
PROTOCOLO NACIONAL DE TRASPLANTE CARDIACO DE DONANTE EN ASISTOLIA CONTROLADA



Diciembre de 2022

GRUPO DE TRABAJO

Sergio J. Cánovas López. Servicio de Cirugía Cardiovascular Hospital Universitario Virgen de la Arrixaca. Murcia.

José Luis Campo-Cañaverál. Servicio de Cirugía Torácica. Programa de Trasplante Pulmonar. Hospital Universitario Puerta de Hierro. Madrid.

José J. Cuenca Castillo. Servicio de Cirugía Cardíaca. Programa de Trasplante Cardíaco. Complejo Hospitalario Universitario de A Coruña. Galicia.

Mercedes de la Torre Bravos. Servicio de Cirugía Torácica. Programa de Trasplante Pulmonar. Complejo Hospitalario Universitario de A Coruña. Galicia.

Beatriz Domínguez-Gil González. Organización Nacional de Trasplantes.

Belén Estébanez Montiel. Coordinación de Trasplantes. Hospital Universitario La Paz. Madrid.

Yiliam Fundora Suárez. Servicio de Cirugía General. Programa de Trasplante Hepático y Pancreático. Hospital Clínic. Barcelona. Cataluña.

Juan Miguel Gil Jáurena. Servicio de Cirugía Cardíaca Infantil. Programa de Trasplante Cardíaco Pediátrico. Hospital Universitario Gregorio Marañón. Madrid.

Álvaro González Rocafort. Servicio de Cirugía Cardíaca Infantil. Programa de Trasplante Cardíaco Pediátrico. Hospital Universitario La Paz. Madrid.

Eduardo Miñambres García. Servicio de Medicina Intensiva. Coordinación de Trasplantes. Hospital Universitario Marqués de Valdecilla. Santander. Cantabria.

Fernando Mosteiro Pereira. Servicio de Medicina Intensiva. Coordinación de Trasplantes. Complejo Hospitalario Universitario de A Coruña. Galicia.

Eva Oliver Juan. Servicio de Medicina Intensiva. Coordinación de Trasplantes. Hospital Universitari de Bellvitge. Barcelona. Cataluña.

Alicia Pérez Blanco. Organización Nacional de Trasplantes.

Marina Pérez Redondo. Coordinación de Trasplantes. Hospital Universitario Puerta de Hierro. Madrid.

Mario Royo-Villanova Reparáz. Coordinador de Trasplantes. Hospital Universitario Virgen de la Arrixaca. Murcia.

Fabrizio Sbraga. Servicio de Cirugía Cardíaca. Programa de Trasplante Cardíaco Hospital Universitari de Bellvitge. Barcelona. Cataluña.

Aurelio Sarralde Aguayo. Servicio de Cirugía Cardiovascular. Programa de Trasplante Cardíaco. Hospital Universitario Marqués de Valdecilla. Santander. Cantabria.

Susana Villar García Servicio de Cirugía Cardiovascular. Programa de Trasplante Cardíaco. Hospital Universitario Puerta de Hierro. Madrid.

*Este protocolo resulta de una iniciativa conjunta de la Sociedad Española de Cardiología y la Organización Nacional de Trasplantes. El documento fue elaborado por un grupo de trabajo establecido ad hoc en la Conferencia de Consenso sobre Trasplante Cardíaco que tuvo lugar en Madrid, en el mes de junio de 2022. **Abarca el trasplante cardíaco de pacientes adultos y pediátricos** realizado con injerto obtenido de donante en asistolia. Este documento fue sometido a un proceso de consulta dirigida a los equipos de coordinación y trasplante cardíaco y modificado por el grupo de trabajo en base a las sugerencias recibidas. Posteriormente, este documento fue adoptado por la Comisión Permanente de Trasplante del Consejo Interterritorial del Sistema Nacional de Salud.*

El protocolo nace desde la convicción de la segura y pronta necesidad de su actualización, fruto de la experiencia acumulada y de los esperados cambios en la evidencia científica en la constante búsqueda del mejor tratamiento para los pacientes con cardiopatías terminales.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	8
2. OBJETIVO	10
3. CRITERIOS DE SELECCIÓN DEL DONANTE CARDIACO EN ASISTOLIA Y DEL RECEPTOR	11
3.1. DONANTE	11
3.2. RECEPTOR	12
4. INFORMACIÓN SOBRE LA DONACIÓN CARDIACA EN ASISTOLIA	12
5. PREPARACIÓN DEL DONANTE	13
6. RETIRADA DE TERAPIAS DE SOPORTE VITAL	14
7. DIAGNÓSTICO DE MUERTE	14
8. PERFUSIÓN TORACOABDOMINAL NORMOTÉRMICA	15
8.1. AISLAMIENTO DE LA CIRCULACIÓN CEREBRAL	15
8.2. SISTEMAS DE PTAN	17
8.3. ABORDAJE QUIRÚRGICO para la obtención cardiaca	19
8.4. VALIDACIÓN CARDIACA	21
8.5. OBTENCIÓN DEL RESTO DE ÓRGANOS DONABLES	23
8.5.1. VALORACIÓN Y OBTENCIÓN PULMONAR	23
8.5.2. VALORACIÓN Y OBTENCIÓN DE ÓRGANOS ABDOMINALES	24
9. TRASPLANTE CARDIACO EN ASISTOLIA DE DONANTE PEDIÁTRICO	25
9.1. PECULIARIDADES DEL DONANTE PEDIÁTRICO EN ASISTOLIA	26
9.2. SELECCIÓN DEL RECEPTOR	27
9.3. ACCIONES A REALIZAR EN EL QUIRÓFANO	28
10. COMUNICACIÓN INTERNA Y EXTERNA	30
10.1. COMUNICACIÓN INTERNA	30
10.2. COMUNICACIÓN EXTERNA	31

ANEXO 1. HOJA INFORMATIVA SOBRE DONACIÓN CARDIACA EN ASISTOLIA	32
ANEXO 2. HOJA INFORMATIVA PARA EL RECEPTOR CARDIACO	33
ANEXO 3. RECOGIDA DE DATOS	34

ABREVIATURAS

CEC: Circulación Extracorpórea Convencional

CT: Coordinación de Trasplantes

DAC: Donación en Asistolia Controlada

DME: Donación en Muerte Encefálica

ECMO: oxigenación por membrana extracorpórea

OCS: Organ Care System™

PTAN: perfusión Tóraco-Abdominal Normotérmica

RTSV: Retirada de tratamientos de soporte vital

TC: Trasplante Cardíaco

TICF: Tiempo de Isquemia Caliente Funcional

TIF: Tiempo de Isquemia Fría

TSA: Troncos Supra-Aórticas

1. INTRODUCCIÓN

El trasplante cardiaco (TC) a partir de donantes en asistolia controlada (DAC) es una innovación quirúrgica dentro de la cirugía del trasplante que pretende aumentar las probabilidades de acceder a esta terapia.

La historia contemporánea del TC de DAC se remonta al año 2004, cuando en la ciudad de Denver (EEUU) se realizaron con éxito tres procedimientos en receptores pediátricos¹. En 2015 se publicaron los primeros casos realizados en pacientes adultos en la ciudad de Sídney (Australia). En el protocolo australiano se contemplaba el explante cardiaco con cirugía rápida, con posterior preservación del corazón en un dispositivo de perfusión *ex situ* (Organ Care System™ [OCS] de Transmedics) para su posterior implante tras la validación del injerto cardiaco. Este equipo ya ha realizado más de 70 TC con esta estrategia, con una supervivencia a uno y cinco años del 94% y 88%, respectivamente, comparable a la de una cohorte de TC de donantes en muerte encefálica (DME)².

Tras la publicación de los primeros casos del grupo de Sídney, el equipo del Hospital de Papworth de Cambridge (Reino Unido) puso en marcha un protocolo similar al australiano, si bien introdujo la posibilidad de realizar una perfusión tóraco-abdominal normotérmica (PTAN). Una vez diagnosticado el fallecimiento, el equipo procedía a la perfusión de tórax y abdomen con sangre oxigenada utilizando un dispositivo de oxigenación por membrana extracorpórea (ECMO). Tras un periodo de soporte con ECMO, y una vez recuperado el corazón y valorado *in situ*, se procedía a su explante con una posterior preservación *ex situ*, utilizando el sistema OCS™. En 2020, este grupo publicó los resultados de los TC realizados de DAC con el protocolo descrito comparándolos con los efectuados de DME³. No objetivaron diferencias en la supervivencia a 30 días y a un año entre ambos grupos de estudio.

En 2019, Tchana-Sato et al. publicaron los primeros casos de TC de DAC con un protocolo modificado, consistente en canulación periférica *ante mortem*, PTAN y preservación estática en frío tras el implante (sin OCS™)⁴. El corazón era destetado del ECMO y evaluado *in situ* antes de ser trasplantado a un receptor dentro del mismo hospital. Los autores reportaron unos adecuados resultados postrasplante y plantearon la posibilidad real de realizar TC de DAC con PTAN, sin necesidad de recurrir a la posterior preservación *ex situ* en máquina.

En enero de 2020 se realizó en España el primer TC de DAC con esta misma aproximación de PTAN, seguida de preservación estática en frío. Los primeros procedimientos realizados en nuestro país han sido descritos en la literatura⁵. A día de hoy, se han realizado más de 40 TC en España por parte de 9 centros diferentes.

La serie más recientemente publicada sobre TC de DAC con PTAN y preservación estática en frío es de origen norteamericano e incluye 8 trasplantes (6 cardiacos, 1 corazón-pulmón y 1 cardio-renal), con un 100% de supervivencia tras casi un año de seguimiento. Todas las donaciones fueron locales, con traslado del donante potencial al centro trasplantador y canulación central para instaurar circulación extracorpórea convencional (CEC) tras el éxitus⁶.

En resumen, el TC de DAC se ha transformado en una realidad en los últimos años. Según datos del Observatorio Global de Donación y Trasplante, en el año 2021 fueron 295 los procedimientos efectuados en seis países (Australia, Austria, Bélgica, España, Estados Unidos y Holanda). Los avances en las técnicas de preservación cardiaca han sido determinantes en esta evolución. En resumen, se han utilizado cuatro técnicas diferentes para la obtención de corazones de DAC para trasplante:

- ✓ Extracción simple seguida de preservación estática en frío
- ✓ Extracción simple seguida de perfusión *ex situ* en máquina
- ✓ PTAN seguida de preservación estática en frío
- ✓ PTAN seguida de perfusión *ex situ* en máquina.

Cuando se realiza la extracción simple cardiaca, la reperfusión inicial del injerto cardiaco se efectúa con una solución cardiopléctica. Con la PTAN, la reperfusión inicial se realiza con la sangre del donante que, gracias a la máquina de perfusión, se oxigena y normaliza su pH, restaurando los depósitos de adenosina trifosfato (ATP) del miocardio⁷. Cuando se recurre a la perfusión *ex situ* con el sistema OCSTM es posible realizar una valoración metabólica, no hemodinámica, del injerto, gracias a que se puede mantener la perfusión miocárdica en normotermia antes del implante⁸.

La hipoxemia progresiva y la hipercapnia que sufren los donantes tras la retirada de terapias de soporte vital (RTSV) causan la constricción de la vasculatura pulmonar y la distensión del ventrículo derecho. Estos cambios provocan un aumento de catecolaminas y una fase hiperdinámica transitoria. Posteriormente, los depósitos de energía del miocardio se deplecionan rápidamente, el trabajo cardiaco disminuye y el donante evoluciona rápidamente a paro circulatorio. La lesión isquémica que sufre el corazón del DAC provoca el agotamiento de los depósitos de ATP y un metabolismo anaeróbico que causa acidosis intracelular, activación de la bomba de sodio-hidrógeno y entrada de sodio al miocito con una acumulación patológica de sodio intracelular. La reperfusión posterior en el momento de la extracción de órganos normaliza rápidamente el pH extracelular y crea un gran gradiente de iones de hidrógeno a través de la membrana plasmática que provoca más afluencia de sodio a través de la

bomba de sodio-hidrógeno. Este aumento del sodio intracelular obliga a la bomba sodio-calcio a funcionar en modo inverso y a importar iones de calcio a través del sarcolema. La sobrecarga de calcio intracelular propaga la muerte de los miocitos mediante hipercontracción, generación de radicales libres de oxígeno, activación de las vías de permeabilidad mitocondrial y vías apoptóticas. Limitar la gravedad de esta lesión por isquemia-reperfusión representa la piedra angular de la preservación cardíaca de DAC.

La preservación cardíaca con PTAN no sólo limita la lesión por isquemia-reperfusión, sino que permite una preservación cercana a la fisiológica de varios órganos de manera simultánea (torácicos y abdominales), reduciendo la necesidad de técnicas de preservación *ex situ* de coste elevado. La PTAN convierte un proceso de extracción urgente en electivo, similar a la extracción de órganos que se efectúa en el DME. Finalmente, permite la evaluación de los órganos previamente a su extracción a través de su apariencia macroscópica y el comportamiento de diferentes parámetros bioquímicos. Todo ello deriva en una mejora potencial de los resultados del trasplante de órganos de DAC, algo que ha sido especialmente relevante en el caso del hígado, lo que ha supuesto un aumento aproximado del 20-30% de la utilización de injertos hepáticos procedentes de este tipo de donantes. La perfusión regional normotérmica mejora los resultados post-trasplante hepático con una reducción muy significativa de las lesiones biliares isquémicas, la necesidad de retrasplante y la pérdida del injerto. Los últimos estudios realizados ya hablan de una supervivencia del paciente y del injerto equiparables a las de los trasplantados de DME⁹.

El TC de DAC podría aumentar la actividad en un 10-15% en nuestro país. Dado el crecimiento de actividad de DAC en España, resulta necesario desarrollar esta innovación quirúrgica en el ámbito del TC. Por cuanto la perfusión regional normotérmica se ha convertido en habitual en los centros españoles, la estrategia de preservación que resulta factible de forma inmediata es la basada en la PTAN.

2. OBJETIVO

Este protocolo persigue armonizar la práctica del TC de DAC en España, tanto de donantes adultos como pediátricos, basándose en el uso de la PTAN. La mayoría de los procesos de DAC serán multiorgánicos, con extracción simultánea de pulmones y órganos abdominales, por lo que el protocolo también aborda la organización de la obtención de diferentes órganos cuando se utiliza la PTAN.

3. CRITERIOS DE SELECCIÓN DEL DONANTE CARDIACO EN ASISTOLIA Y DEL RECEPTOR

3.1. DONANTE

Se consideran potenciales donantes cardiacos en DAC aquellos pacientes en los que se ha tomado la decisión de RTSV por futilidad terapéutica (daño cerebral catastrófico u otras patologías en las que no se prevé evolución a muerte encefálica a corto plazo) o por rechazo de tratamiento. También pueden ser donantes cardiacos en asistolia aquellos pacientes que reciben la prestación de ayuda para morir en base a los requisitos especificados en nuestra legislación, y que han expresado su deseo de donar órganos tras su fallecimiento.

Criterios de aceptación:

1. Se recomienda edad ≤ 55 años sin factores de riesgo cardiovascular. Se valorará edad superior de forma individualizada.
2. No cardiopatía conocida, incluida fibrilación auricular permanente y trauma torácico grave.
3. No cirugía cardiaca o esternotomía previas.
4. Fracción de eyección del ventrículo izquierdo $\geq 50\%$ y septum interventricular ≤ 13 mm en ecografía transtorácica.
5. Dosis bajas de vasopresores (noradrenalina $\leq 0,4$ $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ o equivalentes).
6. Estabilidad hemodinámica previa a la RTSV (presión arterial media [PAM] ≥ 60 mmHg y diuresis $\geq 0,5$ ml/kg/h).
7. Tiempo de isquemia caliente funcional (**TICF**) ≤ 30 minutos. El TICF se define como el periodo que se extiende desde el momento en el que se registra la hipoperfusión sistémica significativa (TAS ≤ 60 mm Hg durante un mínimo de 2 minutos) hasta el inicio de la PTAN. Un TICF ≤ 30 minutos implica un tiempo entre el inicio de la hipoperfusión significativa y la parada circulatoria ≤ 20 minutos.
8. Firma del consentimiento informado específico para la donación cardiaca en asistolia con PTAN por parte del donante o sus representantes legales.

A diferencia del TC de DME, con la evidencia científica actual se desconoce el tiempo de isquemia fría (TIF) (contabilizado desde la administración de cardioplegia en el donante al desclampaje de la aorta en el receptor) tolerable, por lo que debe ser reducido al máximo. **Por ello recomendamos inicialmente el uso de donantes locales.**

Cada equipo de trasplante decidirá cuándo es posible y prudente incrementar el tiempo de isquemia fría.

3.2. RECEPTOR

Criterios de aceptación:

1. Pacientes en lista de espera electiva o urgente, que hayan firmado el consentimiento informado específico para recibir un TC de DAC.
2. Es preferible iniciar el programa con receptores con resistencias vasculares pulmonares fijas $\leq 2,5-3$ uW y gradiente transpulmonar $\leq 8 - 12$ mmHg.

Se consideran criterios de exclusión relativos a valorar por cada equipo: la cirugía cardíaca previa y las patologías cardíacas congénitas complejas en el adulto.

4. INFORMACIÓN SOBRE LA DONACIÓN CARDIACA EN ASISTOLIA

Es responsabilidad de la coordinación de trasplantes (CT) plantear la opción de la donación tras el fallecimiento e informar sobre el procedimiento de DAC a la familia del potencial donante cuando se ha tomado la decisión previa e independiente de RTSV. En este proceso, la CT ha de incluir información específica sobre la donación cardíaca e informar a la familia sobre la necesidad de instaurar una técnica de preservación *in situ* que permite reanimar el corazón para su validación previamente a la extracción. **Anexo 1 y 2.**

Cuando se plantea un proceso de DAC en casos de donantes capaces que rechazan tratamiento o que han solicitado (y se ha aprobado) la prestación de ayuda para morir, la CT ha de proporcionar esta información al propio paciente. Estas entrevistas de donación se desarrollan a lo largo de un tiempo prolongado, pues desde que el paciente manifiesta interés por donar hasta que se produce el ingreso para DAC pueden pasar meses. Es por ello necesario que el paciente pueda leer, reflexionar y preguntar sobre el contenido de la hoja informativa de donación cardíaca y las posibles técnicas *ante mortem*, y que ratifique su deseo de donar con la firma del consentimiento para donación. Es importante recalcar que el consentimiento para realizar estudios diagnósticos, procedimientos invasivos y no invasivos *ante mortem* tiene como finalidad asegurar la donación de un corazón apto para trasplante, y debe ser un consentimiento independiente del de donación.

Los representantes o el propio paciente deben saber que tendrán que someterse a ciertos inconvenientes para poder llegar a ser donantes y que por supuesto se facilitará la analgesia y sedación que asegure su confort.

Es importante recalcar que siempre prevalecerá el plan de final de vida que el paciente o su representante desee, independientemente de la donación. La donación debe ser parte de la planificación compartida de la asistencia al final de la vida, pero no un absoluto.

5. PREPARACIÓN DEL DONANTE

Los siguientes estudios e intervenciones se realizan para poder evaluar con precisión al posible donante con respecto a la donación cardiaca:

- a) **Ecocardiograma reglado**, se recomienda ETE si la ventana TT no es óptima para confirmar ausencia de patología cardiaca significativa y una buena contractilidad.
- b) **De forma opcional, coronariografía** en donantes de edad >50 años y/o si existe posibilidad de enfermedad coronaria.
- c) **Transfusión de concentrados de hematíes** para conseguir valores de hemoglobina previos a la donación >10 g/dl. Cruzar y reservar sangre y plasma fresco congelado en el caso de donante neonatal.
- d) **Es recomendable registrar las variables hemodinámicas que ofrece el catéter de Swan-Ganz** por vía yugular derecha (para posibilitar la sección posterior de la vena innominada, si fuera preciso) ya que permite medir el gasto cardiaco previo a la RTSV y una vez reestablecida la circulación tras la desconexión de CEC/ECMO.
- e) **Se puede monitorizar la presión en la cánula arterial** o insertar un catéter en aorta ascendente una vez iniciada la asistencia circulatoria y realizada la esternotomía, o bien canalizar **la arteria femoral** contralateral a la canulación para la CEC/ECMO.

Acciones a realizar en quirófano:

- a) Colocar en mesa de quirófano.
- b) Monitorización completa: pulsioxímetro en MMII.
- c) Conectar al respirador de quirófano.
- d) Aplicar palas de desfibrilación externas adhesivas.

- e) Heparinizar a dosis de 300-800 UI/kg.
- f) Canular la vena femoral (21-25 Fr) y la arteria femoral (15-19 Fr) según la experiencia del centro y características del donante por vía (percutánea, quirúrgica o mixta) insertar balón de oclusión para entrada en CEC/ECMO.
- g) Preparar el campo quirúrgico para que se deje expuesta región cervical, tórax, abdomen y ambas regiones inguinales.
- f) Conectar las cánulas al circuito de CEC/ECMO, manteniendo las líneas clampadas.
- g) Si el paciente ha expresado que desea que sus allegados le acompañen o en caso de pacientes sin capacidad para decidir, su representante desea estar en el quirófano hasta el fallecimiento, es preciso disponer el quirófano a tal efecto. La CT será quien indique a los acompañantes dónde situarse y cuándo abandonar el quirófano. El equipo quirúrgico estará preparado y en un lugar próximo, a la espera de las instrucciones de la CT para iniciar la cirugía.

6. RETIRADA DE TERAPIAS DE SOPORTE VITAL

La RTSV se hará en el quirófano por parte del médico responsable del paciente o en quien éste delegue y de acuerdo al protocolo del centro¹⁰.

Si la familia solicitase acompañar a su ser querido hasta el fallecimiento, debe respetarse esta decisión, facilitar su entrada en el quirófano y adecuar el entorno en la medida de lo posible.

En el caso de que no se produzca el paro circulatorio dentro de los límites de tiempo establecidos para la extracción de los órganos (120 minutos), el equipo quirúrgico procederá a retirar las cánulas manteniendo al menos una vía venosa para administración de sedoanalgesia. Comprobar que se ha realizado una perfecta hemostasia. El CT de acuerdo con lo pactado en la entrevista con los familiares previa a la DAC buscará una cama en el hospital en la que la familia pueda despedirse con privacidad. Si no existieran contraindicaciones, tras el fallecimiento el paciente podría ser donante de tejidos.

7. DIAGNÓSTICO DE MUERTE

Los requisitos para el diagnóstico de muerte por criterios circulatorios se describen en el Real Decreto 1723/2012, de 28 de diciembre, por el que se regulan las actividades

de obtención, utilización clínica y coordinación territorial de los órganos humanos destinados al trasplante y se establecen requisitos de calidad y seguridad¹¹. Según se especifica en el **anexo 1** del mencionado Real Decreto, habrá de constatarse de forma inequívoca de ausencia de circulación y de ausencia de respiración espontánea. Aunque la ausencia de circulación puede demostrarse mediante electrocardiografía, ecocardiografía o monitorización invasiva de la presión arterial (cualquiera de las tres técnicas), se considera que la última es la técnica más apropiada. El motivo es que el paro circulatorio se entiende como la ausencia de presión arterial efectiva o ausencia de pulso. Podría darse la circunstancia de que hubiera latido cardíaco, pero éste fuera inefectivo (disociación electromecánica o actividad eléctrica sin pulso).

La ausencia de circulación ha de observarse durante un periodo mínimo de **cinco minutos** ("*no touch period*") **para poder diagnosticar la muerte**. Si antes de que transcurran estos cinco minutos se reanuda la circulación de manera espontánea, ha de reiniciarse el proceso diagnóstico de muerte. Esto implica que, una vez vuelva a producirse la parada circulatoria, es necesario volver a respetar los cinco minutos de ausencia de circulación para el diagnóstico de fallecimiento.

La certificación de la muerte la hará el médico responsable del paciente o en quien éste delegue (nunca la CT, ni ningún miembro del equipo extractor).

8. PERFUSIÓN TORACOABDOMINAL NORMOTÉRMICA

8.1. AISLAMIENTO DE LA CIRCULACIÓN CEREBRAL

Está descrita la existencia de circuitos colaterales procedentes de arterias intercostales, mamarias y epigástricas, que desembocan principalmente en ambas arterias subclavias, para ascender al polígono de Willis por las arterias vertebrales (**Figura 1**). Al iniciar la PTAN podría reestablecerse flujo sanguíneo cerebral a través de estos circuitos colaterales. Aunque existen dudas de que este flujo pueda implicar perfusión tisular, existe consenso de que este flujo sanguíneo debe ser anulado para no invalidar el diagnóstico de muerte. Por este motivo, Manara et al. proponen clampar los troncos supra-aórticos (TSA) y ligarlos a nivel de la salida de la aorta, insertando distalmente al clamp una cánula de drenaje en cada uno de ellos (**Figura 2**). La inserción de éstas cánulas se realizaría inmediatamente después de iniciar la PTAN, en la tranquilidad de que el corazón ya está siendo perfundido. La sangre drenada a través de las cánulas se retornaría al circuito de CEC/ECMO, mediante un reservorio de cardiotorax, al que se podría aplicar presión negativa, o se recogería en una bolsa colectora (con opción de ser reinfundida)¹².

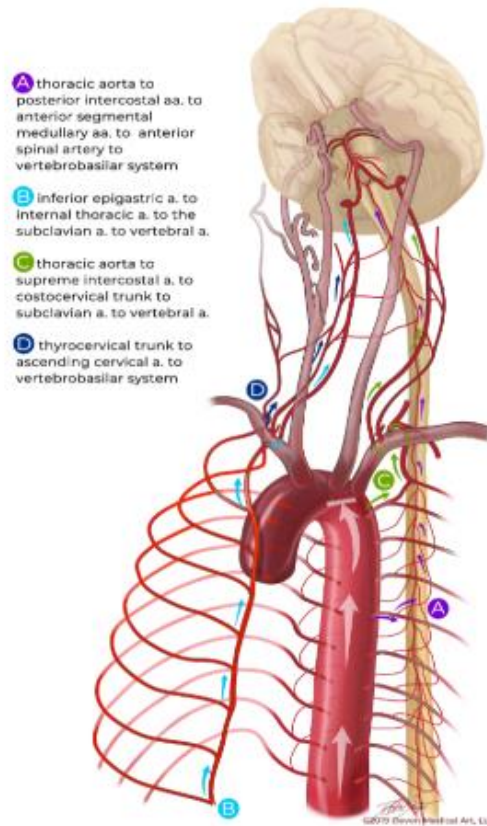


Figura 1: Fuentes potenciales de circulación colateral cerebral tras instaurar PTAN durante la DAC. Tomado de Manara et al. **¡Error! Marcador no definido.**

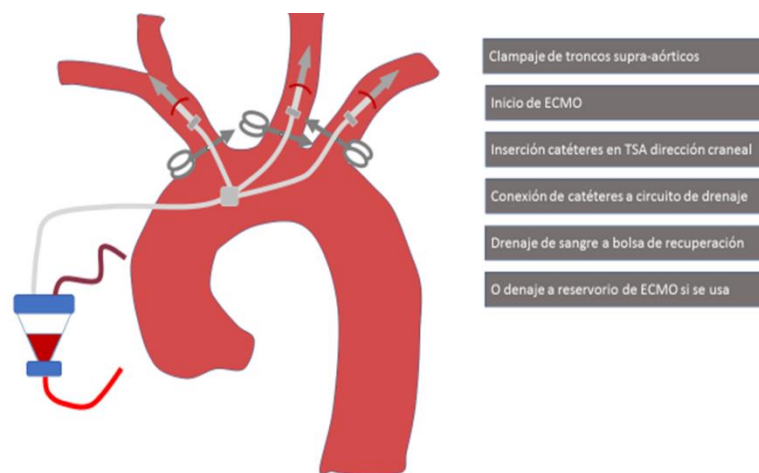


Figura 2: Clampaje, canulación y drenaje a reservorio de los 3 troncos supraaórticos. Figura cortesía del Dr. Juan José Rubio.

Para aislar los tres TSA se puede, o bien ligar y drenar (**Figura 2**) o bien seccionar, permitiendo la salida de sangre a presión atmosférica (en caso de usar circulación extracorpórea convencional con circuito abierto). De considerarse oportuno, la recuperación hemática se podrá realizar por medio de un aspirador de campo, vertiéndose al circuito de PTAN.

Para comprobar que se ha aislado adecuadamente la circulación cerebral es necesario realizar algún tipo de **neuromonitorización continua** desde la RTSV y durante todo el procedimiento de PTAN. Se puede emplear alguna de las siguientes técnicas: doppler transcraneal, gammagrafía de perfusión cerebral, arteriografía, índice biespectral, electroencefalograma o potenciales evocados. Teniendo en cuenta, al elegir las técnicas, que el efecto de la sedación administrada durante la RTSV persiste y que el índice biespectral no está validado como técnica instrumental para establecer el diagnóstico de muerte encefálica. Por todo ello, recomendamos emplear más de una técnica de neuromonitorización en la medida que sea factible.

Si se observara recuperación de actividad eléctrica o perfusión cerebral, tras comprobar que no se trata de un artefacto ni de un fallo mecánico de las ligaduras, se procederá a excluir la aorta torácica de la PTAN y se suspenderá la donación cardiaca. Se debe parar la CEC/ECMO, verificar el diagnóstico de muerte (incluyendo los 5 minutos de observación) y valorar después la obtención de los órganos abdominales.

8.2. SISTEMAS DE PTAN

Siguiendo lo planteado en el punto anterior, los sistemas a utilizar para la PTAN pueden ser:

- ✓ **Sistema ECMO (equipo de soporte circulatorio y oxigenación extracorpórea, comercialmente integrado y portátil):** circuito cerrado de bomba centrífuga con oxigenador de membrana extracorpórea en normotermia. El circuito consta de los siguientes elementos:
 - Cánulas arterial y venosa periféricas (pueden ser centrales).
 - Línea venosa (a través de la que sale la sangre del donante hacia la bomba) y línea arterial (a través de la que se devuelve la sangre oxigenada al donante) en circuito cerrado, dado que no hay reservorio de sangre (llamado reservorio de cardiología) interpuesto entre ellas.
 - Bomba centrífuga que genera, gracias al circuito cerrado, una presión negativa en la línea y cánula venosa, generando un flujo de sangre hacia la bomba y una presión positiva en la línea y cánula arterial que permite el retorno de la sangre hacia el paciente.

- Oxigenador de membrana que permite la difusión de oxígeno (O_2) en la sangre venosa incrementando la presión parcial de oxígeno en la sangre y la difusión del dióxido de carbono (CO_2) desde la sangre venosa hacia la membrana.
 - Consola que suministra la fuerza motriz a la bomba centrífuga, regula su funcionamiento y proporciona los datos hemodinámicos captados por los sensores de flujo y presión distribuidos por el circuito. Los datos más importantes que debemos tener en cuenta son el flujo en litros / minuto, las revoluciones por minuto de la bomba y las presiones del circuito venoso y arterial.
 - Sistema de suministro de gases clínicos compuesto por un mezclador de gases O_2 / aire que consigue la mezcla con la fracción inspiratoria de oxígeno (FiO_2) deseada y un caudalímetro que proporciona el flujo deseado en litros / minuto al oxigenador.
- ✓ **Sistema de circulación extracorpórea (CEC) con máquina de cirugía cardiaca convencional.** La gran diferencia con el sistema ECMO es que la CEC no es portátil (excepto algunos modelos miniaturizados utilizados en pediatría), pero dispone de 4-5 rodillos-centrífugas de impulsión y aspiración, lo que lo convierten en un sistema mucho más versátil y eficiente. El sistema CEC consta de los siguientes elementos:
- Cánulas arterial y venosa periféricas (pueden ser centrales).
 - Línea venosa y línea arterial configurables bien en circuito cerrado (como en el ECMO), conocidos como circuitos de miniCEC, bien en circuito abierto, más frecuentemente empleados en la cirugía cardiaca convencional.
 - Líneas de aspiradores de campo (al menos 2) para recuperación de sangre heparinizada, procedente de troncos supraaórticos, tórax o cavidad abdominal. Aspiradores conectados a reservorio de sangre (cardiotomía). Este reservorio si el circuito es abierto, se interpone entre la línea venosa y la arterial permitiendo su recuperación e incorporación continua al circuito de perfusión. En los circuitos cerrados, como el del ECMO, el reservorio se conecta a la línea venosa, que se mantiene cerrada (clampada), su reinfusión se realiza de forma intermitente al desclampar la línea.
 - Línea para administración de cardioplegia con control de presión y temperatura.

- Bomba de rodillo o centrífuga. En el circuito cerrado (el circuito de miniCEC es con centrífuga) se genera una presión negativa en la línea y cánula venosa lo que ayuda al drenaje del volumen. En los circuitos abiertos con canulación periférica, se debe aplicar presión negativa al reservorio de cardiotorax para mejorar el drenaje.
- Oxigenador de membrana que permite la difusión de O₂ en la sangre venosa incrementando la presión parcial de oxígeno en la sangre y la difusión del CO₂ desde la sangre venosa hacia la membrana.
- Consola que suministra la fuerza motriz a las bombas, regula su funcionamiento y proporciona los datos hemodinámicos captados por los sensores de flujo y presión distribuidos por el circuito.
- Mezclador de gases O₂ /aire que consigue la mezcla con la FiO₂ deseada y un caudalímetro que proporciona el flujo deseado en litros/minuto al oxigenador.
- Intercambiador de temperatura, para garantizar la normotermia del paciente y la administración de la cardioplegia fría.

Los circuitos cerrados (mini CEC/ECMO) producen menor respuesta inflamatoria sistémica, debido a la menor interacción sangre-aire, por lo que **recomendamos, de entre diversas configuraciones posibles, el uso de una máquina de CEC con minicircuito (mini CEC) y reservorio de cardiotorax, conectado éste último a dos aspiradores de campo, para facilitar la recuperación hemática.**

8.3. ABORDAJE QUIRÚRGICO PARA LA OBTENCIÓN CARDIACA

Podemos esquematizar el proceso de obtención y validación cardiaca en los siguientes pasos: esternotomía, disección y aislamiento de los tres TSA, inicio de PTAN con CEC o ECMO, evaluación hemodinámica durante y después de la retirada del soporte, validación del corazón y resto de órganos y extracción de los órganos viables.

Una vez en marcha la PRN abdominal con el balón inflado, éste se desinflará cuando se hayan ligado los TSA.

Luego se procede a obtener el corazón como a continuación se describe:

- ✓ **Esternotomía media** (posibilidad de ampliar con cervicotomía izquierda).
- ✓ **Apertura de pericardio superior. Localización del arco aórtico.** El ayudante realiza una tracción caudal de todo el corazón en bloque a nivel de los troncos

principales, aorta y pulmonar con su mano izquierda, para así facilitar la exposición de los TSA.

- ✓ **Dissección mínima, clampaje conjunto de los tres TSA, o bien con 1 clamp los dos primeros y con otro la arteria subclavia izquierda**, en el caso de que esta última se encuentre muy separada. Si fuera necesario, se dividirá la vena innominada para un mejor acceso.
- ✓ Una vez asegurada la ligadura completa de los TSA, **inicio de la PTAN**.
- ✓ Para el aislamiento de la circulación cerebral, como ya se explicó en el punto 8.1. caben dos opciones: 1) sección de los tres TSA y aspiración de su sangrado retrógrado; 2) canulación selectiva y drenaje a bolsa o reservorio, de cada uno de los tres TSA.
- ✓ **Inicio del soporte con CEC/ECMO**. Objetivos hemodinámicos iniciales:
 - Flujo >2.4 L/min/m².
 - Presión arterial media >50 mmHg (60-80).
 - Temperatura >35° (36°).
- ✓ **Comprobación deL Tiempo de Coagulación Activada (ACT)** es ≥450 segundos. Repetición de bolo de 10.000 UI de heparina si es necesario a través del circuito de PTAN. Si no se alcanzan estos valores, valorar la posibilidad de que se trate de un déficit de antitrombina III y administrar plasma fresco congelado.
- ✓ **Mantenimiento de un adecuado soporte circulatorio**. Si esto resultara difícil, valorar modificar la canulación periférica a central y/o añadir una cánula que mejore el drenaje venoso (en arteria pulmonar u orejuela izquierda si hay extracción pulmonar, o en vena pulmonar superior derecha si solo hay obtención cardíaca).
- ✓ El TICF ha de ser <30 minutos para considerar la donación cardíaca. Si tras 30 minutos no se ha podido excluir los TSA e iniciar CEC/ECMO, la PTAN se reconverterá a perfusión abdominal normotérmica. Para ello, se retirará unos 10 cm la cánula venosa fémoro-atrinal y se procederá al clampaje de la aorta descendente (nivel torácico o abdominal según la accesibilidad) y de la vena cava. Se procederá a la valoración/obtención pulmonar y de órganos abdominales.
- ✓ **Confirmación, mientras esté funcionando la PTAN, de ausencia de actividad o circulación cerebral mediante (doppler transcraneal/gammagrafía de**

perfusión/potenciales evocados de tronco, electroencefalograma, índice biespectral cerebral, arteriografía).

- ✓ **Reintubación y ventilación** (FiO₂ 50%, PEEP 5 cmH₂O, volumen tidal 4-6ml/kg peso ideal).
- ✓ **Realización de maniobras de recuperación del latido cardiaco:**
 - Descompresión de cavidades cardiacas mediante masaje o inserción de un catéter de aspiración en orejuela izquierda o vena pulmonar derecha.
 - Si fibrilación ventricular, desfibrilación con palas internas. Si el primer choque no es efectivo, se debe asegurar la descompresión de las cavidades cardiacas y aplicar un segundo choque. Si no se consigue recuperar el ritmo cardiaco tras 2 choques, con separación de 5 minutos y asegurando descompresión cardiaca, se desestimarà la extracción cardiaca.
 - Si asistolia, estimulación con cables epicàrdicos ventriculares.
 - Iniciación de fármacos vasoactivos (noradrenalina, dobutamina) a criterio médico.
- ✓ **Extracción de analítica** que incluya gasometría, lactato y troponina cada 15-30 min.
- ✓ **Perfusión de cardioplejia fría** con el líquido elegido por cada centro (HTK, Celsior, etc.).

8.4. VALIDACIÓN CARDIACA

- ✓ **Evaluación visual, ecocardiográfica (ETE) y analítica del corazón en soporte CEC/ECMO.** Ante ritmo sinusal sin anomalías globales ni segmentarias de la contractilidad, se iniciará la desconexión progresiva de CEC/ ECMO. La velocidad de desconexión dependerá de la evaluación de la contractilidad en el ETE y los parámetros hemodinámicos.
- ✓ **Evaluación visual y registro de los objetivos hemodinámicos tras la desconexión,** mediante ETE y/o catéter de Swan-Ganz según la experiencia del centro:
 - Presión arterial media >60 mmHg.
 - Fracción de eyección >50 %.
 - Empleo de dosis bajas de dopamina ≤2.5mcg/kg/min y noradrenalina ≤0,05mcg/kg/min.

- Hemoglobina (Hb) ≥ 10 g / dL.
 - pH > 7.25 .
 - $pO_2 \geq 100$ mmHg y $pCO_2 < 50$ mmHg.
 - Índice cardiaco > 2.5 litros/min/m².
 - Presión venosa central < 12 mmHg.
 - Presión de enclavamiento capilar pulmonar (PCP) < 12 mmHg.
- ✓ **Tras 5 minutos de desconexión completa de CEC/ ECMO y latido efectivo con parámetros hemodinámicos adecuados, se dará por VÁLIDO EL CORAZÓN** y se iniciará la valoración del resto de los órganos donables.
 - ✓ **El CT debe comunicar la validez a la ONT** que avisará al equipo trasplantador para que se prepare al receptor y se reduzca al máximo el tiempo de isquemia fría.
 - ✓ En el caso de **donación multiorgánica CON alta probabilidad de validez PULMONAR**, debería realizarse reducción progresiva del flujo de la CEC/ECMO, para intentar desconexión completa a los **15-20 minutos** de inicio del soporte mecánico. Si los objetivos hemodinámicos no se alcanzan al desconectar el soporte, se podría reiniciar CEC/ECMO y **reevaluar la obtención del corazón, siempre que no se superen 30 minutos del inicio de la CEC/ECMO.**
 - ✓ **Si la DAC NO incluye obtención pulmonar, se puede valorar la recuperación cardiaca hasta 60-90 minutos tras inicio de CEC/ECMO**, para favorecer la recuperación miocárdica y de los órganos abdominales (hígado).
 - ✓ **Si se desestimara el corazón**, se prolongará la CEC/ECMO (se puede reconvertir de PTAN a perfusión abdominal normotérmica) para favorecer la recuperación de los órganos abdominales (hígado) y se procederá a la extracción pulmonar.
 - ✓ Se debe asegurar **60-90 minutos de PTAN con CEC/ECMO o mediante latido cardiaco efectivo** para poder realizar una **adecuada evaluación** y obtención de los **órganos abdominales**, de acuerdo con el protocolo estándar de cada centro.

Consideraciones sobre la “desconexión completa o parcial” del soporte CEC/ECMO en los casos de extracción multiorgánica.

Con el nivel de evidencia actual, consideramos que la adecuada evaluación de la funcionalidad cardiaca y pulmonar debe realizarse tras la “desconexión completa” de la CEC/ECMO. Existe controversia sobre la validación cardiaca con “desconexión

parcial” (manteniendo a bajo flujo (1 l/minuto) la CEC/ECMO) o sobre el reinicio de este bajo flujo tras la validación cardíaca, cuando se contempla la donación multiorgánica (corazón, pulmón, hígado y páncreas). Las consecuencias favorables del mantenimiento, a bajo flujo, de la CEC/ECMO son, entre otras, que se evita la formación de trombos en el circuito y que se alcanza un mayor gasto cardíaco con menor dosis de aminas. La consecuencia más temida es la posibilidad de inducir lesión pulmonar.

La decisión de mantener a bajo flujo la CEC/ECMO o retirarla sin previo destete debe ser consensuada por los cirujanos responsables valorando en cada caso los riesgos y beneficios. En caso de no llegar a un consenso entre los responsables de la extracción de los distintos órganos, será la CT quien decida cómo se debe proceder. Cuando exista evidencia científica que soporte una u otra actuación será prudente actuar en consecuencia, al margen de la experiencia individual de cada grupo.

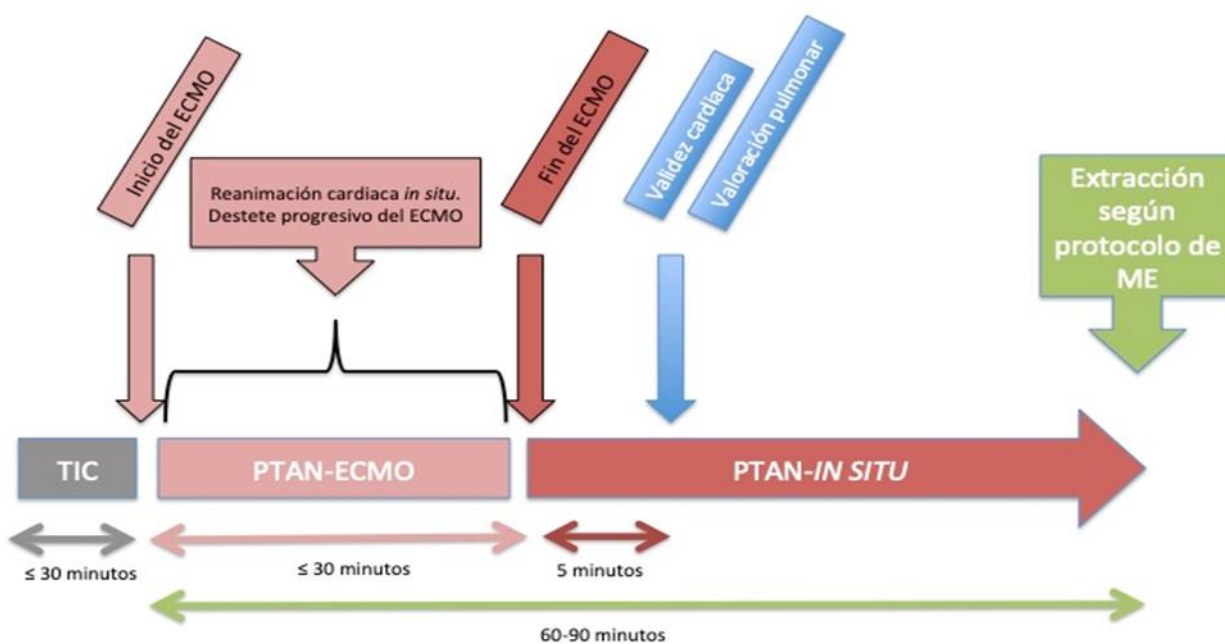
8.5. OBTENCIÓN DEL RESTO DE ÓRGANOS DONABLES

En el momento de escribir este protocolo la experiencia de realizar extracción multiorgánica incluyendo el corazón con PTAN es limitada y la evidencia científica publicada no llega a concluir la mejor aproximación. Por ello, se describen a continuación diferentes opciones técnicas según los órganos que se pretendan obtener. No es el objetivo de este protocolo abordar la evaluación y obtención de cada órgano. Sin embargo, recomendamos a todos los profesionales que intervienen en este tipo de donación que extremen la colaboración y la flexibilidad. **Es el CT quien debe decidir según los órganos donables, el orden de intervención de los equipos. En caso de que algún órgano no fuera viable, establecerá como proceder para obtener el máximo número de órganos.**

8.5.1. VALORACIÓN Y OBTENCIÓN PULMONAR

- ✓ Una vez aceptada la validez del corazón, sin soporte de CEC/ECMO, se procederá a la apertura de ambas cavidades pleurales y re expansión de las posibles atelectasias. Inmediatamente después, manteniendo la FiO_2 al 100% y la PEEP de 5, se toma una gasometría arterial. Es necesario para continuar con la obtención pulmonar que el cociente PaO_2/FiO_2 sea mayor de 300. (Figura 3).
- ✓ Si el destete de la CEC/ECMO se prolonga o no es posible su desconexión para realizar la evaluación pulmonar se cerrará la fuente de oxígeno del ECMO y tras 5 minutos con FiO_2 100% y PEEP+5, se realizará la gasometría. Es necesario para continuar con la obtención pulmonar que el cociente PaO_2/FiO_2 sea mayor de 300.

- ✓ Se debe realizar una evaluación macroscópica para descartar presencia de nódulos pulmonares, enfisema, infección, etc.
- ✓ En el caso de que, bien durante la fase agónica, bien durante el proceso de valoración del corazón y órganos abdominales se detecte empeoramiento de la función pulmonar se podría valorar su obtención y reevaluación *ex vivo* según criterio del cirujano responsable.
- ✓ El TICF permitido para asegurar una adecuada funcionalidad pulmonar es de 90 minutos.
- ✓ El CT será la persona responsable de registrar el tiempo de isquemia caliente total y funcional y anotarlos en la hoja de recogida de datos de asistolia para comunicarlos tanto a los miembros del equipo quirúrgico extractor como a la ONT. (Figura 3).



TIC: tiempo de isquemia caliente funcional
PTAN: perfusion toraco-abdominal normotérmica

Figura 3: Registro de los tiempos de isquemia en la obtención de corazón y pulmón.

8.5.2. VALORACIÓN Y OBTENCIÓN DE ÓRGANOS ABDOMINALES

Partimos del hecho de que la extracción cardíaca en la DAC alargará el tiempo de obtención del resto de órganos, por lo que la posibilidad de hipotermia y pérdidas hemáticas en el donante pueden ser mayores. Para prevenir la inestabilidad que estos

hechos producirían, se debe ajustar cuidadosamente la temperatura que alcanzará la sangre en el circuito. Esto se puede alcanzar usando tanto CEC como ECMO, aunque en cirugía cardíaca estemos más familiarizados con el primero. Sea cual fuere el soporte empleado, por su mayor repercusión sobre la estabilidad hemodinámica, lo crucial es reducir todo lo posible el tiempo de disección y obtención de los órganos.

Podemos plantear dos escenarios clínicos:

- ✓ Si tras la PTAN el **corazón** no se desconecta de CEC, el corazón no es viable. Se realizará descenso de cánula fémoro-atrial de drenaje a la vena cava inferior, clampaje de vena cava inferior supradiaphragmática y aorta, con lo que se reconvierte la PTAN en perfusión abdominal normotérmica. Si los pulmones se han dado por válidos, se infundirá pulmoplegia, aplicación de frío local y se procederá a su obtención.
- ✓ Si tras la PTAN el **corazón se desconecta de CEC (o se mantiene a flujo bajo)** con adecuada hemodinámica y se considerarán **válidos corazón y pulmón**, se procede a la validación de los órganos abdominales. **Si se consideran válidos tanto el hígado y como el páncreas habría que evaluar** la más conveniente de las siguientes opciones:
 - Extracción hepato-pancreática en bloque.
 - Disección individualizada de hígado y páncreas. Esto implica convertir la PTAN a perfusión abdominal normotérmica en el momento del clampaje aórtico para la obtención cardíaca y pulmonar. Se podría seguir usando la CEC para la perfusión abdominal normotérmica aún con los órganos torácicos ya extraídos, ya que es idónea para mantener la temperatura y recuperar volemia.

Los responsables de los equipos quirúrgicos cardíaco y pulmonar cumplimentarán la hoja de recogida de datos del **Anexo 3**.

9. TRASPLANTE CARDIACO EN ASISTOLIA DE DONANTE PEDIÁTRICO

Se estima que el potencial de DAC pediátrica en las unidades de cuidados intensivos pediátricas oscila entre el 9-20%, mientras que para las neonatales varía entre 8-36%. Esta cifra se acerca, globalmente, al 10% en EEUU^{13,14}.

En estas unidades los posibles donantes son niños con diagnósticos de asfixia perinatal, malformaciones del tubo neural incompatibles con la vida, etc. También en las unidades de cuidados paliativos podemos identificar posibles donantes^{15,16,17,18}.

9.1. PECULIARIDADES DEL DONANTE PEDIÁTRICO EN ASISTOLIA

En los potenciales donantes pediátricos, el criterio de **hipoperfusión significativa se define con un valor de TAm_{media} (TAm) ajustado a la edad. Se define el inicio de la hipoperfusión significativa ante la persistencia de los siguientes valores de TAm:**

- <50 mmHg en niños de >10 años.
- <40 mmHg en niños de 1 a 10 años.
- <30 mmHg en niños de < 1 año.

Dado que el volumen del hemicuerpo superior en niños (particularmente en neonatos) es diferente al de adultos, casi un 40% de la volemia procede de vena cava superior en un recién nacido. Las implicaciones para el cálculo de gasto cardiaco en asistencia (2/3, 3/4) y drenaje (aspiradores de campo) tras la sección de los TSA deben tenerse en cuenta.

En cuanto al abordaje vascular necesario para la conexión bien a la CEC o al ECMO, disponemos de varias opciones técnicas (Tabla 1). La primera, habida cuenta de la necesidad de abrir el tórax para la extracción del injerto cardíaco, es la apertura rápida por **esternotomía y canulación central**¹⁹, lo que nos permite conectar una asistencia circulatoria (CEC/ECMO) a Aorta ascendente y Aurícula derecha, aislar y seccionar los TSA. (Tabla 1).

Tabla 1: Posibles accesos vasculares para conexión a CEC/ECMO, en función de peso tanto en donación cardíaca aislada como multiorgánica.

Acceso	Corazón (tórax)	No corazón (abdomen)
< 30 kg.	Esternotomía	Laparotomía
> 30 Kg.	Esternotomía / Femoral	Femoral / Laparotomía

En la segunda opción técnica se realiza simultáneamente **esternotomía y laparotomía**, para **canulación abdominal** de aorta y vena cava inferior. Requiere la participación conjunta de cirujanos cardíacos y pediátricos o abdominales.

En los donantes pediátricos con peso superior a 30 Kg. se puede plantear la **canulación de los vasos femorales**, como en el adulto.

La decisión del acceso vascular y del tipo de asistencia para la PTAN (ECMO, CEC, mini-CEC) corre a cargo de cada equipo, en función de experiencia y logística (traslado de material, presencia de CEC en hospital donante, etc.)^{20,21}

Con objeto de minimizar la isquemia fría, los protocolos de DAC en adultos sugieren que donante y receptor se encuentren en el mismo centro, además de seleccionar receptores con tórax virgen. Tales requisitos pueden resultar una dificultad añadida en pediatría, traduciendo un retraso en la puesta en marcha de un programa de DAC. Los primeros casos de TC de DAC infantil en España se han realizado a distancia, en reintervenciones, con extracción multiorgánica, etc., convirtiendo en relativas algunas contraindicaciones iniciales.

La decisión del tipo de asistencia para PTAN (ECMO, CEC, mini-CEC) corre a cargo de cada equipo, en función de experiencia y logística (traslado de material, presencia de CEC en hospital donante, etc.)^{22,23}.

9.2. SELECCIÓN DEL RECEPTOR

El receptor será habitualmente un paciente con diagnóstico de hipoplasia de ventrículo izquierdo (con prostaglandinas o con un procedimiento híbrido) o bien miocardiopatía (más frecuente miocardiopatía dilatada) si es menor de 1 año. Otras causas menos frecuentes son: anomalía severa de Ebstein, tumores cardiacos irresecables que causen disfunción cardiaca severa o arritmias intratables.

No es infrecuente que el paciente haya sido operado previamente (cirugía paliativa o correctora) o que esté conectado a alguna asistencia circulatoria. Debe planificarse la estrategia y técnicas adicionales a realizar en tales casos (reparación de arco aórtico, retirada cerclajes y *stents* previos, canulaciones alternativas, etc.)^{24,25}.

El peso del receptor oscilará entre 2,5-5 kg si se trata de un neonato o menor de 1 año. La relación peso donante /receptor admisible será como mínimo 0,8:1 y como máximo 2,5-3:1.

La permisividad de incompatibilidad sanguínea entre donante y receptor vendrá determinada por el título de **isohemaglutininas** (menor o igual de 1:8)²⁶. Los protocolos de DAC y trasplante ABO no-compatible son sumatorios, no excluyentes, pudiendo incrementar el número y aprovechamiento de los escasos donantes infantiles^{25,26}. En caso de edad temprana del receptor (menor de 12 meses) habitualmente se podrá admitir un donante de cualquier grupo sanguíneo. En un trasplante cardiaco **ABO incompatible**, se requerirá la coordinación con el hematólogo de banco de Sangre. La analítica de trasplante será la misma que la habitual. Las pruebas complementarias

requeridas serán las mismas que en TC con DME. El protocolo de inmunosupresión será igual que en el TC de DME.

9.3. ACCIONES A REALIZAR EN EL QUIRÓFANO

- ✓ **Despedida:** Los padres podrán despedirse previamente a RTSV o podrán permanecer en el quirófano durante la retirada hasta la certificación del fallecimiento.
- ✓ **RTSV:** El pediatra responsable del paciente u otro médico de la unidad en el que se haya delegado será responsable de la RTSV. El anestesiólogo o el pediatra de la unidad de procedencia del paciente será responsable de pautar la analgesia y sedación de final de vida según el protocolo del centro y según necesidades del paciente.
- ✓ **Registro de hipoperfusión significativa** (según la definición previamente especificada).
- ✓ **Heparinización *ante mortem***, al producirse la hipoperfusión significativa o nada más realizar la RTSV, recomendándose administrar 300 Unidades/kg iv de heparina. A realizar por anestesia o pediatría según protocolo DAC del centro.
- ✓ **Certificación del fallecimiento** por parte del equipo asistencial de cuidados intensivos pediátricos/neonatales, según los criterios establecidos en la legislación. En el caso de que no se produjera el fallecimiento en el plazo de tiempo adecuado para la donación, el paciente será trasladado a un lugar de máxima privacidad para que los padres acompañen hasta su fallecimiento al paciente, continuándose con cuidados paliativos que aseguren su confort.

Si el paciente fallece en el tiempo indicado según el protocolo de DAC del centro, será la CT quien indique el **inicio de la cirugía. La CT será responsable de registrar los tiempos de isquemia.** Se define como **isquemia caliente funcional** (desde el momento de la hipoperfusión significativa hasta la entrada en CEC o ECMO) será como máximo de 30 minutos. Habitualmente y en una intervención reglada, el intervalo transcurrido entre la incisión en piel y la entrada en CEC oscila entre 20-30 minutos.

El campo quirúrgico y las vías estarán convenientemente preparadas, así como la monitorización continua de la presión arterial invasiva.

El cirujano procederá a:

- ✓ Mediante secuencia rápida, conexión a la asistencia circulatoria central.
- ✓ Realizar esternotomía media (sierra o tijera recta).
- ✓ Resección rápida de timo (total o parcial). Sección de vena innominada.

- ✓ Realizar pericardiotomía, ligadura/clampaje de los tres TSA, bolsas de tabaco en orejuela derecha y aorta ascendente. Canulación de aorta y orejuela derecha.
- ✓ Iniciar CEC (2/3 del flujo total en menores de 1 año).

El perfusionista ajustará el flujo y presión óptima conociendo los valores de presión arterial a través de la cánula situada en raíz aórtica. Optimización de la asistencia (modificando flujos a demanda, filtrando edema tisular, aspirando pericardio y pleuras, etc.)

El cirujano realizará:

- ✓ Sección de TSA, permitiendo flujo retrógrado desde cabeza. Recogida de dicha sangre por aspiradores de campo hacia reservorio de la bomba CEC o recuperador celular (en caso de ECMO).
- ✓ Desfibrilación, si precisa.
- ✓ Descompresión de cavidades izquierdas (mediante aspirador VENT situado en vena o arteria pulmonar).

El anestesiólogo o médico especialista en críticos responsable del paciente realizará la intubación y ventilación según parámetros adecuados para el peso.

Transcurridos **20-30 minutos de asistencia**, se procede a una salida gradual de CEC (rutina habitual entre cirujano, anestesista y perfusionista).

- ✓ Valoración visual de precarga y contractilidad.
- ✓ Evaluación de contractilidad mediante ETE o epicárdico.

Si se considera válido el corazón, el cirujano procederá a:

- ✓ Clampaje y administración de cardioplegia por raíz aórtica, controlada por rodillo de CEC:
 - a través de conexión lúer de cánula arterial
 - cánula independiente (*spike*)
- ✓ Drenaje venoso por cánula de orejuela derecha e izquierda
- ✓ Retirada de ambas cánulas (aorta y orejuela)
- ✓ Como es habitual en cardiopatías congénitas, el equipo extractor recoge “extra de todo” en el donante (aorta y arco, vena cava superior e innominada, ramas pulmonares y pericardio)
- ✓ Sección de TSA y aorta descendente (post-ductal)

- ✓ Sección de vena cava superior, craneal a ácigos (valorar inclusión de vena in-nominada)
- ✓ Sección de vena cava inferior
- ✓ Sección de ramas pulmonares (derecha e izquierda)
- ✓ Sección de las 4 venas pulmonares
- ✓ Empaquetado en doble bolsa con suero frío, incluyendo un fragmento de pericardio del donante. Comienzo de isquemia fría (traslado).

La CT avisa a la ONT de la validez del órgano.

En caso de fracaso inicial, si no existe extracción pulmonar, se puede realizar una re-evaluación tras 30 minutos adicionales de CEC. Si está planificada extracción pulmonar, el tiempo máximo de CEC para recuperación cardiaca será de 30-45 minutos.

Se descartará la donación cardiaca si persiste mala función cardiaca tras 60 minutos de CEC. Se valorará la extracción de órganos abdominales convirtiendo el procedimiento de PTAN en perfusión abdominal normotérmica manteniendo el soporte CEC/ECMO ya empleado.

10.COMUNICACIÓN INTERNA Y EXTERNA

10.1. COMUNICACIÓN INTERNA

La CT y el responsable del equipo quirúrgico antes de iniciar el primer caso de donación y TC de DAC deben convocar en sesión clínica a todos los profesionales del centro implicados para que conozcan de antemano cómo se desarrollará todo el proceso, desde la RTSV hasta la obtención cardiaca y el trasplante. En esta sesión se debe explicar con detalle cómo se realiza el diagnóstico de muerte por criterios circulatorios, cómo y por qué se aísla la circulación cerebral antes de iniciar la PTAN y qué eventualidades podrían surgir. Explicarán las funciones que desempeñará cada profesional, especialmente en caso de que surgieran complicaciones. Es crucial que sepan que los familiares pueden estar en el quirófano o en las zonas próximas al área de quirófano por lo que se debe guardar máxima prudencia.

Después de cada proceso de donación y TC se realizará una sesión para discutir las posibles áreas de mejora una vez realizado cada procedimiento. Dicha reunión debe liderarla la CT y el responsable de cada uno de los servicios más directamente implicados. Contará con un representante de los servicios implicados en el pre, intra y

postoperatorio del TC. En caso de necesidad por razones clínicas y/o logísticas dicha reunión podrá tener convocatorias urgentes.

10.2. COMUNICACIÓN EXTERNA

Esta comunicación ha sido particularmente relevante para los primeros casos de TC de DAC por su esperada repercusión mediática. Para cualquier comunicación de casos, se implicará a **los responsables de comunicación del hospital y de la CT local y autonómica**. Se comunicará a la ONT información detallada sobre los procesos de DAC con obtención cardiaca y sobre la evolución de los TC efectuados, tanto en el postoperatorio inmediato como a medio y largo plazo. La ONT podrá establecer acuerdos para que esta información se coordine con la proporcionada al Registro Español de Trasplante Cardíaco. **La ONT ha elaborado un argumentario sobre el TC de asistolia, para ayudar en este proceso de comunicación.**

ANEXO 1. HOJA INFORMATIVA SOBRE DONACIÓN CARDIACA EN ASISTOLIA

Cada hospital deberá adaptar esta información general a sus peculiaridades. Esta información no es la única que debe facilitarse; se deben ampliar todos aquellos aspectos que el equipo y la CT consideren oportunos.

Esta hoja sirve de referencia para la del consentimiento informado, de forma que se debe entregar con anterioridad al consentimiento de donación para que el propio paciente y en su caso sus allegados tengan tiempo de reflexionar, preguntar y dialogar con el coordinador. Si finalmente consiente a la donación, en la hoja de consentimiento que proponga la Coordinación hospitalaria se adjuntará esta hoja informativa. De esta forma, se hace referencia específica a la información escrita en la hoja adjunta. Se deben firmar ambas, tanto la hoja informativa como el consentimiento, para dejar constancia de cuándo, quién y de qué informó.

Aspectos sobre los que se debe informar:

- ✓ Para que sea factible el TC, el fallecimiento del donante tras la RTSV ha de producirse en un tiempo compatible con la donación. Si el fallecimiento no se produce en ese plazo de tiempo, la donación se paraliza. El paciente será entoces trasladado a la unidad de críticos para continuar cuidados paliativos de final de vida hasta que fallezca. Su familia podrá acompañarle durante todo este tiempo.
- ✓ Si se produce la parada cardíaca, después se esperará 5 minutos para certificar la muerte de la persona. Tras este tiempo, el corazón y el resto de órganos donables recibirán sangre oxigenada gracias a una máquina que la propulsa manteniendo los órganos viables. Durante un tiempo, los cirujanos observarán como late el corazón y evaluarán si funciona de forma apropiada para poder ser trasplantado. Esta evaluación requiere de la realización de pruebas y de análisis.
- ✓ Si el corazón no superara esta evaluación, no podría ser trasplantado. Sin embargo, el resto de los órganos podrían ser viables para el trasplante. La evaluación de cada órgano se realiza de forma individual, maximizando el cuidado por preservar las opciones de trasplante de cada órgano.
- ✓ Si el corazón es considerado apto, la máquina que soporta su función será retirada y el corazón será implantado en el receptor.

ANEXO 2. HOJA INFORMATIVA PARA EL RECEPTOR CARDIACO

Se puede utilizar la hoja informativa empleada para el trasplante de donante tras DME (TC estándar), si bien haciendo hincapié en las siguientes consideraciones:

- ✓ Los resultados a largo plazo, la eficacia y la seguridad del TC estándar son bien conocidos ya que contamos con amplia experiencia mundial. Por el contrario, el trasplante que se propone, es un procedimiento innovador en el mundo del trasplante. Son limitados los resultados publicados que demuestren que la supervivencia a largo plazo es similar a la del TC estándar. En estos momentos, se trata de un procedimiento experimental que realizan varios países (Australia, Austria, Bélgica, España, Estados Unidos, Holanda y Reino Unido) que cuentan con amplia experiencia en la técnica del TC. Hasta ahora los resultados a corto y medio plazo han sido buenos. No obstante, esta modalidad de trasplante necesita de mayor tiempo de evolución para poder asegurar que es igual o mejor en cuanto a la eficacia, seguridad y pronóstico a largo plazo que el TC estándar.
- ✓ Sea cual sea la decisión del paciente, éste no dejará de estar incluido en lista de espera para TC. Recibirá aquel corazón que mejor se adapte a sus necesidades independientemente de que rechace ser incluido en lista de TC de DAC.

ANEXO 3. RECOGIDA DE DATOS

	Basal	ECMO 5	ECMO 15	ECMO 30	ECMO 45	ECMO 60	ECMO 75
ECMO l/min							
PAM mmHg							
FC lpm							
PCP mmHg							
PVC mmHg							
PAP mmHg							
IC (L/min/m ²)							
NA (ug/kg/min)							
DBT (ug/kg/min)							
Primer ritmo							
Nº de choques							
Valoración cirujano (bueno/regular/malo)							
Datos Ecocardiograma							
FEVI							
Función VD							
SIV mm							
DTDVI mm							
Valvulopatías							
TSVI							
ITV TSVI							
GC continuidad							
Parámetros gasometría							
pH							
pO ₂							
pCO ₂							
HCO ₃							
Lactato							
Bilirrubina							
Potasio mEq/L							
Calcio mg/dl							
Glucosa mg/dl							
Hematocrito							
SatVO ₂							
Parámetros bioquímica Basal, y cada 30 minutos							
Troponina US							
Creatinina							
AST mg/dl							
ALT mg/dl							
Bilirrubina							

REFERENCIAS

1. Boucek MM, Mashburn C, Dunn SM, et al. Pediatric heart transplantation after declaration of cardiocirculatory death. *N Engl J Med.* 2008 14;359(7):709-14. doi: 10.1056/NEJMoa0800660.
2. Joshi Y, Scheuer S, Chew H, et al. Heart Transplantation From DCD Donors in Australia: Lessons Learned From the First 74 Cases. *Transplantation.* 2022. doi: 10.1097/TP.0000000000004294.
3. Messer S, Cernic S, Page A, et al. A 5-year single-center early experience of heart transplantation from donation after circulatory-determined death donors. *J Heart Lung Transplant.* 2020;39(12):1463-1475. doi: 10.1016/j.healun.2020.10.001.
4. Tchana-Sato V, Ledoux D, Detry O, et al. Successful clinical transplantation of hearts donated after circulatory death using normothermic regional perfusion. *J Heart Lung Transplant.* 2019;38(6):593-598. doi: 10.1016/j.healun.2019.02.015.
5. Miñambres E, Royo-Villanova M, Pérez-Redondo M, et al. Spanish experience with heart transplants from controlled donation after the circulatory determination of death using thoraco-abdominal normothermic regional perfusion and cold storage. *Am J Transplant.* 2021;21(4):1597-1602. doi: 10.1111/ajt.16446.
6. Smith D, Kon Z, Carillo JA, Chen S et al. Early experience with donation after circulatory death heart transplantation using normothermic regional perfusion in the United States. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2022;164(2):557-68.
7. White CW, Messer SJ, Large SR et al. Transplantations of heart donated after circulatory death. *Frontiers in Cardiovascular Medicine;* 2018 13;5:8. doi: 10.3389/fcvm.2018.00008.
8. Messer SJ, Axell RG, Colah S, et al. Functional assessment and transplantation of the donor heart after circulatory death. *J Heart Lung Transplant* 2016;35(12):1443-1452.
9. Hessheimer AJ, de la Rosa G, Gastaca M, et al. Abdominal normothermic regional perfusion in controlled donation after circulatory determination of death liver transplantation: Outcomes and risk factors for graft loss. *Am J Transplant* 2022;22(4):1169-1181. doi: 10.1111/ajt.16899.
10. Código Ético. Grupo de trabajo de Bioética de la Sociedad Española de Medicina Intensiva, Crítica y Unidades Coronarias (SEMICYUC). <https://semicyuc.org/wp-content/uploads/2018/10/codigo-etico-semicyuc.pdf>.
11. Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad BOE-A-2012-15715.
<https://www.boe.es/eli/es/rd/2012/12/28/1723/conhttps://www.boe.es/buscar/pdf/2012/BOE-A-2012-15715-consolidado.pdf>.

12. Manara A, Shemie SD, Large S, et al. Maintaining the permanence principle for death during in situ normothermic regional perfusion for donation after circulatory death organ recovery: A United Kingdom and Canadian proposal. *Am J Transplant*. 2020;20(8):2017-2025.
13. Boucek MM, Mashburn C, Dunn SM, et al. Pediatric heart transplantation after declaration of cardiocirculatory death. *N Engl J Med* 2008 Aug 14;359(7):709-14.
14. Khushnood A, Butt TA, Jungschleger J, et al. Paediatric donation after circulatory determined death heart transplantation using donor normothermic regional perfusion and ex situ heart perfusion: A case report. *Pediatric Transplantation* 2019;23(6):e13536. <https://doi.org/10.1111/ptr.13536>.
15. Urschel S, West LJ. ABO-incompatible heart transplantation. *Curr Opin Pediatr* 2016 Oct;28(5):613-9.
16. Pita A, Gil-Jáurena JM, Pérez-Caballero R, et al. Trasplante ABO incompatible en pacientes pediátricos. *Cir Cardiovasc* 2019;26(S1):24-9.
17. Weiss MJ, Hornby L, Witterman W, Shemie SD. Pediatric donation after circulatory determination of death: a scoping review. *Pediatr Crit Care Med* 2016;17(3):87-108.
18. González-López MT, Gil-Villanueva N, Camino-López M, et al. Trasplante cardiaco pediátrico: pasado, presente y futuro. *Cir Cardiovasc* 2017; 24(1):14–21.
19. Gil-Jáurena JM, Pérez-Caballero R, Pita A, et al. Trasplante cardiaco en cardiopatías congénitas. Peculiaridades técnicas. *Cir Cardiovasc* 2019;26(S1):35-41.
20. Gil-Jáurena JM, González-López MT, Pita A, et al. Beating-heart aortic arch surgery in neonates and infants. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 2018;27(4):586-90.
21. Gil-Jáurena JM, González-López MT, Pita-Fernández A, Pérez-Caballero R. Split-graft technique in neonatal heart transplant for aortic atresia. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 2016 Oct;23(4):659-61.
22. Gil-Jáurena JM, González-López MT, Pita A, et al. Beating-heart aortic arch surgery in neonates and infants. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 2018;27(4):586-90.
23. Gil-Jáurena JM, González-López MT, Pita-Fernández A, Pérez-Caballero R. Split-graft technique in neonatal heart transplant for aortic atresia. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 2016 Oct;23(4):659-61.
24. Gómez F, Arnáez J, Caserío S. La donación en asistolia controlada (tipo III de Maastricht) en pediatría. *Acta Pediatr Esp* 2017;75(5-6): e61-e67.
25. Weiss MJ, Hornby L, Rochweg B, et al. Canadian Guidelines for Controlled Pediatric Donation After Circulatory Determination of Death—Summary Report. *Pediatr Crit Care Med*. 2017 Nov;18(11):1035-1046.

26 .<http://www.ont.es/infesp/DocumentosDeConsenso/Protocolo%20nacional%20Tx%20Card%C3%ADaco%20infantil%20ABOi.pdf>.