

Estrategia de perfusión con doble rodillo arterial en la cirugía del arco aórtico.

Segundo premio

XXI Congreso Nacional

Asociación Española de Perfusionistas

Octubre 2020

Double roller perfusion strategy in aortic arch surgery.

RESUMEN / ABSTRACT

Introducción. El abordaje simultáneo del arco aórtico y aorta descendente proximal en una única cirugía ha requerido la transformación del sistema habitual de circulación extracorpórea (CEC), para posibilitar una perfusión cerebral anterógrada (PCA), y una perfusión visceral (PV), simultáneas e independientes. El objetivo fue describir nuestra experiencia con la técnica de perfusión de doble rodillo, con el circuito de CEC modificado, así como analizar los resultados obtenidos.

Métodos. Se realizó un estudio observacional, descriptivo, retrospectivo de pacientes intervenidos del arco aórtico por aneurismas o síndrome aórtico agudo (SAA) entre abril del 2016 y noviembre del 2019. Se modificó el circuito de CEC añadiendo un bypass con una doble Y de $\frac{3}{8}$ - $\frac{3}{8}$ - $\frac{3}{8}$ que conectamos al circuito principal y al segundo rodillo, teniendo así la posibilidad de dos circulaciones paralelas e independientes. Se utilizó como protección cerebral la perfusión anterógrada bilateral con hipotermia moderada.

Resultados. Se incluyeron 23 pacientes, 70% varones con una edad media de 62 ± 12 años. Los tiempos quirúrgicos en minutos fueron: circulación extracorpórea 224 ± 44 , clampaje aórtico 94 (68-140), parada total 0 (0-11), PCA 30 (22-39) y PCA+PV 88 (68-100). El 17% de los casos se realizó sin parada cardiaca (perfusión miocárdica continúa no cardiopléjica durante 61 ± 18 min). La mortalidad hospitalaria a los 30 días fue del 4%. 2 pacientes tuvieron paraparesia. No hubo complicaciones cerebrovasculares, aunque 7 tenían afectación preoperatoria, 4 tuvieron insuficiencia renal aguda y 3 ventilación mecánica prolongada.

Conclusiones. El doble rodillo arterial con nuestro circuito ha demostrado ser una técnica segura y reproducible que permite perfundir diferentes órganos, adaptando el flujo y presión correspondiente a cada zona según temperatura y superficie corporal durante toda la cirugía. Ha facilitado la protección medular y cerebral permitiendo acortar los tiempos de parada total y visceral. Nuestra serie tiene excelentes resultados tratándose de cirugías complejas del arco aórtico, muchas de ellas emergentes y con síndrome aórtico agudo (SAA).

Palabras clave: Cirugía arco aórtico; Perfusión visceral; Circuito extracorpórea modificado; Perfusión cerebral anterógrada bilateral; Doble rodillo arterial

Introduction. For the approach of the aortic arch and descending aorta in one surgical time, we had to modify the usual Cardiopulmonary bypass (CPB) circuit to be able to perform, simultaneously and independently, antegrade cerebral perfusion (ACP) and visceral perfusion (VP). The objective was to describe our experience with the double roller perfusion technique, with the improved circuit, as well as analyze the results obtained.

Methods. We carried out an observational, descriptive and retrospective study of patients who underwent surgery involving the aortic arch due to aneurysms or acute aortic syndrome, between April 2016 and November 2019. The CPB circuit was modified by adding a bypass with a double Y of $\frac{3}{8}$ - $\frac{3}{8}$ - $\frac{3}{8}$ that we connected to the main circuit and the second roller pump. This way it is possible to have two parallel and independent circulations. Bilateral ACP and moderate hypothermia were used as cerebral protection.

Results. 23 patients were included, 70% were male with a median age of 62 ± 12 years. The time of CPB was 224 ± 44 min, aortic cross-clamp $94(68-140)$ min, circulatory arrest $0(0-11)$ min, ACP $30(22-39)$ min, and ACP + VP $88(68-100)$ min. A non-cardioplegic continuous myocardial perfusion was used in 17% (Heart beating), during 61 ± 18 min. Thirty-day mortality was 4%. 2 had paraparesis. No permanent neurologic deficits were observed, although 7 had shortfalls before surgery. Four had acute renal failure and 3 prolonged mechanical ventilation.

Conclusions. The double roller with our circuit has proven to be a safe and reproducible technique that allows perfusing different organs, adapting the flow and pressure to each area according to temperature and body surface throughout the surgery. It has facilitated spinal and cerebral protection, allowing shortening of circulatory and visceral arrest times. Our results are excellent because they imply complex aortic arch surgeries, many of which are acute aortic syndrome and emergent.

Keywords: Aortic arch surgery; Lower body perfusion; Modified extracorporeal circuit; Selective antegrade cerebral perfusion; Double roller pump



Rianseres García Benítez

DUE perfusionista

Hospital Universitario 12 de Octubre. Madrid

María Teresa García Maellas

DUE perfusionista

Hospital Universitario 12 de Octubre. Madrid

Susana López Gámez

DUE perfusionista

Hospital Universitario 12 de Octubre. Madrid

Paloma Orozco Ibarra

DUE perfusionista

Hospital Universitario 12 de Octubre. Madrid

Lorena Carballo Rodríguez

DUE perfusionista

Hospital Universitario 12 de Octubre. Madrid

María Fátima Martins Bravo

DUE perfusionista

Hospital Universitario 12 de Octubre. Madrid

Rianseres García Benítez
Avda. de Andalucía s/n. 28045. Madrid. España.
rianseres.garcia@salud.madrid.org

Recibido: noviembre de 2020

Aceptado: noviembre de 2020

<https://doi.org/10.36579/rep.2020.69.2>

INTRODUCCIÓN

El tratamiento quirúrgico simultáneo de la patología del arco aórtico y aorta descendente proximal (ADP) es uno de los mayores desafíos quirúrgicos a los que se puede enfrentar un equipo de cirugía cardíaca. Este reto no sólo es técnico, también involucra una estrategia de perfusión que combina perfusión cerebral, miocárdica y visceral (aorta toracoabdominal y sus ramas) con flujos y temperaturas independientes adecuados a cada región. Además de la protección cerebral, la protección cardíaca es de vital importancia durante estas intervenciones cada vez más complejas, con tiempos de isquemia prolongados.

Para estas cirugías, Borst et al¹ en 1983, comenzó a utilizar una técnica conocida como “trompa de elefante”, porque se dejaba una porción de prótesis tubular flotando en la ADP, para facilitar el reemplazo del resto de la aorta enferma, en un segundo tiempo quirúrgico realizado a través del tórax. Actualmente las prótesis vasculares aórticas pueden ser bifurcadas o con múltiples ramas además de llevar incorporados stents (prótesis híbridas, Fig. 1).

Las prótesis híbridas (Thoraflex[®], Evita[®], etc.) permiten el tratamiento o reemplazo en un solo tiempo, mediante cirugía abierta y endovascular (Frozen elephant trunk - FET) de las zonas de aorta ascendente, cayado y ADP afectas de aneurismas, disecciones o cualquier otra patología susceptible de tratamiento quirúrgico (Fig. 1). Estos injertos por su diseño permiten disminuir la isquemia de la parte inferior del cuerpo (visceral), acortar los tiempos de cirugía además de facilitar la hemostasia de la anastomosis distal en la aorta. El injerto híbrido Thoraflex[®] combina las ventajas del FET con los injertos multi-ramas, simplificando el reemplazo de los troncos supra-aórticos (TSA).

La perfusión de este tipo de cirugías ha evolucionado junto con su técnica a lo largo de la historia, porque además de técnicas quirúrgicas válidas son necesarios métodos de perfusión seguros y efectivos para conseguir un resultado óptimo. En 1975, Griep² introdujo la parada circulatoria en hipotermia profunda, obteniendo buenos resultados. Sin embargo, estudios posteriores demostraron mediante el metabolismo cerebral que el periodo de tiempo “seguro” con esta técnica era menor a 30 minutos, tras los cuales había disfunción neurológica. Por este motivo en los 90 se comenzaron a utilizar otras técnicas complementarias a la hipotermia, como las perfusiones cerebral retrógrada (PCR) y anterógrada (PCA), con el objetivo de proteger mejor el cerebro y aumentar el periodo de seguridad^{3,4}. Ambos métodos persisten hasta nuestros días, aunque sobre la PCR existen diversos trabajos que hablan de una menor protección al parénquima cerebral⁵.

Kazui et al⁶ publicó sus resultados en 1992 con perfusión cerebral anterógrada selectiva (PCAS) a través de los

TSA e hipotermia moderada al tiempo que abogaba por el reimplante individualizado de los troncos en lugar de “en bloque” o pastilla como era habitual. Finalmente, dada la importancia de mantener dos circulaciones independientes adaptadas a cada región (flujos, presiones, temperatura) los principales grupos quirúrgicos especializados en aorta (Kazui, Coselli, etc.) han sistematizado la utilización de un doble rodillo para la PCAS y perfusión visceral (PV) como complemento durante la realización de estos procedimientos en hipotermia moderada. Un paso más en busca de la protección global ha sido la incorporación de un tercer rodillo para perfundir aisladamente el corazón y mantenerlo latiendo en vacío “Heart Beating”⁷⁻⁹.

El objetivo de este estudio fue describir nuestra experiencia con la técnica de perfusión de doble rodillo y el circuito modificado en pacientes intervenidos de cirugía de arco aórtico, así como analizar los resultados obtenidos.

MATERIAL Y MÉTODOS

POBLACIÓN Y VARIABLES A ESTUDIO

Se realizó un estudio observacional, descriptivo, retrospectivo de pacientes intervenidos del arco aórtico por patología aneurismática y/o síndrome aórtico agudo (SAA) entre abril del 2016 y noviembre del 2019, en los que se utilizó un doble rodillo durante la perfusión.

De la historia de ingreso se recogieron los datos demográficos, factores de riesgo, antecedentes de enfermedad cerebrovascular o renal, hallazgos clínicos y analíticos compatibles con síndrome de malperfusión secundaria en los casos de disección aórtica. Del registro de perfusión se recolectaron los parámetros de superficie corporal, prioridad de la intervención, patología de base, procedimientos realizados, así como los tiempos de circulación extracorpórea (CEC), perfusión e isquemia (cerebral y visceral) además de la temperatura mínima. El término PV engloba la perfusión de todas las vísceras y parte inferior del cuerpo a través de la ADP (distal al cayado). Del postoperatorio (POP) se recogieron los niveles de enzimas cardíacas (troponina I Ultrasensible), creatina fosfoquinasa (CPK) y CPK isoenzima MB (CKMB) a las 12 horas postoperatorias y el ácido láctico; las estancias en UCI y hospitalaria, además de las complicaciones: insuficiencia renal, afectación medular, afectación cerebral, isquemia mesentérica, ventilación prolongada y mortalidad hospitalaria.

CIRCUITO PARA REALIZAR LA PERFUSIÓN CON DOBLE RODILLO ARTERIAL

Para estas cirugías hemos creado un circuito que nos brinda diferentes posibilidades, para minimizar la isquemia visceral y ser precisos en el flujo de sangre oxigenada

y temperatura recibida por cada órgano, con uno, dos o tres rodillos arteriales, adaptándonos a cada paso quirúrgico y a las necesidades del enfermo.

El circuito para CEC consta de un oxigenador de membrana con filtro arterial integrado, tubos de PVC preconnectados de 1/2" en la línea venosa y 3/8" en la línea arterial con reservorio de cardiectomía abierto.

- En la línea arterial posterior al filtro se conecta una Y de 3/8" para sacar una línea adicional y pasarla a través de un segundo rodillo (Fig. 2-A). Así se puede hacer la perfusión cerebral y visceral, con sistemas independientes, de manera que las perfusiones se hagan paralelas, cada una con su flujo y presión acorde al territorio a irrigar. A la salida de esta segunda línea arterial se inserta una conexión de 3/8" con luer-lock, donde se medirá la presión de la PCA.
- El circuito de CEC convencional se corta y se le añade el circuito modificado de 3/8" que hemos preparado y esterilizado previamente (Fig. 2-B).
- Dicho circuito consta de una doble Y, unidas por un bypass de 3/8" (Fig. 3-A).
 - Y n°1: Una conexión va al circuito convencional de CEC, otra al bypass y la última la utilizaremos para perfundir aorta toracoabdominal (PV)
 - Y n°2: Una conexión va al bypass, otra al tubo del segundo rodillo y de la última sacaremos una 3ª Y (3/8 x 3/8 x 1/4").
 - Y n°3: La rama de 3/8" se conecta a un tubo de poliéster de 8 mm que se anastomosa a la arteria axilar derecha con una conexión 3/8 x 1/4". Por esta rama se realizará inicialmente la perfusión sistémica y posteriormente la PCA por subclavia derecha. De la rama de 1/4" sacamos una cuarta Y de 1/4 x 1/4 x 1/4
 - Y n°4: A esta Y conectamos dos cánulas de seno venoso que servirán para la perfusión de las arterias carótida y subclavia izquierdas, completando la PCAS.

TÉCNICA DE PERFUSIÓN

Anteriormente la cirugía del cayado aórtico se realizaba en hipotermia profunda con PCA y parada visceral. En el año 2016 se implementó en nuestro servicio la perfusión mediante doble rodillo en hipotermia moderada. Además, en algunos casos se ha realizado perfusión miocárdica continua para evitar la parada cardíaca (y el daño isquemia-reperusión) dentro de una estrategia de perfusión global. En la figura 3 se observan las diferentes configuraciones del circuito durante la perfusión sistémica, la PCA aislada y la PCA + PV.

1. Previo a entrar en CEC se comprueba todo el sistema: conexiones, purgado y el clamp de tubo en la rama a través de la cual se realizará la PV (Fig. 3-A).
2. Por lo general, se entra en CEC a través de la(s) arteria(s) axilar(es) por donde inicialmente se realiza la perfusión sistémica y posteriormente la PCAS. Se comienza a enfriar al paciente hasta alcanzar la temperatura deseada (22-25°C).

Mientras tanto:

- a. Si solo se ha diseccionado previamente una arteria axilar se procede a canalizar la arteria contralateral.
 - b. Se coloca un drenaje de cavidades izquierdas (vent).
 - c. Si es necesaria cirugía en la raíz aórtica se produce la parada cardíaca mediante pinzamiento aórtico e infusión de cardioplegia, para proceder con la reparación. La cardioplejia se administra por vía anterógrada o retrograda según la patología de base y si existe insuficiencia aórtica.
 - d. En caso contrario se continúa con la disección de la aorta y los TSA. Al alcanzar la hipotermia moderada, se pinza la aorta y se inicia la perfusión miocárdica continua.
3. A continuación, se claman los TSA y se comienza con la PCAS (y la parada visceral) Fig. 3-B.
 4. Los cirujanos continúan con la resección de la aorta enferma y preparan el muñón distal (donde se va a realizar el implante de la trompa de elefante, clásica o FET).
 5. Con el propósito de disminuir al máximo la parada visceral se progresa una sonda de Foley® (22F), a través de la prótesis. Mediante esta sonda se clampa y perfunde la aorta distal mientras se realiza la anastomosis distal (Fig. 4-A). En este momento se cambia el clamp de tubo al bypass, comenzando la perfusión con el doble rodillo arterial. Ahora mismo, el rodillo arterial principal es el que lleva mayor flujo porque irriga la parte inferior del cuerpo (PV), y el segundo rodillo arterial el que realiza la PCAS evitando así la cavitación del circuito (Fig. 3-C). Sabemos el flujo que le estamos dando a la PV colocando un flujómetro en dicha línea, no se puede tener como referencia los L/min del rodillo principal, debido a que el segundo rodillo sale posterior al filtro arterial y le resta el flujo correspondiente a la PCA, y lo mismo pasaría si hubiera perfusión

- miocárdica por un tercer rodillo.
- Una vez finalizada la anastomosis distal se continúa la PV a través de una de las bifurcaciones laterales del injerto. Para ello se retira la sonda de Foley® y se conecta directamente el circuito a la rama del injerto, lo cual permitirá subir el flujo con menos presión (Fig. 4-B).
 - Según el protocolo de nuestro servicio, se comienza a calentar al paciente cuando los cirujanos comienzan a realizar la anastomosis proximal en aorta ascendente. Una vez finalizada esta, se procede al desclampaje, previa deaireación.
 - Posteriormente se realizan las anastomosis de los TSA, tras lo cual se para el segundo rodillo y se retira el clamp de tubo del bypass continuando la perfusión por cualquiera de las dos vías (axilar o rama lateral del injerto).
 - En los casos que se ha realizado perfusión miocárdica, se ha utilizado como tercer rodillo arterial la línea de la cardioplejia, aprovechando el intercambiador de calor para mantener el corazón en hipotermia ligera.

FLUJOS Y PRESIONES

Calculamos los índices cardíacos y los flujos correspondientes a cada región. Para la perfusión sistémica un gasto cardíaco del 100%, adaptándonos a las necesidades y la analítica del enfermo. Para la PV el flujo será aproximadamente el 50% de su gasto total, y una presión que variará dependiendo del calibre del tubo (o sonda) y el gasto correspondiente (± 180 mmHg). El segundo rodillo realizará la PCAS a un flujo de 10-15 ml/kg/min con una presión en la línea de 40-70 mmHg, bajando el flujo si la presión aumenta por encima de 90 mmHg por el riesgo de embolización y edema cerebral¹⁰ (Fig. 5).

Además de la monitorización convencional de cualquier extracorpórea, en esta cirugía se monitorizan tres arterias (ambas radiales y femoral izquierda), se coloca un catéter para drenaje de LCR y se utilizan dos INVOS®, uno a nivel frontal y otro en miembros inferiores para valorar la saturación cerebral y en la parte inferior del cuerpo, lo cual nos puede dar información sobre problemas técnicos o cambios fisiológicos.

Si se decide, que la cirugía se hace con parada cardíaca, usamos un sistema de cardioplejia 1:4 para protección miocárdica con cardioplejia Del Nido. Otra alternativa es realizar la cirugía con perfusión miocárdica continua no cardiopléjica, es decir con el corazón latiendo. En este caso se utiliza el circuito de cardioplejia, perfundiendo sangre a 32-34°C, a través de una cánula en raíz de aorta con un flujo correspondiente al 4% del gasto cardíaco, y una presión de 70-80 mmHg, dependiente de los signos

electrocardiográficos⁷ (Fig. 5).

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos se analizaron utilizando el IBM SPSS versión 24 para Windows (IBM Corp., New York). Se calcularon estadísticos descriptivos para todas las variables. La normalidad de las variables se examinó con la prueba de Shapiro-Wilks. Las variables continuas con distribución normal se expresan como media \pm desviación estándar (DE), mientras que las que no tenían distribución normal se expresaron como medianas y rango intercuartílico (25% a 75%). Las variables cualitativas se expresan como frecuencia y porcentaje del grupo total.

RESULTADOS

Se incluyeron 23 pacientes, el 64% eran varones con una edad media de 62 \pm 12 años y superficie corporal de 1,9 \pm 0,2 m². Entre los factores de riesgo cardiovascular observamos que el 74% de los enfermos eran hipertensos (HTA) y un 43 % eran obesos con un índice de masa corporal medio de 28 \pm 5 kg/m².

Un 13% (3) tenían antecedentes de enfermedad cerebrovascular (de pequeño vaso, hemorragia subaracnoidea y un ictus isquémico cardioembólico múltiple) y un 17% insuficiencia renal crónica. Y como complicación del SAA un tercio (8) presentaban en el momento del ingreso síndrome de malperfusión (cerebral y/o medular, isquemia mesentérica y/o shock cardiogénico). Se consideró que el paciente tenía afectación neurológica, cuando además de disección de los TSA, presentaba signos o clínica compatible.

Tres pacientes presentaban isquemia mesentérica por disección de arterias viscerales u oclusión de la luz verdadera (a nivel abdominal) con clínica y/o acidosis metabólica concomitante. 2 tenían valores de ácido láctico superiores a 6 mmol/L y otro de ellos presentaba distensión abdominal. En 2 de estos casos se observó oclusión total de la luz aórtica a nivel abdominal.

El 56% de las cirugías fueron con carácter urgente/emergente. Un 48% tenían SAA (10 disecciones agudas tipo A de Stanford y una úlcera penetrante de aorta), otro 4% disección crónica tipo B de Stanford y el 48% restante tenían dilatación aneurismática de la aorta (4 generalizada por síndrome de megaaorta y 7 localizadas en aorta ascendente y/o cayado).

Los tiempos de CEC y clampaje aórtico fueron de 224 \pm 44 y 94 (68-140) min, respectivamente. 7 pacientes precisaron parada circulatoria durante 17 \pm 7 min. El periodo de parada visceral y por ende de la PCAS aislada fue de 30 (22-39) min. A lo largo de 88 (68-100) min se perfundió uti-

lizando dos rodillos (PCAS + PV). En 4 casos no se realizó parada cardíaca por lo cual se estuvo perfundiendo sangre continuamente durante 61 ± 18 min. La temperatura media de la hipotermia fue de $22,5 \pm 2,5^\circ\text{C}$ (tabla I).

En todos los casos se sustituyó la aorta ascendente y el arco aórtico. En la mayoría de ellos (96%) el reemplazo del cayado fue mediante la FET, con la prótesis híbrida Thoraflex®. Además, en un tercio fue necesario realizar cirugía sobre la válvula o la raíz aórtica. El reemplazo de raíz se realizó según la técnica de Bentall.

En el POP inmediato se observó ligera elevación de los marcadores de daño miocárdico, pero en especial de la CPK (tabla II). No hubo complicaciones cardíacas, necesidad de asistencia ni reintervención en ningún caso.

4 pacientes (17%) sin antecedentes de insuficiencia renal precisaron de hemofiltro en el POP inmediato.

Respecto a la afectación medular en el grupo que se utilizó la FET, la incidencia al alta fue del 9% (2 casos). Un enfermo con disección crónica tipo B presentó en el POP inmediato paraplejía que requirió de drenaje lumbar, quedando con paraparesia residual. El otro caso ingreso ya con 10 horas de paraplejía; al alta tenía paraparesia residual. No hubo complicaciones cerebrovasculares.

Las medias de ácido láctico en el preoperatorio, quirófano y 24 h postcirugía fueron de $1,6 \pm 1,5$; $4,2 \pm 2,3$ y $3,0 \pm 2,1$ mmol/L respectivamente. Estas cifras estuvieron artefactadas por los valores de ácido láctico que tenían los casos de isquemia mesentérica con valores extremos de 6,1, 9,2 y 9,8 mmol/L, pre, intra y POP. De los 3 con mala perfusión visceral, dos fueron exitus, uno en el quirófano y el otro en la UCI.

Desde el punto de vista respiratorio 3 pacientes precisaron de ventilación prolongada; uno de ellos por parálisis frénica.

El 91% de los enfermos se fue de alta, con una mortalidad hospitalaria a los 30 días del 4% (1). Otro fue exitus a los 37 días secundario a las complicaciones de la isquemia mesentérica preoperatoria.

La mediana de las estancias en UCI y en planta de hospitalización postoperatoria fue de 7 (5-12) y 8 (4-16) días respectivamente.

DISCUSIÓN

La perfusión de la aorta toracoabdominal se puede realizar de diferentes maneras:

- Utilizando bifurcaciones en Y de la línea arterial que permiten realizar al mismo tiempo PAC y PV¹¹. En esos casos se realiza ajuste de los flujos mediante el diámetro de las tubuladuras, conexiones, utilizando

clamps u otros dispositivos que pueden producir hemolisis. Sin embargo, en ningún momento se puede garantizar que flujo, ni presión están recibiendo la cabeza o vísceras, además, es bien sabido que a diferentes temperaturas la resistencia de las arterias cerebrales y viscerales son diferentes haciendo que a mayor temperatura el flujo sea preferencial a nivel visceral. Igualmente es imposible mediante esta técnica manejar diferentes temperaturas.

- Utilizando dos rodillos, uno para la PCAS y otro para la PV. Esta técnica tiene ventajas como poder regular y manejar diferencialmente y con exactitud, los flujos y temperaturas a nivel cerebral y visceral. Además permite acortar o minimizar los periodos de parada circulatoria de aorta distal, en especial en el contexto del SAA; favorece el calentamiento precoz del paciente o mantener a diferentes temperaturas el cerebro y el resto del cuerpo¹². Otra ventaja muy importante de la utilización del doble rodillo y de una adecuada perfusión global es que permite al cirujano realizar de una forma segura y sin prisas, técnicas muy complicadas, en situaciones emergentes.

Para la utilización del doble rodillo en la PV, se han diseñado o implementado diferentes sistemas: añadiendo un rodillo a la bomba, puentes, calentadores al circuito, etc. Algunos son muy complejos, otros tienen un alto riesgo de embolias, otros precisan de dos perfusionistas y hasta dos horas para el montaje de la bomba, etc., haciendo difícil su utilización en casos de urgencia^{9,13,14}. Nuestro circuito en cambio es fácil de realizar, el montaje y purgado del sistema se realiza en aproximadamente 10 min, ya que tenemos preconectado y estéril el circuito específico que añadimos al sistema de CEC convencional, y un tubo de 1,80 m (de $\frac{3}{8}$ "") para el segundo rodillo arterial; además al no utilizar diferentes temperaturas en cerebro y vísceras solamente se necesita un intercambiador de calor, lo que simplifica el montaje. Luego, tan solo es necesario el cambio de posición de un clamp durante la cirugía si se desea perfusión con uno o dos rodillos.

El manejo del circuito y las perfusiones (visceral, cerebral, miocárdica) precisan que el perfusionista esté atento permanentemente a los tiempos quirúrgicos. Además, el cirujano y el perfusionista deben ser conscientes en todo momento de la ubicación del clamp de tubo y de cambiarlo de posición para poder utilizar uno o dos rodillos arteriales. Por ello es muy importante la comunicación e implicación de todo el equipo, cirujanos, anestesistas y perfusionistas sobre flujos, tiempo quirúrgico, temperatura.

En un estudio realizado en 2013¹⁵ por la European Asso-

ciation of Cardiothoracic Surgery (EACTS) en 142 centros europeos, se observó que tan solo una cuarta parte de ellos realiza durante la hipotermia moderada perfusión cerebral (utilizan un solo rodillo arterial). Y únicamente, un porcentaje muy pequeño de hospitales realiza PV (adicional) de rutina durante la parada, en cirugías de patología aórtica aguda o crónica (17% y 24% respectivamente). La PV efectiva evita el daño isquémico multiorgánico minimizando el síndrome sistémico inflamatorio.

En todas las cirugías del arco aórtico, hemos conseguido unos tiempos de isquemia visceral cortos, mediana de 30 (22-39) min, gracias a la utilización de la sonda de Foley® para perfundir a través de la prótesis durante la realización de la anastomosis distal, al tiempo que permite tener un campo exangüe. Nappi et al¹¹ utilizan un tubo endotraqueal con el mismo objetivo. Mediante la perfusión con la sonda o la rama lateral del injerto se provee en todos los casos flujo anterógrado visceral, el cual es superior a la perfusión retrógrada desde la arteria femoral que conlleva mayor riesgo de tromboembolismo, incluso hay casos en los que esta arteria no se puede canular porque está ocluida o disecada.

Esta medida, además de la PCAS bilateral que utilizamos en todos los casos nos permite realizar estas intervenciones largas y complejas en hipotermia moderada con excelentes resultados. De hecho, a pesar de que un 30% de los pacientes tenían afectación cerebrovascular aguda preoperatoria, al alta, todos estaban libres de déficits cerebrales.

Como se mencionó anteriormente, hubo dos casos de los 22 (9%) a quienes se implanto una FET que presentaban paraparesia en el momento del alta. Uno de ellos ingresó con paraplejía de 10 horas de evolución, con daño medular establecido, por lo cual la incidencia de daño medular de nueva aparición fue del 4%. Esta complicación es más frecuente con el uso de la FET que con la trompa de elefante clásica¹⁶.

De los pacientes intervenidos de manera emergente por SAA, 3 presentaban síndrome de malperfusión visceral, siendo exitus 1 de ellos en el quirófano por inestabilidad hemodinámica secundaria a vasoplejía refractaria, acompañada de distensión abdominal y melenas justo al finalizar la intervención. Otro de ellos, como se ha comentado anteriormente, fue exitus a consecuencia de complicaciones de las cirugías intestinales realizadas por la isquemia. El tercero evolucionó sin complicaciones.

La perfusión miocárdica continua con sangre a 32-34°C es una técnica factible y segura que protege el corazón mientras se opera el arco aórtico, no prolonga el tiempo quirúrgico, reduce el daño miocárdico y reduce los riesgos perioperatorios de estas operaciones⁷. En los casos que se utilizó, funcionó perfectamente, sin necesidad de reconversión. Uno presentó fibrilación ventricular, que revirtió

espontáneamente a ritmo sinusal durante el recalentamiento. Y aunque el metabolismo cardíaco aumenta ligeramente durante la fibrilación ventricular, con la perfusión se satisfacen las demandas de energía miocárdica; de hecho, no hubo resultados cardíacos adversos.

Gracias a minimizar el tiempo de isquemia visceral, se pueden realizar cirugías del arco técnicamente complejas en hipotermia moderada (22-25°C), lo que permite reducir los tiempos de CEC, además de evitarse los problemas relacionados con la hipotermia profunda¹⁷.

Nuestros resultados son comparables a grandes series internacionales. De hecho, en 2019, se publicó una revisión de 2 centros punteros en este tipo de cirugía (Hannover y Bolonia) que incluía a 437 pacientes con patología similar a nuestros datos, con una mortalidad del 15%, déficit neurológico permanente (PND) 11%, paraplejía 5,5% y diálisis del 17%¹⁸. Otra revisión de 68 pacientes, también con aneurismas de aorta y SAA, reportó una mortalidad del 13%, PND 10%, paraplejía 7,4% y diálisis 26%¹⁹.

Nuestros resultados demuestran que la utilización de este circuito es segura, además el aprendizaje de la técnica de doble rodillo para un perfusionista entrenado, es muy sencilla y fácilmente reproducible.

CONCLUSIONES

El doble rodillo arterial con nuestro circuito ha demostrado ser una técnica segura y reproducible que permite perfundir diferentes órganos, adaptando el flujo y presión correspondiente a cada zona según temperatura y superficie corporal durante toda la cirugía. Ha facilitado la protección medular y cerebral permitiendo acortar los tiempos de parada total y visceral. Este circuito facilita la intervención, ya que permite diferentes configuraciones.

Nuestra serie tiene excelentes resultados tratándose de cirugías complejas del arco aórtico, muchas de ellas emergentes y con SAA.

LIMITACIONES

Las limitaciones de nuestro estudio son las inherentes a los estudios retrospectivos. Igualmente, es un estudio con pocos pacientes y no tenemos un grupo control para comparar nuestros resultados.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores de este estudio no presentan ningún conflicto de interés.

BIBLIOGRAFÍA

1. Borst HG, Walterbusch G, Schaps D. Extensive aortic replacement using "elephant trunk" prosthesis. *Thorac Cardiovasc Surg*. 1983 Feb;31(1):37-40.
2. Griep RB, Griep EB. Perfusion and cannulation strategies for neurological protection in aortic arch surgery. *Ann Cardiothorac Surg*. 2013;2(2):159-62.
3. Ueda Y, Miki S, Kusuhara K, Okita Y, Tahata T, Yamanaka K. Surgical treatment of aneurysm or dissection involving the ascending aorta and aortic arch, utilizing circulatory arrest and retrograde cerebral perfusion. *J Cardiovasc Surg (Torino)*. 1990;31(5):553-8.
4. Bachet J, Guilmet D, Goudot B, Termignon JL, Teodori G, Dreyfus G, et al. Cold cerebroplegia. A new technique of cerebral protection during operations on the transverse aortic arch. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 1991 Jul;102(1):84-5.
5. 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.
6. Kazui T, Inoue N, Yamada O, Komatsu S. Selective cerebral perfusion during operation for aneurysms of the aortic arch: a reassessment. *Ann Thorac Surg*. 1992 Jan;53(1):109-14.
7. 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 Cardio-thoracic Surg*. 2016;49(1):141-8.
8. 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 (United Kingdom)*. 2014;29(1):6-9.
9. Charumathi D, Vajjyanath P, Sekhar L, Cherian KM. Aortic arch replacement with moderate hyperthomia and a modified 3-pump circuit. *Perfusion*. 2011;26(2):141-4.
10. Halstead JC, Meier M, Wurm M, Zhang N, Spielvogel D, Weisz D, et al. Optimizing selective cerebral perfusion: Deleterious effects of high perfusion pressures. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2008;135(4):784-91.
11. Nappi G, Maresca L, Torella M, Cotrufo M. Body perfusion in surgery of the aortic arch. *Texas Hear Inst J*. 2007;34(1):23-9.
12. Takano H, Sakakibara T, Matsuwaka R, Hori T, Sakagoshi N, Shinohara N. The safety and usefulness of cool head-warm body perfusion in aortic surgery. *Eur J Cardio-thoracic Surg*. 2000;18(3):262-9.
13. Fernandes P, Mayer R, Adams C, Chu MWA. Simultaneous individually controlled upper and lower body perfusion for valve-sparing root and total aortic arch replacement: A case study. *J Extra Corpor Technol*. 2011;43(4):245-51.
14. Bachet J, Guilmet D, Goudot B, Dreyfus GD, Delentdecker P, Brodaty D, et al. Antegrade cerebral perfusion with cold blood: A 13-year experience. *Ann Thorac Surg*. 1999;67(6):1874-8.
15. 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;47(5):917-23.
16. Furutachi A, Takamatsu M, Nogami E, Hamada K, Yunoki J, Itoh M, et al. Early and mid-term outcomes of total arch replacement with the frozen elephant trunk technique for type A acute aortic dissection. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2019;29(5):753-60.
17. Yan TD, Bannon PG, Bavaria J, Coselli JS, Elefteriades JA, Griep B, et al. Consensus on Hypothermia Clasification. *Ann Cardiothorac Surg*. 2013;2(2):163-8.
18. Leone A, Beckmann E, Aandreas M, Di Marco L, Pantaleo A, Reggiani LB, et al. Total aortic arch replacement with frozen elephant trunk technique: Results from two European institutes. *J Thorac Cardiovasc Surg [Internet]*. 2020;159(4):1201-11. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2019.03.121>
19. Kremer J, Preisner F, Dib B, Tochtermann U, Ruhparwar A, Karck M, et al. Aortic arch replacement with frozen elephant trunk technique - a single-center study. *J Cardiothorac Surg*. 2019;14(1):147.

Tabla I Variables quirúrgicas

Tiempo de CEC (min)	224±44
Tiempo de clampaje (min)	94 (68-140)
T de parada total (min) ‡	17±7
T de parada visceral (min)	30 (22-39)
T de perfusión miocárdica (min)*	61±18
T de perfusión cerebral anterógrada aislada (min)	30 (22-39)
T de PCAS + perfusión visceral (min)	88 (68-100)
Temperatura mínima (°C)	22.5±2.5
Ácido Láctico en O _x (mmol/L)	4.2±2.3
Ritmo sinusal al salir de CEC n (%)	19 (83%)
Desfibrilación espontánea n (%)	14 (61%)

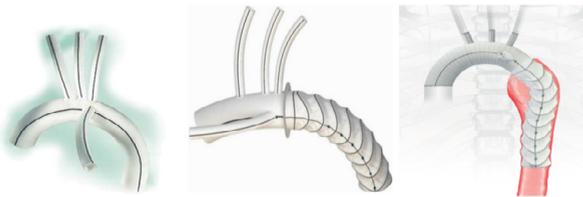
* En 4 pacientes se realizó perfusión miocárdica continua.

‡ En 7 pacientes se realizó parada circulatoria.

Datos expresados en medias ± DE, medianas [rango intercuartílico] o porcentajes.

CEC: Circulación extracorpórea; PCAS: Perfusión selectiva cerebral; O_x: Ouirófano; T: tiempo.

Figura 1



A la izquierda se observa una prótesis vascular multiramada [Gelweave®] y en el centro una prótesis híbrida [Thoraflex®]. En la gráfica de la derecha está representado el resultado final del Frozen elephant trunk con una Thoraflex®.

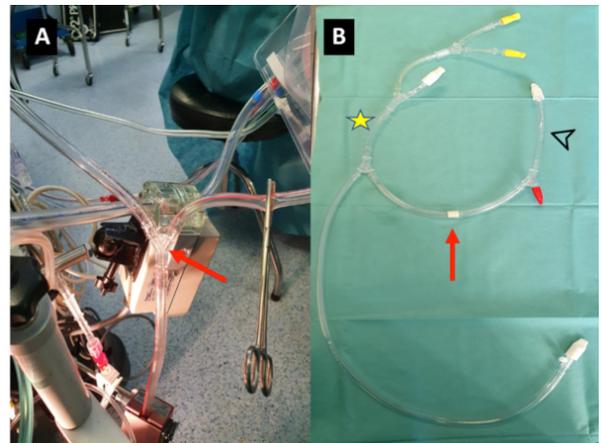
Tabla II Variables postoperatorias (n=23)

Ácido láctico POP (mmol/L)	3.0±2.1
Troponina I -12 h POP (ng/L)	876±572
CPK 12 h POP (ng/ml)	537 (395-759)
CKMB 12 h POP (ng/ml)	41±34
Insuficiencia renal aguda POP (HFVC) n (%)	4 (17%)
Afectación cerebrovascular POP n (%)	0 (0%)
Afectación medular POP n (%)	2 (9%)
Ventilación prolongada n (%)	3 (13%)
Parálisis diafragmática n (%)	1 (4%)
Isquemia Intestinal POP n (%)	2 (9%)
Exitus n (%)	2 (9%)
Estancia UCI (días)	7 (5-12)
Estancia planta (días)	8 (4-16)
Estancia hospitalaria total (días)	19 (12-34)

CPK: creatina fosfoquinasa; CKMB: CPK isoenzima MB; HFVC: Hemofiltración veno-venosa continua; POP: Postoperatorio.

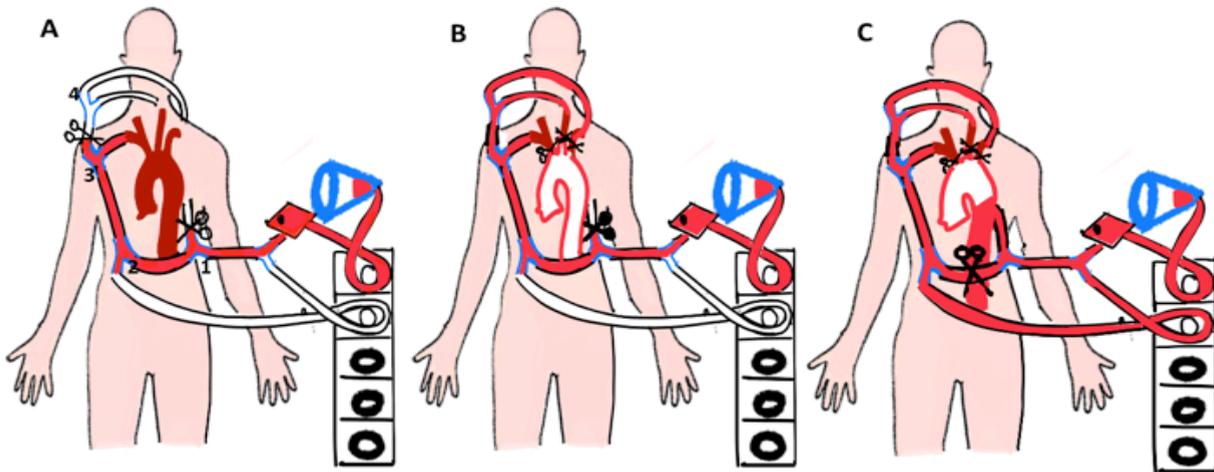
Datos expresados en medias ± DE, medianas [rango intercuartílico] o porcentajes.

Figura 2



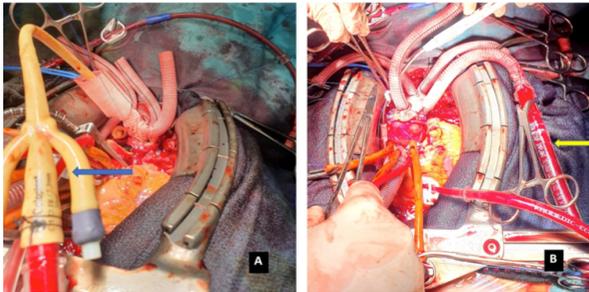
Preparación y montaje del circuito para el doble rodillo. A) Se observa la Y de 3/8x 3/8x 3/8" para el 2º rodillo (flecha). B) Circuito estéril. La flecha roja señala el bypass, la estrella amarilla la línea para perfusión cerebral y la cabeza de flecha negra la línea de perfusión visceral.

Figura 3



Configuraciones del circuito durante las diferentes perfusiones. A) Perfusión sistémica con el rodillo principal (clampada línea visceral); están numeradas las 4 Y que conforman el circuito. B) PCAS con el rodillo principal (clampada línea visceral). C) Perfusión visceral con el rodillo principal y PCAS con el segundo rodillo (clampado el bypass).

Figura 4



Perfusión visceral. A) A través de la sonda de Foley®. B) Mediante una rama de la prótesis.

Figura 5

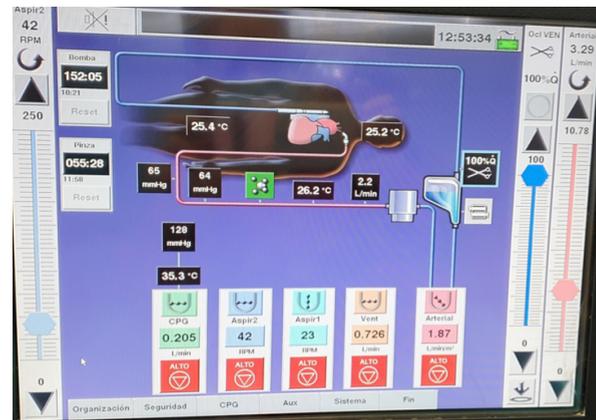


Gráfico del monitor de la bomba de circulación extracorpórea en donde se observan los flujos y presiones con tres rodillos arteriales.