canulación, la técnica que prevaleció fue unilateral como muestra la grafica 8, se desconoce si se investiga la permeabilidad del polígono de Willis en los programas de cirugía cardiaca en donde laboran los perfusionistas que contestaron la encuesta.

Independientemente de si la perfusión fue unilateral o bilateral como muestra la gráfica 6 se observó una prevalencia a realizarlo a 10 ml/kg, coincidiendo con Protocolos o técnicas que reportan las asociaciones de cirugía cardiaca y perfusión a nivel mundial.

En cuanto a la estrategia de protección cerebral, no existe un consenso en los medicamentos a ser colocados durante la hipotermia probablemente por los cambios de las actividades enzimáticas a bajas temperaturas y el funcionamiento de los medicamentos en estas condiciones, la mayoría de los encuestados no colocan medicamentos durante la perfusión cerebral pero no queda claro si lo realizan antes de iniciar la perfusión cerebral, respuesta que pudo haber estado alterada por la formulación de la pregunta.

El Tiopental sódico continúa siendo de los medicamentos mas utilizados como protector cerebral a estas temperaturas. No se incluyo entre las preguntas el uso o no de oxigenantes cerebrales. Estudios futuros son necesarios para evaluar este el

beneficio de los medicamentos, inclusión de nuevos fármacos y el momento en el que se administran.

Se observa que el uso del NIRS ha ganado popularidad en Latinoamérica como monitor cerebral, siendo el monitor mas utilizado con un 42%, seguido por el BIS. Llama la atención que el siguiente porcentaje corresponde a ningún uso de monitor cerebral, por lo que se puede esperar que la tendencia en Latinoamérica favorezca al uso del NIRS como monitor de cerebral por brindar mayor especificidad en cuanto a la oxigenación cerebral en vez de profundidad anestésica.

CONCLUSIONES

1. No existe una tendencia homogénea en cuanto a la temperatura para realizar la perfusión cerebral en Latinoamérica, actualmente los datos reportan que la perfusión cerebral anterógrada se esta realizando con mayor tendencia a 18°C utilizando técnica de manejo de gases ph stat.
2. Aproximadamente la mitad de los perfusionistas encuestados de Latinoamérica no miden temperaturas en el circuito de circulación extracorpórea.
3. La estrategia de canulación para perfundir selectivamente el cerebro es unilateral.
4. La tendencia en Latinoamérica para la tasa de flujo para perfundir selectivamente el cerebro es 10 ml/kg/min
5. La tendencia en Latinoamérica en cuanto a monitorización cerebral es hacia el NIRS y BIS, sin embargo, un porcentaje importante no monitoriza cerebro

y con la evolución de los programas existe la posibilidad de que incluyan en sus practicas la utilización con NIRS.

6. No existe un consenso en cuanto a los medicamentos utilizados para la protección cerebral.

RECOMENDACIONES

Se recomienda formular las preguntas de manera mas concisa en cuanto a tiempos y momentos de las técnicas. Se recomienda también, la creación de una base de datos para recolectar y crear protocolos o pautas basadas en evidencia, que fomenten consensos latinoamericanos.

Futuras investigaciones con un número mayor de encuestados o quizás entrevistas en cuanto al análisis de la conducta de perfusión en Latinoamérica en relación a la perfusión cerebral son necesarias.

Test neurológico.

Pediatricos de adulto

LIMITACIONES

La encuesta publicada por la Asociación Latinoamericana de Perfusión no especifica si está dirigida para la población pediátrica o adulta y solo incluye un 47% de sus miembros.

REFERENCIAS

1. Suárez FEF, Valle DF Del, Alvarez AG, Pérez-Lozano B. Intraoperative care for aortic surgery using circulatory arrest. *J Thorac Dis.* 2017;9(I):S508–20.
2. Kirklin J, Kouchoukos N, Blackstone E, Hanley F. Cardiac Surgery. In: *Cardiac Surgery.* 2013.
3. Keeling WB, Tian DH, Leshnowar BG, Numata S, Hughes GC, Matalanis G, et al. Safety of Moderate Hypothermia With Antegrade Cerebral Perfusion in Total Aortic Arch Replacement. *Ann Thorac Surg.* 2018 Jan;105(1):54–61.
4. Engelman R, Baker RA, Likosky DS, Grigore A, Dickinson TA, Shore-Lesserson L, 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. *Ann Thorac Surg.* 2015 Aug;100(2):748–57.
5. De Paulis R, Czerny M, Weltert L, Bavaria J, Borger MA, Carrel TP, et al. Current trends in cannulation and neuroprotection during surgery of the aortic arch in Europe. *Eur J Cardio-thoracic Surg.* 2015 Nov;47(5):917–23.
6. Okita Y, Miyata H, Motomura N, Takamoto S. A study of brain protection during total arch replacement comparing antegrade cerebral perfusion versus hypothermic circulatory arrest, with or without retrograde cerebral perfusion: Analysis based on the Japan Adult Cardiovascular Surgery Database. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2015 Feb;149(2):S65–73.
7. Appoo JJ, Bozinovski J, Chu MWA, El-Hamamsy I, Forbes TL, Moon M, et al. Canadian Cardiovascular Society/Canadian Society of Cardiac Surgeons/Canadian Society for Vascular Surgery Joint Position Statement on Open and Endovascular Surgery for Thoracic Aortic Disease. *Can J Cardiol.* 2016;32(6):703–13.
8. Kayatta MO, Chen EP. Optimal temperature management in aortic arch operations. Vol. 64, *General Thoracic and Cardiovascular Surgery.* 2016.

9. Salameh A, Dhein S, Dähnert I, Klein N. Neuroprotective strategies during cardiac surgery with cardiopulmonary bypass. *Int J Mol Sci.* 2016;17(11).
10. Yan TD, Bannon PG, Bavaria J, Coselli JS, Elefteriades JA, Griep RB, et al. Consensus on hypothermia in aortic arch surgery. *Ann Cardiothorac Surg.* 2013;2(2):163.
11. Stecker MM, Cheung AT, Pochettino A, Kent GP, Patterson T, Weiss SJ, et al. Deep Hypothermic Circulatory Arrest: I. Effects of Cooling on Electroencephalogram and Evoked Potentials. 2001.
12. James ML, Andersen ND, Swaminathan M, Phillips-Bute B, Hanna JM, Smigla GR, et al. Predictors of electrocerebral inactivity with deep hypothermia. In: *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery.* 2014. p. 1002–7.
13. McCullough JN, Zhang N, Reich DL, Juvonen TS, Klein JJ, Spielvogel D, et al. Cerebral metabolic suppression during hypothermic circulatory arrest in humans. In: *Annals of Thoracic Surgery.* 1999. p. 1895–9.
14. Polderman KH. Mechanisms of action, physiological effects, and complications of hypothermia. *Crit Care Med.* 2009;37(SUPPL. 7).
15. Opie L. Protection of the ischemic myocardium: Cardioplegia D. J. Hearse, M. V. Braimbridge and P. Jynge. New York: Raven Press (1981). Pp. 432. Price: U.S. \$57.12. *J Mol Cell Cardiol.* 1982 Aug;14(8):493–4.
16. Rothman SM, Olney JW. Glutamate and the pathophysiology of hypoxic–ischemic brain damage. *Ann Neurol.* 1986;19(2):105–11.
17. Davies LK, Davis RF. Physiologic Principles and Clinical Use of Hypothermia. In: *Cardiac Surgery.* Springer US; 1994. p. 7–18.
18. Schmied H, Kurz A, Sessler DI, Kozek S, Reiter A. Mild hypothermia increases blood loss and transfusion requirements during total hip arthroplasty. *Lancet.* 1996 Feb;347(8997):289–92.
19. Davies LK. Temperature management in Cardiac Surgery. In: *Cardiopulmonary Bypass: Principles and Practice: Third Edition.* Wolters Kluwer Health Adis (ESP); 2012. p. 155–71.
20. Hopf HW, Hunt TK, West JM, Blomquist P, Goodson WH, Jensen JA, et al. Wound tissue oxygen tension predicts the risk of wound infection in surgical

- patients. *Arch Surg.* 1997;132(9):997–1005.
21. Michenfelder JD, Milde JH. The effect of profound levels of hypothermia (below 14°C) on canine cerebral metabolism. *J Cereb Blood Flow Metab.* 1992;12(5):877–80.
 22. Mezrow CK, Midulla PS, Sadeghi AM, Gandsas A, Wang W, Dapunt OE, et al. Evaluation of cerebral metabolism and quantitative electroencephalography after hypothermic circulatory arrest and low-flow cardiopulmonary bypass at different temperatures. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1994 Apr;107(4):1006–19.
 23. 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 May;28(3):223–31.
 24. Svyatets M, Tolani K, Zhang M, Tulman G, Charchafieh J. Perioperative management of deep hypothermic circulatory arrest. Vol. 24, *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia.* 2010. p. 644–55.
 25. Scheffer T, Sanders DB. The neurologic sequelae of cardiopulmonary bypass-induced cerebral hyperthermia and cerebroprotective strategies. *J Extra Corpor Technol.* 2003 Dec;35(4):317–21.
 26. *Cardiopulmonar Bypass and mechanical support - Glenn P Gravlee et al.pdf.*
 27. Nathan HJ, Wells GA, Munson JL, Wozny D. Neuroprotective effect of mild hypothermia in patients undergoing coronary artery surgery with cardiopulmonary bypass: A randomized trial. *Circulation.* 2001 Sep;104(SUPPL. 1).
 28. Insler SR, O'Connor MS, Leventhal MJ, Nelson DR, Starr NJ. Association between postoperative hypothermia and adverse outcome after coronary artery bypass surgery. *Ann Thorac Surg.* 2000 Jul;70(1):175–81.
 29. Belway D, Tee R, Nathan HJ, Rubens FD, Boodhwani M. Temperature management and monitoring practices during adult cardiac surgery under cardiopulmonary bypass: Results of a Canadian national survey. *Perfusion.* 2011 Sep;26(5):395–400.
 30. Nussmeier NA, Cheng W, Marino M, Spata T, Li S, Daniels G, et al.

Temperature During Cardiopulmonary Bypass: The Discrepancies Between Monitored Sites. *Anesth Analg* [Internet]. 2006 Dec [cited 2019 Dec 10];103(6):1373–9. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17122206>

31. Kaukuntla H, Harrington D, Bilkoo I, Clutton-Brock T, Jones T, Bonser RS. Temperature monitoring during cardiopulmonary bypass - Do we undercool or overheat the brain? In: *European Journal of Cardio-thoracic Surgery*. 2004. p. 580–5.
32. Effects of pH on brain energetics after hypothermic circulatory arrest. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 1993 Dec;7(6):763.
33. Ungerleider RM, Gaynor JW. The Boston Circulatory Arrest Study: An analysis. *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2004;127(5):1256–61.
34. Kirshbom PM, Skaryak LR, DiBernardo LR, Kern FH, Greeley WJ, Gaynor JW, et al. pH-stat cooling improves cerebral metabolic recovery after circulatory arrest in a piglet model of aortopulmonary collaterals. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 1996;111(1):147–57.
35. Sakamoto T, Kurosawa H, Shin'oka T, Aoki M, Isomatsu Y, Griep RB, et al. The influence of pH strategy on cerebral and collateral circulation during hypothermic cardiopulmonary bypass in cyanotic patients with heart disease: Results of a randomized trial and real-time monitoring. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2004;127(1):12–9.
36. Hammon JW, Stump DA, Kon ND, Cordell AR, Hudspeth AS, Oaks TE, et al. Risk factors and solutions for the development of neurobehavioral changes after coronary artery bypass grafting. *Ann Thorac Surg*. 1997 Jun;63(6):1613–8.
37. Kinney HC, Panigrahy A, Newburger JW, Jonas RA, Sleeper LA. Hypoxic-ischemic brain injury in infants with congenital heart disease dying after cardiac surgery. *Acta Neuropathol*. 2005 Dec;110(6):563–78.
38. Wahba A, Milojevic M, Boer C, De Somer FMJJ, Gudbjartsson T, van den Goor J, et al. 2019 EACTS/EACTA/EBCP guidelines on cardiopulmonary

- bypass in adult cardiac surgery. *Eur J Cardio-Thoracic Surg*. 2019 Oct;
39. DEBAKEY ME, HENLY WS, COOLEY DA, CRAWFORD ES, MORRIS GC, BEALL AC. Aneurysms of the aortic arch: factors influencing operative risk. *Surg Clin North Am*. 1962 Dec;42(6):1543–54.
 40. Spielvogel D, Kai M, Tang GHL, Malekan R, Lansman SL. Selective cerebral perfusion: A review of the evidence Spielvogel et al Panel 2. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2013;145:S59–62.
 41. Tsai JY, Pan W, Lemaire SA, Pisklak P, Lee VV, Bracey AW, et al. Moderate hypothermia during aortic arch surgery is associated with reduced risk of early mortality. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2013 Sep;146(3):662–7.
 42. Jonsson O, Morell A, Zemgulis V, Lundström E, Tovedal T, Einarsson GM, et al. Minimal safe arterial blood flow during selective antegrade cerebral perfusion at 20° centigrade. *Ann Thorac Surg*. 2011 Apr;91(4):1198–205.
 43. Misfeld M, Leontyev S, Borger MA, Gindensperger O, Lehmann S, Legare JF, et al. What is the best strategy for brain protection in patients undergoing aortic arch surgery? A single center experience of 636 patients. *Ann Thorac Surg*. 2012 May;93(5):1502–8.
 44. Griep RB. Cerebral protection during aortic arch surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2001;121(3):425–7.
 45. Habertheuer A, Wiedemann D, Kocher A, Laufer G, Vallabhajosyula P. How to perfuse: Concepts of cerebral protection during arch replacement. Vol. 2015, *BioMed Research International*. Hindawi Publishing Corporation; 2015.
 46. Luehr M, Bachet J, Mohra FW, Etza CD. Modern temperature management in aortic arch surgery: The dilemma of moderate hypothermia. Vol. 45, *European Journal of Cardio-thoracic Surgery*. 2014. p. 27–39.
 47. Hagl C, Ergin MA, Galla JD, Lansman SL, McCullough JN, Spielvogel D, et al. Neurologic outcome after ascending aorta-aortic arch operations: Effect of brain protection technique in high-risk patients. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2001 Jun;121(6):1107–21.
 48. Pochettino A, Cheung AT. Pro: Retrograde Cerebral Perfusion Is Useful for Deep Hypothermic Circulatory Arrest. *J Cardiothorac Vasc Anesth*.

2003;17(6):764–7.

49. Perfusión cerebral retrógrada a propósito de paciente Testigo de Jehová con embolismo aéreo masivo.
50. DE BAKEY ME, CRAWFORD ES, COOLEY DA, MORRIS GC. Successful resection of fusiform aneurysm of aortic arch with replacement by homograft. *Surg Gynecol Obstet.* 1957 Dec;105(6):657–64.
51. Spielvogel D, Kai M, Tang GHL, Malekan R, Lansman SL. Selective cerebral perfusion: A review of the evidence. In: *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery.* 2013.
52. Preventza O, Coselli JS. Differential aspects of ascending thoracic aortic dissection and its treatment: The North American experience. Vol. 5, *Annals of Cardiothoracic Surgery.* AME Publishing Company; 2016. p. 352–9.
53. Preventza O, Bakaeen FG, Stephens EH, Trocciola SM, De La Cruz KI, Coselli JS. Innominate artery cannulation: An alternative to femoral or axillary cannulation for arterial inflow in proximal aortic surgery. In: *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery.* 2013.
54. Neri E, Massetti M, Barabesi L, Pula G, Tassi R, Toscano T, et al. Extrathoracic cannulation of the left common carotid artery in thoracic aorta operations through a left thoracotomy: Preliminary experience in 26 patients. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2002 May;123(5):901–10.
55. Preventza O, Garcia A, Cooley DA, Haywood-Watson RJL, Simpson K, Bakaeen FG, et al. Total aortic arch replacement: A comparative study of zone 0 hybrid arch exclusion versus traditional open repair Read at the 95th Annual Meeting of the American Association for Thoracic Surgery, Seattle, Washington, April 25-29, 2015. In: *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery.* Mosby Inc.; 2015. p. 1591–600.
56. Zierer A, Risteski P, El-Sayed Ahmad A, Moritz A, Diegeler A, Urbanski PP. The impact of unilateral versus bilateral antegrade cerebral perfusion on surgical outcomes after aortic arch replacement: A propensity-matched analysis. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2014;147(4):1212–8.
57. Malvindi PG, Scrascia G, Vitale N. Is unilateral antegrade cerebral perfusion

- equivalent to bilateral cerebral perfusion for patients undergoing aortic arch surgery? *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2008 Oct;7(5):891–7.
58. Dewhurst AT, Moore SJ, Liban JB. Pharmacological agents as cerebral protectants during deep hypothermic circulatory arrest in adult thoracic aortic surgery: A survey of current practice. *Anaesthesia*. 2002 Oct;57(10):1016–21.
 59. Randomized Clinical Study of Thiopental Loading in Comatose Survivors of Cardiac Arrest. *N Engl J Med*. 1986 Feb;314(7):397–403.
 60. Nussmeier NA, Arlund C, Slogoff S. Neuropsychiatric complications after cardiopulmonary bypass: Cerebral protection by a barbiturate. *Anesthesiology*. 1986;64(2):165–70.
 61. J.R. Z, A. K, W.M. M, J.S. Z, D.M. H, R.B. A, et al. Effect of thiopental on neurologic outcome following coronary artery bypass grafting. *Anesthesiology*. 1991 Mar;74(3):406–11.
 62. Zwerus R, Absalom A. Update on anesthetic neuroprotection. Vol. 28, *Current Opinion in Anaesthesiology*. Lippincott Williams and Wilkins; 2015. p. 424–30.
 63. Shum-Tim D, Tchervenkov CI, Jamal AM, Nimeh T, Luo CY, Chedrawy E, et al. Systemic steroid pretreatment improves cerebral protection after circulatory arrest. *Ann Thorac Surg*. 2001 Nov;72(5):1465–71; discussion 1471-2.
 64. Yang MW, Lin CY, Hung HL, Chan KH, Lin KY, Lee TY, et al. [Mannitol reduces plasma hydrogen peroxide free radical in patients undergoing coronary artery bypass graft surgery]. *Ma Zui Xue Za Zhi*. 1992 Jun;30(2):65–70.
 65. Krüger T, Hoffmann I, Blettner M, Borger MA, Schlensak C, Weigang E. Intraoperative neuroprotective drugs without beneficial effects? Results of the german registry for acute aortic dissection type a (GERAADA). *Eur J Cardiothoracic Surg*. 2013 Nov;44(5):939–46.
 66. Dillon E. The Status of Cancer Fatigue on the Island of Ireland: AIFC Professional and Interim Patient Surveys. *Oncologist*. 2003 Feb;8(90001):22–6.
 67. Dillon D, por Harjot Singh E, Klar G, por Medina-Vera T, José A. Suscríbete a los tutoriales de la ATOTW visitando

www.wfsahq.org/resources/anaesthesia-tutorial-of-the-week Paro Circulatorio Hipotémico Profundo. 2018.

68. Busch DR, Rusin CG, Miller-Hance W, Kibler K, Baker WB, Heinle JS, et al. Continuous cerebral hemodynamic measurement during deep hypothermic circulatory arrest. *Biomed Opt Express*. 2016 Sep;7(9):3461–70.

ANEXOS

Anexo 1. Encuesta Asociación Latinoamericana de Perfusión. Fuente Portal web.
www.asociacionalap.com

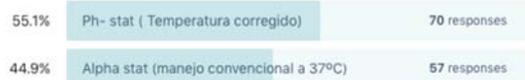


response summary



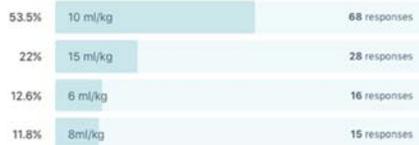
7 Que estrategia para el manejo de gases utiliza usted durante la perfusión cerebral anterógrada

127 out of 127 people answered this question



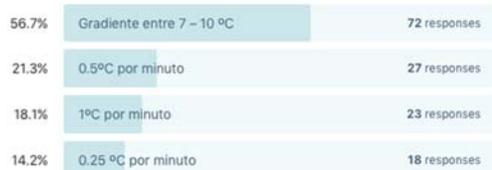
8 Flujo en el que perfunde cerebro de manera anterógrada

127 out of 127 people answered this question



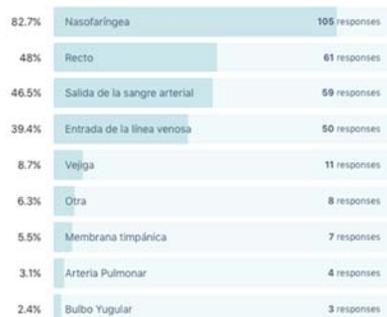
9 Al momento de recalentar al paciente, a que velocidad lo realiza:

127 out of 127 people answered this question (with multiple choice)



10 En cual de estos sitios mide usted la temperatura durante la perfusión cerebral anterógrada:

127 out of 127 people answered this question (with multiple choice)



Anexo 2. Costos y Recursos

HUMANOS			
	Cantidad	Precio (RD)	Total (RD)
Sustentante	1	At honorem	0.00
Asesores	1	At honorem	0.00
EQUIPOS Y MATERIALES			
	Cantidad	Precio por unidad (RD)	Total
Papel para tesis 8 1/2 x 11, 20 libras, Corsario	1 resma	966.07	966.07
Impresora HP all in one	1	8042.25	8042.25

Cartucho de tinta HP 122	1	1500	1500
Windows 10 Home	1	8586.65	8586.65
Office 360 personal MAC	1	3654.35	3654.35
Computadora MAC Air 2015	1	26500.00	26500.00
Impresión de anteproyecto B/N	1 (31 pag x 5.08)	157.48	157.48 subsidiado
Encuadernación de anteproyecto	1	150.00	150.00 subsidiado
Impresión de tesis para sustentación B/N	3 (124 pag. x 5.08)	629.92	1889.76 subsidiado
Encuadernación de tesis para sustentación	3	150.00	450.00
Empastado de tesis	2	1000.00	2000.00
OTROS			
CD's	2	80.00	160.00
Imprevistos		1500.00	1500.00
TOTAL			53,359.32

Anexo 3. Evaluación

Sustentante:

Lic. Yaosca Mercado

Asesor:

MSc. Brígida Aguerreverre
Perfusionista Cardiovascular

Autoridades:

Dra. Julia Rodríguez
Coordinadora de Gestión del
Conocimiento, CEDIMAT

MSc. Brígida Aguerreverre
Coodinadora de Maestría
de perfusión, CEDIMAT

Dra. Claridania Rodríguez Berroa
Coordinadora de Ciencias de la Salud; UNPHU

Dr. William Duke
Decano Facultad Ciencias de la Salud, UNPHU

Fecha de presentación: _____

Calificación: _____