
PROTOCOLO NACIONAL DE TRASPLANTE CARDIACO DE DONANTE EN ASISTOLIA CONTROLADA



Diciembre 2022.
Versión modificada en marzo de 2023

GRUPO DE TRABAJO

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

José Luis Campo-Cañaverl. 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 Reparaz. 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	7
2. OBJETIVO	9
3. CRITERIOS DE SELECCIÓN DEL DONANTE CARDIACO ENASISTOLIA Y DEL RECEPTOR.....	10
3.1. DONANTE	10
3.2. RECEPTOR	11
4. INFORMACIÓN SOBRE LA DONACIÓN CARDIACA ENASISTOLIA	11
5. PREPARACIÓN DEL DONANTE.....	12
6. RETIRADA DE TERAPIAS DE SOPORTE VITAL.....	13
7. DIAGNÓSTICO DE MUERTE	14
8. PERFUSIÓN TORACOABDOMINAL NORMOTÉRMICA	14
8.1. AISLAMIENTO DE LA CIRCULACIÓN CEREBRAL	14
8.2. SISTEMAS DE PTAN	17
8.3. ABORDAJE QUIRÚRGICO PARA LA OBTENCIÓN CARDIACA	18
8.4. VALIDACIÓN CARDIACA.....	20
8.5. OBTENCIÓN DEL RESTO DE ÓRGANOS DONABLES	22
8.5.1. VALORACIÓN Y OBTENCIÓN PULMONAR	22
8.5.2. VALORACIÓN Y OBTENCIÓN DE ÓRGANOS ABDOMINALES	23
9. TRASPLANTE CARDIACO EN ASISTOLIA DE DONANTE PEDIÁTRICO	24
9.1. PECULIARIDADES DEL DONANTE PEDIÁTRICO EN ASISTOLIA	25
9.2. SELECCIÓN DEL RECEPTOR.....	26
9.3. ACCIONES A REALIZAR EN EL QUIRÓFANO	27
10. COMUNICACIÓN INTERNA Y EXTERNA	29

10.1. COMUNICACIÓN INTERNA	29
10.2. COMUNICACIÓN EXTERNA.....	29
ANEXO 1. HOJA INFORMATIVA SOBRE DONACIÓN CARDIACA EN ASISTOLIA.....	31
ANEXO 2. HOJA INFORMATIVA PARA EL RECEPTOR CARDIACO.....	32
ANEXO 3. RECOGIDA DE DATOS	33
REFERENCIAS	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™

ONT: Organización Nacional de Trasplantes

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 SystemTM [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 OCSTM. 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 OCSTM)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 60 TC en España por parte de 12 centros diferentes.

Una serie recientemente publicada sobre TC de DAC con PTAN y preservación estática en frío de origen norteamericano incluye 8 trasplantes (6 cardíacos, 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.

Recientemente, en un estudio multicéntrico, se analizó la evolución de 157 pacientes receptores de un TC de DAC efectuado con PTAN realizados en 15 centros de Bélgica, España, Estados Unidos y Reino Unido en 2015-2022⁷. La estrategia supuso un incremento de un 23% en la actividad de TC. La probabilidad de supervivencia a 30 días, 1 y 5 años de este grupo de pacientes fue comparable a la de un grupo control de receptores de injertos cardíacos procedentes de DME realizados durante el mismo periodo de tiempo.

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 cardíaca 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 cardíaca, la reperfusión inicial del injerto cardíaco 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 miocardio⁸. 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 implante⁹.

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 depleccionan rápidamente, el trabajo cardíaco 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 cardiaca de DAC.

La preservación cardiaca 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 DME¹⁰.

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 una edad superior de forma individualizada.
2. No cardiopatía conocida, incluida fibrilación auricular permanente y trauma torácico grave.
3. No cirugía cardiaca o esternotomía previa.
4. Fracción de eyección del ventrículo izquierdo $\geq 50\%$ y septum interventricular ≤ 13 mm en ecografía transtorácica.
5. Dosis bajas de vasopresores.
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 (**Anexo 1**).

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, y por su complejidad técnica, este protocolo se iniciará con donantes locales.**

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 (**Anexo 2**).
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**).

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 la 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 cardíaca:

- a) **Ecocardiograma reglado.** Se recomienda ecografía transesofágica (ETE) si la ventana transtorácica (TT) no es óptima para confirmar ausencia de patología cardíaca 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 cardíaco 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 miembros inferiores.

- 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 y la arteria femoral según la experiencia del centro y características del donante por vía (percutánea, quirúrgica o mixta). Se puede introducir el balón aórtico o prescindir de él.
 - Si se decide introducir el balón de oclusión en aorta, tras los 5 min de parada cardiaca, se inflará el balón e iniciará PAN mientras se claman y se seccionan los TSA (idealmente en menos de 3 min). Una vez seccionados se **escalará la PAN a PTAN**.
 - Si se decide no emplear balón de oclusión aórtico, habrá que esperar los 5 min tras la parada cardiaca y además el tiempo empleado en realizar clampaje y sección de troncos supra aórticos (TSA) (idealmente menos de 3 min) para iniciar **directamente PTAN**.
- 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 centro¹¹.

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 seguridad¹². Según se especifica en el Anexo 1 del mencionado Real Decreto, habrá de constatarse de forma inequívoca la ausencia de circulación y 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 actividad en el ECG, pero ésta fuera inefectiva (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

El restablecimiento de la circulación con PTAN exige el aislamiento de la circulación cerebral para respetar el diagnóstico previo de fallecimiento. Inicialmente, cuando se describió la PTAN como técnica de preservación de injertos cardiacos de donantes en asistolia, se consideró que era suficiente el clampaje de los troncos supraaórticos (TSA). No obstante, está descrita la existencia de circuitos colaterales procedentes de arterias intercostales, mamarias, epigástricas y arteria espinal anterior (a través de la

arteria de Adamkiewicz) que, incluso una vez ligados los TSA, conducirían flujo sanguíneo hasta el polígono de Willis al iniciarse la PTAN (**Figura 1**). Se desconoce si ese flujo sanguíneo cerebral conlleva la recuperación de alguna actividad, pero existe consenso en que debe anularse tal posibilidad, ya que invalidaría el diagnóstico de muerte. Por este motivo, Manara et al. proponen no sólo clampar los TSA, sino también ligarlos a nivel de la salida de la aorta, insertando distalmente al clamp una cánula de drenaje en cada uno de ellos¹³. Dado que sólo se puede iniciar la PTAN después del aislamiento y drenaje individualizado de los tres TSA, incluida la arteria subclavia izquierda, y que este dificultoso proceso consume tiempo, **este protocolo establece la obligatoriedad de clampar y seccionar los tres TSA, dejándolos abiertos a la atmósfera (Figura 2)**. La sangre drenada al tórax se retornará al circuito de CEC/ECMO mediante el uso de aspiradores de campo conectados a un reservorio. Dicho reservorio se conectará a la línea de drenaje del ECMO/CEC para la reposición intermitente de volumen.

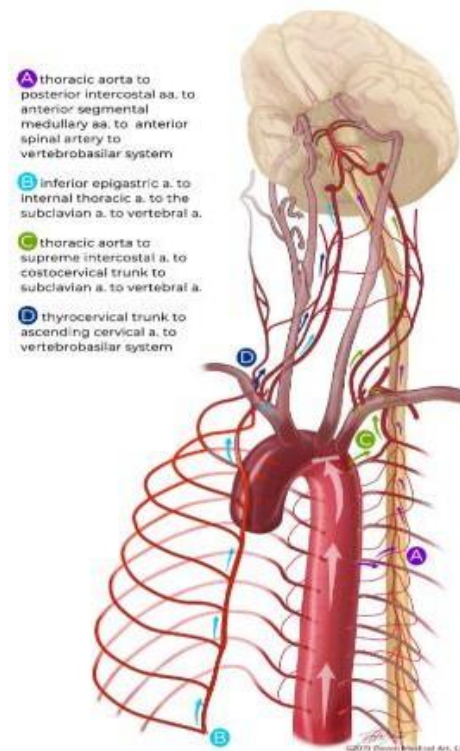


Figura 1: Fuentes potenciales de circulación colateral cerebral tras instaurar PTAN durante a DAC. Tomado de Manara et al.¹³

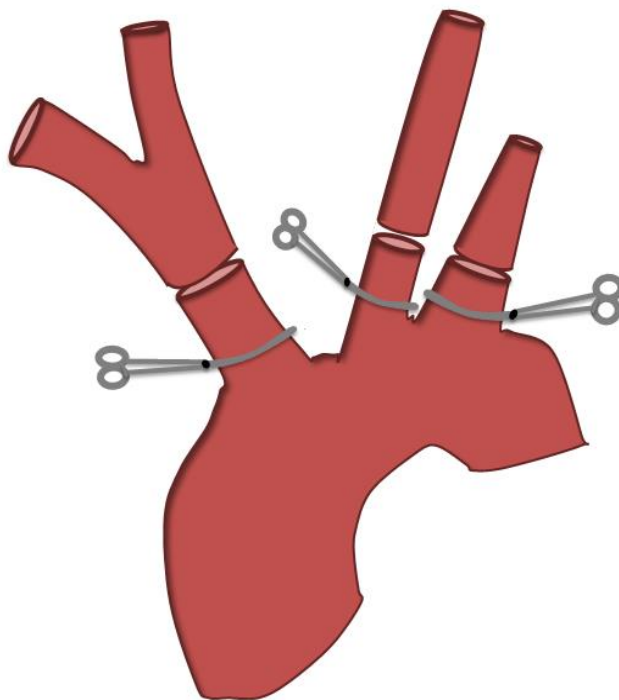


Figura 2. Sección de los tres troncos supraaórticos. Cortesía del Dr. Juan José Rubio

Para comprobar que se ha aislado adecuadamente la circulación cerebral, se realizará neuromonitorización continua desde la RTSV y durante todo el procedimiento de PTAN. Siempre se realizará monitorización con índice biespectral y exploración clínica exhaustiva y continua del donante, confirmando la ausencia de perfusión cerebral debida a fallos o errores de la técnica empleada. En función de las posibilidades de cada centro, sabiendo que el efecto de la sedación administrada durante la RTSV persiste, se implementará la neuro-monitorización multimodal con al menos uno de estos test: doppler transcraneal de cuatro vasos, potenciales evocados de tronco, medición de presión arterial en el polígono de Willis.

Si se observaran signos sugerentes de reperfusión cerebral, tras comprobar que no se trata de un artefacto ni de un fallo técnico, se procederá a excluir la aorta torácica de la PTAN y se suspenderá la donación cardiaca. Se parará la CEC/ECMO y se volverá a verificar el diagnóstico de muerte por criterios circulatorios (incluyendo los 5 minutos de observación), suspendiendo también la ventilación mecánica, si ya se había recuperado la actividad cardiaca espontánea. El CT decidirá si se continúa con la obtención de órganos abdominales y la extracción súper-rápida de pulmones o se suspende el proceso de donación. El CT notificará cualquier incidente en relación con la aplicación de este procedimiento a la Organización Nacional de Trasplantes (ONT).

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 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) 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 y que es un sistema abierto porque tiene reservorio que permite aspirar del campo quirúrgico-ambiente. 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 mini CEC, bien en circuito abierto, más frecuentemente empleados en la cirugía cardiaca convencional.
- 4-5 rodillos-centrífugas de impulsión y aspiración.
- Líneas de aspiradores de campo (al menos 2) para recuperación de sangre heparinizada, procedente de TSA, tórax o cavidad abdominal. Aspiradores conectados a reservorio de sangre. 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 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.

8.3. ABORDAJE QUIRÚRGICO PARA LA OBTENCIÓN CARDIACA

Describimos una secuencia de obtención y validación en el supuesto de donación multiorgánica:

- ✓ Si hemos colocado balón de oclusión en aorta, tras los 5 min de parada cardiaca, se inflará el balón e iniciará PAN mientras se claman y se seccionan los TSA (idealmente en un tiempo inferior a 3 min). Una vez seccionados se **escalará la PAN a PTAN**.

-
- ✓ Si se decide no emplear balón de oclusión aórtico, habrá que esperar los 5 min tras la parada cardiaca y además el tiempo empleado en realizar clampaje y sección de troncos supra aórticos (TSA) **para iniciar directamente PTAN.**

Obtención cardiaca

Esternotomía, clampaje y sección de los tres TSA

Evaluación hemodinámica durante y después de la retirada del soporte, validación del corazón y resto de órganos y extracción de los órganos viables:

- ✓ **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.
- ✓ **Disección 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 clampados y seccionados los tres TSA, se iniciará la PTAN.
- ✓ **Inicio del soporte con CEC/ECMO.** Objetivos hemodinámicos iniciales:
 - Flujo >2.4 L/min/m².
 - Presión arterial media >50 mmHg.
 - 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 o valorar anticoagulantes alternativos
- ✓ **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 cardiaca).
- ✓ El TICF ha de ser <30 minutos para considerar la donación cardiaca. Si tras 30 minutos no se ha podido excluir los TSA e iniciar CEC/ECMO, la PTAN se

reconvertirá a perfusión abdominal normotérmica. Para ello, se retirará unos 10 cm la cánula venosa fémoro-atrial 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 exploración clínica y BIS. Además, en función de las posibilidades del centro, se utilizará un test complementario que explore flujo o actividad cerebral (ver [sección 8.1](#)).
- ✓ **Reintubación y ventilación siguiendo parámetros de protección pulmonar.**
- ✓ **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 desestimaré la extracción cardiaca.
 - Si asistolia, estimulación con cables epicárdicos 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, Del nido, 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 ≤ 2.5 mcg/kg/min y noradrenalina $\leq 0,05$ mcg/kg/min.
 - Hemoglobina (Hb) ≥ 10 g / dL.
 - pH >7.25.
 - pO₂ ≥ 100 mmHg y pCO₂ <50 mmHg.
 - Índice cardiaco >2.5 litros/min/m².
 - Presión venosa central <12 mmHg.
 - Presión de enclavamiento capilar pulmonar (PCP) < 12mmHg.
- ✓ **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.
- ✓ **La 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 cardiaca, 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 cardiaco 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 la 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 cómo 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 FiO₂ al 100% y la PEEP de 5, se toma una gasometría arterial. Es necesario para continuar con la obtención pulmonar que el cociente PaO₂/FiO₂ sea mayor de 300.
- ✓ 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 FiO₂ 100% y PEEP de 5, se realizará la gasometría. Es necesario para continuar con la obtención pulmonar que el cociente PaO₂/FiO₂ 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**).

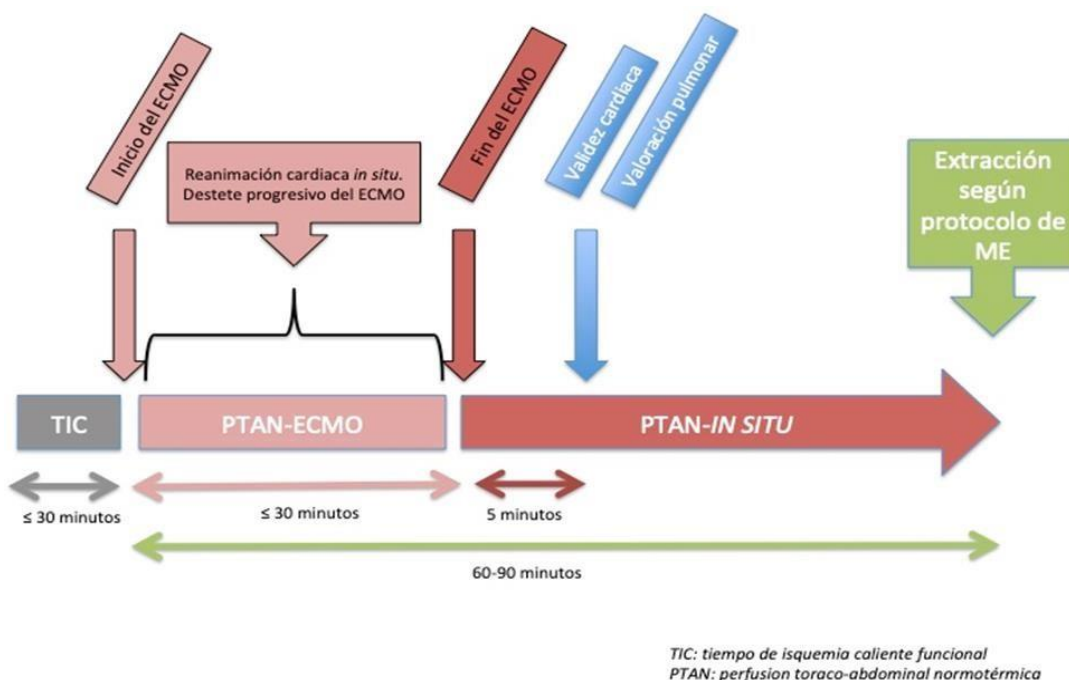


Figura 3: Registro de los tiempos de isquemia en la obtención de corazón y pulmón.

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 supradiafragmática y clampaje de la aorta supra celiaca, 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 cardiaca 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.
 - El equipo quirúrgico no abandonará el quirófano hasta que la obtención de órganos con perfusión abdominal normotérmica haya finalizado a pesar de que el corazón no sea válido; se mantendrá funcionando el ECMO/CEC para asegurar la perfusión de los órganos abdominales.

Los responsables de los equipos quirúrgicos cardiaco 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^{14,15}.

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^{16,17,18,19}.

9.1. PECULIARIDADES DEL DONANTE PEDIÁTRICO EN ASISTOLIA

En los potenciales donantes pediátricos, el criterio de **hipoperfusión significativa se define con un valor de TA 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**²⁰, lo que nos permite conectar una asistencia circulatoria (CEC/ECMO) a Aorta ascendente y Aurícula derecha, aislar y seccionar los TSA.

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)^{21,22}.

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.)^{23,24}.

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 irreseables 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.)^{25,26}.

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)²⁷. Los protocolos de DAC y trasplante ABO no-compatible son sumatorios, no excluyentes, pudiendo incrementar el número y aprovechamiento de los escasos donantes infantiles^{26,27}. 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 **tiempo de 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, aislamiento y sección 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).
- ✓ Recogida de sangre vertida desde TSA por aspiradores de campo hacia reservorio de la bomba CEC o recuperador celular (en caso de ECMO).

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:

- ✓ 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 mantenimiento del donante 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 innominada)
- ✓ 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 coordinación de trasplantes (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 CT 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 trasplante cardiaco (TC), el fallecimiento del donante tras la retirada de tratamientos de soporte vital (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 entonces 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 cardiaca en tiempo compatible con la donación, 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 cómo 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 realizará 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 muerte encefálica (trasplante cardiaco estándar), si bien haciendo hincapié en las siguientes consideraciones:

- ✓ Los resultados a largo plazo, la eficacia y la seguridad del trasplante cardiaco (TC) estándar son bien conocidos, ya que contamos con amplia experiencia mundial. Por el contrario, el trasplante que se propone (TC de donante en asistolia) es un procedimiento quirúrgico innovador siendo limitados los estudios publicados que demuestran que sus resultados son al menos iguales a los del TC estándar.
- ✓ En el momento actual, este tipo de trasplante se considera una innovación que necesita ser evaluada a largo plazo. Se está realizando en varios países (Australia, Austria, Bélgica, España, Estados Unidos, Holanda y Reino Unido) que cuentan con amplia experiencia en la técnica de 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 su eficacia y seguridad a largo plazo.
- ✓ Sea cual sea la decisión del paciente, estará incluido siempre en lista de espera para TC y recibirá aquel corazón que mejor se adapte a sus necesidades independientemente de que rechace la opción del 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 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. Louca J, Öchsner M, Shah A, et al. The international experience of in-situ recovery of the DCD heart: a multicentre retrospective observational study. *EClinicalMedicine* 2023 Mar 2;58:101887. doi: 10.1016/j.eclinm.2023.101887.
8. 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.
9. 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.
10. 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.
11. 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>.
12. 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/B OE-A-2012-15715-consolidado.pdf>.

13. 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.
14. 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.
15. 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/petr.13536>.
16. Urschel S, West LJ. ABO-incompatible heart transplantation. *Curr Opin Pediatr* 2016 Oct;28(5):613-9.
17. Pita A, Gil-Jáurena JM, Pérez-Caballero R, et al. Trasplante ABO incompatible en pacientes pediátricos. *Cir Cardiovasc* 2019;26(S1):24-9.
18. 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.
19. González-López MT, Gil-Villanueva N, Camino-López M, et al. Trasplante cardíaco pediátrico: pasado, presente y futuro. *Cir Cardiovasc* 2017; 24(1):14-21.
20. Gil-Jáurena JM, Pérez-Caballero R, Pita A, et al. Trasplante cardíaco en cardiopatías congénitas. Peculiaridades técnicas. *Cir Cardiovasc* 2019;26(S1):35-41.
21. 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.
22. 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.
23. 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.
24. 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.
25. 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.
26. 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.
27. [Protocolo Nacional De Trasplante Cardíaco Infantil Ab0 Incompatible](#)