



**Universidad
Europea**

Grado en **ENFERMERÍA**

Trabajo Fin de Grado

TÍTULO:

**EFICACIA DE LOS CARDIOCOMPRESORES
MECÁNICOS FRENTE A LAS COMPRESIONES
TORÁCICAS MANUALES EN SITUACIONES DE
DONACIÓN DE ÓRGANOS EN ASISTOLIA NO
CONTROLADA: UNA REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.**

Presentado por: Vicent Redodno Rebull

Tutor: Samuel Reina de la Torre

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	3
HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.....	8
MATERIAL Y MÉTODOS.....	9
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	12
CONCLUSIONES.....	27
BIBLIOGRAFÍA.....	28
ANEXOS.....	31

LISTADO DE SÍMBOLOS Y SIGLAS

DANC (Donante en Asistolia No Controlada)

RCP (Reanimación Cardio-Pulmonar)

PAS (Presión Arterial Sistólica)

CCM (Cardiocompresión mecánica)

ONT (Organización Nacional de Trasplantes)

OEV (Órganos Extraídos Válidos)

ECG (Electrocardiograma)

PA (Presión arterial)

EtCO₂ (CO₂ espirado final)

PCR (Parada Cardiorespiratoria)

USVA (Unidad de Soporte Vital Avanzado).

RESUMEN GENERAL Y PALABRAS CLAVE

Introducción: En los últimos años, la demanda de órganos para trasplante ha aumentado, lo que provoca que cada vez las listas de espera sean más largas, incluso en nuestro país siendo uno en los que más trasplantes se realiza. Es por ello que se han buscado alternativas para aumentar el “pool” de donantes, entre ellas, la implementación de protocolos de donación en asistolia no controlada (DANC). En los cuales es bastante relevante para su éxito la calidad de las compresiones torácicas, tras el intento de reanimación del paciente en asistolia, y éste pasa a considerarse posible donante de órganos.

Objetivo: Determinar el tipo de metodología utilizada en el transporte de donantes en asistolia no controlada para favorecer el mantenimiento y la viabilidad de los órganos, a través de la comparación de los sistemas de compresión torácica automatizados y las compresiones manuales.

Métodos: Búsqueda y revisión bibliográfica en cuatro bases de datos, MEDLINE, CINHALL, PUBMED Y DIALNET, mediante descriptores y marcadores booleanos. Los criterios de inclusión han sido Idioma español, inglés o portugués, año de publicación entre 2009 y 2024 y artículos con el texto completo disponible.

Resultados: Se encontraron un total de 59 estudios potenciales de inclusión en la revisión, que tras su lectura detallada fueron incluidos finalmente 15 de ellos.

Conclusión: Se ha demostrado que los sistemas de compresión torácica son una opción viable para el mantenimiento de este tipo de donantes, ya que en multitud de ocasiones, y más en situación de donación de órganos en las que se debe mantener las compresiones torácicas durante largos periodos de tiempo, y teniendo en cuenta las condiciones de los vehículos donde se transporta a los donantes, los sistemas mecánicos garantizan una mejor perfusión de los tejidos, el mantenimiento de una presión arterial más elevada y una mejor técnica de compresiones sin interrupciones.

Palabras clave: Donación de órganos, trasplante de órganos, obtención de órganos, compresión torácica, sistemas de compresión torácica, RCP mecánica, RCP, Asistolia no controlada.

ABSTRACT AND KEYWORDS

Introduction: In recent years, the demand for organs for transplantation has increased, leading to longer waiting lists, even in our country, which is one of the leaders in transplant procedures. Hence, alternatives have been sought to increase the donor pool, including the implementation of protocols for donation after uncontrolled circulatory death (DCD). In these protocols, the quality of chest compressions after attempted resuscitation of the patient in asystole is crucial for the success, as the patient transitions to being considered a potential organ donor.

Objective: To determine the type of methodology used in the transport of donors in uncontrolled circulatory death to favor the maintenance and viability of organs, through the comparison of automated chest compression systems and manual compressions.

Methods: A literature search was conducted across four databases, MEDLINE, CINAHL, PUBMED, and DIALNET, using appropriate keywords and Boolean operators. Inclusion criteria were articles written in Spanish, English, or Portuguese, published between 2009 and 2024, and with full-text availability.

Results: A total of 59 potentially eligible studies were identified for review, of which 15 were finally included after detailed examination.

Conclusion: It has been demonstrated that chest compression systems are a viable option for maintaining this type of donor, especially in organ donation situations where chest compressions must be sustained for prolonged periods, taking into account the conditions of the vehicles used to transport donors. Mechanical systems ensure better tissue perfusion, maintenance of higher blood pressure, and improved compression technique without interruptions.

Keywords: Organ donation, organ transplantation, organ retrieval, chest compression, chest compression systems, mechanical CPR, CPR, Uncontrolled circulatory death.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la demanda de órganos para trasplante está en aumento. (1) Según el plan estratégico de donación de órganos (2018 – 2022), en España, el principal objetivo del sistema sanitario, en cuanto a la donación de órganos, es satisfacer la demanda de trasplantes de la población, la cual está representada por el número de pacientes en lista de espera. Los datos que nos ofrece la ONT nos dicen que a pesar de que cada año incrementa el número de órganos que se trasplantan, la diferencia entre órganos disponibles y la demanda es persistente. Según datos oficiales entre un 5% y un 10% de los pacientes en lista de espera mueren antes de recibir su trasplante. Datos del 2017 muestran que la lista de pacientes activos en la lista de espera duplicó el número de trasplantes de órganos sólidos de ese mismo año. (2) [Figura 1]

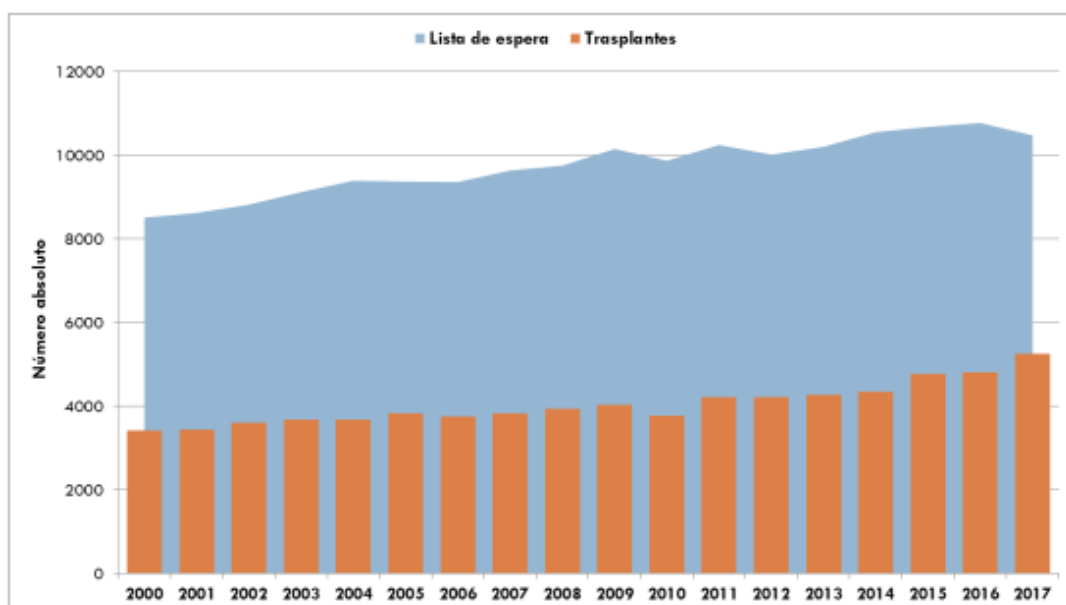


Figura 1: Evolución de la lista de espera para trasplante de órgano sólido representada por el número de pacientes activos en lista de espera frente al número de trasplantes anual. España 2000-2017. Fuente: ONT. (2)

La carencia de donantes disponibles ha llevado al planteamiento de alternativas para abarcar esta situación, entre ellas, se han desarrollado programas de donación con criterios expandidos, entre los que podemos encontrar la donación tras muerte cardiaca no controlada o asistolia no controlada. (1) Estos programas han hecho que los donantes en asistolia desde el año 2001 al 2022 han aumentado un 4972.22 %, de 18 a 913. Llegando a una tasa de asistolia de 19.2 casos por millón de población (pmp). (3) [Figura 2]

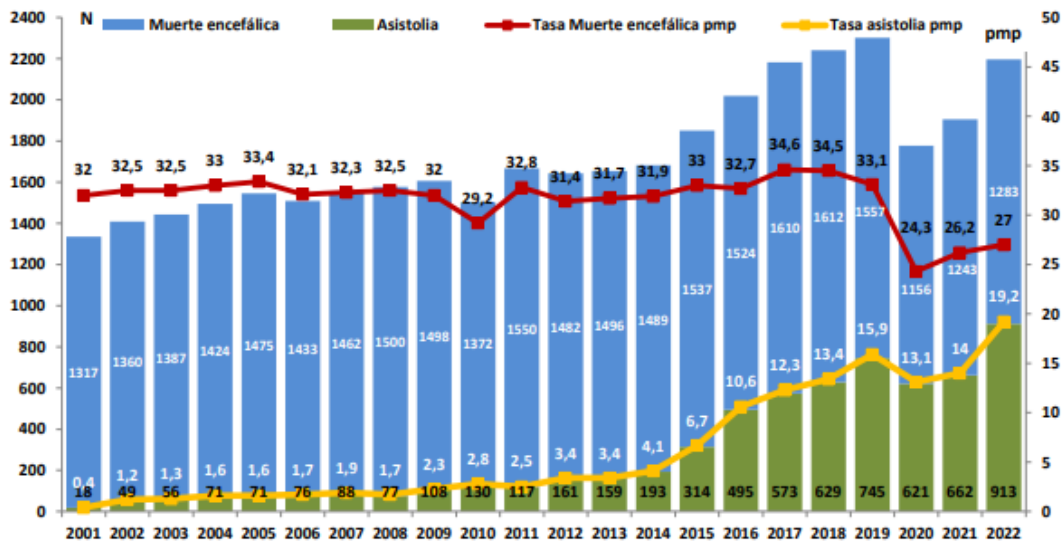


Figura 2: Número Total y Tasa anual (pmp) de donantes de órganos según el tipo de donante. España 2001 - 2022. (3).

Un donante en asistolia es aquel cuyo diagnóstico se hace en base al cese irreversible de las funciones cardiorrespiratorias. La inclusión de este tipo de donantes dentro de la donación con criterios expandidos, se debe a que los órganos sufrirán tiempos de isquemia mucho más prolongados. Lo que afecta tanto en la viabilidad de éstos para su trasplante, como en las condiciones de la cirugía y, por tanto, condiciona la funcionalidad del órgano tras el trasplante. Debido a las múltiples variantes en las que se puede producir una situación de parada cardiorrespiratoria (PCR) en cuanto a lugar (hospital o fuera de él), contexto y atención de personal sanitario, se han clasificado este tipo de donantes en dos grandes grupos: Donación en Asistolia Controlada (DAC) y Donación en Asistolia No Controlada (DANC). (4)

Para la clasificación de los donantes de órganos existe una escala que es ampliamente utilizada en el ámbito internacional, la clasificación de Maastricht. Esta clasificación diferencia cuatro tipos de donantes en asistolia, los cuales se dividen a su vez en dos grupos: DANC, en los que se encuentran los donantes clasificados con Maastricht tipo I y II, y los DAC que serían los donantes Maastricht tipo III y IV. Si nos centramos en los donantes DANC hablamos de dos tipos de donantes, los Maastricht tipo I, en los que se incluyen víctimas de muerte súbita, traumática o no, acontecida fuera del hospital que por ciertas razones no son resucitadas. Y, por otro lado, los donantes tipo II, en los cuales nos vamos a centrar en esta revisión. Este tipo de donante incluye a pacientes que sufren una parada cardíaca y si son sometidos a maniobras de reanimación, pero que no resultan exitosas. Sin embargo es necesario hacer una aclaración, ya que en nuestro país se reconoció que esta clasificación no captaba con precisión la realidad del donante en asistolia (DA). Además, la experiencia de los equipos de trasplante en cuanto a los resultados tras el trasplante en donantes DANC, puso en evidencia la necesidad de diferenciar entre los donantes clasificados como Maastricht II si la PCR se da en situación extrahospitalaria o intrahospitalaria. Por estas razones se consideró necesario consensuar la clasificación de los donantes en asistolia, aclarando las categorías e incluyendo

dentro de la categoría Maastricht II dos subcategorías. Si la PCR acontece fuera del hospital (II.a) o dentro del hospital (II.b). Obteniendo como resultado la clasificación de Maastricht modificada (Madrid 2011). (4) [Tabla 1]

Tabla 1: Clasificación de Maastricht modificada (Madrid 2011) de donación en asistolia no controlada. (4)

DONACIÓN EN ASISTOLIA NO CONTROLADA	I	Fallecido fuera del hospital	Incluye víctimas de una muerte súbita, traumática o no, acontecida fuera del hospital que, por razones obvias, no son resucitadas.
	II	Resucitación infructuosa	Incluye pacientes que sufren una parada cardiaca y son sometidos a maniobras de reanimación que resultan no exitosas. En esta categoría se diferencian dos subcategorías: II.a. Extrahospitalaria La parada cardiaca ocurre en el ámbito extrahospitalario y es atendida por el servicio de emergencias extrahospitalario, quien traslada al paciente al hospital con maniobras de cardio-compresión y soporte ventilatorio. II.b. Intrahospitalaria La parada cardiaca ocurre en el ámbito intrahospitalario, siendo presenciada por el personal sanitario, con inicio inmediato de maniobras de reanimación.

Entre las recomendaciones de la ONT para la donación en asistolia no controlada en cuanto a la logística extrahospitalaria y la selección de los donantes encontramos diferentes aspectos que podemos remarcar. En primer lugar tenemos los criterios de selección del donante DANC tras la aplicación de RCP infructuosa, para ser considerado donante el paciente debe cumplir unos requisitos:

Tabla 2: Criterios de inclusión para donación en asistolia no controlada. (4)

Edad de 1 a 55 años	Tiempo de PCR hasta SVA menor de 15 minutos
Tiempo de PCR hasta llegada al hospital menor de 120 minutos	Ausencia de aspecto externo a adicción a drogas parenterales
Ausencia de lesiones sangrantes en el tórax	Ausencia de infección sistémica o enfermedad neoplásica

En cuanto a las recomendaciones sobre el protocolo, relevante para este trabajo, podemos encontrar en el punto 3 que el masaje cardiaco debe realizarse durante todo el traslado, con una frecuencia media de 100 compresiones por minuto. Teniendo en cuenta estos aspectos y sabiendo que las maniobras de compresión deben realizarse con la mayor calidad posible y el

mínimo número de interrupciones, los sistemas de compresión torácica pueden ser los mejores aliados para el transporte y mantenimiento del donante. (4)

En una situación de paro cardíaco en entorno extrahospitalario, tras interrumpir la reanimación, por considerarse infructuosa, y si el individuo cumple con los criterios de edad diagnóstico, etc. para ser donante de órganos, no se le declara la muerte, se clasifica a la víctima como potencial donante (Maastricht tipo II.a) y empieza su traslado al hospital habilitado más cercano para la donación en asistolia. El primer objetivo que se plantea en esta situación es acortar el tiempo de isquemia caliente lo máximo posible. (4) Definimos esto como el período durante el cual el flujo sanguíneo y, por lo tanto, el suministro de oxígeno y nutrientes, se interrumpe en un órgano o tejido en condiciones de temperatura corporal normal, es decir, sin inducir hipotermia. Para ello se realizan compresiones torácicas, como durante una RCP, para el mantenimiento de los órganos con el objetivo de que sean viables para trasplante. Para ello se pueden emplear dos metodologías: el masaje cardíaco típico realizado manualmente por el profesional sanitario o realizar las compresiones torácicas mediante dispositivos automatizados. (5)

Los dos dispositivos para realizar compresiones torácicas de manera automática más utilizados son el LUCAS®2 (Lund University Cardiopulmonary Assist System, 2nd generation) y el AutoPulse (Auto Pulse Resuscitation System Model 100). En primer lugar el LUCAS® se trata de un dispositivo automático con un sistema de pistón neumático, con un émbolo para la compresión y un mecanismo para el retroceso activo mediante una ventosa. Consta de dos partes, la parte delantera del pistón, que ha de colocarse en la región central del pecho, y una placa trasera, ambas conectadas para rodear y fijar al paciente. (6) El dispositivo genera compresiones de manera constante a una frecuencia de 102 lpm y una profundidad de 5.3 cm de media (siempre que la altura esternal del paciente sea mayor de 18.5 cm). LUCAS®2 es realmente útil cuando se requieren compresiones torácicas continuas durante un periodo más largo de tiempo y de manera continuada, ya que reduce la fatiga y las interrupciones de las compresiones durante el transporte. (7) En segundo lugar, AutoPulse es un dispositivo de banda de distribución de carga que incorpora una bomba cardíaca y torácica. La banda de distribución consta de una placa grande que se posiciona detrás del paciente y dos bandas integradas en una almohadilla de compresión con un cierre de velcro, que rodea el pecho y se ajusta a la víctima. Es capaz de realizar compresiones de 80 lpm a una profundidad del 20% de la altura anteroposterior del tórax. (8)

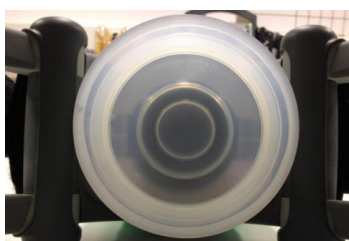


Figura 3: Vista inferior del dispositivo de arrastre y succión del LUCAS@2.



Figura 4: Dispositivo AutoPulse

Por lo tanto, las compresiones automatizadas que realizan los dispositivos LUCAS® 2 y AutoPulse pueden ser un método de preservación de órganos en donantes después de una muerte cardíaca, ya que debido a su capacidad de ofrecer compresiones de calidad de manera constante son capaces de romper las barreras específicas que plantean estas situaciones. En las que se incluyen la fatiga del profesional que lleva a cabo las compresiones de manera manual, el esfuerzo físico para superar la rigidez de la caja torácica del paciente, para que la profundidad de las compresiones sea la idónea, y los casos en los que las superficies subyacentes al paciente sean compresibles. Además, el transporte del donante durante la parada requiere de varias fases, entre las que encontramos la transferencia y extracción de los vehículos sanitarios. Lo que supone otro reto para los equipos de emergencia en cuanto a minimizar las interrupciones del masaje cardíaco y garantizar su calidad. (6, 8)

Estas ventajas teóricas hacen atractivos a estos sistemas, además, existe evidencia de la efectividad del uso de los dispositivos de compresión torácica para realizar compresión torácica para el mantenimiento y transporte de los donantes en situación de DANC, pese a ello, es un tema en el que no se ha investigado demasiado y por ello hay autores que ponen en duda su efectividad frente a las compresiones manuales. Por este motivo y con este trasfondo, después de llevar a cabo una revisión crítica de diversos estudios y notar la controversia y variabilidad de opiniones entre ellos, así como la necesidad de investigar más sobre el tema que muchos expresan en cuanto a qué tipo de compresiones resultan realmente más efectivas, y siendo conscientes de la importancia de llevar a cabo maniobras de cardiocompresión de alta calidad y con las mínimas interrupciones, se ha considerado pertinente realizar esta revisión bibliográfica. Con el fin de evaluar la evidencia que respalda cada modalidad de compresiones. El propósito es abordar de manera adecuada la situación de los donantes en asistolia no controlada fuera del entorno hospitalario.

HIPÓTESIS

La implementación de sistemas de compresión torácica automatizados en el transporte de donantes de órganos en asistolia no controlada favorece el mantenimiento y mejora la viabilidad de los órganos para trasplante.

Pregunta PICO: ¿Son los sistemas de compresión torácica automatizados el mejor método para mejorar el mantenimiento y la viabilidad de los órganos en el transporte de donantes en asistolia no controlada frente a las compresiones manuales?

OBJETIVOS

Este trabajo se ha desarrollado basándose en un objetivo general:

Objetivo general

- Determinar el tipo de metodología utilizada en el transporte de donantes en asistolia no controlada para favorecer el mantenimiento y la viabilidad de los órganos, a través de la comparación de los sistemas de compresión torácica automatizados y las compresiones manuales.

Este objetivo general queda dividido en dos objetivos específicos que van a determinar la línea de investigación determinar la línea de investigación del trabajo:

Objetivos específicos

- Realizar una revisión de literatura científica relacionada con el transporte de donantes en asistolia no controlada.
- Realizar un análisis de comparación con datos en los que se hayan utilizado compresiones manuales y compresiones mecánicas, evaluando la eficacia de ambas metodologías en términos de mantenimiento y viabilidad de los órganos.
- Analizar los factores que pueden afectar en la elección entre las dos metodologías de compresión.

MATERIAL Y MÉTODO

Con el objetivo de obtener una respuesta para los objetivos planteados, se ha llevado a cabo una búsqueda bibliográfica, a través de literatura científica, mediante diferentes bases de datos con la finalidad de obtener una respuesta a nuestra pregunta acerca de la metodología para la realización de compresiones torácicas en donantes de órganos en situaciones de asistolia no controlada.

Tras la formulación de la pregunta PICO, o pregunta de investigación, lo primero que se planteó fueron las palabras clave, las cuales debían representar el contenido principal de trabajo, ya que las utilizaríamos para realizar la búsqueda de información en las diferentes bases de datos, en el catálogo de la biblioteca o en otros recursos académicos que fueran necesarios. Las palabras clave seleccionadas fueron: donación de órganos, trasplante de órganos, obtención de órganos, compresión del pecho, sistemas de compresión del pecho, rcp mecánica... Una vez seleccionadas las palabras fueron traducidas al lenguaje DeCS (Descriptores de Ciencias de la Salud), un vocabulario de conceptos controlado utilizado para indexar y recuperar información en bases de datos en el ámbito de la salud, que nos permite la navegación de fuentes en español, portugués e inglés. A partir de DeCS obtenemos los descriptores: organ donation, organ trasplant, organ procurement, chest compresion, chest compresion system, mechanical cpr...

Tabla 3: Descriptores [Mesh] utilizados para la búsqueda en bases de datos.

PALABRA CLAVE	DESCRIPTOR
Donación de órganos	Organ donation
Trasplante de órganos	Organ trasplantation
Obtención de órganos	Organ procurement
Compresión torácica	Chest compresion
Sistemas de compresión torácica	Chest compresion system
RCP mecánica	Mechanical CPR
RCP	CPR
Asistolia no controlada	Non-heart-beacing

Una vez claros los descriptores, antes de iniciar la búsqueda se concretaron unos límites, que debido a la escasez de información y recursos acerca del tema a tratar se decidió ampliar para garantizar más resultados que pudiesen ser útiles para nuestra revisión bibliográfica:

- Idioma: restringida a español, inglés y portugués
- Fecha de publicación: acotado en cada base de datos, seleccionar artículos publicados en los últimos 15 años. (2009-2024)

Una vez establecidos los descriptores y los límites de búsqueda se seleccionaron las bases de datos en las que se realizó la búsqueda. En una primera búsqueda se accedió a dos bases de datos a las cuales proporciona acceso la universidad mediante la Biblioteca CRAI José Planas de la UEV (Universidad Europea de Valencia). Estas bases fueron:

- **MEDLINE PLUS**
- **CINHAL**

Para realizar la búsqueda de manera opima se utilizaron, junto a los DeCS, operadores booleanos AND (y) y OR (o). Utilizando los anteriormente mencionados descriptores (DeCS) junto a los operadores booleanos se realizaron los siguientes algoritmos de búsqueda para encontrar los resultados con los que se ha llevado a cabo este trabajo.

Tabla 4: Algoritmos de búsqueda utilizados en las bases de datos MEDLINE y CINHAL.

ALGORITMOS MEDLINE + CINHAL
("Organ donation" [Mesh] OR "Organ procurement" [Mesh] OR "Organ trasplantation" [Mesh]) AND ("Chest compression" [Mesh] OR "Mechanical CPR" [Mesh])
("Donation after circulatory death" [Mesh] OR "Donation after cardiac death" [Mesh]) AND ("CPR" [Mesh] OR "Mechanical chest compression" [Mesh])

También, para ampliar más la búsqueda, se accedió a otra base de datos a través de internet utilizando las mismas palabras clave y mismos descriptores que en las anteriores. Ésta fue:

- **PUBMED**

Al igual que en las bases de datos anteriores también se utilizaron los descriptores (DeCS) junto con los operadores booleanos AND (y) y OR (o).

Tabla 5: Algoritmos de búsqueda utilizados en la base de datos de PUBMED.

ALGORITMO PUBMED
("Organ donation" [Mesh] OR "Organ procurement" [Mesh] OR "Organ trasplantation" [Mesh]) AND ("Chest compression" [Mesh] OR "Chest compression system" [Mesh] OR "Chest compression technique" [Mesh] OR "Mechanical CPR" [Mesh])
("Asistolia no controlada" [Mesh]) AND ("CPR")
("Donation after circulatory death" [Mesh] OR "Donation after cardiac death" [Mesh]) AND ("CPR" [Mesh] OR "Mechanical chest compressions" [Mesh])

Y por último se realizó una búsqueda básica en la base de datos de **DIALNET**, utilizando las frases "Donación en asistolia no controlada" y "Compresor torácico mecánico" en el buscador para la obtención de resultados y realizar una lectura de otros posibles artículos útiles

para la investigación, al igual que en las otras bases de datos filtrando por año de publicación, idioma y acceso al texto completo.

Y para la búsqueda de datos relacionados con la situación actual en España se accedió a través de Internet a la página de la Organización Nacional de Trasplantes (ONT), una página oficial del Ministerio de Sanidad del Gobierno de España.

Debido a la escasez de artículos e información relacionada con el tema de la investigación, los criterios de inclusión y exclusión empleados para filtrar mejor la búsqueda fueron poco limitantes, para así poder ampliar más las opciones de búsqueda y garantizar un mayor número de resultados que poder comparar y tener en cuenta. Los criterios para filtrar la búsqueda fueron:

Criterios de inclusión:

- Metodología: Libros y documentos, ensayos clínicos aleatorizados, ensayos clínicos controlados, meta-análisis, estudios observacionales.

Criterios de exclusión:

- Metodología: Artículos de opinión, protocolos, casos clínicos.

Limitaciones del estudio

Es importante reconocer algunas de las limitaciones en esta revisión bibliográfica que podrían haber afectado la interpretación de los resultados. En primer lugar, la búsqueda de literatura se limitó a un conjunto específico de bases de datos y términos de búsqueda, lo que podría haber excluido estudios relevantes publicados en otras fuentes o utilizando diferentes palabras clave.

Además, la generalización de los hallazgos de esta revisión puede verse limitada por la heterogeneidad de los estudios incluidos en términos de diseño, población de estudio y medidas utilizadas. La falta de uniformidad en los métodos y enfoques de medición podría haber influido en la coherencia de los resultados y en la capacidad de realizar comparaciones directas entre los estudios.

Finalmente, dada la naturaleza dinámica de la investigación y teniendo en cuenta la reducida variedad de estudios acerca del tema a tratar del estudio, es posible que algunos de los artículos revisados no reflejen los avances más recientes en el área.

En conjunto, estas limitaciones deben ser consideradas al interpretar los resultados de esta revisión bibliográfica y al formular conclusiones sobre el uso de los sistemas de compresión torácica mecánicos en situaciones de trasplante de órganos en asistolia no controlada.

RESULTADOS

Una vez aplicados los algoritmos de búsqueda se encontraron, en las diferentes bases de datos utilizadas, 642 referencias totales. 637 En la búsqueda conjunta en Medline y Cinhal, 74 en la base de datos de Pubmed y 72 en el buscador de Dialnet, la cantidad de referencias totales incluyen la suma de los resultados de las diferentes búsquedas de cada base de datos utilizando los varios algoritmos, lo que significa que en las búsquedas muchas de las referencias están duplicadas. Tras esta primera búsqueda se aplicaron los criterios de búsqueda en ambas bases, éstos filtraron la información en base al idioma (español, inglés o portugués), el año de publicación (entre 2009 y 2024) y que los textos se pudieran leer completos. Obteniendo 642 resultados filtrados. Se descartaron los artículos duplicados (418) y los artículos que carecían de interés tras leer el título y el abstract (165). Tras esta última selección, se procedió a la lectura completa de los artículos y se terminaron descartando 47 por no tratar el tema de estudio o no ser relevantes para el trabajo final. Tras todo el proceso, finalmente se incluyeron 14 artículos en esta revisión bibliográfica que cumplían todos los criterios requeridos. El proceso de selección de artículos se puede ver de manera más detallada en el diagrama de flujo [Figura 5].

Tipos de estudio incluidos

Entre los estudios seleccionados encontramos ocho estudios observacionales, cinco de ellos de carácter retrospectivo, dos prospectivos y dos son reportes de casos, un estudio ambispectivo, tres ensayos clínicos y un estudio descriptivo de carácter retrospectivo.

Finalmente, para tener todos los estudios incluidos de manera más ordenada y esquematizada, se realizó la siguiente tabla en la que se ordenan todos los artículos por el primer apellido del autor principal y donde se incluye de manera resumida y detallada las características de forma detallada incorporando: Título, autor y año de publicación, tipo/diseño del estudio, población, metodología, objetivo, resultados y conclusiones. [Tabla 6]

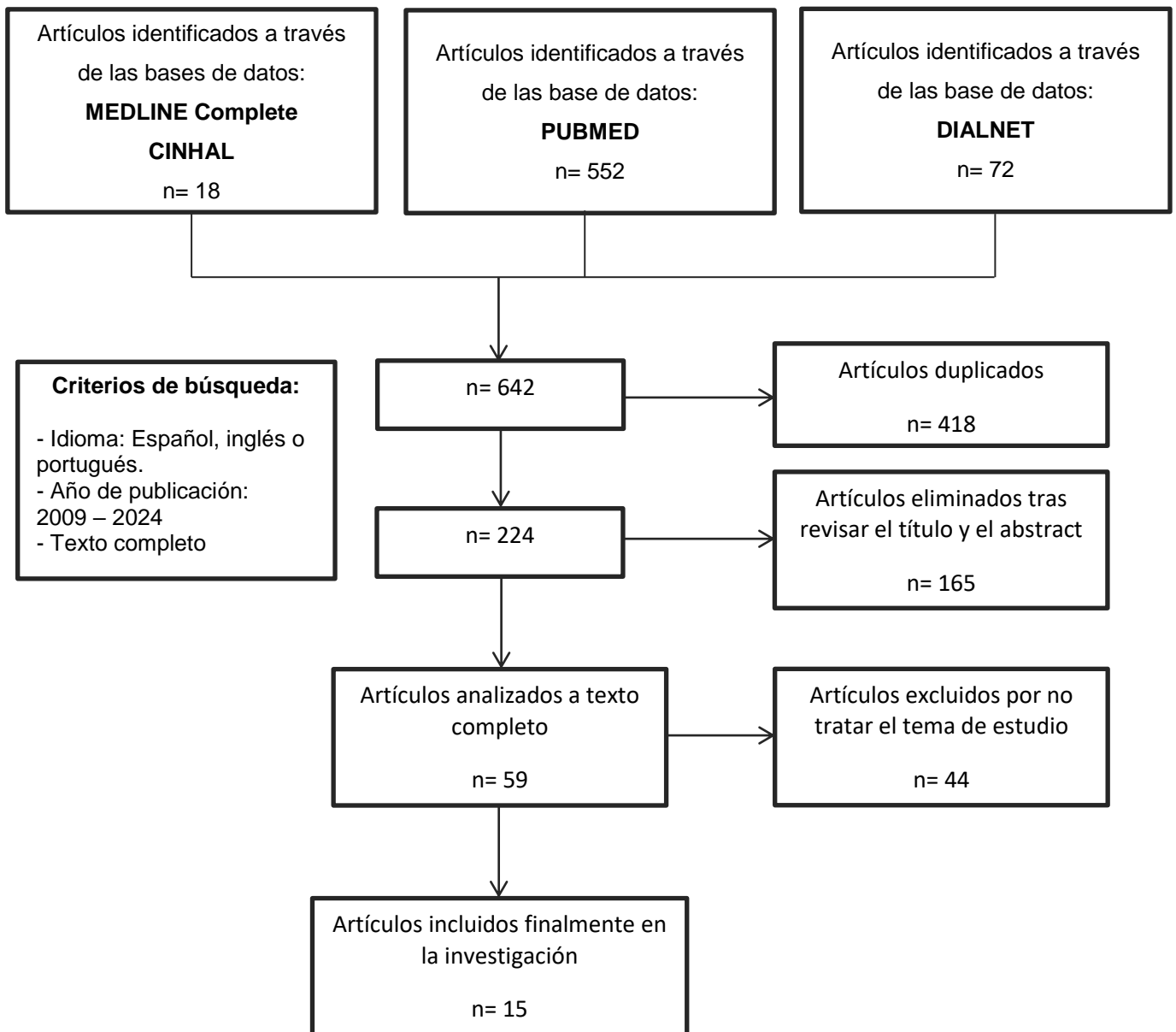


Figura 5: Diagrama de flujo de la selección de estudios.

Tabla 6: Estudios seleccionados y sus principales características.

Título: Análisis de la donación en asistolia no controlada durante 10 años en la Comunidad de Madrid.					
Autor y año	Diseño-Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados	Conclusiones
Cardenete-Reyes C 2019 (9)	Estudio observacional retrospectivo.	Se incluyó potenciales donantes trasladados por el SUMMA 112. 679 donantes entre 2007 y 2017.	Se analizaron todos los casos de DANC y las diferentes variables para analizar la rentabilidad de los órganos. Entre ellas la utilización de CCM. Comparando los pacientes que recibieron CCM o CT manuales y los OEV.	Se registraron 679 donantes, de los que fueron donantes efectivos 458. Se observó una influencia estadísticamente significativa del tipo de cardiocompresión realizada y la viabilidad del hígado. Solo los extraídos tras CCM fueron válidos para trasplante.	El IMC y el uso de cardiocompresores mecánicos son variables predictoras a tener en cuenta ante una posible DANC.
Título: Flujo cerebral medio por <i>doppler</i> transcraneal durante la reanimación cardiopulmonar con compresiones torácicas manuales o realizadas por un compresor torácico mecánico					
Autor y año	Diseño-Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados	Conclusiones
Carmona Jiménez F 2011 (19)	Nota clínica de reporte de casos	Pacientes mayores de 18 años atendidos por el USVA durante los turnos de guardia del médico investigador, con PCR no traumática.	Se recogieron datos PCR entre enero y junio de 2011 por el USVA del SEM (Servicio de Emergencias Médicas) de Barcelona. Se realizó la medición del flujo máximo en la ACM a una profundidad de entre 5 y 6 cm obtenido durante las CT manuales previas a la colocación del dispositivo LUCAS® y tras su colocación se utilizó el ecógrafo portátil Toshiba Viamo®.	Durante el periodo de estudio, 6 pacientes cumplieron los criterios de inclusión. Se ha observado un mayor flujo cerebral durante la RCP con LUCAS® 2.	El dispositivo LUCAS® parece mejorar el flujo sanguíneo cerebral, excepto en pacientes que han sufrido la PCR por hemorragia subaracnoidea.

Título: Utilización de un compresor torácico mecánico (LUCAS®) en un programa de donación en asistolia: efecto sobre la perfusión de los órganos y la tasa de trasplante.					
Autor y año	Diseño-Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados	Conclusiones
Carmona Jiménez F 2012 (10)	Estudio ambispectivo entre enero de 2006 y enero de 2010, en dos fases.	Recopilación de un total de 203 donantes, 112 con RCP manual y 91 con sistema LUCAS®.	Se compararon los resultados obtenidos entre potenciales donantes en asistolia tipo II de Maastricht [Figura 3], transportados con resucitación cardiopulmonar manual o utilizando el compresor torácico LUCAS®. Se evaluó edad, sexo, índice de masa corporal (IMC), tiempos de RCP, causas de no donación y órganos obtenidos, trasplantados y rechazados por mala perfusión.	De 203 potenciales DA, 112 fueron trasladados con RCP manual y 91 con LUCAS. Se extrajo el 97,3% de los riñones con RCP manual por el 100% en el grupo LUCAS®. El uso del LUCAS® se asoció a un aumento de riñones trasplantados por donante y a una disminución del 32,9% en los riñones descartados por mala perfusión.	El uso del compresor torácico LUCAS® permite mantener la tasa de órganos trasplantados, incluso con tendencia a aumentarla respecto a la RCP manual. Se observó una disminución significativa de los riñones descartados.
Título: Kidney retrieval after sudden out of hospital refractory cardiac arrest: a cohort of uncontrolled non heart beating donors.					
Autor y año	Diseño-Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados	Conclusiones
Fieux F 2009 (14)	Un estudio prospectivo, monocéntrico y descriptivo sobre donantes en asistolia.	112 pacientes DANC desde febrero de 2007 hasta junio de 2008.	Protocolo para recuperación de riñones en donantes en asistolia no controlada. Incluyendo en el protocolo: transporte médico bajo ventilación y compresiones mecánicas, protección renal mediante DBC con perfusión hipotérmica. Y posterior preservación renal.	Remitieron 112 pacientes DANC, aceptándose finalmente 63. Se trasplantaron riñones en 27 pacientes y 31 riñones. Los 31 trasplantados mostraron una tasa de supervivencia del injerto del 89%.	En París, mediante el uso del AutoPulse en donantes en asistolia no controlados, el número de riñones trasplantados aumentó un 10% con una excelente supervivencia del injerto.

Título: Mechanical chest compression: an alternative in helicopter emergency medical services?					
Autor y año	Diseño- Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados	Conclusiones
Gässler H 2015 (20)	Ensayo clínico	Maniquí de resucitación AmbuMan MegaCode Wireless, que fue intubado endotraquealmente y ventilado.	Se utilizó un maniquí de resucitación intubado y ventilado. Se realizó el estudio con tres dispositivos de compresión mecánica, LUCAS® 2, AutoPulse y Animax mono. Se realizaron 10 series con cada uno en un escenario que comprendía la instalación de cada uno, las fases de transporte y carga y 10 minutos de transporte en el helicóptero.	Todos los dispositivos mecánicos se pudieron usar fácilmente en un helicóptero. El grupo LUCAS® 2 fue el único que cumplió con todas las recomendaciones. Realizar compresiones manuales adecuadas del tórax apenas fue posible.	Realizar compresiones manuales en helicóptero apenas es posible y de baja calidad. Si los rescatistas tienen experiencia, los dispositivos mecánicos de compresión del tórax podrían ser preferibles.
Título: LUCAS versus manual chest compression during ambulance transport a hemodynamic study in a porcine model of cardiac arrest.					
Autor y año	Diseño- Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados	Conclusiones
Magliocca A 2019 (21)	Ensayo clínico prospectivo aleatorizado con animales.	Animales: 16 cerdos domésticos machos (34kg) ayunados la noche anterior. Inducidos a anestesia mediante ketamina, propofol y sufentanil.	Los 16 cerdos fueron asignados aleatoriamente en 2 grupos y sometidos a 18 minutos de compresiones torácicas, 8 con manuales y 8 con mecánicas utilizando el dispositivo LUCAS® 2. Se registró continuamente el ECG, la PA, el EtCO2 y la curva de impedancia transtorácica. Se inició con la ambulancia estacionada y luego en movimiento siguiendo el mismo recorrido en todos los casos	La PA, la perfusión coronaria y el EtCO2 fueron significativamente más altos en las compresiones mecánicas. Durante el transporte los animales con CCM mostraron mayor constancia, representando una compresión cardíaca más alta y una menor variabilidad en la curva de impedancia transtorácica.	Este modelo añade evidencia a favor del uso de dispositivos mecánicos para proporcionar compresiones cardíacas continuas de alta calidad y perfusión tisular durante el transporte en ambulancia.

Título: Kidney transplant function using organs from non-heart-beating donors maintained by mechanical chest compressions.					
Autor y año	Diseño-Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados	Conclusiones
Mateos-Rodríguez A 2010 (17)	Estudio observacional retrospectivo.	28 pacientes en un periodo entre enero de 2008 y noviembre de 2009.	La recopilación de datos se obtuvo de la base del servicio de emergencia, historiales clínicos de DANC e información proporcionada por unidades de trasplante sobre la validez de donantes y órganos. Teniendo en cuenta el tipo de órganos y el tipo de compresiones torácicas utilizadas.	En 39 injertos renales trasplantados de donantes que recibieron compresiones torácicas mecánicas, se documentó fracaso primario en los receptores en dos ocasiones (5.1%). Los riñones trasplantados que recibieron compresiones torácicas manuales resultaron en tres fracasos primarios en receptores (9.1%).	La tasa de fracaso primario de los injertos renales en órganos de donantes no fallecidos por paro cardíaco es similar cuando se utilizan dispositivos de compresión torácica manuales o mecánicos durante la reanimación cardiopulmonar, siendo ésta última algo superior.
Título: Análisis de cuatro años de funcionamiento de un programa de donante a corazón parado extrahospitalario.					
Autor y año	Diseño-Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados	Conclusiones
Mateos-Rodríguez A 2010 (18)	Estudio descriptivo retrospectivo.	132 donantes y órganos entre 2005-2009 por el servicio de urgencias médicas de Madrid SUMMA 112.	Se recogieron los siguientes datos: edad, sexo, tiempo de llegada a la asistencia, tiempo de llegada al hospital, número total de órganos donados, tipo de órgano donado y la no donación si ésta existiera.	Se recogieron un total de 132 casos, 356 órganos procedentes de 96 donantes. El 27,3% de los pacientes fueron no válidos	Un programa de estas características consigue un número de órganos para trasplante muy importante que ayuda a disminuir las listas de espera.

Título: Aplicación de cardiocompresores mecánicos en el donante tras una muerte cardiaca extrahospitalaria.					
Autor y año	Diseño-Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados	Conclusiones
Mateos-Rodríguez A 2010 (11)	Estudio descriptivo retrospectivo.	108 donantes y órganos obtenidos durante 2008-2009 por el servicio de urgencias médicas de Madrid SUMMA 112.	Se estudiaron como variables de forma independiente la edad, sexo, tipo de compresiones recibidas, tiempo de llegada a la escena y tiempo desde la alerta hasta la llegada al hospital. Y como variables dependientes donantes válidos, número de órganos y tipo de órganos válidos por donante. Se compararon los resultados de un periodo sin el uso de CCM (2008) y otro periodo usando CCM (2009).	108 casos registrados en total, con un total de 82 donantes válidos. La media de órganos en el periodo sin usar CCM fue de 3.4 órganos por donantes, y en el de CCM fue de 2.9 por donante. No se encuentran diferencias significativas entre ambos grupos.	El número de órganos extraídos y trasplantados por donante es menor con CCM.
Título: Experiencia de un programa de donación en asistolia Maastricht II en una ciudad de pequeño tamaño: resultados preliminares.					
Autor y año	Diseño-Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados	Conclusiones
Miñambres E 2015 (12)	Estudio observacional prospectivo	Pacientes < 55 años fallecidos por parada cardiaca extrahospitalaria.	La asistencia extrahospitalaria fue con cardiocompresor mecánico (LUCAS® 2). El diagnóstico de muerte, la asistencia y preservación de los injertos a donar se realizó íntegramente en la UCI.	De 11 potenciales donantes, 7 fueron donantes utilizados con edad mediana de 39,5 años. Se realizaron 5 trasplantes de pulmón, 4 trasplantes renales, además de córneas y tejidos. Los donantes no válidos se debieron a problemas técnicos.	Un programa Maastricht II en una ciudad pequeña es viable. La potencialidad es mejora al disponer de cardiocompresores mecánicos en todas las ambulancias. El tratamiento íntegro del donante en la UCI reduce los tiempos de isquemia.

Título: Successful kidney transplantation from donation after cardiac death using a load-distributing-band chest compression device during long warm ischemic time.					
Autor y año	Diseño-Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados	Conclusiones
Morozumi J 2009 (5)	Estudio observacional: Reporte de casos	Paciente de 61 años que ingresó en emergencias con un paro cardíaco.	Tras el ingreso al paciente se le realizaron compresiones torácicas mecánicas con AutoPulse. Tras obtener el consentimiento para la donación ocurrió el paro cardíaco. Y durante los 90 minutos posteriores en los que se realizaron todos los procedimientos necesarios hasta la obtención de los órganos el paciente se realizaron compresiones torácicas con AutoPulse manteniendo una PAS de 90 mmHg.	Los riñones se trasplantaron a dos pacientes de 31 y 53 años y ambos presentaron buena tolerancia y viabilidad gracias al mantenimiento de una presión aórtica adecuada. Ya que el AutoPulse demostró un aumento de la presión aórtica máxima sobre las compresiones manuales.	Tras la experiencia con estos casos se ha recomendado el uso de la máquina automatizada de RCP para la donación renal post mortem como técnica para mantener una presión aórtica adecuada para el flujo sanguíneo renal.
Título: Application of an automated cardiopulmonary resuscitation device for kidney transplantation from uncontrolled donation after cardiac death donors in the emergency department.					
Autor y año	Diseño-Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados	Conclusiones
Murozumi J 2010 (15)	Estudio observacional retrospectivo	El estudio involucró a 7 donantes que sufrieron un paro cardíaco no controlado.	Se realizó un estudio sobre 7 casos de donantes tras muerte cardíaca, involucrando 14 riñones. Se dividió el estudio en receptores del Grupo A, que recibieron riñones de pacientes tras asistolia controlada y el Grupo B, de donantes receptores de riñones tras asistolia no controlada, con compresiones mecánicas utilizando un dispositivo AutoPulse.	Los receptores del Grupo A fueron 10 personas y 10 riñones. Los del Grupo B fueron 4 receptores y 4 riñones. Hubo diferencias significativas en cuanto al tiempo de isquemia cálida de ambos grupos, siendo de 6.4 minutos en el grupo A y de 91 minutos en el grupo B.	Las conclusiones respecto a los sistemas de compresión torácica mecánicos fue, que la disposición inmediata de éstos puede proporcionar una mejora significativa para la obtención de riñones en situaciones DANC.

Título: Successful transplantation of LUCAS device assisted uncontrolled DCD kidneys with prolonged relative warm ischemia time: An underutilized option in North America.					
Autor y año	Diseño-Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados	Conclusiones
Nagaraju S 2023 (13)	Estudio observacional: Reporte de casos	Se analizaron 3 casos de donantes de órganos. De los cuales se trasplantaron 4 órganos que fueron a 4 donantes distintos.	Todos los casos fueron donantes que tras el paro cardíaco y la realización de RCP infructuosa, fueron declarados muertos y aptos para ser donantes de órganos. Todos los procedimientos de compresión torácica fueron realizados con el dispositivo LUCAS® 2, con el que se mantuvieron las compresiones hasta la donación del órgano en el quirófano.	Del primer donantes e trasplantaron ambos riñones y de los otros dos los riñones izquierdos de ambos. Hubo una supervivencia del injerto y del paciente del 100% al finalizar el primer año. Tras los 15 meses post-trasplante todos con la función renal estable.	Los riñones de donantes tras muerte cardiaca no controlados son una fuente viable para el trasplante. Y la utilización de compresiones torácicas mecánicas en situaciones DANC con un tiempo de isquemia cálida prolongado puede disminuir la trombosis.
Título: Standardized post-resuscitation damage assessment on two mechanical chest compression devices: a prospective randomized large animal trial.					
Autor y año	Diseño-Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados	Conclusiones
Ruemmler R 2021 (22)	Ensayo prospectivo aleatorizado.	Dieciocho cerdos machos de raza alemana.	Se introdujo fibrilación ventricular a los animales y fueron asignados en dos grupos aleatoriamente. La RCP mecánica se llevó a cabo mediante dispositivo LUCAS® 2 (grupo 1) y Corpuls cpr (Grupo 2). Se realizaron 10 ciclos de RCP.	Solo los animales del grupo 1 reanimados con LUCAS® 2 recuperaron la circulación espontánea. Mostrando mejor calidad de reanimación en cuanto a compresiones y una derivación pulmonar menor.	El dispositivo LUCAS® 2 muestra mejores resultados de reanimación y menos lesiones torácicas en comparación con Corpuls cpr cuando se usa para la RCP experimental en cerdos jóvenes.

Título: Refractory cardiac arrest in a rural area: mechanical chest compression during helicopter transport.					
Autor y año	Diseño-Nivel de evidencia	Población	Metodología	Resultados	Conclusiones
Tazarourte K 2013 (16)	Estudio observacional retrospectivo.	Durante el periodo del estudio se transportaron 27 pacientes con paro cardíaco extrahospitalario de los cuales 13 fueron referidos para donación de órganos (DANC)	Se llevó a cabo en dos distritos rurales en Francia. Se registraron datos de pacientes con criterios prehospitalarios para CCM que fueron transportados al hospital en helicóptero y recibieron compresión mecánica del tórax durante un período de 2 años.	Se remitieron 27 pacientes para CCM, de los cuales 13 para preservación de órganos. La distancia de transporte mediana fue de 37 km. Se recuperó el hígado y los riñones de un paciente. Y de los 13 pacientes remitidos para donación de órganos, se recuperaron 18 riñones en nueve pacientes, de los cuales se trasplantaron con éxito seis riñones.	Se destaca el interés de las técnicas de CCM con un medio de transporte rápido (helicóptero) para referir pacientes con paro cardíaco refractario. Con este enfoque, el número de estos pacientes fuera del hospital para CCM podría aumentar considerablemente. Y teniendo en cuenta también las situaciones de DANC.

DISCUSIÓN

Con el objetivo de realizar esta revisión y obtener respuesta a la pregunta de investigación, se han examinado 15 estudios publicados en los últimos 15 años, que determinan los componentes que influyen en la decisión sobre qué tipo de compresión torácica aplicar en situaciones de donación en asistolia no controlada, técnica que se incluye en los protocolos de este tipo de situaciones con los pacientes que cumplan los criterios para ser candidatos a donantes de órganos. Entre los estudios seleccionados se encuentran diferentes metodologías, puesto que una parte de los artículos se centran en comparar directamente los sistemas de compresión torácica mecánicos con las compresiones manuales en situaciones DANC (9, 10, 11) tanto dispositivo LUCAS® 2 como Autopulse. Otros estudios son artículos que evalúan la implementación de compresiones con sistemas mecánicos en programas o situaciones DANC, algunos de ellos utilizando LUCAS 2 (12, 13) otros con Autopulse (5, 14, 15, 16) y otros ambos dispositivos (17, 18). Y por último se han incluido 4 ensayos clínicos que evalúan los diferentes beneficios de las compresiones mecánicas en varias situaciones comparando LUCAS® 2 con las compresiones manuales (19, 20, 21, 22).

Esta revisión bibliográfica tiene ciertas limitaciones debido sobre todo a la calidad metodológica de los artículos utilizados, ya que varios de ellos son estudios observacionales, lo que limita al investigador a únicamente medir las variables que define en el mismo, y entre ellos la mayoría de carácter retrospectivo, lo que indaga sobre hechos ya ocurridos de una situación bastante concreta. Además la heterogeneidad y complejidad que supone una situación en la que se decide donar órganos tras una asistolia no controlada, los múltiples criterios de inclusión que deben cumplir los pacientes para poder ser elegidos como donantes y los múltiples factores que pueden influir en la viabilidad del trasplante constituyen una seria dificultad al querer comparar resultados entre sí. Por ello se han incluido también estudios que evalúan la funcionalidad de los sistemas mecánicos en general, y no solamente en situaciones de donación, que pudieran ayudar en la investigación y sacar mejores conclusiones.

Un estudio realizado en Madrid durante los años 2008 y 2009 respaldó los beneficios de las compresiones manuales en situaciones DANC, Mateos et al., 2010 (11) concluyó que el número de órganos trasplantados totales utilizando compresiones mecánicas era menor que tras aplicar compresiones manuales. Además, en la discusión, se remarca la complejidad de hallar buenas relaciones entre los tipos de compresión y la cantidad de órganos donados, principalmente debido a las numerosas variables que influyen en casos como estos, y más siendo un estudio con pocos casos en el que únicamente se utilizaron cardiocompresores en la segunda mitad de éste.

Sin embargo, varios estudios posteriores, que han sido identificados en esta revisión, respaldan los beneficios en sus resultados de las compresiones mecánicas sobre las manuales, tras analizar la implementación de sistemas de cardiocompresión en programas DANC. El estudio ambispectivo de Carmona et al., 2012 (10) analizó el efecto del compresor

torácico LUCAS® en cuanto a obtención, perfusión y trasplante de riñones durante el transporte al hospital de donantes en asistolia. En este estudio se tuvo en cuenta que una de las alternativas para reducir listas de espera para trasplante eran los donantes en asistolia, clasificados como tipo Ila de Maastrich [Figura 3], es decir, donantes en asistolia en medio extrahospitalario. Para ello en el estudio de Carmona et al. 2012 (10) se llevó a cabo mediante el protocolo de donación en asistolia CatAsistol (código 3.03) ver en [Anexo 1], con el objetivo de mantener así los órganos con una perfusión adecuada, favoreciendo su preservación. Carmona et al. 2012 (10) comparó la aplicación de compresiones manuales y mecánicas. Durante el periodo del estudio 112 pacientes fueron trasladados con RCP manual y 91 utilizando el dispositivo LUCAS®, observando un aumento en la tasa de donantes reales del 4.4% al utilizar compresiones mecánicas con LUCAS®, aun teniendo un tiempo de RCP avanzada extrahospitalaria de 13.4 minutos mayor que en el grupo con compresiones manuales. Además, el grupo LUCAS® se asoció con un aumento de la tasa de riñones trasplantados con éxito y a una disminución del 32.9% de los riñones descartados por mala perfusión durante el traslado. Por lo que uno de los beneficios de este tipo de compresiones, corroborado por los autores del estudio, es la mejora en la perfusión de los órganos de los pacientes trasladados con LUCAS®. A conclusiones similares llegó también Cardenete et al. 2019 (9) años después tras un estudio de 10 años en la Comunidad de Madrid, España. Que tras un estudio observacional con 458 donantes efectivos, el uso de cardiocompresión mecánica aumentó la preservación de los órganos de los donantes válidos, obteniendo de forma general más órganos extraídos válidos que en el grupo que recibió compresiones manuales. Principalmente cuando se extraían más de tres órganos del mismo donantes y sobre todo respecto a los injertos hepáticos, ya que en el grupo con compresiones manuales no se consiguió trasplantar ningún hígado, frente a los 21 que se consiguieron salvar de los donantes trasladados con compresiones mecánicas. Siendo este último dato bastante importante teniendo en cuenta que el tejido hepático es uno de los que más sufre la isquemia, por lo que la correcta perfusión de hígado es clave para su preservación.

Por otro lado, encontramos estudios en los que se analizaron programas y casos DANC donde se decidió implementar el uso de cardiocompresores mecánicos. Miñambres et al. 2015 (12) analizó la implementación de un programa de donación en asistolia (Maastricht II) [Figura 3]. Este programa tenía la característica diferencial en que los procedimientos de diagnóstico y preservación de órganos se realizaban directamente en la UCI, sin pasar por urgencias, ya que uno de los objetivos del programa era reducir lo máximo posible el tiempo de isquemia caliente de los injertos. Teniendo en cuenta su objetivo, Miñambres et al. 2015 (12) concluye que uno de los factores más importantes era la disposición de cardiocompresores mecánicos (LUCAS® 2) en todas las UVI móviles, ya que al tratarse de paciente multimonitorizados, estos sistemas fueron claves para reducir y facilitar al máximo los traslados intrahospitalarios a la vez que recibían compresiones torácicas de calidad. Reduciendo así los tiempos de isquemia y mejorando los resultados postrasplante. También encontramos casos de trasplantes de riñones bastante recientes, como los reportados por Nagaraju et al. 2023 (13),

en los que las compresiones torácicas se mantuvieron con el LUCAS® 2, y tras el estudio de éstos proponen su utilización para casos DANC como los descritos en el artículo, ya que observaron que su uso puede prevenir la trombosis de los vasos principales, garantizando así una mejora de la perfusión renal durante la adquisición de órganos.

De la misma manera, encontramos protocolos en los que el dispositivo utilizado es el AutoPulse, que a diferencia del mecanismo de pistón que emplea LUCAS®, se trata de un dispositivo con banda de distribución de carga que incorpora una bomba cardiaca y torácica. Un estudio prospectivo, realizado en Francia, con el objetivo de analizar la viabilidad de un programa piloto de DANC para la recuperación de riñones. En este estudio llevado a cabo por Fieux et al. 2009 (14), se registraron 122 posibles donantes, de los cuales 56 cumplieron con los criterios para ser donantes. Finalmente se recuperaron 31 riñones de 27 pacientes. El autor describió los protocolos como muy desafiantes debido a la logística, la coordinación y las intervenciones de los protocolos de protección renal, por ello, cuando los pacientes cumplían con los criterios de inclusión, eran mantenidos con compresiones mecánicas mediante AutoPulse, lo que facilitó el trabajo de los equipos de emergencias. Esto demostró un aumento del 10% en la tasa de trasplante de riñones durante el periodo de estudio, y resultados excelentes en las funciones renales de los trasplantes tras un seguimiento de 6 meses. Encontramos otros estudios que fueron realizados en los mismos años que el anterior pero en Japón. En uno de éstos, Morozumi et al. 2009 (5) analizó un caso de donación de riñones en asistolia no controlada en el que para acortar el tiempo isquémico cálido y para mantener un flujo sanguíneo renal adecuado durante este tiempo se decidió utilizar AutoPulse para garantizar unas compresiones de calidad y sin interrupciones. Las compresiones se mantuvieron durante todos los procedimientos, ya que fueron necesarias para el mantenimiento de la perfusión sanguínea, y se observó que se consiguió mantener una PAS media de 90 mmHg. Esto contribuyó al mantenimiento de una buena función renal postrasplante y tras tres meses no requirieron tratamiento de diálisis. Un año después, el mismo investigador realizó otro estudio, en éste, Morozumi et al. 2010 (15) describe el estudio de un programa que involucró, en uno de los grupos, a 7 donantes de los cuales se obtuvieron 14 riñones para 14 receptores. Los datos a analizar fueron el tiempo de isquemia cálida, los tiempos totales de isquemia y la viabilidad o rechazo de los órganos. Morozumi et al. 2010 (15) destaca la importancia de realizar compresiones torácicas continuas para mantener la perfusión renal durante todos los procedimientos post-mortem, es por ello que la incorporación de un dispositivo AutoPulse y su disponibilidad inmediata para la reanimación permitió mantener una PAS en un rango medio de 86 mmHg en el grupo de donantes en los que se utilizó, ya que permitió a los sanitarios proporcionar compresiones sin interrupciones y de calidad, manteniendo así una buena perfusión de los órganos durante todo el proceso de traslado. Y a pesar de que los órganos trasplantados del grupo con AutoPulse sufrieron tiempos de isquemia significativamente más largos que el otro grupo, todos los injertos fueron viables y tras los 2 meses ninguno requería tratamiento de diálisis.

Hay programas en los que se ha estudiado el dispositivo LUCAS® 2 y otros el AutoPulse, pero también encontramos estudios en los que los protocolos incluyen ambos sistemas. Mateos et al. 2010 (17) realizó un estudio descriptivo sobre el funcionamiento de un programa de DANC que se llevó a cabo a lo largo de 4 años. Éste involucró 132 casos, de los cuales 96 fueron donantes de los que se obtuvieron 356 órganos. Como en casos vistos anteriormente, el investigador menciona la importancia de controlar los tiempos de isquemia cálidos tras RCP infructuosa, donde entran en juego las compresiones torácicas con objetivo de mantener los órganos perfundidos y viables. Para asegurar su mayor calidad y optimizar lo máximo posible la RCP avanzada se utilizó dispositivos de cardiocompresión mecánica, reduciendo a su vez el factor de parada “incontrolada” de estas situaciones. Mateos et al. 2010 (17) define de exitoso y viable el programa, ya que ayudó a aumentar el “pool” de donantes, disminuyendo listas de espera, ya que casi el 80% de los pacientes atendidos por el programa fueron donantes válidos de 1 o más órganos. Ese mismo año, en otro estudio realizado por el mismo investigador, Mateos et al. 2010 (18) analizó un programa DANC de trasplante de riñones en el que afirmó que los dispositivos mecánicos facilitaban el transporte del paciente, permitiendo disminuir el trabajo físico de los sanitarios para las compresiones torácicas, minimizando así lesiones en los rescatadores durante los traslados en ambulancia. Además de garantizar una mejor perfusión de los órganos y ayudando a minimizar las interrupciones de las compresiones.

Para ampliar la investigación, se decidió incluir en la revisión estudios en los que se evaluaran las compresiones manuales y las mecánicas directamente en ensayos clínicos, para poder comprobar si coinciden con los beneficios que se observaron en los estudios anteriores sobre los programas de donación de órganos. Entre ellos, encontramos dos ensayos clínicos recientes que comparan los sistemas de compresión con la RCP manual en modelos animales monitorizados durante todo el estudio. Magliocca et al. 2019 (21) realizó un estudio para comparar el soporte hemodinámico capaz de proporcionar las compresiones manuales frente al sistema LUCAS® 2 durante el transporte en ambulancia en un modelos porcino. Se dividió a los 16 cerdos en dos grupos aleatorios, cada uno asignados a un tipo de compresiones torácicas, y en los que se iniciaba la reanimación primero con la ambulancia parada y luego iniciando el movimiento, siguiendo el mismo recorrido en todas las pruebas. Los animales estuvieron monitorizados durante todo el ensayo, centrándose principalmente en el ECG, la PA y auricular derecha, CO2 expirado y la curva de impedancia transtorácica. Tras los ensayos, Magliocca et al. 2019 (21) no encontró diferencias tan significativas en los primeros 3 minutos de la reanimación, con la ambulancia parada, pero con el inicio del movimiento los sistemas mecánicos destacaron notablemente. El LUCAS® 2 permitió un soporte hemodinámico y una perfusión sistémica significativamente mayor, como se observó por una mayor presión de perfusión coronaria y tisular, una presión arterial mayor y más estable y una mayor constancia en las compresiones, ya que se registró una curva de impedancia mucho menor que en las compresiones manuales. Además, Magliocca et al. 2019 (21) describió las compresiones manuales como físicamente muy exigentes e imprácticas cuando la ambulancia está en

movimiento, ya que los cambios repentinos de velocidad aumentan las vibraciones y, junto con el espacio reducido, induce a movimientos innecesarios y esfuerzos añadidos para los socorrista, lo que termina provocando compresiones ineficaces, interrupciones de la reanimación y un riesgo para los reanimadores. Cosas que con la utilización de sistemas mecánicos son fácilmente controlables. Conclusiones similares obtuvo Ruemmler et al. 2021 (22) unos años después en un estudio realizado también con cerdos, en el que destacó el sistema LUCAS® 2 mostrando mejores resultados de reanimación y menos lesiones torácicas.

El flujo sanguíneo y el mantenimiento de una presión arterial elevada son factores mencionados en varios de los artículos anterior como relevantes para favorecer una correcta perfusión de los tejidos de donante, ya que favorece la preservación de los órganos que van a ser trasplantados. Carmona et al. 2011 (19) hizo un pequeño estudio con varios pacientes que fueron sometidos tanto a compresiones manuales como a torácicas, y estudiar el flujo sanguíneo cerebral de ambos grupos. El investigador concluyó que los sistemas de compresión mecánica utilizados, LUCAS® 2, mejoraban el flujo sanguíneo cerebral respecto a las compresiones manuales.

Finalmente se incluyeron estudios en los que se evaluaron los tipos de compresiones en situaciones DANC realizadas durante el transporte en vehículos sanitarios menos convencionales, como los helicópteros sanitarios, trasportes muy utilizados para transporte de pacientes en zonas de difícil acceso para las ambulancias o zonas rurales muy alejadas de los hospitales de referencia. Uno de ellos, llevado a cabo por Tazarourte et al. 2013 (16), evaluó el uso de AutoPulse en un programa de 2 años en los que se trasladó a 27 pacientes de zonas rurales mediante helicóptero y utilizando éste sistema de compresión torácica mecánica, 13 de éstos con el objetivo de donación de órganos. En este programa el dispositivo AutoPulse fue considerado necesario por el médico de emergencias, teniendo en cuenta las circunstancias del transporte y de los paros cardiacos. Tazarourte et al. 2013 (16) concluyó que el uso del dispositivo mecánico permitió realizar una reanimación adecuada en vuelo, y con una calidad que mediante compresiones anuales hubiese sido difícilmente igualable, ya que debido al espacio limitado del que dispone un helicóptero y la dificultad de mantener unas compresiones de calidad durante mucho tiempo resultan una limitación importante para este tipo de situaciones. Apoyando estas conclusiones, un ensayo clínico, realizado por Gässler et al. 2015 (20), con un maniquí de resucitación intubado y ventilado. Se realizó el estudio con tres dispositivos de compresión mecánica, LUCAS® 2, AutoPulse y Animax mono. Se realizaron 10 series con cada uno en un escenario que comprendía la instalación de cada uno, las fases de transporte y carga y 10 minutos de transporte en el helicóptero. Las compresiones manuales resultaron muy dificultosas de realizar para los reanimadores y el sistema que mejor cumplió los requisitos del programa fue el LUCAS® 2. Tras el estudio Gässler et al. 2015 (20) concluyó que realizar compresiones manuales del tórax durante el transporte en helicóptero de rescate apenas es posible y de baja calidad. Si los rescatistas tienen experiencia, los dispositivos mecánicos de compresión del tórax son preferibles.

CONCLUSIONES

La donación de órganos es, para muchos pacientes, el tratamiento que les cambia e incluso salva la vida, pero para muchos otros esta solución nunca llega o llega demasiado tarde. Incluso en España, siendo uno de los países más importantes respecto a los avances en donación de órganos y el segundo país donde más trasplantes se llevan a cabo, con cifras en aumento cada año; las largas listas de espera causadas por la diferencia entre los órganos disponibles y su demanda, llegan a provocar que muchos de los pacientes mueran antes de recibir su trasplante. Lo que lleva a considerar e implementar programas de donación como la DANC, protocolos en los que el traslado de los pacientes y la compresión torácica son elementos decisivos para garantizar la viabilidad de los órganos que se requiera rescatar para su trasplante. Ya ha sido demostrado que la implementación de los programas DANC ha permitido que la cantidad de órganos disponibles haya aumentado, disminuyendo así la lista de espera. Pero también es importante mencionar que estos protocolos han tenido éxito gracias a su diseño, recursos que se destinan a estos y las metodologías de trabajo de los servicios de emergencia, encontrando entre estos factores las compresiones torácicas y de qué forma se ejecutan.

Con lo mencionado anteriormente y con el balance de los datos obtenidos, podemos concluir que el mantenimiento de compresiones torácicas durante todos los procesos por los que pasa el donante, desde que finaliza la reanimación hasta que se trasplantan los órganos, son claves para el mantenimiento de los éstos, sobre todo si se utilizan sistemas de compresión torácica mecánicos como el LUCAS® 2 o AutoPulse. Ya que, respecto a las compresiones realizadas de forma manual, estos sistemas han demostrado mayor efectividad y viabilidad de los órganos, además de tasas de rechazo por mala perfusión más bajas. Esto se debe a que, en los artículos estudiados, las compresiones mecánicas han demostrado mejorar significativamente la perfusión de los tejidos, gracias al mantenimiento de una presión arterial estable y elevada, reduciendo los tiempos de isquemia que sufren los órganos. Y todo eso gracias a que, a diferencia de las compresiones manuales, estos sistemas permiten que las compresiones sean de mayor calidad y no pierdan efectividad a medida que pasa el tiempo, se realicen sin interrupciones y que faciliten el transporte, tanto extrahospitalario mediante vehículos sanitarios como ambulancias o helicópteros, como intrahospitalario mientras se prepara el trasplante.

Por ello concluimos, respondiendo a la pregunta de investigación, que utilizar sistemas de compresión torácica mecánicos son un recurso capaz de mejorar los resultados de los programas de donación en asistolia no controlada. Finalmente, es conveniente mencionar que debido a ser un tema poco estudiado y que los tipos de metodología y limitaciones que presentaban varios de los estudios, hace que no se puedan sacar conclusiones tan precisas y definitivas. Por ello creemos que se debería seguir estudiando y realizando estudios que puedan arrojar luz sobre qué tipo de compresiones torácicas son más convenientes cuando se presenta una situación de donación de órganos en asistolia no controlada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. del Río Gallegosa F, Escalante Cobo JL, Núñez Pena JR, Calvo Manuel E. Donación tras muerte cardíaca. Parada cardíaca en el mantenimiento del donante en muerte encefálica. *Med Intensiva* [Internet]. 2009 [citado el 2 de diciembre de 2023];33(7):327-335. Disponible en: [Medicina Intensiva \(medintensiva.org\)](http://www.medintensiva.org)
2. Domínguez-Gil B, Coll E, Marazuela R, et al. PLAN ESTRATÉGICO EN DONACIÓN Y TRASPLANTE DE ÓRGANOS 2018-2022. Sistema Español de Donación y Trasplante. Organización Nacional de Trasplantes. 2018 [citado el 3 de diciembre de 2023]; 8-9. Disponible en: <https://www.ont.es/wp-content/uploads/2023/06/PLAN-ESTRATEGICO-DONACION-Y-TRASPLANTE-DE-ORGANOS-2018-2022.pdf>
3. ONT: Organización Nacional de Trasplantes. Memoria actividad en donación de trasplante España 2022 [Internet]. España 2022 [citado el 4 de diciembre de 2023]. Disponible en: <https://www.ont.es/wp-content/uploads/2023/06/DONACION-Y-TRASPLANTE-GENERAL-2022.pdf>
4. Matesanz R, Coll, Domínguez Gil B, Perojo L, et al. DONACIÓN EN ASISTOLIA EN ESPAÑA: SITUACIÓN ACTUAL Y RECOMENDACIONES. Organización Nacional de Trasplantes. 2012 [citado el 4 de diciembre de 2023]; 11-20. Disponible en: <https://www.ont.es/wp-content/uploads/2023/06/Doc-de-Consenso-Nacional-sobre-Donacion-en-Asistolia.-Ano-2012.pdf>
5. Morozumi J, Sakurai E, Matsunoc N, Ito M, Yokoyamaa T, Ohtaka Y, et al. Successful kidney transplantation from donation after cardiac death using a load-distributing-band chest compression device during long warm ischemic time. *Resuscitation*. 2009;80:278–280. Disponible en: [https://www.resuscitationjournal.com/article/S0300-9572\(08\)00735-1/abstract](https://www.resuscitationjournal.com/article/S0300-9572(08)00735-1/abstract)
6. Axelsson C, Karlsson T, Axelsson AB, Herlitz J. Mechanical active compression-decompression cardiopulmonary resuscitation (ACD-CPR) versus manual CPR according to pressure of end tidal carbon dioxide (PETCO₂) during CPR in out-of-hospital cardiac arrest (OHCA). *Resuscitation*. 2009;80(10):1099–103.
7. Putzer G, Braun P, Zimmermann A, Pedross F, Strapazzon G, Brugger H, Paal P (2013) LUCAS compared to manual cardiopulmonary resuscitation is more effective during helicopter rescue—a prospective, randomised, cross-over manikin study. *Am J Emerg Med*. 2013;31:384–389. doi:10.1016/j.ajem.2012.07.018
8. Duchateau FX, Gueye P, Curac S, Tubach F, Broche C, Plaisance P, et al. Effect of the AutoPulse automated band chest compression device on hemodynamics in out-of-hospital cardiac arrest resuscitation. *Intensive Care Med*. 2010;36(7):1256–60.

9. Cardenete Reyes C, Cintora Sanz AM, Mateos Rodríguez A, Cardós Alonso C, Pérez Alonso AM. Análisis de la donación en asistolia no controlada durante 10 años en la Comunidad de Madrid. *Emergencias* 2019;31:252-256. Disponible en: <https://revistaemergencias.org/numeros-anteriores/volumen-31/numero-4/analisis-de-la-donacion-en-asistolia-no-controlada-durante-10-anos-en-la-comunidad-de-madrid/>
10. Carmona Jiménez F, Ruiz Arráns A, Palma Padró P, Soto García A, Alberola Martín M, Saavedra Escobar S. Utilización de un compresor torácico mecánico (LUCAS®) en un programa de donación en asistolia: efecto sobre la perfusión de los órganos y la tasa de trasplante. *Emergencias* 2012; 24: 366-371. Disponible en: <https://revistaemergencias.org/numeros-anteriores/volumen-24/numero-5/utilizacion-de-un-compresor-toracico-mecanico-lucas-en-un-programa-de-donacion-en-asistolia-efecto-sobre-la-perfucion-de-los-organos-y-la-tasa-de-trasplante/>
11. Mateos Rodríguez AA, Navalpotro Pascual JM, Martín Maldonado ME, Barba Alonso C, Pardillos Ferrer L, Andrés Belmonte A. Aplicación de cardiocompresores mecánicos en el donante tras una muerte cardiaca extrahospitalaria. *Emergencias*. 2010;22:264-8. Disponible en: <https://revistaemergencias.org/numeros-anteriores/volumen-22/numero-4/aplicacion-de-cardiocompresores-mecanicos-en-el-donante-tras-una-muerte-cardiaca-extrahospitalaria/>
12. Miñambres E, Suberviola B, Guerra C, Lavid N, Lassalle M, González-Castro MA, Ballesteros MA. Experiencia de un programa de donación en asistolia Maastricht II en una ciudad de pequeño tamaño: resultados preliminares. *Med Intensiva*. 2015;39(7):433-441. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0210569114002162?via%3Dihub>
13. Nagaraju S, Savilla R, Moore M, Jones A, Africa J. Successful transplantation of LUCAS device assisted uncontrolled DCD kidneys with prolonged relative warm ischemia time: An underutilized option in North America. *Clinical Transplantation*. 2023;37. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/ctr.15058>
14. Fieux F, Losser MR, Bourgeois E, Bonnet F, Marie O, et al. Kidney retrieval after sudden out of hospital refractory cardiac arrest: a cohort of uncontrolled non heart beating donors. *Critical Care* 2009, 13:R141. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/cc8022>
15. Morozumi J, Matsuno N, Sakurai E, Nakamura Y, Arai A, Ohta S. Application of an automated cardiopulmonary resuscitation device for kidney transplantation from uncontrolled donation after cardiac death donors in the emergency department. *Clin Transplant* 2010; 24: 620–625. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.1399-0012.2009.01140.x>
16. Tazarourte K, Sapir D, Laborne FX, Briole N, Letarnek JY, Atchabahian A, Cornu JF, Monchi M, Jabre P, Combes X. Refractory cardiac arrest in a rural area: mechanical chest compression during helicopter transport. *Acta Anaesthesiol Scand* 2013; 57: 71–76. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.1399-6576.2012.02759.x>

17. Mateos Rodríguez A, Cepas Vázquez J, Navalpotro Pascual JM, et al. Análisis de cuatro años de funcionamiento de un programa de donante a corazón parado extrahospitalario. *Emergencias* 2010;22:96-100. Disponible en: <https://revistaemergencias.org/numeros-anteriores/volumen-22/numero-2/analisis-de-cuatro-anos-de-funcionamiento-de-un-programa-de-donante-a-corazon-parado-extrahospitalario/>
18. Mateos Rodríguez A, Pardillos Ferrer L, Navalpotro Pascual JM, Barba Alonso C, Martín Maldonado ME, Andrés Belmonte A. Kidney transplant function using organs from non-heart-beating donors maintained by mechanical chest compressions. *Resuscitation* 81 (2010) 904–907. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2010.04.024>
19. Carmona Jiménez F, Palma Padró P, Soto García A, Rodríguez Venegas JC. Flujo cerebral medido por doppler transcraneal durante la reanimación cardiopulmonar con compresiones torácicas manuales o realizadas por un compresor torácico mecánico. *Emergencias* 2011; 24: 47-49. Disponible en: <https://revistaemergencias.org/numeros-anteriores/volumen-24/numero-1/flujo-cerebral-medido-por-doppler-transcraneal-durante-la-reanimacion-cardiopulmonar-con-compresiones-toracicas-manuales-o-realizadas-por-un-compresor-toracico-mecanico/>
20. Gässler H, Kümmerle S, Ventzke M, Lampl L, Helm M. Mechanical chest compression: an alternative in helicopter emergency medical services? *Intern Emerg Med* (2015) 10:715–720. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11739-015-1238-0>
21. Magliocca A, Olivari D, De Giorgio D, et al. LUCAS Versus Manual Chest Compression During Ambulance Transport: A Hemodynamic Study in a Porcine Model of Cardiac Arrest. *J Am Heart Assoc.* 2019 Jan 8;8(1). Disponible en: <https://doi.org/10.1161/jaha.118.011189>
22. Ruemmler R, Stein J, Duenges B, Renz M, Hartmann EK. Standardized post-resuscitation damage assessment of two mechanical chest compression devices: a prospective randomized large animal trial. *Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine* (2021) 29:79. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s13049-021-00892-4>

ANEXOS

Anexo 1: Protocolo CatAsistol (código 3.03).

Características del protocolo CatAsistol (código 3.03)

Criterios de activación del Código 3.03

- Edad entre 14 y 65 años (ambos incluidos).
- Intervalo desde la PCR hasta el inicio de la RCP menor o igual a 15 minutos.
- Ausencia de latido efectivo tras 30 minutos de RCP o presencia de lesiones incompatibles con la vida.
- Menos de 60 minutos de inestabilidad hemodinámica previa a la PCR.
- Ausencia de dificultades técnicas.
- Ausencia de los siguientes criterios de exclusión:
 - Contraindicaciones absolutas para la donación (neoplasia, SIDA/VIH+, sepsis, adicción a drogas intravenosas).
 - Presencia o sospecha de criminalidad o muerte violenta no clarificada.
 - Dificultades técnicas:
 - Saturación del hospital receptor o simultaneidad.
 - Imposibilidad para realizar maniobras de RCP adecuadamente durante el traslado.
 - Tiempo desde la PCR hasta la llegada al hospital mayor de 90 minutos.

Procedimientos del código 3.03 hasta la transferencia del paciente

- Compresiones torácicas ininterrumpidas a una frecuencia de 100 por minuto.
 - Ventilación mediante intubación orotraqueal y balón resucitador con reservorio, a una frecuencia de 15 por minuto, con FiO₂ de 1.
 - Administración de pantoprazol 40 mg e.v.
 - Supresión de la administración de fármacos para la resucitación.
-