

Perfusión miocárdica continua en la cirugía del arco aórtico y aorta descendente: reporte de caso.

Continuous myocardial perfusion in aortic arch and descending aorta surgery: case report.

LILIANA AVENDAÑO¹, JAIME CAMACHO², LEILA TERNERA¹, SANDRA ÁVILA¹, ERIKA RODRÍGUEZ¹, WILSON ARÉVALO¹, MARCELA LEÓN¹, ALEXANDRA CASTAÑO¹.

1. Perfusionista Grupo de Perfusión FCI-La Cardio Bogotá-Colombia.

2. Cirujano Cardiovascular. Cirujano vascular periférico. Jefe del Departamento de Cirugía Cardiovascular FCI-La Cardio Bogotá, Colombia.

RESUMEN

La preservación de la integridad cerebral, visceral y espinal representa un pilar fundamental para el equipo interdisciplinario en la cirugía cardíaca que aborda el arco aórtico y la aorta descendente, mediante la circulación extracorpórea. La protección miocárdica, cobra esta misma relevancia, pues son procedimientos complejos que implican tiempos prologados de isquemia miocárdica. Se presenta el caso de un paciente de 75 años sometido a reconstrucción de arco aórtico y aorta descendente con el uso de la técnica trompa de elefante congelada y la estrategia de perfusión miocárdica continua, para prescindir de la parada electromecánica del corazón.

Palabras clave: Perfusión miocárdica, arco aórtico, circulación extracorpórea, perfusión cerebral selectiva

ABSTRACT

Cerebral, visceral, and spinal protection are fundamental pillars for the interdisciplinary team around extracorporeal circulation in cardiac surgery that involves approaching the aortic arch and descending aorta. Myocardial protection takes on this same relevance since it is a complex procedure involving prolonged myocardial ischemia. We present the case of a 75-year-old patient undergoing reconstruction of the aortic arch and descending aorta with FET, using the continuous myocardial perfusion strategy to avoid the electromechanical arrest of the heart.

Key Words: Myocardial perfusion, aortic arch, extracorporeal circulation, selective cerebral perfusion

ABREVIATURAS

FET	Trompa de elefante congelada	TBCD	Tronco braquiocefálico derecho
PCSA	Perfusión cerebral selectiva anterógrada	SI	Subclavia izquierda
PMC	Perfusión miocárdica continua	BIS	Índice biespectral
PCR	Perfusión cerebral retrograda	NIRS	Espectroscopia de Infrarrojo
PPM	Presión de perfusión miocárdica	CEC	Circulación extracorpórea
ACT	Tiempo de coagulación activado	VPSD	Vena pulmonar superior derecha pórea

INTRODUCCIÓN

Desde la primera descripción de un reemplazo del arco aórtico transversal en 1956, la cirugía del arco aórtico experimentó una evolución rápida y completa que culminó en la trompa de elefante (TE), la Trompa de elefante congelada (FET) y la técnica de injerto ramificado.¹⁻³ Es así que hoy en día, existen prótesis diseñadas para el manejo de las disecciones y/o aneurismas del arco aórtico y la aorta descendente, que permiten hacer un manejo híbrido, es decir por técnica abierta y endovascular. Esto permite la resolución completa de la patología de aorta en un único tiempo quirúrgico (cirugía abierta). Para el grupo quirúrgico, la protección cerebral así como la protección cardiaca, es una de las principales preocupaciones durante estas cirugías cada vez más complejas, ya que implican tiempos de isquemia cardiaca extensos.

El conocimiento en detalle de esta técnica quirúrgica, por el perfusionista, permite implementar las técnicas de perfusión adecuadas para cada caso y momento de la cirugía. Algunas de las técnicas involucradas incluyen: la perfusión sistémica, la perfusión cerebral selectiva anterógrada (PCSA) o perfusión cerebral retrograda (PCR), y la perfusión visceral o del hemicuerpo inferior.

El procedimiento quirúrgico en el arco aórtico, con el uso de prótesis, que permiten un manejo híbrido como la E-vita® Open Neo (Artivion. Hechingen, Alemania) (Figura 1) o la Thoraflex™ (Vascutek®, Terumo®, Inchinnan, Escocia, Reino Unido) (Figura 2), incluyen los siguientes pasos:

- Pinzamiento aórtico estándar.
- Inducción de la parada electromecánica del corazón, e inicio de la PCSA.
- Sección distal del arco aórtico y despliegue de la endoprótesis en la aorta descendente.
- Se realiza la anastomosis distal a este nivel.
- Reinicio de la perfusión de la parte inferior del cuerpo o perfusión visceral por la cuarta rama del injerto.
- Anastomosis de arteria subclavia izquierda a la tercera rama del injerto e inicio de su reperfusión.
- Anastomosis del extremo proximal del injerto híbrido, ya sea a la aorta ascendente nativa o al injerto de aorta ascendente.
- Luego se realizan las maniobras de extracción de aire de las cavidades cardiacas y la aorta. -Se finaliza el pinzamiento aórtico se inicia la circulación coronaria.
- Anastomosis de arteria carótida izquierda e innominada a la primera y la segunda rama del injerto respectivamente.
- Recalentamiento sistémico y suspensión de bypass cardiopulmonar.

Malakh Shrestha et al, han incluido variaciones en la técnica como son: el uso de dióxido de carbono en el campo operatorio con el propósito de reducir la embolia aérea perioperatoria; la protección de la medula espinal mediante la inserción de un catéter a este nivel para el drenaje de LCR; el acortamiento del arresto circulatorio con el inicio de la perfusión de la parte inferior del cuerpo y el comienzo del recalentamiento después de la anastomosis del arco aórtico distal; el control endoscópico después del despliegue de la Trompa de Elefante congelada (FET) y también, dentro de estas técnicas, la perfusión miocárdica continua (PMC) para minimizar el tiempo de isquemia cardíaca o prescindir de esta.⁴

Los escenarios para la implementación de esta variación de la técnica en lo que respecta a la PMC son:

- Corrección de la patología a nivel de la raíz aortica y aorta ascendente, con pinzamiento aórtico estándar y parada cardiaca durante el enfriamiento sistémico. En el abordaje del arco aórtico y aorta descendente se usa la PMC con lo que se logra la reducción de los tiempos de isquemia miocárdica.



Figura 1. Prótesis evita Open Neo.

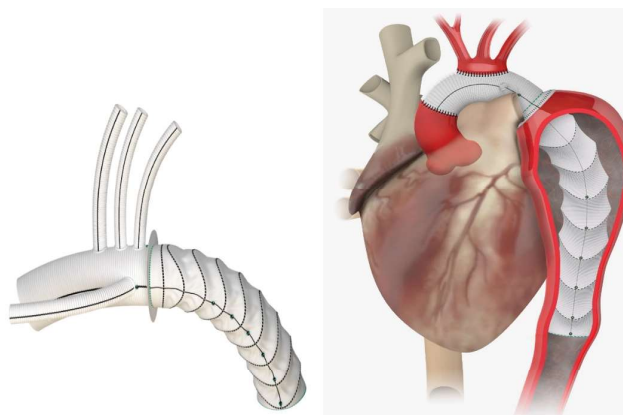


Figura 2. Prótesis Thoraflex Hybrid.

- Cuando la válvula aórtica y la raíz aortica no están comprometidas: Se realiza el enfriamiento sistémico, el pinzamiento aórtico con inicio de la PMC, lo que posibilita llevar a cabo la técnica de cirugía del arco aórtico y/o aorta descendente a corazón latiendo.

La parada cardiaca electromecánica inducida farmacológicamente con soluciones de cardioplejia, es usada en la cirugía cardiaca como método de protección miocárdica forma convencional. Según Cipriano Abada et al., un número significativo de pacientes presentan alteraciones miocárdicas en forma de isquemia miocárdica, aturdimiento miocárdico, daño por isquemia reperfusión (I-R), necrosis, apoptosis o infarto agudo de miocardio (IAM), estos mecanismos de lesión miocárdica por la parada cardiaca, sumado a factores cardiogénicos, distributivos e hipovolémicos, pueden llevar a los pacientes a presentar síndrome de bajo gasto cardiaco (SBGC) en el posoperatorio.⁵ Esta constituye una potencial complicación en los pacientes que se intervienen de cirugía cardiaca. Su incidencia varía entre el 3% y el 45%, y se asocia con un aumento de la morbilidad, con una prolongación de la

estancia en UCI y con el aumento en el consumo de recursos. Son factores de riesgo intraoperatorios, asociados con SBGC: el uso de 2 o más fármacos vasoactivos al salir de la CEC; la reentrada en bomba, como método de soporte para conseguir una salida definitiva de CEC; así como los tiempos quirúrgicos prolongados, con CEC > 120 min.⁶ Todos estos son factores que comúnmente se dan en la patología del arco aórtico.

Por tanto, la PMC es un procedimiento que de acuerdo con la patología quirúrgica y el grado de intervención que requiera la misma, puede ser implementada con el fin de disminuir los tiempos de isquemia miocárdica o suprimir la necesidad de esta.

CASO CLÍNICO

Presentamos el caso de un paciente masculino de 75 años con dilatación aneurismática de la aorta torácica descendente proximal y distal, aneurisma de aorta abdominal renal/infrarrenal, con presencia de ramas polares inferiores bilaterales las cuales se originan de la aorta en el lado derecho y en el saco aneurismático en el lado izquierdo, sin presencia de flaps de disección o hematomas intramurales. Adicional a esto presentaba un aneurisma de arteria subclavia derecha, ectasia de aorta torácica ascendente, Dilatación no aneurismática de la raíz de la aorta y el segmento proximal de la aorta ascendente y del arco aórtico. El ventrículo izquierdo no se encontraba dilatado y tenía una hipertrofia concéntrica no obstructiva y con una función sistólica normal. Presentaba disfunción diastólica Grado I, la válvula aortica mostraba signos de esclerosis valvular con insuficiencia trivial.

Se programa para una cirugía de reconstrucción de la aorta ascendente, el arco aórtico y trompa de elefante congelada con una prótesis E-Vita® Open Neo.

TÉCNICA ANESTÉSICA

De acuerdo a la patología presente y las características de la cirugía el paciente fue clasificado como estado físico ASA 3, según la clasificación de la American Society of Anesthesiologist y presentaba una clase funcional II/IV, de la New York Heart Association (NYHA). Se realizó la inducción anestésica con

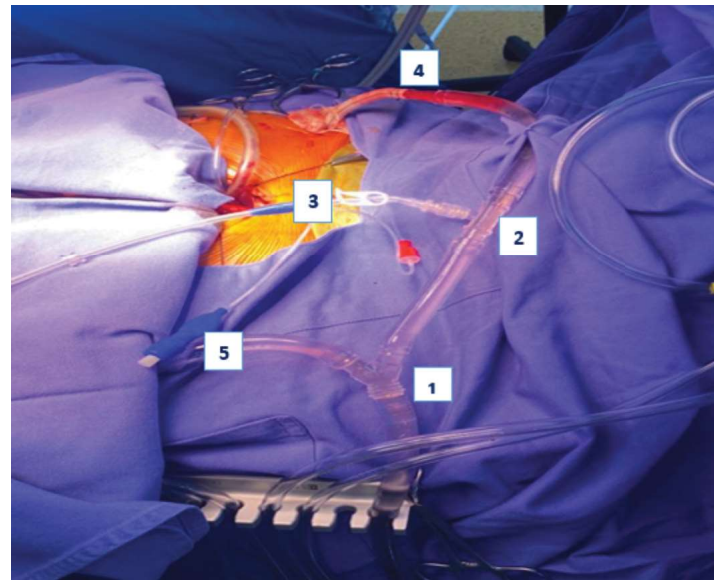
Propofol, Fentanilo, Pancuronio. La laringoscopia fue Cormack 1, se pudo realizar la intubación sin complicaciones con el uso de un tubo endotraqueal 8,5. Se procedió a la monitorización de la presión arterial con el uso de una línea arterial braquial derecha. Se colocó un catéter Mac (Teleflex®, Arrow®, Wayne, Pensilvania, USA) en la vena yugular interna izquierda mediante la técnica de punción guiada por ecografía. Se colocó una sonda de ecocardiografía transesofágica. Se usó un monitor de NIRS (INVOS®, Medtronic Inc. Minneapolis, USA) y uno de BIS estos últimos con el fin de monitorear el funcionamiento del sistema nervioso central (SNC) y el suministro regional de oxígeno a ese nivel.⁷

TÉCNICA QUIRÚRGICA Y DE PERFUSIÓN

Se realizó un procedimiento con paró circulatorio hipotérmico moderado y perfusión cerebral selectiva anterógrada bilateral. Se usó una máquina de CEC de la marca Stockert S5® (Livanova. Sorin Group. Arvada, USA) para perfusión con bomba de rodillo; un oxigenador Affinity Fusión® (Medtronic Inc. Minneapolis, USA) con superficie biocompatible Balance® (Medtronic Inc. Minneapolis, USA). El kit de tubuladuras personalizado para adultos estuvo conformado por: una línea venosa de 1/2”, una línea arterial de 3/8”, el cabezal de bomba del rodillo arterial fue de 1/2”. El circuito incluyó el recubrimiento con la superficie biocompatible Balance® (Medtronic, Inc., Minneapolis, USA). La purga del circuito extracorpóreo se realizó con: Plasma-Lyte A 1 500 ml; Albumina al 20%, 30 g; Manitol al 20%, 12 g; Bicarbonato 50 mEq/l; Heparina 10 000 UI.

Se procedió a entregar las líneas al campo quirúrgico y se preparó el circuito para las perfusiones sistémica-cerebral-visceral. (Figura 3).

Se realizó una punción de la arteria femoral derecha y se pasó una guía y un catéter monolumen. Se hizo una esternotomía media, se procedió con una incisión de pericardio en T invertida y a la marsupialización del mismo. Se disecaron la aorta ascendente, los troncos supraórticos y la vena innominada, y se colocaron reparos con hiladillos. Se solicitó la heparinización sistémica. Se colocó un clamp en el tronco braquiocefálico derecho (TBCD), se realizó una arteriotomía, anastomosis termino-lateral de injerto bifurcado de dacrón de 10 mm (Gelsoft™ Plus 20 x 10.



- 1. Y de 3/8 en la línea arterial con dos salidas: a la derecha para la perfusión sistémica y posterior PCSA y la rama de la izquierda para la perfusión del hemicuerpo inferior.
- 2. Conector de 3/8 con Luer para la conexión de la cánula de perfusión retrograda
- 3. Cánula de perfusión retrograda para la canulación selectiva de la carótida izquierda
- 4. Injerto de 8 mm anastomosado a la subclavia derecha o TBCD y unido mediante empate de 1/4-3/8 al circuito extracorpóreo
- 5. Línea de 3/8 pinzada para ser luego unida a la cuarta rama del injerto protésico la cual es de 10 mm, mediante conector de 1/4-3/8

Figura 3. Preparación de circuito extracorpóreo. Disposición de líneas en campo quirúrgico para la PCSA y perfusión del hemicuerpo inferior por cuarta rama del injerto protésico. Fuente: Archivo Grupo de Perfusión LaCardio.

Terumo. Vascutek®, Renfrewshire, United Kingdom). Se empató el tubo de dacrón con línea arterial del circuito de CEC, que se dejó en “Y” con una de las ramas pinzadas. Se continuó con la canulación de la aurícula derecha. Con un tiempo de coagulación activado (ACT) de 493 s, se entró CEC y se inició el enfriamiento sistémico, con temperatura objetivo de 28°C (clasificada como hipotermia moderada de acuerdo al consenso de hipotermia en cirugía del arco aórtico).⁸ Se monitorizaron la temperatura arterial y venosa del oxigenador, la rectal y la nasofaríngea. El enfriamiento sistémico se realizó manteniendo gradientes de temperatura arterial y venosa menores de 10°C, el tiempo de enfriamiento fue de entre 30-75 min.⁷ La estrategia empleada para el manejo de gases en sangre fue la Alfa Stat ya que esta es la estrategia recomendada en pacientes adultos bajo hipotermia leve/moderada inducida con el fin de preservar la autorregulación cerebral y la neutralidad electroquímica intracelular.⁷ Adicionalmente se monitorizaron la saturación

venosa continua, el hematocrito y la hemoglobina, así como los gases arteriales en línea con el monitor de CDI 500® (Terumo Cardiovascular Group. Ann Arbor, MI. USA).

Se colocó un vent pulmonar No. 20 Fr (Medtronic Inc. Minneapolis, USA) a través de la vena pulmonar superior derecha (VPSD), se procedió con la disección de arteria subclavia izquierda (SI) donde se encontró una dilatación en su origen por lo cual se seccionó y se cerró el muñón aórtico. Se hizo una anastomosis termino-terminal de arteria SI a tubo de dacrón de 12 mm. Se Colocó una cánula de raíz aórtica No. 7 Fr (Medtronic, Inc., Minneapolis, MN) en la aorta ascendente proximal.

Con una temperatura rectal objetivo de 28°C y nasofaríngea de 26,2°C. Se preparó el dispositivo de cardioplejia Myotherm-XP® (Medtronic Inc. Minneapolis, USA) Con superficie biocompatible Cortiva™ (Medtronic Inc. Minneapolis, USA) para la administración de la PMC (este dispositivo es el que se usa de manera convencional para la administración de la cardioplejia Del Nido por medio de dos rodillos). La preparación incluyó: programación del intercambiador de temperatura del dispositivo a una temperatura de 28°C, pinzar las líneas de cristaloide y despinzar el puente, dejar abierta la línea de la sangre que proviene de la línea de recirculación mayor (posoxigenador). Previo al pinzamiento aórtico, se purgó la línea del campo para la PMC para que quedara lista para ser conectada a la cánula de raíz aórtica. Una vez colocado el pinzamiento aórtico se inició la PMC con un flujo de entre 100 a 160 ml/min y una presión de 110 mmHg, monitorizada en el panel de la cardioplejia de la máquina de CEC. La cardioplejia se administró a una temperatura de 28 °C. El flujo de la PMC corresponde al flujo sanguíneo coronario, que en promedio debe ser de alrededor de 200 ml/min y depende directamente del consumo de oxígeno a nivel miocárdico. En este caso con el corazón latiendo y vacío es de aproximadamente 5,6 ml/100g/min. (Figura 4).

Se procedió a pinzar el TBCD y a iniciar la perfusión cerebral selectiva anterógrada unilateral (PCSAu) a un flujo de 15 ml/kg/min monitoreando y manteniendo la presión de la arteria radial derecha en alrededor de 50 mmHg.⁷ Se realizó la resección de la aorta ascendente y el arco aórtico hasta después del origen

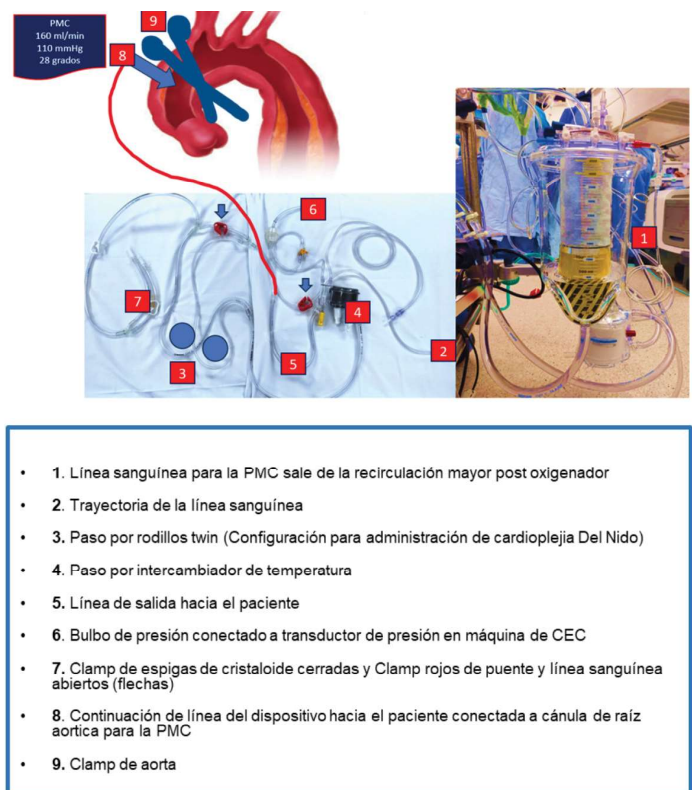


Figura 4. Disposición de circuito para PMC.

de la subclavia izquierda. Se insertó la cánula de perfusión de cardioplejia retrograda 14 Fr (Medtronic Inc., Minneapolis, MN) en la arteria carótida izquierda para perfusión cerebral selectiva anterógrada bilateral (PCSAb), ya que el arresto circulatorio hipotérmico moderado (MHCA) combinados con PCSAb esta recomendado para casos más prolongados, debido al apoyo metabólico superior y para para operaciones extendidas del arco. Los estudios anatómicos han demostrado que un polígono de Willis incompleto puede dar lugar a una perfusión inadecuada del hemisferio izquierdo en el 14% al 17% de los pacientes si se utiliza la arteria axilar derecha o TBCD para la PCSA. En los estudios, aquellos pacientes que se sometieron a PCSAb tenían más probabilidades de someterse a un reemplazo del arco de la zona 2 o la zona 3 y tenían tiempos de pinzamiento y de paro circulatorio más largos y temperaturas hipotérmicas más bajas.⁹ Se mantuvo un NIRS de 53/49. Se avanzó de forma retrograda la endoprótesis de E-Vita Open Neo (de 28 mm x 180 mm JOTEC) dentro de la aorta torácica descendente y se desplegó. Se fijó el cabo proximal de la endoprótesis a la aorta. Finalizada dicha anastomosis distal, se conectó la cuarta rama

de la prótesis, la cual tiene un diámetro de 10 mm, a una de las ramas de la “Y” de la línea arterial del circuito de CEC por medio de un empate de 1/4-3/8. Se pinzó el tubo de Dacrón y se terminó el arresto circulatorio del hemicuerpo inferior y se continuó con la PCSA-b con reperfusión del hemicuerpo inferior o visceral. Se realizó la reperfusión hipotérmica por 5 minutos y continuación se inició el recalentamiento del paciente mientras se realizaban los procedimientos sobre el arco aórtico.

Durante la fase de calentamiento se mantuvieron gradientes de temperatura arterial y venosa menores a 4°C, por encima de los 30°C, así como una temperatura en la salida arterial del oxigenador por debajo de los 37°C. De esta manera se llevó a cabo la incisión del tubo de dacrón y la anastomosis de isla con el TBCD y la carótida izquierda (CI) al tubo de dacrón. Así como la anastomosis proximal de la aorta ascendente al injerto de dacrón de 25 mm. En la preparación para el despinzamiento aórtico, se detuvo la PMC, por la misma cánula de la raíz aórtica se realizaron las maniobras de extracción de aire y se retiró el clamp del injerto, así como el de los troncos supraaórticos (TBCD-CI). Se pinzaron y cerraron las 4 ramas del injerto usadas para la perfusión selectiva del hemicuerpo inferior. Quedando así la perfusión sistémica por el TBCD. A continuación se realizó una anastomosis término-lateral del injerto de dacrón de 12 mm proveniente de la arteria subclavia izquierda a la tercera rama de la prótesis. Se retiró el vent de las cavidades izquierdas. Se colocaron los electrodos de marcapasos auriculares y ventriculares. Se procedió a revisar la temperatura, el sangrado, la contractilidad, el estado ácido base y a la salida de la CEC. Se solicitó la reversión de la anticoagulación, se continuó con la decanulación progresiva, la hemostasia y el empaquetamiento mediastinal.

Durante la PMC se llevó a cabo un control ecocardiográfico para verificar el adecuado drenaje del corazón, el cual se mantuvo con succión de vent por uno de los rodillos de la bomba de CEC. Se observó ritmo de bradicardia sinusal durante la PMC.

Tiempos quirúrgicos:

- Tiempo de CEC: 209 min.
- Perfusión miocárdica continua: 82 min.

TABLA 1: ESTRATEGIAS DE AHORRO Y TRANSFUSIÓN SANGUÍNEOS INTRA-CEC.

Ultrafiltración convencional (CUF)	1500 ml
Ultrafiltración Balance Zero (ZBUF)	2000 ml
Salvador de células XTRA (Sorin Group, 2020 LivaNova USA Inc., Arvada, CO) volumen recuperado	1118 ml
Glóbulos rojos	331 ml
Plasma	915 ml
Cristaloides (Plasmalyte)	1300 ml

TABLA 2. GASOMETRÍA ARTERIAL DURANTE LA PERFUSIÓN MIOCÁRDICA Y CEREBRAL.

pH	7,36
paO2	450 mmHg
paCO2	52 mmHg
Bicarbonato	29 mEq/L
Be	3,1
Hematocrito	29,4%
Sodio	141 mEq/L
Potasio	3,4 mEq/L
Calcio	0,97 mEq/L
Glucosa	193 mEq/l
Lactato	0,85

- Tiempo de arresto/Perfusión cerebral selectiva anterógrada bilateral: 25 min.

RESULTADOS

El paciente durante el posoperatorio de la reconstrucción del cayado aórtico + FET, en la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI), presentó lesión renal aguda (AKIN II). No se observó déficit neurológico. Requirió del uso de vasopresores a bajas

dosis en las primeras 24 horas con: Noradrenalina 0,02-0,08 mcg/kg/min. No requirió soporte Inotrópico. Con respecto al ritmo cardíaco presentó arritmia sinusal vs fibrilación auricular de respuesta ventricular controlada que requirió manejo con Amiodarona. Se diagnosticó como fibrilación auricular posoperatoria de respuesta ventricular lenta CHADSVASC 4 puntos. Ecocardiograma con disfunción ventricular leve FEVI del 60%. Requirió posteriormente reparación endovascular torácica (TEVAR) y cirugía abierta para corrección de aneurisma abdominal.

DISCUSIÓN

Malakh Shrestha et al, el grupo de Hanover Andreas Martens et al han implementado la PMC de la siguiente forma: procedimiento con parada circulatoria hipotérmica entre 20-28°C y PCSA, y en caso de requerirlo uso de cardioplejia sanguínea fría para protección miocárdica.^{4,10} Durante el enfriamiento y antes de abordar el arco aórtico los procedimientos de la raíz aórtica y cardíacos concomitantes se deben completar, se debe dealear el ventrículo izquierdo por el vent de la VPSD, se debe colocar una cánula de raíz aórtica en el injerto de aorta ascendente o en la aorta nativa, respectivamente, y realizar la conexión a la línea arterial del circuito de CEC. Previo al proceso para dealear el corazón, se pinza el injerto aórtico o la aorta en posición distal a la cánula de la raíz aórtica, para inicio de PMC. Tanto la presión de perfusión miocárdica (PPM) como el flujo deben ser monitoreados continuamente. Así se procede a el reparo del arco aórtico con esta técnica, en la cual el corazón está vacío y latiendo. Martens et al, usan la PMC que sale de una conexión en "Y" en la línea arterial de la CEC, usada también para la perfusión del hemicuerpo inferior con medición del flujo con un sensor ultrasónico. La monitorización de la presión de la PMC se realiza en el monitor de anestesia, por medio de una llave de tres vías dispuesta en la línea de la cánula de raíz aórtica, que está conectada a la línea de la PMC. La PCSA se realiza por medio de un rodillo independiente.

Stoyan Kondov et al, reportaron para el reemplazo de la raíz aórtica con preservación de la válvula y reemplazo del arco aórtico a corazón latiendo con la técnica de FET, con el uso de PMC, que esta produce un paro cardíaco más corto, una mejor recuperación miocárdica y mejores resultados.¹¹ En esta cirugía

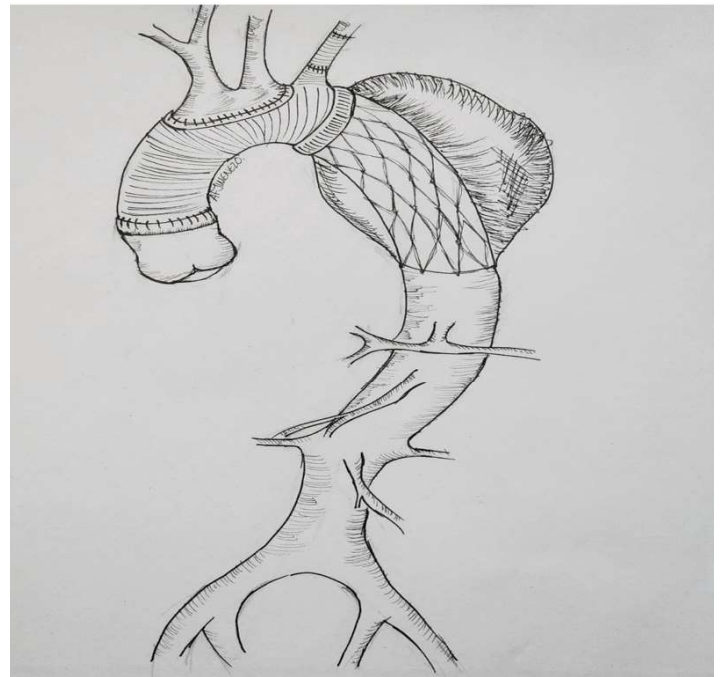


Figura 5. Corrección quirúrgica realizada: Reconstrucción de aorta ascendente, Arco aórtico (Isla de TBCD y CI), reimplante de SI (previa anastomosis a tubo de dacrón) y FET. Elaborado por: Dr. Andrés Jiménez

combinada en la cual se reparó la raíz aórtica mediante la técnica de David I y se reemplazó el arco aórtico mediante FET, con la técnica de corazón latiendo. Se realizó paro cardiopléjico con hipotermia leve (32°C), para la reparación de la raíz aórtica. Se inició la PMC con sangre caliente, el corazón recuperó su actividad eléctrica normal y, tras la estabilización inicial del ritmo, se inició la resección del arco aórtico y el implante de la endoprótesis en aorta descendente, a una temperatura de 24°C, con PCSA-b. Se usó la rama lateral de la prótesis para la perfusión de la parte inferior del cuerpo. Se realizaron las anastomosis de las ramas supra aórticas y se inició el calentamiento sistémico. Finalizando con la anastomosis aórtico-aórtica y la perfusión corporal completa a través de la cánula de perfusión de la rama lateral hasta la normotermia, de la misma manera.¹¹ Por su parte Abu-Omar et al, en un caso para reemplazo del arco aórtico con corazón latiendo, usaron un método para la perfusión continua de 3 vías (PCSA, PMC y perfusión del hemicuerpo inferior), la PMC con Myotherm XP, para manejo de la temperatura de forma independiente a la del cebado.¹² La perfusión del hemicuerpo inferior, así como la PCSA a una temperatura de 20°C. García et al, en su estrategia de perfusión con doble

rodillo arterial en la cirugía del arco aórtico y PMC, usando el circuito de cardioplejia.¹³

En el caso de pacientes neonatos para cirugía de arco aórtico a 28°C, como el de Pierre Maminirina et al, los flujos de PMC los describen de 150 ml/m²/min, con el uso de un cabezal de bomba separado con un intercambiador de calor para mantener la temperatura de PMC a 32°C.¹⁴ Robert Anton Cesnjevar et al plantea sobre la perfusión dirigida por objetivos, en la cirugía del arco aórtico neonatal, que la protección del miocardio está asegurada ya sea por la perfusión miocárdica con flujo estimado del 10% del gasto cardiaco.¹⁵

Se destaca el manejo independiente de la línea de perfusión de la PMC ya sea saliendo de la línea arterial o de una línea de recirculación y su paso por un rodillo independiente. El dispositivo de Myotherm XP permite la administración de cardioplejía y PMC, modificando su configuración, así como una temperatura independiente. En la experiencia de Stoyan Kondov et al y otros autores se resalta el manejo de la temperatura de la PMC de 32°C o 34°C mientras el cebado se encuentra a 20°C o 24°C.¹¹ Cabe analizar, en el caso de contar con este dispositivo que permite manejar independientemente la temperatura de la PMC, que esta podría tenerse en hipotermia leve conservado así una mejor condición fisiológica del miocardio, o por el contrario tenerlo a la temperatura del cebado, lo que permite una mejor protección asociada a los beneficios de un mayor grado de hipotermia. Todos estos constituyen aspectos que se deben profundizar para optimizar al máximo los beneficios de esta técnica. La monitorización durante la CEC permite dirigir los objetivos de perfusión acoplados a cada momento quirúrgico.

CONCLUSIONES

La técnica de PMC es una de las estrategias que debe ponerse sobre la mesa a la luz de la planeación quirúrgica, en el contexto de un paciente con patología del arco aórtico, ya que puede ser implementada de forma segura. Esto permite el manejo de una cirugía de arco aórtico y aorta descendente a corazón latiendo, es decir, sin isquemia cardiaca o la disminución de los tiempos de isquemia miocárdica en la patología compleja de arco aórtico.

TABLA 3: PARÁMETROS DE PMC RECOMENDADAS POR AUTORES. ELABORADO LILIANA AVENDAÑO

AUTOR	FLUJO	PRESIÓN	TEMPERATURA PMC
Malakh Shrestha et al	150-200 ml/min	70-80 mmHg	Perfusado
Martens et al	200 ml/min 150-500 ml/min	65 mmHg 80-100 mmHg	Perfusado
Stoyan Kondov et al	250-400 ml/min	50-80 mmHg	32 °C
Y Abu-Omar et al	250 ml/min		34 °C
García et al	4% GC	70-80 mmHg	32-34 °C

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Borst HG. The birth of the elephant trunk technique. J Thorac Cardiovasc Surg [Internet]. 2013[cited 1 nov 2023];145(1):44. Available from: [https://www.jtcvs.org/article/S0022-5223\(12\)01242-1/fulltext](https://www.jtcvs.org/article/S0022-5223(12)01242-1/fulltext)
2. Karck M, Chavan A, Hagl C, Friedrich H, Galanski M, Haverich A. The frozen elephant trunk technique: a new treatment for thoracic aortic aneurysms. J Thorac Cardiovasc Surg [Internet].2003 [cited 1 nov 2023];125(6):1550-3. Available from: [https://www.jtcvs.org/article/S0022-5223\(03\)00045-X/fulltext](https://www.jtcvs.org/article/S0022-5223(03)00045-X/fulltext)
3. Kazui T, Kimura N, Yamada O, Komatsu S. Total arch graft replacement in patients with acute type A aortic dissection. Ann Thorac Surg [Internet].1994 [cited 1 nov 2023];58(5):1462-8. Available from: [https://www.annalsthoracicsurgery.org/article/0003-4975\(94\)91936-4/pdf](https://www.annalsthoracicsurgery.org/article/0003-4975(94)91936-4/pdf)
4. Shrestha M, Kaufeld T, Beckmann E, Fleissner F, Umminger J, Abd Alhadi F, et al. Total aortic arch replacement with a novel 4-branched frozen elephant trunk prosthesis: Single-center results of the first 100 patients. J Thorac Cardiovasc Surg [Internet].2016 [cited 1 nov 2023];152(1):148-59.e1. Available from: [https://www.jtcvs.org/article/S0022-5223\(16\)30036-8/fulltext](https://www.jtcvs.org/article/S0022-5223(16)30036-8/fulltext)
5. Abad C, Castaño-Ruiz M, Clavo B, Urso S. Daño por isquemia-reperfusión miocárdico en cirugía cardiaca con circulación extracorpórea. Aspectos bioquímicos. Cir Cardio [Internet].2018 [citado 1 nov 2023];25(2):112-7. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-cirugia-cardiovascular-358-articulo-dano-por-isquemia-reperfusion-miocardico-cirugia-S1134009617302139>
6. Pérez Vela JL, Jiménez Rivera JJ, Alcalá-Llorente MA, González de Marcos B, Torrado H, García Laborda C, et al. Síndrome de bajo gasto cardiaco en el postoperatorio de cirugía cardiaca: Perfil, diferencias en evolución clínica y pronóstico. Estudio ESBAGA. Medicina intensiva [Internet].2018 [citado 1 nov 2023];42(3):159-67. Disponible en: <https://www.medintensiva.org/es-sindrome-bajo-gasto-cardiaco-el-articulo-S0210569117301997>
7. Gocoł R, Hudziak D, Bis J, Mendrala K, Morkisz Ł, Podsiadło P, et al. The Role of Deep Hypothermia in Cardiac Surgery. Int J Environ Res Public Health [Internet].2021[cited 1 nov 2023];18(13):7061. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8297075/>
8. Yan TD, Bannon PG, Bavaria J, Coselli JS, Elefteriades JA, Griep RB, et al. Consensus on hypothermia in aortic arch surgery. Ann Cardiothorac Surg [Internet]. 2013 [cited 1 nov 2023];2(2):163-8. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3741830/>
9. Falasa MP, Arnaoutakis GJ, Janelle GM, Beaver TM. Neuromonitoring and neuroprotection advances for aortic arch surgery. JTCVS Tech [Internet].2021[cited 1 nov 2023];7:11-9. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8312079/>
10. Martens A, Koigeldiyev N, Beckmann E, Fleissner F, Kaufeld T, Krueger H, et al. Do not leave the heart arrested. Non-cardioplegic continuous myocardial perfusion during complex aortic arch repair improves cardiac outcome. Eur J Cardiothorac Surg [Internet]. 2016 [cited 1 nov 2023];49(1):141-8. Available from: <https://academic.oup.com/ejcts/article/49/1/141/2755311?login=false>

11. Kondov S, Rylski B, Beyersdorf F, Czerny M, Siepe M. Valve sparing aortic root replacement and beating-heart aortic arch replacement in Frozen Elephant Trunk technique. *Multimed Man Cardiothorac Surg* [Internet].2018 [cited 1 nov 2023];2018. Available from: <https://mmcts.org/tutorial/1067>
 12. Abu-Omar Y, Ali JM, Colah S, Dunning JJ. Aortic arch replacement with a beating heart: a simple method using continuous 3-way perfusion. *Perfusion* [Internet].2014 [cited 1 nov 2023];29(1):6-9. Available from: https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0267659113497071?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori:rid:crossref.org&rfr_dat=cr_pub%20%20pubmed
 13. García Benítez R, García Maellas MT, López Gámez S, Orozco Ibarra P, Carballo Rodríguez L, Martins Bravo MF. Estrategia de perfusión con doble rodillo arterial en la cirugía del arco aórtico. *Revista Española de Perfusión* [Internet].2020 [cited 1 nov 2023];(69):15-23. Disponible en: <https://www.aep.es/revista-articulo/76/69.3.pdf>
 14. Maminirina P, Pavy C, Bourgoin P, Baron O. Continuous cerebral and myocardial selective perfusion in neonatal aortic arch surgery. *J Card Surg* [Internet].2020 [cited 1 nov 2023];35(11):2920-6. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jocs.14930>
 15. Cesnjevar RA, Purbojo A, Muench F, Juengert J, Rueffer A. Goal-directed-perfusion in neonatal aortic arch surgery. *Transl Pediatr* [Internet].2016 [cited 1 nov 2023];5(3):134-41. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5035760/>
- Fecha de recepción: 9 de noviembre de 2023.
Fecha de aceptación: 25 de diciembre de 2023.