

ADVERTIMENT. L'accés als continguts d'aquesta tesi queda condicionat a l'acceptació de les condicions d'ús estableties per la següent llicència Creative Commons:  <https://creativecommons.org/licenses/?lang=ca>

ADVERTENCIA. El acceso a los contenidos de esta tesis queda condicionado a la aceptación de las condiciones de uso establecidas por la siguiente licencia Creative Commons:  <https://creativecommons.org/licenses/?lang=es>

WARNING. The access to the contents of this doctoral thesis is limited to the acceptance of the use conditions set by the following Creative Commons license:  <https://creativecommons.org/licenses/?lang=en>

**Análisis de la implementación de
un programa de reanimación
cardiopulmonar extracorpórea en
un hospital de tercer nivel**

Tesis doctoral

Autor:
Eduard Argudo Serra

Directores:
Jordi Riera del Brío
Ricard Ferrer Roca

Tutor:
Ricard Ferrer Roca

Programa de doctorado en Medicina
Departamento de Medicina
Universitat Autònoma de Barcelona
2024

“Dentro de 20 años estarás más decepcionado por las cosas que no hiciste que por las que hiciste. Así que suelta amarras, navega lejos de puerto seguro, atrapa los vientos alisios en tus velas. Explora. Sueña. Descubre”

H. Jackson Brown Jr.

AGRADECIMIENTOS

A nuestros pacientes y sus familias que dan sentido a todo lo que hacemos .

A todos los profesionales del Hospital Universitari Vall d'Hebron que han dado todo de sí para hacer que este programa de reanimación cardiopulmonar extracorpórea sea una realidad.

A los compañeros del servicio de medicina intensiva del Hospital Germans Trias i Pujol por enseñarme a ser intensivista.

A los profesionales del SEM que se esfuerzan cada día para dar a sus pacientes una nueva oportunidad. A Quim, por ser el primero en creer en la ECPR; a Jorge y a Xavi por hacer que un proyecto nacional de ECPR sea finalmente una realidad.

A todos los compañeros del Servicio de Medicina Intensiva del Hospital Vall d'Hebron que me aguantan cada día.

A las enfermeras del equipo de ECMO, su esfuerzo y sus capacidades marcan la diferencia. Sin ellas, nada de todo esto sería posible. Y a Bet, sense tu tot seria molt més difícil.

A los "C", que son extraordinarios y hacen cosas extraordinarias.

A Esther, por hacerme enamorar de la simulación clínica y enseñarme tanto.

A María, por estar siempre ahí, confiar en mí y acompañarme a surcar los mares.

A Jordi y a Ricard, por creer en mí des de un primer momento, apoyarme y no cortarme las alas. Por decirme "hazlo" cuando planteaba desarrollar lo que parecía imposible.

A la meva mare i al meu germà. Al meu pare, estaria molt orgullós de mi.

A l'Oriol, per tot.

ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

24/7: 24h al día, los 7 días de la semana.

AESP: actividad eléctrica sin pulso.

AHA: *American Heart Association*.

BCPIAo: balón de contrapulsación intraaórtico.

CEC: circulación extracorpórea.

CO₂: dióxido de carbono

CoSTR: *Consensus on Science with Treatment Recommendations*.

CPC: *Cerebral Performance Category scale*.

DAC: donación en asistolia controlada.

DANC: donación en asistolia no controlada.

DEA: desfibrilador externo automático.

ECCO₂R: lavado extracorpóreo de dióxido de carbono.

ECMO: oxigenación por membrana extracorpórea.

ECPR: reanimación cardiopulmonar extracorpórea.

ELSO: *Extracorporeal Life Support Organisation*.

EPOC: enfermedad pulmonar obstructiva crónica.

ERC: *European Resuscitation Council*.

EtCO₂: valor de CO₂ al final de la espiración.

FiO₂: fracción inspirada de oxígeno.

FdO₂: fracción de oxígeno en el sweep gas.

FV: fibrilación ventricular.

GOS: *Glasgow Outcome Scale*

GOSE: *Glasgow Outcome Scale Extended*

HUVH: Hospital Universitario Vall d'Hebron.

IAM: infarto agudo de miocardio.

IC: intervalo de confianza.

ICP: intervención coronaria percutánea.

ILCOR: *International Liaison Committee on Resuscitation*.

IMC: índice de masa corporal.

LH: laboratorio de hemodinámica.

Low Flow: tiempo de bajo flujo, desde inicio de RCP hasta entrada en ECMO.

mRS: *modified Rankin Scale*

No Flow: tiempo sin flujo, desde PCR hasta inicio RCP.

OR: Odds Ratio.

PAD: presión arterial diastólica.

PaO₂: presión arterial de oxígeno.

PAM: presión arterial media.

PAS: presión arterial sistólica.

PCR: parada cardiorrespiratoria.

PCREH: parada cardiorrespiratoria extrahospitalaria.

PCRIH: parada cardiorrespiratoria intrahospitalaria.

PPC: presión de perfusión coronaria.

PVC: presión venosa central.

RCE: recuperación de la circulación espontánea.

RCP: reanimación cardiopulmonar.

SDRA: síndrome de distrés respiratorio agudo.

SEM: Sistema de Emergencias Médicas.

SMI: Servicio de Medicina Intensiva.

SVA: Soporte Vital Avanzado.

SVB: Soporte Vital Básico.

TC: tomografía computarizada.

TCDER: técnicas continuas de depuración extrarrenal.

TEP: tromboembolismo pulmonar.

TV: taquicardia ventricular

UCI: Unidad de Cuidados Intensivos

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Escala CPC Cerebral Performance Category.....	24
Tabla 2: Escala GOS Glasgow Outcome Scale	25
Tabla 3: Escala GOSE Glasgow Outcome Scale Extended.....	25
Tabla 4: Escala mRS modified Rankin Scale	26
Tabla 5: Resumen de recomendaciones para la realización de RCP de alta calidad ...	33
Tabla 6: Modelo fisiológico de las 3 fases de la PCR.....	35
Tabla 7: Resumen de indicaciones de ECMO VV y VA (69–72).....	46
Tabla 8: Características de los ensayos clínicos ARREST (91), Prague OHCA (92) e Inception (95).....	52
Tabla 9: Pacientes y resultados de los grupos que recibieron ECPR en los estudios CHEER (84), Porto (86), ARREST (91), Prague OHCA (92) e Inception (95).	53
Tabla 10: Series de casos sobre ECPR en España.....	56
Tabla 11: Indicaciones de ECPR según las guías de la ELSO (73).....	58
Tabla 12: Modelos de atención a la PCREH mediante ECPR.....	69
Tabla 13: Clasificación de Maastricht modificada (185–187).....	72
Tabla 14: Indicaciones de DANC en España (192).....	74
Tabla 15: Conjunto y definición de las variables recogidas	85
Tabla 16: Indicaciones y contraindicaciones de ECPR	98
Tabla 17: Causas de contraindicación de ECMO en las activaciones durante el periodo de registro (enero – mayo 2023).	114
Tabla 18: Demografía y comorbilidades	114
Tabla 19: Características de la parada cardíaca y canulación	115
Tabla 20: Complicaciones vasculares derivadas de la canulación.....	117
Tabla 21: Lugar de canulación.....	117
Tabla 22: Complicaciones durante el ingreso en UCI	120
Tabla 23: Estancia hospitalaria y resultados.	121
Tabla 24: Características de los pacientes comparando entre supervivientes y no supervivientes	123

Tabla 25: Características de la parada cardíaca y canulación comparando supervivientes con no supervivientes	124
Tabla 26: Complicaciones durante la evolución de los pacientes comparando supervivientes y no supervivientes	125
Tabla 27: Cocientes de riesgo de las variables utilizadas para el modelo de supervivencia	127
Tabla 28: Características de los pacientes en función de la ubicación	128
Tabla 29: Características de la PCR en función de la ubicación	129
Tabla 30: Evolución y resultados según la ubicación de la PCR.....	130
Tabla 31: Comparación entre supervivientes a la PCREH y PRCIH	131
Tabla 32: Características de los supervivientes y no supervivientes con buen resultado neurológico a la PCREH	133
Tabla 33: Diferencias entre las características de la PCREH entre supervivientes y no supervivientes	134
Tabla 34: Supervivencia en PCREH	135
Tabla 35: Características de los supervivientes y no supervivientes con buen resultado neurológico a la PRCIH.....	136
Tabla 36: Diferencias entre las características de la PRCIH entre supervivientes y no supervivientes	137
Tabla 37: Supervivencia en PRCIH	138
Tabla 38: Características de los pacientes según ritmo eléctrico inicial.....	139
Tabla 39: Características de la parada cardíaca según ritmo inicial	140
Tabla 40: Resultados según ritmo eléctrico inicial	141
Tabla 41: Características de los pacientes según ritmo a la entrada en ECMO.....	141
Tabla 42: Características de la parada cardíaca según ritmo a la entrada en ECMO	142
Tabla 43: Resultados según ritmo a la entrada en ECMO	143
Tabla 44: Características de los pacientes según si mantienen ritmo desfibrilable, no desfibrilable o pasan de desfibrilable a no desfibrilable	145

Tabla 45: Características de la PCR entre los pacientes según si mantienen ritmo desfibrilable, no desfibrilable o pasan de desfibrilable a no desfibrilable	146
Tabla 46: Número y porcentaje de pacientes con cada ritmo inicial y de entrada en ECMO que sobreviven con CPC 1-2 a 180 días.....	147
Tabla 47: Características de los pacientes con PCREH según ritmo eléctrico inicial .	148
Tabla 48: Características de la PCREH según ritmo eléctrico inicial	149
Tabla 49: Resultados de la PCREH según ritmo eléctrico inicial	149
Tabla 50: Características de los pacientes con PCREH según ritmo eléctrico entrada en ECMO	150
Tabla 51: Características de la PCREH según ritmo eléctrico entrada en ECMO	151
Tabla 52: Resultados de la PCREH según ritmo eléctrico a la entrada en ECMO	151
Tabla 53: Comparación de las características de la PCREH entre ritmo inicialmente desfibrilable que pasa a no desfibrilable y ritmos tanto desfibrilables como no desfibrilables mantenidos.....	153
Tabla 54: Características de los pacientes con PCRIH según ritmo eléctrico inicial ..	154
Tabla 55: Características de la PCRIH según ritmo eléctrico inicial.....	155
Tabla 56: Resultados de la PCRIH según ritmo eléctrico inicial	155
Tabla 57: Características de los pacientes con PCRIH según ritmo eléctrico entrada en ECMO	157
Tabla 58: Características de la PCRIH según ritmo eléctrico entrada en ECMO	157
Tabla 59: Resultados de la PCRIH según el ritmo de entrada en ECMO.....	158
Tabla 60: Comparación de las características de la PCRIH entre ritmo inicialmente desfibrilable que pasa a no desfibrilable y ritmos tanto desfibrilables como no desfibrilables iniciales	159
Tabla 61: Comparación de las cohortes de pacientes con criterios estrictos y no estrictos	161

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: La cadena de la supervivencia (11).....	23
Figura 2: Algoritmo de soporte vital básico de las guías de RCP del ERC 2021 (26).	28
Figura 3: Algoritmo de soporte vital avanzado de las guías de RCP del ERC 2021 (28).	30
Figura 4: Probabilidad de supervivencia de la PCR según el tiempo transcurrido y según el ritmo eléctrico inicial. Adaptado de Grunau B et al. Timing to transport for ECPR. Prehosp Emerg Care. (56).....	38
Figura 5: Última actualización de 2023 del reporte de casos de ECMO y supervivencia. Registro internacional de la Extracorporeal Life Support Organisation (66).	41
Figura 6: Circuito de ECMO VA con sus componentes y partes.....	43
Figura 7: Esquema de un circuito de ECMO VA y ECMO VV	45
Figura 8: Supervivencia según la duración de la PCR del estudio Amiodarona-Lidocaína-Placebo en OHCA (37) vs supervivencia con ECPR de la serie de Minnesota. De Bartos J et al. Circulation. 17 marzo 2020;141(11):877-86 (115).	57
Figura 9: Relación entre probabilidad de supervivencia y tiempo de low flow comparando RCP convencional en ritmo desfibrilable y no desfibrilable con ECPR. De Mandigers L et al. Interact Cardiovasc Thorac Surg. 2022 Oct; 35(4) (116)	60
Figura 10: Fases de una ECPR. De Laussen P. Front. Pediatr, 06 June 2018 Volume 6 (143).....	64
Figura 11: Supervivencia y causas de muerte de los pacientes que recibieron ECPR según la duración de la RCP en la serie de Minesota. De Bartos J et al. Circulation. 17 marzo 2020;141(11):877-86 (115).	76
Figura 12: Carta de roles del protocolo de reanimación cardiopulmonar extracorpórea	100
Figura 13: Canulación real de ECPR en box de UCI con el equipo organizado según la carta de roles	101
Figura 14: Canulación de ECMO VA ipsilateral femoro-femoral derecho en contexto de ECPR	102

Figura 15: Cursos de ECMO de formación interna para el programa de ECMO	105
Figura 16: Simulación de escenario complejo en UCI con el simulador Hybrids-Vita	106
Figura 17: Simulación de un caso de ECPR en Urgencias durante un curso de formación	
.....	107
Figura 18: Simulación de un caso de ECPR en Urgencias durante un curso de formación	
.....	108
Figura 19: Evolución temporal del número de casos por periodos de 12 meses desde el inicio del programa.....	113
Figura 20: Casos dentro y fuera de horario laboral.....	118
Figura 21: Distribución horaria de los casos (en rojo se destaca la franja de horario laboral).....	118
Figura 22: Gráfico de sectores que detalla las etiologías más comunes de PCR refractaria.....	119
Figura 23: Supervivencia global a 180 días	122
Figura 24: Causas de muerte.....	127
Figura 25: Supervivencia a 180 días comparando PCREH con PCRIH	131
Figura 26: Etiologías y resultados de parada cardiorrespiratoria intra y extrahospitalaria en función del ritmo eléctrico inicial.....	132
Figura 27: Supervivencia global a 180 días según el ritmo eléctrico inicial	144
Figura 28: Supervivencia global a 180 días según ritmo de entrada en ECMO	144
Figura 29: Curvas de supervivencia comparando pacientes con ritmos desfibrilables iniciales que se mantienen hasta la entrada en ECMO (DF/DF), pacientes ritmos desfibrilables que lo pierden antes de la entrada en ECMO (DF/ND) y pacientes con ritmos no desfibrilables mantenidos (ND).	147
Figura 30: Supervivencia a 180 días en PCREH según ritmo inicial de PCR	150
Figura 31: Supervivencia de la PCREH a 180 días según ritmo de entrada en ECMO	
.....	152
Figura 32: Curvas de supervivencia comparando PCREH en con ritmos desfibrilables iniciales que se mantienen hasta la entrada en ECMO (DF/DF), pacientes ritmos	

desfibrilables que lo pierden antes de la entrada en ECMO (DF/ND) y pacientes con ritmos no desfibrilables mantenidos (ND).....	153
Figura 33: Supervivencia a 180 días en PCRIH según ritmo inicial.....	156
Figura 34: Supervivencia a PCRIH según ritmo de entrada en ECMO.....	158
Figura 35: Curvas de supervivencia comparando PCRIH en con ritmos desfibrilables iniciales que se mantienen hasta la entrada en ECMO (DF/DF), pacientes ritmos desfibrilables que lo pierden antes de la entrada en ECMO (DF/ND) y pacientes con ritmos no desfibrilables iniciales (ND).....	160

ÍNDICE

RESUMEN	16
ABSTRACT	18
1. INTRODUCCIÓN	20
1.1. Parada cardiorrespiratoria y reanimación cardiopulmonar	21
1.1.1. Definición, epidemiología y etiología de la parada cardiorrespiratoria	21
1.1.2. La cadena de la supervivencia	22
1.1.3. Supervivencia a la PCR con buena situación neurológica.....	24
1.1.4. Reanimación cardiopulmonar del adulto	27
1.1.5. Reanimación cardiopulmonar de alta calidad.....	32
1.2. Parada cardiorrespiratoria refractaria	34
1.2.1. Fisiología de PCR y de la PCR prolongada	34
1.2.2. Definición, epidemiología y resultados.	36
1.3. Oxigenación por membrana extracorpórea: ECMO	39
1.3.1. Definición, contexto histórico y clasificación.	39
1.3.2. Componentes de los sistemas de ECMO y configuraciones.	42
1.3.3. Indicaciones y contraindicaciones.....	45
1.4. ECMO en parada cardíaca: ECPR	47
1.4.1. Definición, contexto histórico y evidencia científica	47
1.4.2. Selección de pacientes e indicaciones de ECPR	57
1.4.3. Procedimiento de reanimación cardiopulmonar extracorpórea	63
1.4.4. Modelos de atención a la PCREH refractaria mediante ECPR.....	66
1.4.5. Formación de los equipos de ECPR	70
1.4.6. ECPR y donación de órganos	72
1.4.7. Ética en ECPR	76
2. HIPÓTESIS	79
3. OBJETIVOS	81
3.1. Objetivo principal	82
3.2. Objetivos secundarios	82

4. METODOLOGÍA.....	83
4.1. Diseño del estudio y población.....	84
4.2. Diseño e implementación del programa de ECPR.....	95
4.2.1. Programa clínico de ECPR de adultos	95
4.2.2. Implementación del programa de ECPR	104
4.2.3. Evaluación y retroalimentación del programa	109
4.3. Análisis estadístico.....	110
5. RESULTADOS.....	112
5.1. Casos y activaciones	113
5.2. Descripción general de la muestra.....	114
5.2.1. Demografía y comorbilidades.....	114
5.2.2. Características de la parada cardiaca y la canulación	115
5.2.3. Complicaciones de la canulación.....	116
5.2.4. Lugar de canulación.....	117
5.2.5. Distribución horaria de los pacientes.....	117
5.2.6. Etiología y tratamiento de la PCR refractaria que recibe ECMO.....	118
5.2.7. Complicaciones y resultados globales.....	120
5.3. Análisis de supervivencia	122
5.3.1. Predictores de supervivencia	126
5.3.2. Causas de muerte	127
5.3.3. Donación de órganos	128
5.4. Impacto del lugar de la PCR (PCREH o PCRIH) en la supervivencia	128
5.4.1. Características de la parada cardiorrespiratoria extrahospitalaria	133
5.4.2. Características de la parada cardiorrespiratoria intrahospitalaria	135
5.5. Impacto del ritmo eléctrico en los resultados de supervivencia.....	138
5.5.1. Impacto del ritmo eléctrico en el global de la población	138
5.5.2. Impacto del ritmo eléctrico en la PCREH.....	148
5.5.3. Impacto del ritmo eléctrico en la PCRIH.....	154
5.6. Impacto de criterios de selección estrictos en los resultados	160
6. DISCUSIÓN	162
6.1. Hipótesis de la tesis doctoral	163

6.2. Factores de supervivencia, resultados y complicaciones	168
6.3. Efecto del ritmo eléctrico en la indicación y supervivencia de los pacientes.....	171
6.4. Efecto de los criterios de selección estrictos sobre un programa de ECPR.....	175
6.5. Limitaciones de la tesis doctoral	176
7. CONCLUSIONES.....	178
8. LÍNEAS DE FUTURO.....	180
9. BIBLIOGRAFÍA	183
10. ANEXOS.....	205
10.1. Anexo 1: Protocolo de ECPR en adultos HUVH	206
10.2. Anexo 2: Programa curso de formación en ECPR.....	238
10.3. Anexo 3: Hoja de indicaciones de ECPR del SEM	242
10.4. Anexo 4: Presentaciones en Congresos	243
10.4.1. Congreso Europeo de RCP – Resuscitation 2023.....	243
10.4.2. Congreso Español de la salud cardiovascular - SEC 2023.....	244

RESUMEN

Introducción: La parada cardiorrespiratoria (PCR) refractaria tiene un pronóstico infausto. El uso de la oxigenación por membrana extracorpórea (ECMO) veno-arterial en los pacientes en que la reanimación cardiopulmonar (RCP) no es efectiva, lo que se conoce como reanimación cardiopulmonar extracorpórea (ECPR), ha emergido en los últimos años como una nueva terapia que puede ofrecer opciones de supervivencia, pero aplicar este soporte es complejo y no está exento de complicaciones. La mejor forma de proporcionar ECPR y de implementar programas no está clara en base a la evidencia actual.

Hipótesis: La implementación de un programa de ECPR que permita dar respuesta a la atención a la PCR refractaria intra y extrahospitalaria, las 24h del día y los 7 días de la semana, en un hospital de tercer nivel en nuestro medio, es viable y permite alcanzar buenos resultados de supervivencia con buena situación neurológica comparables a la literatura.

Objetivos: El objetivo principal de este estudio es analizar la supervivencia con buena situación neurológica a 180 días de los pacientes que recibieron ECPR para PCR intra y extrahospitalaria (PCRIH y PCREH) en un hospital terciario tras la implementación de un programa de ECPR. Como objetivos secundarios se analizarán los factores relacionados con la supervivencia, las diferencias entre PCRIH y PCREH, el impacto del ritmo eléctrico en los resultados, la incidencia de complicaciones, la relación con el Programa de donación de órganos y el efecto de los criterios de selección en estos pacientes.

Material y métodos: Estudio observacional, retrospectivo, en el que se incluyeron todos los pacientes de entre 14 y 75 años que recibieron ECPR en nuestro centro desde el primer caso del programa en junio de 2017 hasta mayo de 2023. De todos los pacientes se recogieron variables demográficas, de comorbilidades, las características de la parada cardíaca, el soporte con ECMO, las complicaciones y los resultados. Se realizó un análisis descriptivo inicial utilizando la media y la desviación estándar (DE), la mediana y el rango intercuartílico (RIC), o la frecuencia y el porcentaje. Se realizó análisis univariado mediante la prueba de Chi-cuadrado o la prueba exacta de Fisher para

variables categóricas y la prueba H de Kruskal-Wallis, la prueba U de Mann-Whitney o la prueba T de Student para las continuas. En caso de variables distribuidas en más de dos grupos se utilizaron modelos de análisis de la varianza (ANOVA).

Resultados: 60 pacientes recibieron ECPR en el periodo de estudio, siendo la mayoría varones (78.3%) con una edad media de 54 (43 – 61) años. 32 (53.3%) recibieron ECPR por PCREH y 28 (46.7%) por PCRIH. La mediana de no flow fue de 0 minutos y la de low flow de 53 (34-75) minutos. El 70% de los casos sucedieron fuera del horario laboral. La causa de PCR más frecuente fue la cardiopatía isquémica (31 casos, 52%) seguida del TEP (7 casos, 12%). La supervivencia con buena situación neurológica a 180 días fue del 26.7%, siendo del 21.9% en PCREH y del 31.58% en PCRIH. En relación con el ritmo, los pacientes con ritmo eléctrico inicial desfibrilable tuvieron una supervivencia del 33.3% y los que presentaron ritmo desfibrilable a la entrada en ECMO del 57.1%. La presencia de ritmo eléctrico desfibrilable a la entrada en ECMO fue el principal factor protector de mortalidad con un cociente de riesgo de 0.17 (IC 95% 0.05-0.56) y la presencia de edema cerebral en el TC inicial el principal factor asociado con mortalidad con un cociente de riesgo de 7.78 (IC 95% 2.47 – 24.5). El uso de criterios de indicación estrictos (ritmo inicial desfibrilable y tiempo de low-flow menor a 60 minutos) hubiera aumentado la supervivencia global hasta el 45.5%, pero hubiera disminuido el número de pacientes un 81.7%, excluyendo al 68.8% de los supervivientes y al 90.9% de los donantes de órganos.

Conclusiones: La implementación de un programa de ECPR en un hospital de tercer nivel en nuestro medio es viable y permite alcanzar buenos resultados de supervivencia con buena situación neurológica comparables a la literatura. La presencia de ritmo eléctrico desfibrilable a la entrada en ECMO es el principal factor relacionado con supervivencia y el edema cerebral en el TC inicial es el principal factor de riesgo asociado con la mortalidad. Los criterios estrictos mejorarían la supervivencia del programa a expensas de un menor número de casos y excluir a la mayoría de supervivientes y donantes.

ABSTRACT

Introduction: Refractory cardiac arrest (CA) has a poor prognosis. The use of veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) in patients for whom cardiopulmonary resuscitation (CPR) is ineffective, known as extracorporeal CPR (ECPR), has emerged as a new therapy offering potential survival options. However, applying this support is complex and is not exempt from complications. The optimal method of providing ECPR and implementing programs remains unclear based on current evidence.

Hypothesis: Implementing an 24/7 ECPR program for in and out-of-hospital refractory CA in a tertiary hospital in our setting, is feasible and yields survival with good neurological outcomes comparable to literature.

Objectives: The primary objective of this study is to analyze the 180-day survival with a good neurological outcome in patients who receive ECPR for in and out-of-hospital CA in a tertiary hospital after the implementation of an ECPR program. Secondary objectives include analyzing factors associated with survival, differences between in and out-of-hospital CA, the impact of cardiac rhythm on outcomes, complications, mortality, organ donation, and the effect of selection criteria on these patients.

Materials and Methods: This retrospective observational study included all patients from 14 to 75 years old that received ECPR at our center from June 2017 to May 2023. Demographic variables, comorbidities, cardiac arrest characteristics, ECMO support, complications, and outcomes were collected. Initial descriptive analysis used mean and standard deviation (SD), median and interquartile range (IQR), or frequency and percentage. Univariate analysis employed Chi-square or Fisher's exact test for categorical variables, Kruskal-Wallis H, Mann-Whitney U, or Student's T-test for continuous variables, and ANOVA for variables distributed across more than two groups.

Results: Sixty patients received ECPR during the study period, mostly males (78.3%) with a mean age of 54 (43 – 61) years. 32 (53.3%) underwent ECPR for OHCA, and 28 (46.7%) for IHCA. The median no-flow time was 0 minutes, and low-flow time was 53

(34-75) minutes. 70% of cases occurred outside working hours. The most frequent cause of CA was ischemic heart disease (31 cases, 52%), followed by pulmonary embolism (7 cases, 12%). Survival with a good neurological outcome at 180 days was 26.7%, 21.9% for OHCA and 31.58% for IHCA. Patients with an initial shockable rhythm had a survival rate of 33.3%, and those presenting a shockable rhythm at ECMO cannulation had a survival rate of 57.1%. A shockable rhythm at ECMO cannulation was the main protective factor against mortality, with a hazard ratio of 0.17 (95% CI 0.05-0.56), while the presence of cerebral edema on initial CT scan was the main mortality-associated risk factor, with a hazard ratio of 7.78 (95% CI 2.47 – 24.5). Using strict indication criteria (initial shockable rhythm and low-flow time < 60 minutes) would have increased overall survival to 45.5% but reduced the number of patients by 81.7%, excluding 68.8% of survivors and 90.9% of organ donors.

Conclusions: Implementing an ECPR program in a tertiary hospital in our setting is feasible and yields good survival outcomes with favorable neurological outcome comparable to literature. Initial shockable rhythm at ECMO cannulation is a key factor related to survival, while initial cerebral edema on CT scan is the primary mortality-associated risk factor. Strict criteria improve program survival at the expense of fewer cases, excluding most survivors and donors.

1

INTRODUCCIÓN

1.1. Parada cardiorrespiratoria y reanimación cardiopulmonar

1.1.1. Definición, epidemiología y etiología de la parada cardiorrespiratoria

La parada cardiorrespiratoria (PCR) se define como el cese de la actividad cardíaca, lo que conlleva pérdida de conciencia, de respiración y de circulación (1). Cuando la PCR ocurre de manera repentina e inesperada, con tiempo corto desde el inicio de la semiología, el evento se denomina muerte súbita, siendo un proceso habitualmente secundario a patología de origen cardíaca. Si ello no se revierte mediante maniobras de reanimación cardiopulmonar (RCP) conlleva la muerte del paciente. Se trata de un grave problema de salud, con resultados de supervivencia bajos. En Europa, se considera que la muerte súbita es la tercera causa de muerte en pacientes adultos (2). En este manuscrito, se considera el término PCR como equivalente a muerte súbita, excluyendo del término situaciones de final de enfermedad en las que el episodio de PCR es previsible.

La incidencia, las causas y los resultados de la PCR varían mucho entre el lugar en que ocurre la PCR, los diferentes países, diferentes sistemas de atención sanitaria y la calidad de la atención prestada a estos pacientes (3). Para poder definir mejor el problema, cuando hablamos de PCR debemos diferenciar entre aquella que sucede dentro del hospital, llamada parada cardiorrespiratoria intrahospitalaria (PCRIH) y la que sucede fuera del mismo, la parada cardiorrespiratoria extrahospitalaria (PCREH).

La incidencia de PCREH en Europa oscila entre 67-170 casos por 100,000 habitantes (3), con una supervivencia global al alta hospitalaria del 8%, variando entre el 0 y el 18% según el país (4). Existe una gran variabilidad entre países en factores que son determinantes en la supervivencia de la PCREH como la tasa de RCP por testigos, que de media es del 58% pero varía del 13 al 83%, el uso de desfibriladores externos automáticos (DEA), con una media del 28% y un rango entre 3.8 y 59% o los programas de RCP telefónicos, solo presentes en el 80% de los países (3). En España, estas

variabilidades también están presentes entre las diferentes comunidades, donde la incidencia de PCREH es de 18,6 casos por 100.000 habitantes, con un rango entre 13.5 y 29.2, y la supervivencia global media con buena situación neurológica se sitúa entre el 11.1 y el 13%. (5,6).

La incidencia y epidemiología de la PCRIH están peor definidas en la literatura que en el caso de la PCREH. En Europa se estima que la incidencia de PCRIH es de entre 1.5 y 2.8 casos por 1.000 admisiones hospitalarias (3), siendo esta menor que en los Estados Unidos de América, de donde provienen la mayoría de estudios epidemiológicos de PCRIH y donde se estima que ocurren entre 6-7 casos por 1.000 admisiones hospitalarias (7). Pese a ocurrir en un entorno hospitalario, los resultados de supervivencia a la PCRIH también son bajos, oscilando entre el 15 y el 34% (3,8).

De entre los factores que se asocian a una mayor probabilidad de supervivencia en caso de PCR existen factores relacionados con el propio paciente como la edad, sexo, presencia de comorbilidades previas (cardíacas, pulmonares, renales) y circunstancias especiales de PCR, y factores relacionados con la RCP como la localización de la PCR (espacio público o privado), el hecho de que la PCR haya sido presenciada o no, el inicio de RCP por testigos, el tipo de RCP inicial (RCP con solo compresiones o completa), el ritmo eléctrico inicial, el uso de DEA por parte de testigos y el tiempo hasta lograr la recuperación de la circulación espontánea (RCE) (9).

1.1.2. La cadena de la supervivencia

La supervivencia a una PCR depende de muchos un número significativo de factores, todos ellos englobados dentro de la denominada cadena de supervivencia. Se trata de una serie de intervenciones que deben realizarse para conseguir que las opciones de supervivencia sean máximas (10).

Existen diferentes versiones de esta cadena, con más o menos eslabones, pero la mantenida hasta el momento por el European Resuscitation Council (ERC) consta de 4:

- Reconocimiento precoz de la situación de gravedad o PCR y activación de los sistemas de emergencias.
- Inicio de RCP de forma precoz.
- Desfibrilación precoz.
- Cuidados postresucitación.

Inicialmente los 4 eslabones consistían en la activación de los sistemas de emergencias, el soporte vital básico (SVB) precoz, la desfibrilación precoz y el soporte vital avanzado (SVA) precoz (12). Las guías de RCP del ERC de 2005 los modificaron creando los actuales, donde se da mayor peso a la prevención de la PCR y al reconocimiento precoz de los síntomas para evitar la PCR en el primer eslabón, y añadiendo en el último todo el conjunto de intervenciones que suponen los cuidados postresucitación del paciente (13).

Figura 1: La cadena de la supervivencia (11)



En general, las intervenciones encaminadas a mejorar la supervivencia a la PCR deben tener en cuenta los distintos eslabones de la cadena, ya que una mejora de forma

aislada de uno de ellos no tiene porqué repercutir en una mejoría en la supervivencia global si no se tienen en cuenta los demás.

1.1.3. Supervivencia a la PCR con buena situación neurológica

Cuando hacemos referencia a la supervivencia a la PCR, el objetivo ha de ser la recuperación con la misma calidad de vida previa al evento. Que esto suceda depende de varios factores, siendo los más importantes en PCREH la presencia de un ritmo eléctrico inicial desfibrilable, la edad, la realización de RCP precoz, el tiempo de llegada de los servicios de emergencias y que la PCR suceda en un lugar público (14). La determinación del pronóstico neurológico post PCR es compleja, ya que muchos pacientes se encuentran en coma durante las primeras horas o días tras una PCR y la causa de muerte más frecuente es la encefalopatía hipóxico-isquémica (15). Para definir la situación neurológica con la que un paciente se recupera de una PCR existen diferentes escalas de valoración, siendo las más usadas el CPC (*Cerebral Performance Category scale*), mRS (*modified Rankin Scale*) o la GOS y GOSE (*Glasgow Outcome Scale y Glasgow Outcome Scale Extended*). Un resumen de estas escalas de valoración puede verse en las tablas 1 – 4.

Tabla 1: Escala CPC Cerebral Performance Category

1	Buen rendimiento neurológico	Consciente, alerta, con capacidad para trabajar. Puede existir déficit neurológico o psicológico leve.
2	Discapacidad moderada	Consciente, independiente para las actividades de la vida. Puede trabajar en ambientes controlados.
3	Discapacidad severa	Consciente, dependiente para actividades de la vida. De capacidad para deambular hasta estados de demencia o parálisis avanzados.
4	Coma o estado vegetativo	Cualquier grado de coma, sin contacto ni interacción con el medio. Puede haber apertura ocular espontánea y ciclos de sueño/vigilia.
5	Muerte	Apnea, arreflexia y ausencia de actividad cerebral.

Tabla 2: Escala GOS Glasgow Outcome Scale

1	Muerte	Apnea, arreflexia y ausencia de actividad cerebral.
2	Coma o estado vegetativo	Cualquier grado de coma, sin contacto ni interacción con el medio. Puede haber apertura ocular espontánea y ciclos de sueño/vigilia.
3	Discapacidad severa	Consciente, dependiente para actividades de la vida. De capacidad para deambular hasta estados de demencia o parálisis avanzados.
4	Discapacidad moderada	Consciente, independiente para las actividades de la vida. Puede trabajar en ambientes controlados.
5	Buen rendimiento neurológico	Consciente, alerta, con capacidad para trabajar. Puede existir déficit neurológico o psicológico leve.

Tabla 3: Escala GOSE Glasgow Outcome Scale Extended

1	Muerte	Muerte
2	Coma o estado vegetativo	Cualquier grado de coma, sin contacto ni interacción con el medio. Puede haber apertura ocular espontánea y ciclos de sueño/vigilia
3	Discapacidad severa inferior	Consciente, dependiente para actividades de la vida. Necesita asistencia total.
4	Discapacidad severa superior	Consciente, dependiente para actividades de la vida. Necesita asistencia parcial
5	Discapacidad moderada inferior	Consciente, independiente para las actividades de la vida, pero no puede trabajar o realizar las actividades sociales previas.
6	Discapacidad moderada superior	Consciente, independiente para las actividades de la vida. Puede trabajar o realizar de forma parcial sus actividades previas.
7	Buena recuperación inferior	Pequeños déficits físicos o psíquicos que afectan el día a día.
8	Buena recuperación superior	Recuperación completa o síntomas menores que no afectan al día a día.

Tabla 4: Escala mRS modified Rankin Scale

0	Asintomático	Sin síntomas de déficit neurológico
1	Discapacidad no significativa	Capaz de realizar todas las actividades habituales de su vida pese a presentar algún síntoma.
2	Discapacidad leve	Incapaz de realizar todas las actividades que realizaba previamente, pero independiente para la vida.
3	Discapacidad moderada	Requiere alguna ayuda, pero puede andar sin asistencia.
4	Discapacidad moderada-severa	Incapaz de andar ni de realizar actividades básicas de la vida sin asistencia.
5	Discapacidad severa	Encamado, incontinente, requiriendo soporte y cuidados continuos.
6	Muerte	Muerte

Todas estas escalas tienen sus limitaciones. La más empleada en el contexto de RCP es la escala CPC (16) (17). Las escalas CPC y GOS tienen los mismos ítems, pero con valores numéricos inversos, ya que CPC proviene de una adaptación del GOS que era la escala que se usaba en la valoración de los pacientes tras un traumatismo craneal. La escala GOSE proviene de una ampliación del GOS, enfocada también para el pronóstico de los pacientes tras un traumatismo craneal (18). La escala mRS proviene de una modificación de la escala de Rankin, escala pensada para evaluar la funcionalidad de los pacientes tras un accidente cerebrovascular (19). Aunque CPC fue adaptada para los pacientes que han sufrido una PCR y es la más usada, esta escala es criticada por su simplicidad con solo 5 categorías y por estar centrada en la función mental y no tanto en las funciones corporales y actividades vitales de los pacientes (20). Esto hace que esta escala pueda no tener una buena relación con la calidad de vida percibida por los pacientes recuperados de una PCR (21) y esta calidad de vida puede verse reducida todavía más en los enfermos con PCR refractaria que han recibido ECPR (22). Por ello, algunos autores abogan por usar más las escalas mRS y GOSE en la valoración del resultado neurológico.

De todos los valores posibles, la situación neurológica tras PCR se suele resumir dicotómicamente en buen o mal resultado neurológico. Un buen resultado neurológico

generalmente se considera un valor en las escalas CPC de 1-2, GOS 4-5, GOSE 5-8 o mRS 0-3.

1.1.4. Reanimación cardiopulmonar del adulto

La RCP comprende un conjunto de técnicas orientadas a sustituir la función del corazón y los pulmones para mantener a cuerpo y cerebro perfundidos, teniendo como objetivo final revertir la situación de PCR del paciente. Dentro de RCP se suele diferenciar el Soporte Vital Básico (SVB) y el Soporte Vital Avanzado (SVA).

Las intervenciones tanto en SVB como en SVA se basan en las recomendaciones de consenso internacional que establece el *International Liaison Committee on Resuscitation* (ILCOR), que publica anualmente un documento de consenso de expertos sobre todos los temas relacionados con el soporte vital. La última actualización de este consenso ha sido publicada en 2023 (23,24).

En base al consenso establecido por el ILCOR, las sociedades científicas del campo de la reanimación elaboran sus guías clínicas. En Europa, estas guías son elaboradas por el ERC y adoptadas por las diferentes sociedades nacionales. La última actualización de las recomendaciones europeas en soporte vital se publicó en 2021 (25).

En relación al SVB, las guías cuentan con una sección propia y un algoritmo general del SVB que puede observarse en la figura 2 (26). El SVB conlleva una serie de técnicas que pueden ser realizadas por personal no sanitario y que se centran en:

- Reconocer los signos y síntomas de PCR.
- Alertar a los sistemas de emergencias a través del teléfono 112.
- Realizar compresiones torácicas de alta calidad.
- Realizar respiraciones de rescate.
- Aplicar el DEA.
- Seguridad.

- Cómo la tecnología puede ayudar.
- Obstrucción de vía aérea por cuerpo extraño.

Figura 2: Algoritmo de soporte vital básico de las guías de RCP del ERC 2021 (26).



La descripción de cómo deben realizarse las compresiones torácicas de calidad, comunes a toda RCP, está detallado en este apartado de las recomendaciones. Las compresiones deben iniciarse lo antes posible, realizarse sobre la mitad inferior del esternón (centro del pecho), con una profundidad de compresión de mínimo 5 cm, pero no más de 6 cm, a una velocidad de 100-120 compresiones por minuto, con las mínimas interrupciones, dejando que el pecho se expanda por completo después de cada compresión y siendo realizadas con el paciente sobre una superficie dura. La relación entre compresiones y ventilaciones en caso de SVB se establece en 30:2, en base a la evidencia hasta la fecha (27).

El SVA debe ser aplicado por personal sanitario. Las recomendaciones en SVA son más complejas y abarcan muchos más aspectos sobre técnicas y procedimientos en RCP. Inicialmente estaban todas englobadas en una sección de las guías de RCP, pero actualmente hay 3 secciones de las guías del ERC que hacen referencia a aspectos relacionados con la atención sanitaria por parte de equipos de emergencias prehospitalarios y equipos hospitalarios: las propias guías de SVA (28), las guías de soporte vital en situaciones especiales (29) y las guías de cuidados postresucitación (30).

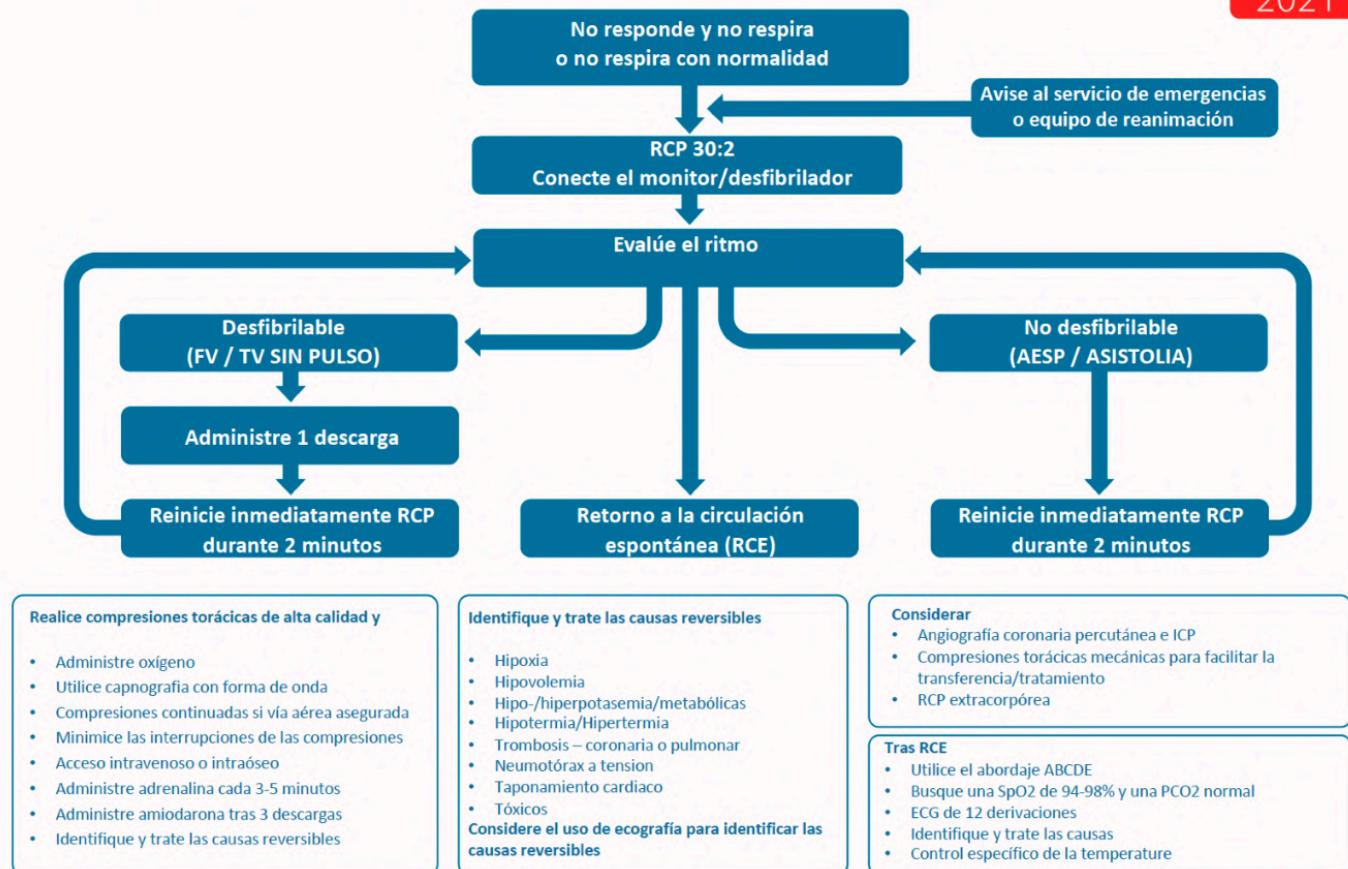
Un resumen de las recomendaciones de SVA puede verse en el algoritmo de SVA representado en la figura 3.

Las recomendaciones en SVA del ERC engloban los siguientes apartados:

- Prevención de la PCRIH.
- Prevención de la PCREH.
- Tratamiento de la PCRIH.
- Desfibrilación manual.
- Vía aérea y ventilación.
- Fármacos y fluidos.
- Capnografía de onda durante el SVA.
- Ecografía durante el SVA.
- Dispositivos de compresión mecánica.
- Reanimación cardiopulmonar extracorpórea.
- Arritmias peri-parada cardíaca.
- Donación en asistolia no controlada.
- Debriefing.

Figura 3: Algoritmo de soporte vital avanzado de las guías de RCP del ERC 2021 (28).

SOPORTE VITAL AVANZADO



Aunque existen muchas intervenciones que se realizan durante las maniobras de SVA y todas ellas están plenamente integradas en las técnicas de reanimación que se utilizan en todo el mundo, la evidencia de sus beneficios es débil. Como ejemplo, en relación al manejo de la vía aérea en SVA, tres ensayos clínicos han comparado la intubación orotraqueal con la ventilación manual con bolsa-mascarilla (31) o con el uso de dispositivos supraglóticos (32,33) sin encontrar superioridad o mejores resultados con una u otra intervención, por lo que a día de hoy no se puede recomendar que el manejo de elección sea la intubación orotraqueal, y se recomienda el uso de esta o de un dispositivo supraglótico según sea la experiencia del operador o sistema donde se realiza la intervención. Otra intervención con escasa evidencia es el uso de adrenalina

como fármaco en todos los ritmos de PCR. La evidencia derivada de los ensayos clínicos que han comparado el uso de adrenalina con placebo en la PCREH muestra que la administración de ésta se relaciona con mayor supervivencia al ingreso hospitalario y a los tres meses de la PCR, pero no se relaciona con mejor supervivencia con buen pronóstico neurológico (34,35). Basado en esto y en análisis de estos estudios (36), las recomendaciones del ILCOR y del ERC son las de administrar 1 mg de adrenalina endovenosa o intraósea lo antes posible en ritmos no desfibrilables y después de las tres primeras descargas, manteniendo el aporte de 1 mg de adrenalina cada 3-5 minutos mientras continue el SVA.

En relación a los fármacos antiarrítmicos, el último ensayo clínico comparando la administración de amiodarona con lidocaína o con placebo encontró que tanto amiodarona como lidocaína aumentaron la supervivencia de ingreso al hospital, pero no hubo diferencias entre los tres grupos en supervivencia al alta hospitalaria con buena situación neurológica (37). Con ello, el ERC recomienda administrar una dosis de 300 mg de amiodarona tras las 3 primeras descargas (independientemente de si son consecutivas o no) y una segunda dosis de 150 mg tras 5 desfibrilaciones, pudiéndose usar lidocaína 100 mg y segunda dosis de 50 mg en caso de no disponer de amiodarona.

Por último, el uso de cardiocompresores mecánicos se ha extendido en muchos sistemas de emergencias y centros sanitarios, pero su uso no ha demostrado superioridad a las compresiones torácicas manuales (38), por lo que la recomendación del ERC es no usar estos dispositivos de forma rutinaria, pero son una alternativa cuando las compresiones de alta calidad no pueden realizarse o no son seguras.

Así pues, pese al incremento en la evidencia científica, la aparición de nuevos dispositivos y de nuevos fármacos, las principales intervenciones que han demostrado mejorar el pronóstico en RCP siguen siendo las compresiones torácicas de calidad y la desfibrilación realizada de forma precoz en caso de ritmo desfibrilable (39), con lo que

los principales esfuerzos deben centrarse en estas intervenciones y todavía queda mucho por investigar en relación con el tratamiento de la PCR.

1.1.5. Reanimación cardiopulmonar de alta calidad

Con la evidencia científica de las últimas décadas, las recomendaciones internacionales de RCP se han enfocado en intentar que la calidad de la RCP sea la máxima en cada caso de PCR, para intentar dar las máximas opciones de supervivencia a los pacientes.

La RCP de alta calidad se basa en 5 puntos críticos:

- Minimizar las interrupciones en las compresiones.
- Realizar compresiones con una profundidad adecuada.
- Realizar compresiones con una velocidad adecuada.
- No apoyarse en el tórax y permitir la descompresión completa entre compresiones.
- Evitar una ventilación excesiva.

La implementación y monitorización de estos ítems con el objetivo de mejorar la supervivencia a la PCR es compleja. Con este objetivo, en el año 2013 la American Heart Association (AHA) redactó un documento de consenso para mejorar la calidad de la RCP y los resultados de la PCRIH y PCREH (40). En él, se proporcionaban herramientas y objetivos que deben buscarse en cada caso de PCR para asegurar que la calidad de la RCP es la máxima. Estas medidas están detalladas en la tabla 5.

El objetivo de las compresiones torácicas es mantener la perfusión cerebral para que el paciente pueda recuperarse de la PCR sin daño neurológico, pero para que un paciente se recupere de una PCR un factor determinante es el oxígeno aportado al propio corazón durante las compresiones torácicas. El principal determinante del aporte de oxígeno miocárdico es la presión de perfusión coronaria (PPC) y valores mantenidos

superiores a 20 mmHg se asocian a mayor tasa de RCE (41). La PPC se mide en diástole -durante la descompresión en RCP- y corresponde a la diferencia de presión entre la presión arterial diastólica (PAD) y la presión venosa central (PVC). Para medirla es necesaria disponer de un catéter venoso central con el extremo en aurícula derecha y un catéter arterial, con lo que solo es viable en pacientes que presenten una PCR estando ya monitorizados en un entorno altamente instrumentalizado como una UCI o un quirófano. El principal componente de la PPC es la PAD, por lo que en caso de disponer o colocar un catéter arterial en el paciente en PCR deberíamos buscar como objetivo de la RCP conseguir presiones diastólicas mayores a 25 mmHg (41).

Tabla 5: Resumen de recomendaciones para la realización de RCP de alta calidad

Medir de calidad de la RCP realizada, garantizando:	
Minimizar interrupciones	Conseguir una fracción de compresiones mayor al 80%.
Frecuencia de compresiones	Realizar compresiones a 100 – 120 por minuto.
Profundidad de compresiones	Comprimir al menos 5cm en adultos y un tercio del diámetro anteroposterior del tórax en niños.
Descompresión completa	No dejar compresión residual entre compresiones.
Ventilación adecuada	Ventilar < 12 respiraciones por minuto con la elevación mínima del tórax en cada ventilación.
Monitorizar la respuesta fisiológica de la RCP, buscando:	
Monitorización invasiva avanzada	Ajustar compresiones para conseguir una presión de perfusión coronaria > 20 mmHg (calculada como presión arterial diastólica – presión venosa central)
Monitorización presión arterial	Ajustar compresiones para conseguir una presión arterial diastólica > 25 mmHg.
Capnografía	Ajusta compresiones para conseguir un EtCO ₂ > 20 mmHg
Dar retroalimentación al equipo, implantar medidas para poder medir la calidad de la RCP y aplicar mejoras caso a caso.	

Otro parámetro importante a monitorizar en cuanto a la calidad de la RCP es el valor de CO₂ al final de la espiración (EtCO₂), ya que este valor en PCR se relaciona directamente con el flujo sanguíneo pulmonar, lo que a su vez refleja el gasto cardíaco generado con las compresiones (42–45). Se sabe que valores de EtCO₂ menores a 10 mmHg se asocian con menor probabilidad de supervivencia (46), por lo que la monitorización de este parámetro debe ir enfocada a optimizar la calidad de las compresiones buscando un valor superior a 20 mmHg. Asimismo, un aumento súbito de este parámetro permite la identificación precoz de RCE.

La monitorización y ajuste adecuado de estos parámetros aumentaría las opciones de supervivencia al optimizar la perfusión de corazón y cerebro en espera de otras intervenciones que puedan aplicarse para revertir la situación.

1.2. Parada cardiorrespiratoria refractaria

1.2.1. Fisiología de PCR y de la PCR prolongada

Las guías de RCP pretenden estandarizar al máximo el manejo de los pacientes con PCR en base a la evidencia científica disponible, disminuyendo la variabilidad interpersonal en la atención prestada a los pacientes. Para ello, los algoritmos simplifican el proceso y mantienen el tratamiento del paciente en PCR de forma constante mientras duren los intentos de reanimación. Pero los eventos fisiopatológicos que acontecen durante una PCR no son constantes, si no que el paciente evoluciona por diferentes estados de hipoxia-isquemia, cuyas características dependen de múltiples factores, hasta que se puede revertir la situación o el paciente fallece. La investigación dirigida a estudiar estos procesos nos puede hacer entender mejor qué pasa con los pacientes y qué intervenciones pueden mejorar la supervivencia más allá de las maniobras de RCP. Partiendo de la base de la fisiología de una PCR de causa cardíaca secundaria a una arritmia maligna, en el año 2002 se publicó un modelo teórico fisiológico que clasificaba la PCR en tres fases de aparición progresiva: la eléctrica, en los primeros 4 minutos, la

circulatoria entre 4 y 10 minutos y la metabólica a partir de los 10 minutos de PCR (47). Este modelo se detalla en la tabla 6.

Tabla 6: Modelo fisiológico de las 3 fases de la PCR.

Fase	Tiempo	Intervención
Fase eléctrica	<4min / <7min	Desfibrilación precoz
Fase circulatoria	Entre 4 y 10 / entre 7 y 17min	Compresión de alta calidad, ventilaciones y desfibrilación
Fase metabólica	Mas allá de 10 min / Mas allá de 17 min	Monitorización avanzada, optimización y corrección alteraciones metabólicas, ECMO ¿?

En el momento en el que aparece una arritmia maligna que origina una PCR -una fibrilación ventricular (FV) o una taquicardia ventricular sin pulso (TVSP)- la circulación desaparece inmediatamente. La arritmia en esta fase inicial tiene una gran amplitud, lo que le confiere unas posibilidades de éxito muy altas aplicando una desfibrilación (48), por lo que esta debe ser la prioridad. En este sentido, las recomendaciones de RCP del ERC recomiendan que en caso de presenciar una PCR en un paciente monitorizado, se apliquen hasta 3 descargas consecutivas por la alta probabilidad de efectividad de las mismas (28). Esta importancia en la aplicación precoz de esta terapia ha trasladado la tecnología necesaria para desfibrilar al contexto extrahospitalario, mediante la colocación de DEAs en lugares públicos con ciertas características.

Si la desfibrilación no se realiza o si no es efectiva y el paciente persiste en PCR, el cese de la circulación inicia una situación de hipoperfusión, isquemia e hipoxia global de todo el organismo. Esto hace que la efectividad de las desfibrilaciones sea menor. En esta fase, la circulatoria, la realización de compresiones torácicas y ventilaciones de calidad permite mejorar la perfusión y oxigenación de los órganos incluido el corazón, lo que mejoraría la eficacia de la desfibrilación (49). La mayoría de los pacientes que sufren una PCR son atendidos en esta fase, lo que acentúa la importancia de la realización de RCP de calidad.

En el caso de persistencia de la situación de PCR por más de 10-15 minutos, la situación entra en la fase metabólica. La hipoperfusión generalizada que conlleva la isquemia global del organismo resulta en múltiples alteraciones metabólicas como el consumo de las reservas de ATP, liberación de citocinas inflamatorias, endotoxinemia por isquemia intestinal, alteraciones severas del equilibrio ácido-base, alteraciones iónicas y otros procesos patológicos (47). Además, los fenómenos de isquemia-reperfusión pueden empeorar esta situación, todo ello haciendo que la efectividad de las desfibrilaciones sea muy baja y se perpetúe la situación de PCR siendo muy improbable el conseguir RCE. Las medidas que podrían mejorar los mecanismos característicos de esta situación no están todavía claras, pero se siguen planteando combinaciones de reposiciones de iones, la aplicación de hipotermia terapéutica y ya en este artículo de 2002 se reportaban casos de reanimación con buen resultado neurológico en esta fase mediante el uso de circulación extracorpórea (CEC) (47). Estudios más recientes han considerado que probablemente el punto de corte de estas tres fases es más largo, manteniéndose la primera fase eléctrica hasta los 7 minutos y empezando la fase metabólica más allá de los 15-17 minutos de PCR, puntos de corte que se ven influenciados por el efecto y la calidad de la RCP recibida (50,51).

1.2.2. Definición, epidemiología y resultados.

La definición de PCR refractaria es variable en la literatura pero frecuentemente se define como tal a una PCR que no responde a las maniobras de RCP durante un tiempo mínimo que oscila entre 10 y 30 minutos (52). Si tenemos en cuenta el ritmo, la FV refractaria sí que queda definida en las guías de SVA del ERC, describiéndose como aquella FV que persiste después de 3 o más desfibrilaciones (28). Se estima que ocurre en un 20% de los pacientes que tienen una PCR por FV. Existe otra situación eléctrica diferente a la FV refractaria o persistente, que es la FV recurrente, definida por la reaparición del ritmo de FV tras haber conseguido una desfibrilación efectiva

previamente. Esta situación es más frecuente, ocurriendo hasta en más del 50% de los pacientes con ritmo inicial de FV (53). En el caso de FV refractaria, se ha demostrado que el cambio de vector o la doble desfibrilación secuencial podrían mejorar la probabilidad de RCE y supervivencia (54).

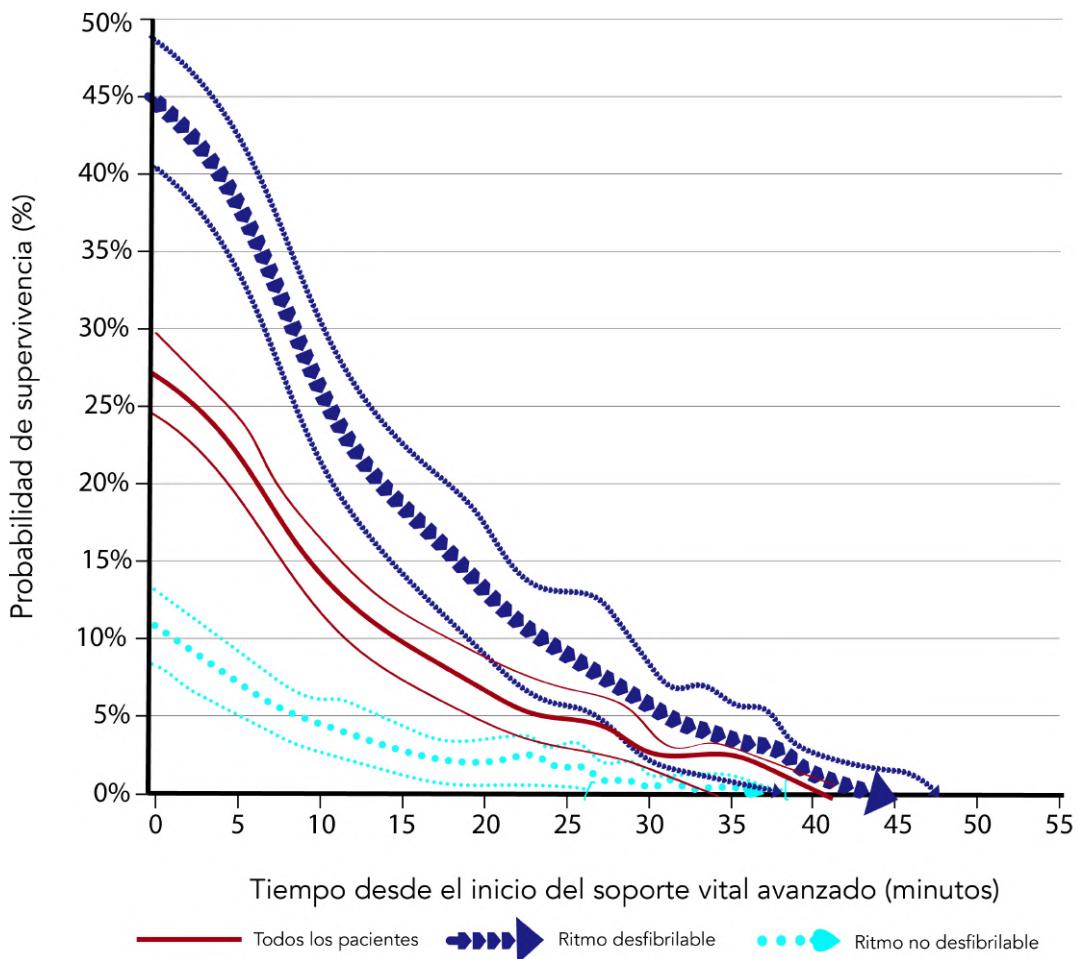
La probabilidad de obtener RCE es mayor cuando el ritmo inicial es FV que cuando la FV aparece tras una actividad eléctrica sin pulso (AESP) o asistolia (55).

Algunos estudios han buscado el punto de refractariedad de la PCREH para poder decidir un cambio de estrategia en la RCP. Una de las mayores series es de Canadá, donde se identificó que la ausencia de RCE a los 16 minutos del inicio del SVA era el punto de corte que mejor predecía la ausencia de supervivencia (menor a un 10% de probabilidad) para plantearse el transporte de los enfermos a centros hospitalarios donde pudieran ofrecerles otras alterativas terapéuticas como el soporte extracorpóreo. Además, el mismo estudio observó que a partir de los 40 minutos de RCP convencional la probabilidad de sobrevivir es prácticamente nula para todos los ritmos eléctricos (56). En esta misma línea, otro estudio del mismo grupo encontró que la probabilidad de supervivencia por debajo del 1% se encuentra en los 48 minutos de RCP si el ritmo inicial era desfibrilable y en los 15 minutos en no desfibrilable (57). Determinar cuál es el punto de refractariedad de una PCREH es importante para tomar decisiones que no sean precipitadas ni tardías, ya que existe evidencia a favor de los beneficios de realizar maniobras de RCP in situ en lugar de transportar a los pacientes en PCR a centros hospitalarios (58,59).

El hecho de que una PCR se convierta en refractaria puede deberse a varios factores, pero principalmente destaca la persistencia de la causa que ha desencadenado esta PCR, así como a la fase metabólica en la que se encuentra el paciente tras varios minutos de RCP. En una serie de pacientes de los Estados Unidos de América con PCR refractaria con ritmo de FV refractaria se observó que el 84% presentaban enfermedad coronaria significativa y el 64% trombosis aguda de una arteria coronaria (60) lo que va a favor de

la teoría de que en estos pacientes puede haber una mayor causa tratable no corregida durante la RCP para perpetuar la situación de refractariedad.

Figura 4: Probabilidad de supervivencia de la PCR según el tiempo transcurrido y según el ritmo eléctrico inicial. Adaptado de Grunau B et al. Timing to transport for ECPR. Prehosp Emerg Care. (56).



Los estudios sobre la presente problemática en España son escasos. Únicamente en los datos publicados del registro OHSCAR se comenta que se trasladaron un 2,5% de los pacientes atendidos por PCREH al hospital realizando RCP por PCR refractaria, con una supervivencia con buena situación neurológica de estos de tan solo el 1,9% (5,6). Estos resultados de muy mal pronóstico en pacientes transportado al hospital sin RCE con manejo de RCP estándar son concordantes con otros estudios internacionales (61).

Con todo ello, sabiendo que las probabilidades de sobrevivir a la PCR refractaria son muy bajas una vez entrada en la fase metabólica de la PCR, que esta se inicia en torno a los 15 minutos de RCP, y que los estudios y recomendaciones en RCP excluían tradicionalmente a este perfil de pacientes, desde hace más de 20 años se comenzaron a plantear otras estrategias terapéuticas para abordar este problema.

1.3. Oxigenación por membrana extracorpórea: ECMO

1.3.1. Definición, contexto histórico y clasificación.

La oxigenación por membrana extracorpórea (ECMO) es una técnica de soporte orgánico que permite, mediante un circuito extracorpóreo, suplir las funciones circulatorias y/o respiratorias cuando existe fallo de estas y el paciente no responde a los tratamientos de soporte convencionales (62).

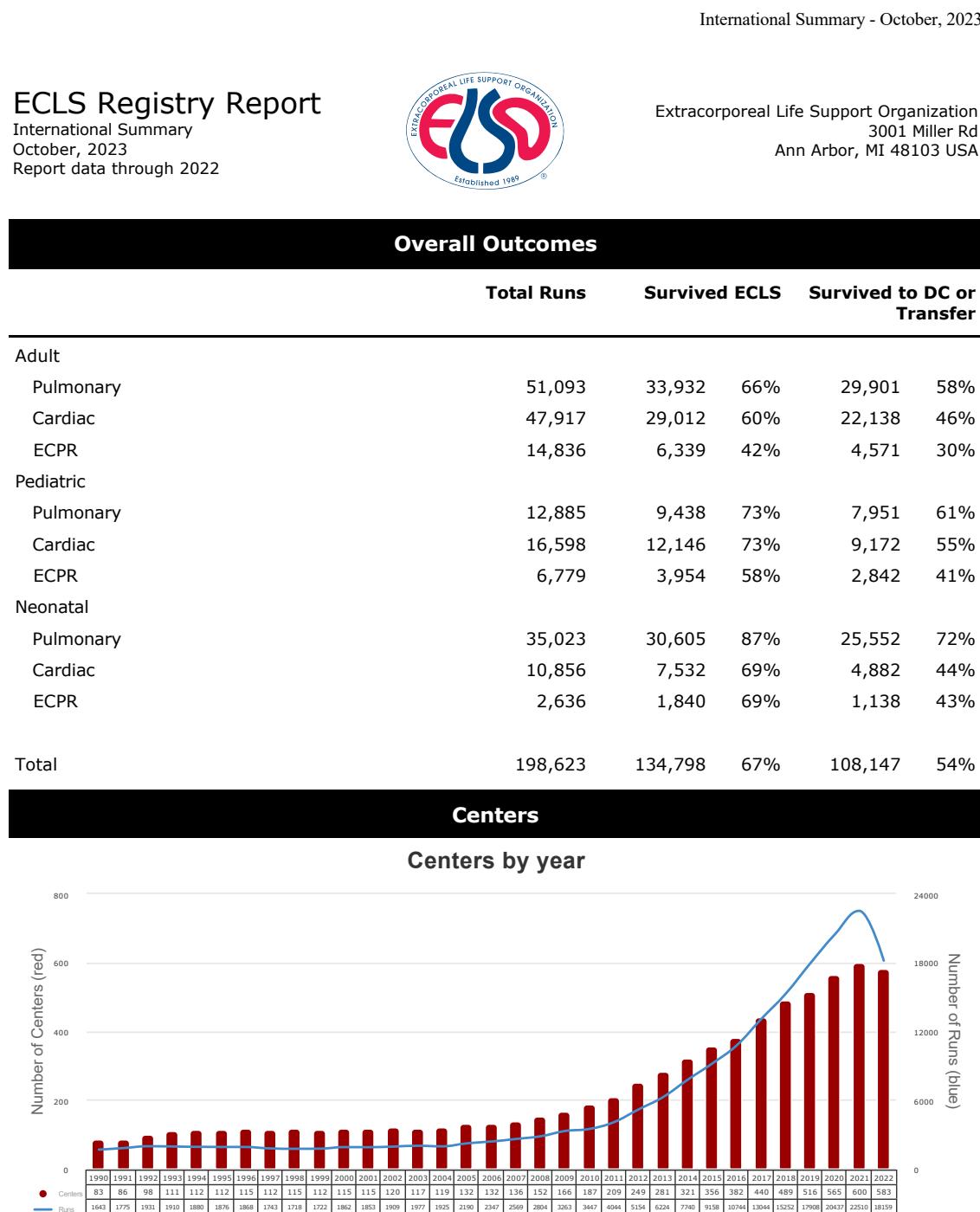
El uso del ECMO deriva del uso de la circulación extracorpórea (CEC) o by-pass cardiopulmonar, técnica de soporte temporal que se usa en el quirófano para reemplazar la función circulatoria durante las intervenciones de cirugía cardíaca. Tras décadas de investigaciones, los primeros usos de la CEC en cirugía cardíaca se remontan a la década de 1950, cuando en 1953 Gibbon realizó la primera cirugía cardíaca con una CEC de 26 minutos de duración para reparar un defecto interauricular en Philadelphia, Estados Unidos de América. Posteriormente hacia 1955 en Minneapolis, Estados Unidos de América, se realizaron las primeras series de pacientes operados con CEC (63). Los circuitos de CEC son circuitos complejos, abiertos, con reservorio de sangre, múltiples puertos de entrada y salida, bombas peristálticas y membranas para el intercambio de gases, todo ello pensado para un soporte temporal de corta duración (horas). La simplificación de estos circuitos, haciéndolos cerrados, con materiales más biocompatibles y de larga duración (días – semanas) permitió el paso al ECMO y su uso en Unidades de Cuidados Intensivos (UCI).

La primera experiencia con el uso de ECMO en el paciente adulto se publicó en el año 1972 con un caso de un paciente traumático con insuficiencia respiratoria que recibió este soporte por 74h (64). A partir de entonces su uso se ha ido incrementando con los años, empezando con la población pediátrica donde algunos estudios prometedores en los años 80 demostraron buenos resultados de supervivencia (65).

Como puede observarse en la figura 5, el registro internacional de la Extracorporeal Life Support Organisation (ELSO) reporta que a partir del año 2009, con la pandemia de gripe H1N1, el uso de ECMO en población adulta se incrementa de forma exponencial llegando a un pico de casos en el año 2020 coincidiendo en este caso con la pandemia de SARS-CoV-2 (66). Ese punto de inflexión en el año 2009 coincide también con la publicación del ensayo clínico CESAR, el primer gran estudio que demostró que el ECMO en adultos podía mejorar la supervivencia de determinados pacientes, en este caso pacientes con síndrome de distrés respiratorio agudo (SDRA) (67), al que posteriormente se unió en el mismo sentido el estudio EOLIA (68).

A pesar de ser una técnica extremadamente efectiva en relación con la capacidad de aumentar el transporte de oxígeno y estabilización de la hemodinámica y/o la situación respiratoria del paciente, se trata de una maniobra invasiva compleja, asociada a un gran consumo de recursos y que requiere de personal muy entrenado. Existe un volumen de evidencia muy importante de que esta maniobra de soporte ha de proporcionarse y centralizarse en centros de alta experiencia para ofrecer las máximas opciones de supervivencia a los pacientes (69,70). Esto ha de equilibrarse con la necesidad de poder ofrecer la terapéutica a todos los casos tributarios independientemente de la ubicación del paciente, cuestión compleja especialmente en casos en los que el retraso en el inicio del soporte tiene un efecto negativo significativo. Los pacientes que reciben soporte con ECMO se clasifican según la ELSO en tres bloques dependientes del objetivo del soporte y de los diferentes resultados tras la aplicación del soporte: soporte pulmonar, soporte cardíaco y reanimación cardiopulmonar extracorpórea (ECPR).

Figura 5: Última actualización de 2023 del reporte de casos de ECMO y supervivencia. Registro internacional de la Extracorporeal Life Support Organisation (66).



1.3.2. Componentes de los sistemas de ECMO y configuraciones.

Un circuito de ECMO es un circuito cerrado donde la sangre circula por su interior.

Consta de diferentes partes que quedan resumidas en la figura 6:

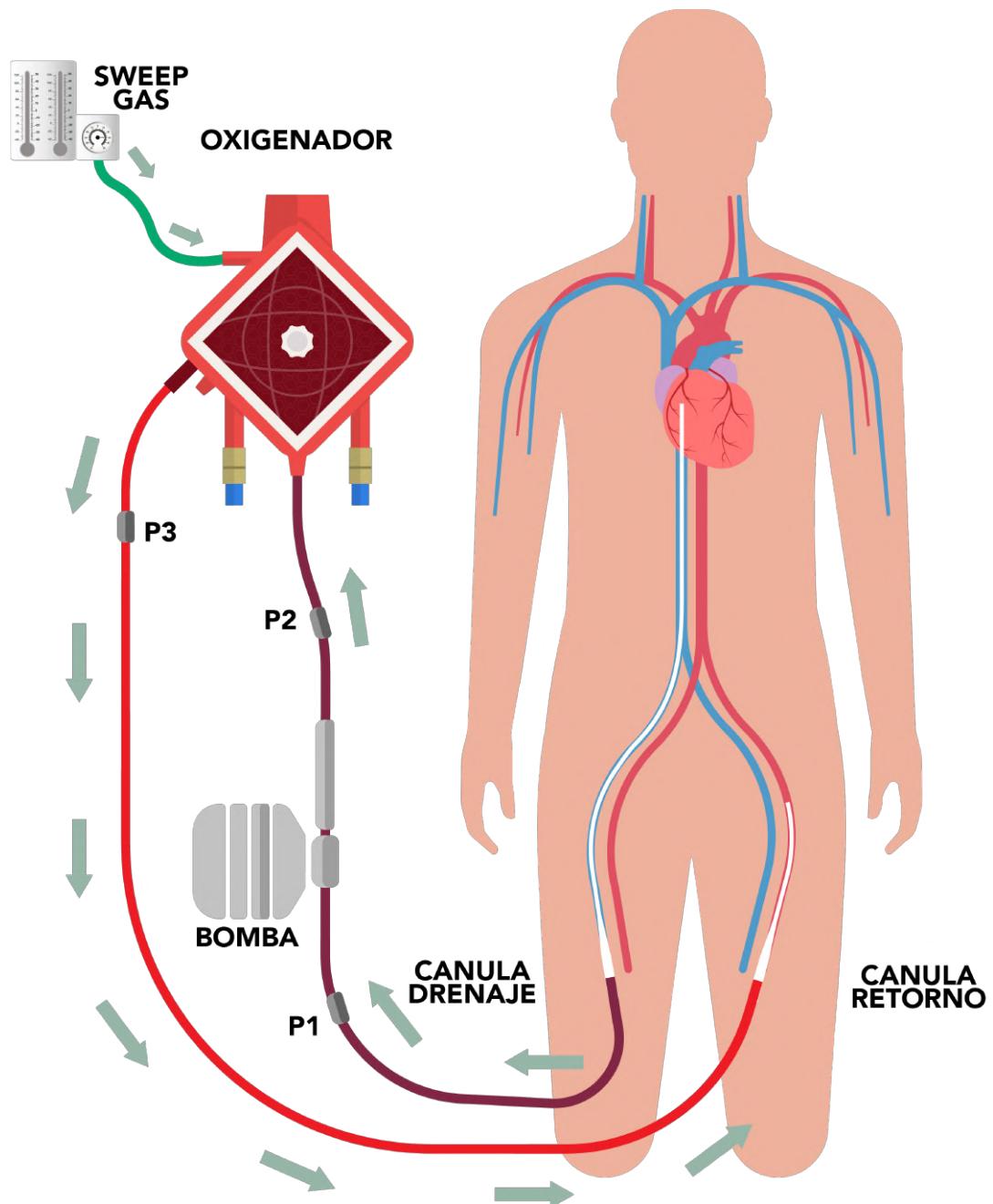
- Cánula de drenaje: catéter venoso que permite drenar la sangre del paciente hacia el circuito.
- Línea de drenaje: tubuladura del circuito que conecta la cánula de drenaje con la bomba.
- Bomba: centrífuga que succiona la sangre y la impulsa por el circuito de ECMO.
- Oxigenador: membrana de polimetilpenteno (PMP) donde se produce el intercambio de gases.
- Línea de retorno: tubuladura del circuito que conecta el oxigenador con la cánula de retorno.
- Cánula de retorno: catéter venoso o arterial por el que la sangre es retornada al paciente.

Además de estas partes del circuito, es imprescindible en todo ECMO contar con:

- Consola: dispositivo electrónico desde donde se controla la bomba y desde donde se obtiene la información sobre el circuito, flujo de sangre y otros parámetros medidos de la sangre del paciente.
- Sensores de presión: para analizar las diferentes presiones del circuito y el correcto funcionamiento de este:
 - P1: presión de drenaje, antes de la bomba.
 - P2: presión entre la bomba y el oxigenador.
 - P3: presión de retorno, después del oxigenador
- Mezclador de gases: dispositivo donde se produce una mezcla entre oxígeno puro y aire medicinal. Este gas, conocido como *sweep gas*, es el que irá al

oxigenador para producir el intercambio de gases. La concentración de oxígeno en el gas se conoce como F_dO_2 .

Figura 6: Circuito de ECMO VA con sus componentes y partes



Así pues, tras la colocación de una cánula de drenaje y una de retorno en el paciente y la conexión de estas a un circuito que integra una bomba centrífuga y un oxigenador, se genera un flujo de sangre que se controla mediante una consola. Este flujo de sangre atraviesa el oxigenador, que es una membrana semipermeable donde se aporta oxígeno y elimina dióxido de carbono, y esta sangre es retornada al paciente a través de la cánula de retorno que estará alojada en otra vena (soporte veno-venoso) o en una arteria (soporte veno-arterial).

El grado de aporte de oxígeno al paciente dependerá principalmente del flujo de sangre que atravesie la membrana por minuto, así como de la concentración de oxígeno que haya al otro lado de ésta (F_dO_2), mientras que la cantidad de CO_2 eliminado dependerá principalmente del flujo de *sweep gas* al difundir este gas en la membrana mucho mejor que el oxígeno.

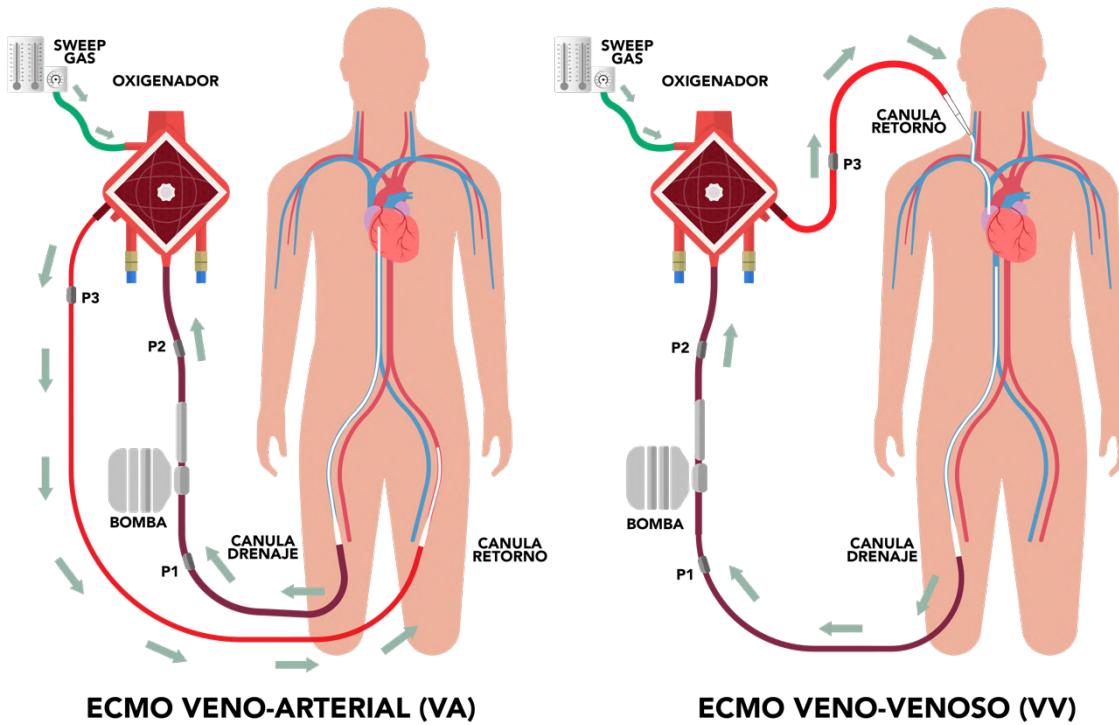
Existen dos configuraciones estándar para dar soporte con ECMO, en función de a dónde se retorne la sangre del circuito:

- ECMO veno-venosa (VV): se drena sangre del territorio venoso y se retorna al mismo territorio venoso.
- ECMO veno-arterial (VA): se drena sangre del territorio venoso y se retorna al territorio arterial.

El ECMO VV sólo ofrece soporte para el sistema respiratorio, mientras que el ECMO VA ofrece tanto soporte respiratorio como circulatorio. Mas allá de estas dos configuraciones estándar, puede haber configuraciones mixtas con doble drenaje venoso (ECMO VV-A) para conseguir mayores flujos de sangre o con doble retorno venoso y arterial (ECMO V-VA) para realizar un soporte mixto.

Queda fuera de la definición y categoría de ECMO el lavado extracorpóreo de CO_2 (ECCO $_2$ R), que se realiza con circuitos más pequeños, menor flujo de sangre y no permite oxigenar ni dar soporte circulatorio (62).

Figura 7: Esquema de un circuito de ECMO VA y ECMO VV



1.3.3. Indicaciones y contraindicaciones

Hoy en día el ECMO es un tratamiento de soporte que está indicado cuando las otras medidas convencionales de soporte orgánico no funcionan. Saber escoger el paciente adecuado que puede beneficiarse de este soporte y, además, el momento adecuado de su implante -no demasiado temprano para no someter a riesgo a pacientes que no lo requieren ni demasiado tarde en pacientes que ya no tienen opción de recuperación- es un tema complejo y clave para obtener buenos resultados al aplicarlo.

En términos generales, el soporte con ECMO está indicado ante insuficiencia respiratoria o cardíaca refractaria a los tratamientos convencionales en pacientes sin gran comorbilidad y que tengan capacidad de recuperación o puedan ser candidatos a un tratamiento de soporte definitivo como el trasplante de pulmón o corazón, así como a asistencias ventriculares de larga duración en caso de indicación cardíaca (69–72). Esta reversibilidad del proceso de base es clave para el éxito de esta terapia, que no es un

tratamiento estrictamente sino una maniobra de soporte. Las indicaciones de ECMO VV y VA se enumeran en la tabla 7.

Tabla 7: Resumen de indicaciones de ECMO VV y VA (69–72).

ECMO VV	ECMO VA
Insuficiencia respiratoria hipoxémica con $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 < 80\text{mmHg}$ tras optimización de la ventilación mecánica y prono. Esto incluye entre otras: <ul style="list-style-type: none"> SDRA de causa tratable Neumonía bacteriana Neumonía vírica Neumonías intersticiales Traumatismo torácico Postoperatorio de trasplante de pulmón 	Shock cardiogénico refractario: <ul style="list-style-type: none"> Infarto agudo de miocardio Miocarditis fulminante Miocardiopatía séptica Insuficiencia cardíaca crónica descompensada Cardiopatías congénitas descompensadas Shock post cardiotomía
Insuficiencia respiratoria hipercápnica ($\text{pH} < 7.25$) pese a optimización de la ventilación mecánica. Esto incluye: <ul style="list-style-type: none"> SDRA Fístula broncopleural masiva Exacerbación severa de asma 	Fallo del ventrículo derecho: <ul style="list-style-type: none"> Hipertensión arterial pulmonar severa Infarto con afectación de ventrículo derecho Insuficiencia cardíaca derecha tras el implante de asistencia izquierda de larga duración
Soporte como puente al trasplante de pulmón en pacientes tributarios del mismo.	Soporte como puente al trasplante cardíaco o a la asistencia ventricular de larga duración en pacientes tributarios.
Cualquier patología de la vía aérea que imposibilite la oxigenación y la ventilación.	Tormenta arrítmica
	Parada cardiorrespiratoria refractaria

Las contraindicaciones del soporte con ECMO son, en general, relativas. Esto incluye la edad avanzada (sin un punto de corte claro), las hemorragias del sistema nervioso central, las grandes comorbilidades que hagan que el paciente tenga poca esperanza de vida y la enfermedad terminal del órgano sin opción a trasplante. En caso de pacientes con indicación de soporte circulatorio se incluye, además, la insuficiencia aórtica severa y la disección aórtica (69-72).

1.4. ECMO en parada cardíaca: ECPR.

1.4.1. Definición, contexto histórico y evidencia científica

Se define la reanimación cardiopulmonar extracorpórea (ECPR) como el uso del ECMO VA en pacientes en PCR en que el uso de RCP convencional no es efectivo para conseguir RCE o esta no se consigue de forma mantenida (73). Se considera la RCE como mantenida cuando no es necesario reiniciar maniobras de RCP por un tiempo de al menos 20 minutos (74). Para poder entender y comparar los pacientes que reciben ECPR, es necesario definir también dos tiempos clave: el tiempo de no flow, que es el comprendido entre la PCR y el inicio de RCP y el tiempo de low flow que es el que se comprenden entre el inicio de la RCP y la entrada en ECMO con flujo estable, lo que marca el tiempo de hipoperfusión del paciente.

Cuando una PCR se prolonga y se hace refractaria a las maniobras de RCP convencionales, las opciones de supervivencia son mínimas (56). La ECMO es un dispositivo de soporte cardiorrespiratorio muy eficaz, que permite suplir la función respiratoria y circulatoria por completo en caso de necesidad. La experiencia en cirugía cardíaca con circulación extracorpórea ya demostraba que era posible suplir de forma completa la función cardíaca en pacientes con el corazón parado. En 1966 se publica el primer artículo que habla del uso de circulación extracorpórea en una serie de 8 pacientes con PCRIH refractaria, consiguiendo la supervivencia de uno de ellos (75). En

los años noventa aparecen nuevas publicaciones de experiencias de pacientes con PCRIH refractaria en el postoperatorio de cirugía cardíaca, durante cateterismo cardíaco o durante su estancia en el hospital, recuperados con buena situación neurológica mediante el inicio de circulación extracorpórea o en algunos casos ya con ECMO, con canulación central o periférica (76–79). Los problemas logísticos y la altísima complejidad de los dispositivos en aquella época hacían que su uso fuera anecdótico o relegado a unos pocos centros concretos. La aparición de circuitos cerrados de ECMO, la mejoría en la tecnología, la mayor portabilidad, su mayor disponibilidad y la optimización en la biocompatibilidad de los circuitos hicieron que el uso de ECMO en PCR se incrementara sobre todo en la PCRIH. A partir del año 2000 se publican las primeras grandes series observacionales de pacientes que recibieron ECPR, provenientes principalmente de Asia. En Taiwan, con 59 y 135 pacientes con PCRIH se reportó una supervivencia al alta con buena situación neurológica del 23.7 y 30.3% respectivamente (80,81). En Seúl, 85 pacientes con PCRIH refractaria recibieron ECPR, con una supervivencia a los 6 meses con buena situación neurológica del 28.2% siendo esta significativamente mayor que la de controles que recibieron RCP convencional (7.5%, $p<0.01$) (82). En 2010 se publica una serie de un grupo japonés que incluía tanto pacientes con PCRIH como PCREH, 38 y 39, con una supervivencia con buena situación neurológica a los 30 días del 30 y del 10% respectivamente ($p=0.07$) (83). Todas estas series observacionales, con resultados que apuntaban los beneficios del uso de ECMO en PCR refractaria, abrieron una puerta a la implementación de programas de ECPR. En el año 2014 se publican los resultados de un estudio australiano tras implementar un protocolo de manejo de la PCR refractaria que incluía el uso de cardiocompresores mecánicos, hipotermia, ECMO y reperfusión coronaria precoz tanto para PCRIH como para PCREH, el CHEER trial. En este estudio, la implementación de este protocolo, con un número bajo de pacientes (26 en total, 11 con PCREH y 15 con PCRIH), obtiene unos resultados de supervivencia al alta hospitalaria con buena situación neurológica del 54%, nunca vistos en las series previas de ECPR (84). Unos años más tarde, en 2020 se publican los resultados del 2CHEER, con el objetivo de validar los resultados del primer

estudio, aplicando un protocolo de tratamiento similar en otra ciudad australiana. En este caso, la supervivencia con buena situación neurológica al alta fue del 44% (85).

Otro estudio sobre la implementación de un protocolo de ECPR que destaca en un centro terciario proviene de la ciudad de Porto, en Portugal. En este estudio se implementó un protocolo de abordaje a la PCR refractaria tanto para PCRIH como PCREH que incluía ECPR y, de manera complementaria, donación en asistolia no controlada (DANC) para aquellos casos que no cumplían algunos de los criterios para recibir ECPR, especialmente tiempos de paro excesivamente prolongados. La supervivencia al alta hospitalaria con buena situación neurológica fue del 33% (86).

Mas allá de estos estudios, la evidencia creciente de la probable utilidad de ECPR en estos pacientes hizo que a partir de 2010 algunos grupos empezaran a plantear los primeros ensayos clínicos sobre ECPR (87-89). Existen 4 ensayos clínicos aleatorizados sobre ECPR publicados hasta el día de hoy, todos ellos centrados en la población de PCREH. Uno de ellos, el EROCA realizado en Michigan (Estados Unidos de América), aleatorizó a casos de PCREH a recibir transporte y ECPR o RCP estándar. El objetivo de este estudio no se centró en la supervivencia de los pacientes, si no que iba enfocado a la viabilidad de implementar el procedimiento de ECPR, siendo el objetivo primario conseguir un tiempo entre llamada al 911 (teléfono de emergencias) y llegada a urgencias menor de 30 minutos y un tiempo entre la llegada a urgencias y la entrada en ECMO también menor de 30 minutos. No se consiguió alcanzar el objetivo primario del estudio y además, con 15 pacientes aleatorizados, ninguno de ellos sobrevivió con buen resultado neurológico (90). Dado que este ensayo es un estudio pequeño que no se centró en supervivencia, lo excluiremos del resto de manuscrito cuando hagamos referencia a los ensayos clínicos de ECPR.

Los otros tres ensayos clínicos sí que tuvieron tienen como objetivo primario comparar la supervivencia con buena situación neurológica entre la cohorte aleatorizada a recibir ECPR y el grupo control que recibió RCP convencional. El primero de ellos es el estudio

ARREST realizado en la ciudad de Minneapolis en los Estados Unidos de América. Este estudio monocéntrico aleatorizó a pacientes con PCREH refractaria con ritmo de FV a ECPR o mantener SVA convencional una vez llegaban al hospital. Con 30 pacientes aleatorizados, el estudio fue suspendido en el primer análisis intermedio al encontrar una supervivencia con buena situación neurológica al alta del 43% en el grupo intervención contra el 7% en el control, concluyendo que la aplicación de ECPR mejoraba la supervivencia de la PCREH refractaria (91). A destacar que en este estudio solo se incluían pacientes con ritmo desfibrilable y todos los pacientes eran derivados al centro hospitalario, donde se aleatorizaba a ECPR o seguir SVA, manejo que es diferente al de muchos países de Europa donde generalmente la RCP se realiza in situ hasta RCE o el fallecimiento del paciente.

El segundo ensayo clínico de ECPR fue realizado en Praga, República Checa. Es también un estudio monocéntrico en el que 256 pacientes fueron aleatorizados in situ, tras 5 minutos de PCREH sin RCE, a ser transportados al hospital para recibir ECPR versus continuar con el SVA estándar in situ, con 124 y 132 pacientes en cada rama respectivamente. La supervivencia a los 30 días fue superior en grupo ECPR (30.6% vs 18.2%, $p=0.02$), pero la supervivencia a los 180 días con buena situación neurológica, que fue el objetivo primario del estudio, fue del 31.5% en el grupo de intervención y del 22% en el control, sin diferencias estadísticamente significativas ($P=0.09$) (92). Esto podría explicarse por la elevada supervivencia del grupo control y porque 11 pacientes del grupo control cruzaron de rama y recibieron finalmente ECPR, siendo un estudio con análisis por intención de tratar, presentando este subgrupo una supervivencia del 40%. En un análisis secundario del mismo estudio realizado por los mismos autores, se dividió la población en lugar de por la intención de tratamiento en base a la aleatorización del ensayo clínico, en tres cohortes en función del tratamiento recibido y resultado: la primera fueron los pacientes en que se consiguió RCE durante el SVA realizado por el SEM; la segunda fueron los pacientes en que no se consiguió RCE por el SEM y se inició ECPR; y la última los pacientes en que no se consiguió RCE por el

SEM y se continuó SVA convencional. La supervivencia a los 180 días con buena situación neurológica fue del 61.5, 23.9 y 1.2% respectivamente ($p<0.001$), concluyendo que ECPR mejoró significativamente la supervivencia de aquellos pacientes con PCREH en los que no se consiguió RCE por parte de los servicios de emergencia (93).

Tras estos primeros dos ensayos clínicos se publicó un primer metaanálisis incluyendo estos pacientes y los de otros estudios observacionales. En él se observó un incremento de supervivencia de los pacientes (22% vs. 17%; OR = 1.40; 95% CI, 1.05–1.87; $p = 0.02$) y de la supervivencia con buena situación neurológica (14% vs. 7.8%; OR = 2.11; 95% CI, 1.41–3.15; $p < 0.001$) al comparar ECPR con RCP convencional, lo que sugirió que el ECPR mejora la supervivencia y la supervivencia con buena situación neurológica de los pacientes con PCREH refractaria (94).

El tercer y último ensayo clínico se realizó en los Países Bajos. Es el único multicéntrico y arrojó resultados negativos para ECPR. En él se analizaron un total de 134 pacientes, 70 a recibir ECPR y 64 a SVA estándar. La supervivencia con buena situación neurológica a los 30 días fue del 20% en el grupo ECPR y del 16% en el grupo de RCP convencional ($p=0.52$) (95). A destacar que, a diferencia de los otros ensayos clínicos de ECPR, este estudio contó con la participación de 10 centros, muchos de ellos con un volumen de inclusión extremadamente bajo, lo que implica un nivel insuficiente de experiencia en la técnica, solo el 66% de los pacientes del grupo aleatorizado a ECPR recibió finalmente este soporte y los tiempos de low flow y canulación fueron extremadamente prolongados.

En la tabla 8 pueden observarse las características metodológicas de estos tres ensayos clínicos.

Tabla 8: Características de los ensayos clínicos ARREST (91), Prague OHCA (92) e Inception (95).

Variable	ARREST	Prague	INCEPTION
Edad	18-75 años	18-65 años	18-70 años
Ritmo eléctrico	FV o TVSP	Cualquiera	FV o TVSP
Criterio elección	PCREH No RCE a la 3 ^a descarga Cardiocompresión con LUCAS. Tiempo de transporte < 30min	PCREH presenciada. Sospecha etiología cardíaca. No RCE tras 5 minutos de RCP	PCREH con ritmo desfibrilable. RCP des del momento inicial. No RCE a los 15 minutos.
Contraindicación	Ordenes de no RCP, traumatismo, ahogamiento, sobredosis, embarazo, encarcelado, no disponibilidad del LH, alergia al contraste yodado, sangrado gastrointestinal o interno.	PCR no presenciada, sospecha de causa no cardíaca, embarazo, RCE en los primeros 5 minutos, comorbilidades severas, diátesis hemorrágica, ordenes de no RCP o mala situación socio funcional	RCE <15 minutos, insuficiencia cardíaca severa, enfermedad pulmonar severa, enfermedad oncológica avanzada, embarazo, cirugía de by-pass femoral, ordenes de no medidas invasivas, inicio de canulación con low flow > 60min.
Centros	Monocéntrico	Monocéntrico	Multicéntrico
Momento aleatorización	Llegada al Hospital	In situ	En ruta al hospital
Intervención	ECPR a la llegada vs SVA estándar	Traslado al hospital para ECPR vs SVA estándar in situ	ECPR a la llegada vs SVA estándar
Número de pacientes analizados	30 14 ECPR 15 SVA estándar	256 124 ECPR 132 SVA estándar	134 70 ECPR 64 SVA estándar
Objetivo primario	Supervivencia al alta hospitalaria	CPC 1-2 a 180 días	CPC 1-2 a 30 días

El resumen comparativo de las características clínicas de los pacientes y de los resultados con buena situación neurológica de los principales estudios de ECPR comentados previamente pueden verse en la tabla 9.

Tabla 9: Pacientes y resultados de los grupos que recibieron ECPR en los estudios CHEER (84), Porto (86), ARREST (91), Prague OHCA (92) e Inception (95).

	CHEER n=26	Porto n=18	ARREST n=15	Prague n= 92	INCEPTION n= 70
Recibieron ECPR* n, (%)	24 (92.3)	16 (88.9)	12 (80)	92 (100)	46 (66)
Edad, años mediana, (IQR)	52 (38-60)	52 (45- 55)	59 (10) 43-73	58.5 (45-65)	54 (12)**
Sexo (varón) n, (%)	20 (77)	11 (61)	14 (93)	76 (82.6)	63 (90)
Hipertensión n, (%)	11 (42)	4 (22)	2 (13)	38 (46.3)	24/44 (55)
Diabetes mellitus n, (%)	2 (8)	3 (17)	3 (20)	13 (16.3)	10/62 (16)
Enfermedad coronaria n, (%)	4 (15)	2 (11)	4 (26)	15 (18.8)	7/61 (12)
Insuficiencia cardíaca congestiva. n, (%)	5 (19)	0 (0)	1 (7)	9 (11.1)	4/62 (6)
Lugar de PCR (PCREH) n, (%)	11 (42)	5 (28)	15 (100)	92 (100)	70 (100)
Ritmo inicial (desfibrilable). n, (%)	19 (73)	9 (50)	15 (100)	57 (62)	69 (99)
RCP por testigos (en PCREH). n, (%)	--	--	13 (86.7)	91 (98.9)	48 (68.6)
Low flow, min; mediana (IQR)	56 (40-85)	40 (35- 40)	59 (28)	61 (55- 70)	74 (63-87)
pH inicial mediana (IQR)	6.9 (6.7- 7.1)	7.1 (7- 7.20)	6.9 (0.9)	6.9 (6.8- 7)	7 (0.2)**
Lactato inicial (mmol/L) mediana (IQR)	10 (7-14)	5.9 (4.3- 8.9)	11.5(4.5)	13 (11- 17)	13 (5)**

CPC 1-2 n, (%)	14 (53.8)	6 (33)	6 (43)	20 (21.7)	14 (20)
• Desfibrilable	12 (63.2)	--	6 (43)	19 (33.3)	14 (20)
• No desfibrilable	2 (50)	--	--	1 (2.9)	--
Estancia en UCI (supervivientes) mediana (IQR)	230 (118- 320)***	16 (8- 28)	21.5 (9- 45)	16 (11- 29)	--
<p>Solo se incluye la cohorte de ECPR de todos los estudios.</p> <p>*Los pacientes no recibieron ECPR por futilidad, RCE o canulación fallida.</p> <p>** media (SD).</p> <p>***horas</p> <p>∞ Supervivencia al alta hospitalaria en los estudios CHEER, Porto y ARREST y a los 3 meses en los estudios de Prague e Inception.</p>					

Recientemente se ha publicado una revisión sistemática incluyendo los tres ensayos clínicos concluyendo que el estudio ARREST (83) nos demuestra la eficacia de ECPR en PCREH en un entorno altamente controlado y dedicado, y que el estudio de Praga (84) que la supervivencia con RCP convencional puede ser elevada al implementar procesos complejos y los resultados del ECPR pueden verse afectados negativamente al incluir ritmos no desfibrilables. Concluyen, por último, que el estudio INCEPTION (87) nos muestra la complejidad de implementar programas de ECPR en el mundo real, por lo que recomiendan que los centros que quieran realizar ECPR deben centrar muchos esfuerzos en optimizar su organización, logística y forma de trabajar para asegurar que los recursos sanitarios se inviertan correctamente (96).

Tras la publicación de estos tres ensayos clínicos, múltiples revisiones sistemáticas y metaanálisis se han publicado incluyendo sus resultados, con interpretaciones dispares que van desde concluir claramente que la ECPR aumenta la supervivencia de los pacientes con PCR refractaria o a decir que los resultados son inconcluyentes y que esto no se puede afirmar (97-101). Una reciente revisión sistemática de Cochrane concluye que la ECPR se asocia a una reducción en cualquier causa de mortalidad entre los 90 días y un año, aunque multiplica por tres los riesgos hemorrágicos y la evidencia se

considera de baja a moderada, limitada por un número bajo de pequeños estudios y heterogeneidad clínica (102).

Posteriormente a estos tres ensayos clínicos, se han seguido publicando series observacionales mostrando los resultados de la aplicación de ECPR para PCREH en entornos urbanos. Algunas de ellas han mostrado resultados prometedores con supervivencia con buena situación neurológica cercanas al 30%, como el inicio del programa de ECPR en el condado de Los Ángeles en Estados Unidos (103). Sin embargo, existen otras series donde la aplicación de ECPR no ha mostrado resultados tan favorables. Con un número de pacientes tratados mucho más alto, se ha reportado una supervivencia menor al 10% de los casos en los que se utilizó ECPR en ciudades como París, donde la supervivencia con 525 pacientes fue del 8% (104) o en Milán, donde fue del 9.4% con 307 pacientes (105). A nivel español, la experiencia y las publicaciones de ECPR son escasas. En el año 2015 el equipo de cardiología del Hospital Gregorio Marañón de Madrid publicó un caso clínico de una PCRIH secundaria a un infarto agudo de miocardio que sobrevivió con buena situación neurológica tras más de 60 minutos de low flow (106). El mismo grupo publicó en 2019 una serie de 25 pacientes, todos con PCRIH que fueron canulados por cardiología intervencionista con una media de tiempo de canulación de 28.7 +/- 9.8 minutos y 43.8 +/- 11.02 minutos de low flow, con una supervivencia con buena situación neurológica del 24% (6 pacientes) (107). En 2021 el grupo de investigación del Servicio de Medicina Intensiva del Hospital Álvaro Cunqueiro de Vigo publica una serie de 7 pacientes con PCRIH en la que, canulados por intensivistas o cirujanos cardíacos y con un low flow de 55 (36.25 – 62.5) minutos, consiguieron una supervivencia del 42.9% (108). También en el 2021 se publica una serie de 10 pacientes con PCRIH del servicio de cardiología del Hospital de Bellvitge en l'Hospitalet de Llobregat, Barcelona, mostrando una supervivencia del 30% (3 pacientes) con un tiempo de low flow medio de 104,1 minutos (109). A nivel de PCREH la única experiencia publicada en España es la de una parada por hipotermia accidental atendida por nuestro grupo del Hospital Vall d'Hebron de Barcelona, siendo

la PCR recuperada con buena situación neurológica más prolongada del país (110,111). Un resumen de las series de casos sobre ECPR publicadas en España puede verse en la tabla 10.

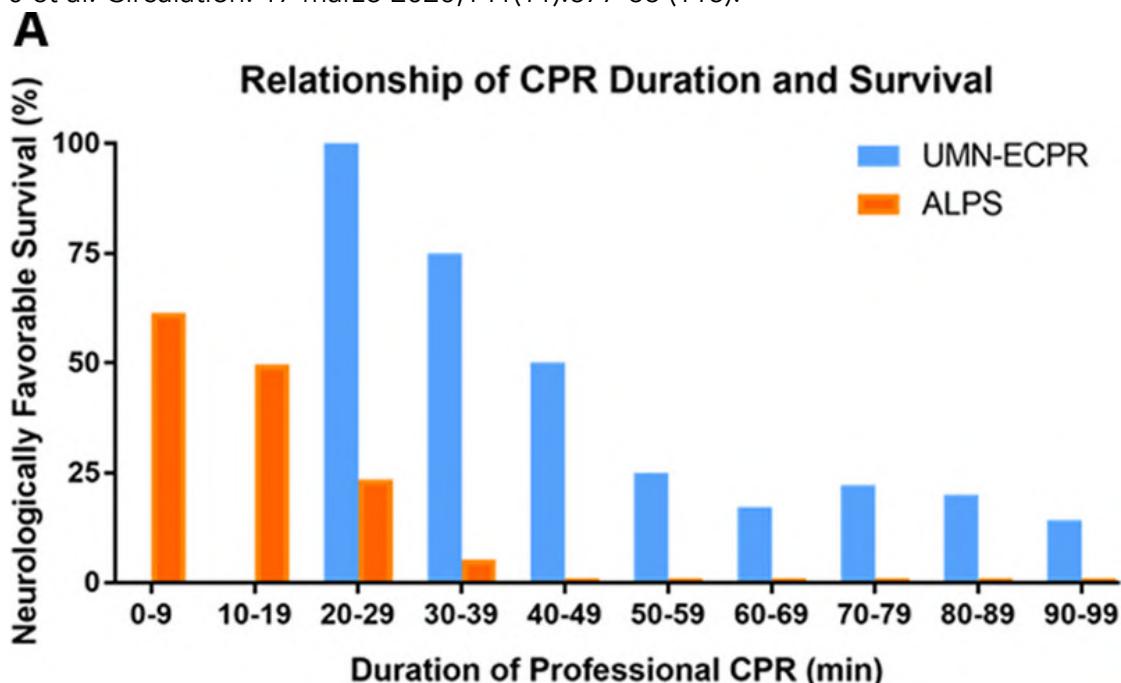
Tabla 10: Series de casos sobre ECPR en España

Publicación	Castillo J et al. (109).	Chico-Carballas J.I et al. (108).	García-Carreño J et al. (107).
Hospital y ciudad	Bellvitge, L'Hospitalet	Álvaro Cunqueiro, Vigo.	Gregorio Marañón, Madrid.
Tipo PCR	PCRIH	PCRIH	PCRIH
Números de casos	10	7	25
Canulación	-	Percutánea por intensivista o cirujano cardíaco	Percutánea por cardiólogo intervencionista
Tiempo de canulación (min)	-	-	28.7 +/- 9.8
Low flow (min)	104.1	55 (36.25 – 62.5)	43.8 +/- 11.02
Supervivencia	3 (30%)	3 (42.9%)	6 (24%)

Con toda la evidencia científica publicada hasta la fecha, la última actualización del año 2023 del consenso en ciencia con recomendaciones de tratamiento (CoSTR) del ILCOR, lo que dicta las recomendaciones internacionales sobre RCP, concluye que ECPR debe considerarse como una terapia de rescate para pacientes seleccionados con PCREH cuando no se consigue RCE con RCP convencional en lugares donde pueda ser implementado (recomendación débil, baja evidencia científica). Para PCRIH, ECPR debe considerarse cuando la RCP convencional falla en lugares donde pueda implementarse (recomendación débil, muy baja evidencia científica) (112,113). De igual forma, la actualización de las recomendaciones de soporte vital de la AHA de finales de 2023 recomienda el uso de ECPR para pacientes con CPR refractaria al SVA convencional es razonable en pacientes seleccionados cuando se realiza por parte de un sistema apropiadamente formado y equipado (114).

Así pues, pese a la incertidumbre de la evidencia y lo difícil que resulta generarla en contexto de PCR, parece claro que cuando comparamos los estudios y series de pacientes con PCR que han recibido ECPR con aquellos estudios en que se realiza RCP convencional, ECPR puede ofrecer opciones de supervivencia con buena situación neurológica en PCR de duración mucho más prolongada, donde la RCP convencional ya no es capaz de revertir la situación clínica (115,116).

Figura 8: Supervivencia según la duración de la PCR del estudio Amiodarona-Lidocaína-Placebo en OHCA (37) vs supervivencia con ECPR de la serie de Minnesota. De Bartos J et al. Circulation. 17 marzo 2020;141(11):877-86 (115).



1.4.2. Selección de pacientes e indicaciones de ECPR

La ECPR es un procedimiento muy complejo, con un elevado coste y que requiere de un equipo altamente formado y capacitado para su implementación. Definir una correcta indicación y selección de los pacientes que se pueden beneficiar de este soporte es esencial para conseguir buenos resultados de supervivencia y evitar así un

gasto de personal y recursos innecesario. Con una correcta selección, el uso de ECPR para la PCR refractaria parece ser costo-efectivo (117–120).

Las indicaciones de ECPR clásicamente han sido la PCR presenciada refractaria con una causa tratable -generalmente cardíaca-, en pacientes jóvenes, idealmente con ritmo eléctrico inicial desfibrilable, RCP desde el momento inicial y posibilidad de estar en ECMO en los primeros 60 minutos desde la PCR. La ELSO, en sus recomendaciones sobre ECPR, define unas indicaciones generales de ECPR en base a las que se utilizan en la mayoría de los centros, países y estudios en este ámbito (73). Estas indicaciones pueden verse en la Tabla 11.

Tabla 11: Indicaciones de ECPR según las guías de la ELSO (73)

Edad < 70 años
Parada cardíaca presenciada
Tiempo entre PCR e inicio de RCP (<i>no flow</i>) < 5 minutos
Ritmo inicial de FV/TVSP/AESP
Tiempo entre PCR e inicio de flujo de ECMO (<i>low flow</i>) < 60 minutos
EtCO ₂ > 10mmHg antes de la canulación de ECMO
RCE intermitente o FV recurrente
Presencia de signos de vida durante la RCP
Ausencia de comorbilidades severas que limiten la vida
Ausencia de insuficiencia aórtica severa

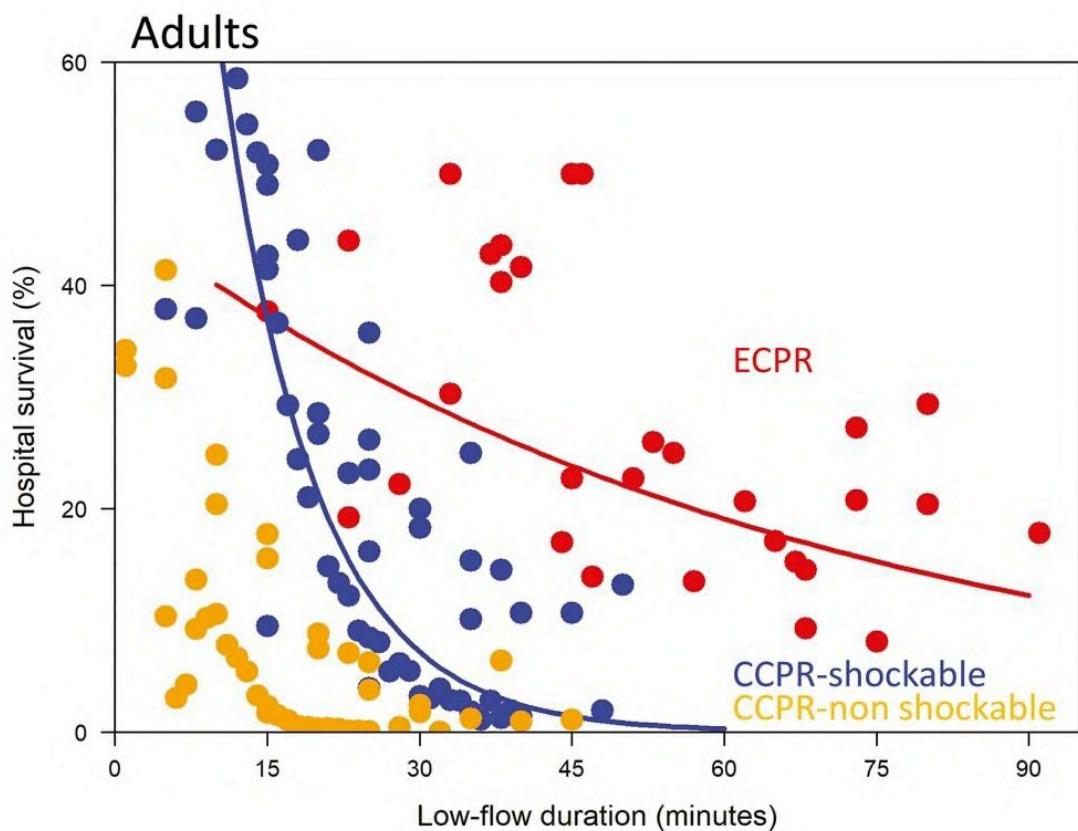
Estas indicaciones se repiten de manera significativamente constante en todas las series y estudios publicados hasta la fecha. Existen varios factores que se han relacionado con la probabilidad de supervivencia en caso de ECPR para PCREH. Estos incluyen factores propios del paciente, como la edad joven y el sexo femenino, y otros relacionados con las características de la PCR como que el ritmo inicial sea desfibrilable, la PCR presenciada, se realice RCP desde el momento inicial, se consiga RCE y el tiempo entre la PCR y la entrada en ECMO sea el mínimo (121). Todos estos se repiten de forma

consistente en la bibliografía, pero en otros meta-análisis también se ha encontrado, además de los factores comentados previamente, relación con la supervivencia con buena situación neurológica a menores niveles de lactato y pH medidos antes del inicio de ECMO (sin un punto de corte claro), al uso de control de temperatura post PCR (122) a tener enfermedad cardíaca previa y a la situación de PCR secundaria a hipotermia accidental (123). En PCRIH la relación con algunos de estos factores no está tan clara. Algunos estudios relacionan también el ritmo eléctrico desfibrilable, la edad y la duración de la RCP y la hora en que sucede la PCR (horario laboral) con buena supervivencia y la preexistencia de insuficiencia renal en el paciente como predictor de mala supervivencia (124). Otros han encontrado que menores niveles de lactato, menor SOFA y menores niveles de creatinina estaban relacionados con una mayor supervivencia (125) un mayor IMC, un low Flow más prolongado, una menor temperatura corporal, un mayor lactato y presentar fracaso renal se han visto asociados a una mayor mortalidad, sin encontrarse relación entre mortalidad y ritmo eléctrico inicial (123).

El tiempo que dura la parada cardíaca y por el cual se prolongan las maniobras de RCP siempre ha sido un factor determinante en PCR, y esto es también así en las PCR que reciben ECPR (116,126–128). Este tiempo, denominado como low flow es el que sucede desde que se inicia la RCP hasta que se consigue RCE, se entra en ECMO o el paciente fallece. No se puede determinar un tiempo máximo de low flow para contraindicar ECPR, pero en base a los estudios sabemos que las probabilidades de supervivencia con RCP convencional en PCR de más de 45 minutos de low flow son prácticamente nulas mientras que con ECPR los tiempos de low flow pueden alargarse hasta más de 90 minutos consiguiendo supervivientes con buena situación neurológica (56,115,116). Tanto es así que en la revisión de Mandigers se determinó que la probabilidad de supervivencia en adultos con PCR para los puntos de corte de low flow de 15, 30, 45 y 60 minutos es del 36.8%, 7.2%, 1.4% y 0.3% con RCP convencional y del 37.2%, 29.8%, 23.8% y 19.1% si los pacientes reciben ECPR (116). Esta relación entre el low flow y la

probabilidad de supervivencia puede verse en la Figura 9. El objetivo de low flow habitualmente empleado en los estudios es de menos de 60 minutos (73). Sin embargo, existen controversias razonables al excluir, empleando este límite, a un cierto porcentaje de pacientes que podrían sobrevivir con buen resultado neurológico.

Figura 9: Relación entre probabilidad de supervivencia y tiempo de low flow comparando RCP convencional en ritmo desfibrilable y no desfibrilable con ECPR. De Mandigers L et al. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2022 Oct; 35(4) (116)



En relación a la indicación de ECPR en base al ritmo eléctrico, la presencia de un ritmo eléctrico inicial desfibrilable en PCREH es uno de los factores que más se asocia con la supervivencia con buena situación neurológica, con un OR de 2.79 e IC 2.04 a 3.80 (121), igual que sucede en PCREH que no recibe ECPR (57). Tanto es así que algunos de los principales estudios realizados en ECPR han limitado su inclusión a los ritmos desfibrilables (91,95). En el estudio de Praga (92) en que se incluyeron tanto ritmos

iniciales desfibrilables como no desfibrilables, un análisis post-hoc observó que la presencia de un ritmo eléctrico inicial desfibrilable era un factor relacionado con supervivencia con un cociente de riesgo para mortalidad de 0.32 (IC 95% 0.22 – 0.46) (129). En IHCA esta relación con el ritmo eléctrico inicial es más incierta, ya que aunque varios estudios sí han demostrado que existe relación entre ritmo eléctrico inicial no desfibrilable y mayor mortalidad (124,125), en otros esta relación no ha quedado tan clara o no ha sido significativa (123,130,131).

Un valor del end-tidal de dióxido de carbono (EtCO_2) elevado es un buen indicador de la calidad de las compresiones torácicas (42–45) por lo que ante una PCR prolongada se suele recomendar que sea $> 10\text{mmHg}$ para indicar ECPR (73). Algunos autores sugieren que el valor debería ser mayor y que un $\text{EtCO}_2 < 20\text{mmHg}$ es indicador de mal pronóstico (132). No obstante, esta hipótesis se ha de confirmar en estudios adecuadamente diseñados.

El punto de corte de edad también es un tema en discusión, ya que ser joven se ha relacionado con mayor supervivencia (121). En un estudio reciente de análisis de la base de datos de la ELSO de pacientes que recibieron ECMO VA se encontró una relación directa entre la edad y un incremento en la mortalidad a partir de los 40 años de edad, aunque este estudio fue realizado en pacientes con shock cardiogénico (133). Un estudio observacional japonés encontró que la edad mayor a 70 años era aún factor relacionado con peor supervivencia por lo que concluye que los pacientes puede que ya no se beneficien de recibir ECPR a partir de esta edad (134). En base a esto y al consenso de expertos, esta es la recomendación de edad de las recomendaciones de ECPR de la ELSO (73).

Otros estudios han buscado otros factores de supervivencia relacionados con ECPR para mejorar la selección de los pacientes. Uno de estos factores, que también se incluye en las recomendaciones, es la presencia o ausencia de signos de vida,

entendidos como reactividad pupilar a la luz, presencia de respiraciones agónicas - gasping- o la recuperación del nivel de conciencia. En una serie francesa de 434 pacientes la presencia de estos signos se relacionó positivamente con la supervivencia con buena situación neurológica a los 30 días con un OR de 7.35 (IC 95% 2.71-19.97). Separando por según qué signo, el OR para respuesta pupilar fue de 5.86 (IC 95% 2.28-15.06), para la recuperación de conciencia de 4.79 (IC 95% 2,16-10.63) y para el gasping de 1.75 (IC 95% 0.95-3.21). Los autores concluyeron que este parámetro debe tenerse en cuenta como uno más en la decisión de ECPR y que la ausencia de ningún signo de vida en pacientes con ritmo no desfibrilable podría ser un criterio para no indicar ECPR en esta población (135). La obesidad parece que también podría ser un factor que empeore los resultados, con un aumento de la mortalidad hospitalaria con IMC > 25 kg/m² y un peor resultado neurológico con IMC > 30 kg/m² en pacientes con PCREH (136). Por último, el uso de la oximetría cerebral también se ha relacionado con la supervivencia. Valores elevados de saturación regional cerebral antes de la entrada en ECMO (>15% o 16%) se han mostrado predictores de supervivencia con buena situación neurológica (137).

Existe una situación extraordinaria que ha de ser analizada aparte en relación con las indicaciones de ECPR: la parada cardíaca por hipotermia accidental. En ella aunque el ritmo sea no desfibrilable y los tiempos sean mucho mayores, el tratamiento de elección para el recalentamiento es la ECPR (29). Existen casos publicados que reportan supervivencias con buena situación neurológica a PCREH por hipotermia accidental con tiempos de low flow prolongados (110,111), además de varios estudios y revisiones en que los resultados aplicando este soporte en estos casos son buenos (138-140) por lo que debe considerarse siempre su indicación para ECPR.

Una correcta selección de los pacientes candidatos a ECPR tendrá un impacto fundamental en los resultados de un programa de ECPR. Ser restrictivos en la indicación en general aumentará la supervivencia, pero probablemente se pierdan candidatos a

recuperación. En un estudio danés con 259 pacientes que recibieron ECPR, haber añadido criterios más estrictos en la selección como la presencia de signos de vida, pH > 6.8, lactato < 15mmol/L y low flow < 100min hubiera aumentado la supervivencia global del 26% al 48%, pero hubiera dejado fuera al 58% de los supervivientes de su serie (141). En el mismo sentido, un estudio australiano con 199 casos de ECPR mostró que aplicar criterios estrictos -descritos como los criterios de inclusión de los ensayos clínicos aleatorizados- hubiera hecho que la supervivencia en PCREH pasara del 21.9% al 43.8% y en PCRIH del 45.8% al 66.7%, pero solo un 36.8% en PCREH y un 35.5% en PCRIH de los supervivientes cumplieron criterios de indicación estrictos, habiendo quedado así fuera de indicación de ECPR la mayor parte de los supervivientes (142). Así pues, la selección de los pacientes tributarios de ECPR reviste una complejidad notable que requiere más actividad investigadora dirigida a identificar el rol de todos los factores involucrados en el pronóstico vital de estos pacientes para identificar factores que ayuden a seleccionar mejor y hacer que los programas de ECPR mejoren.

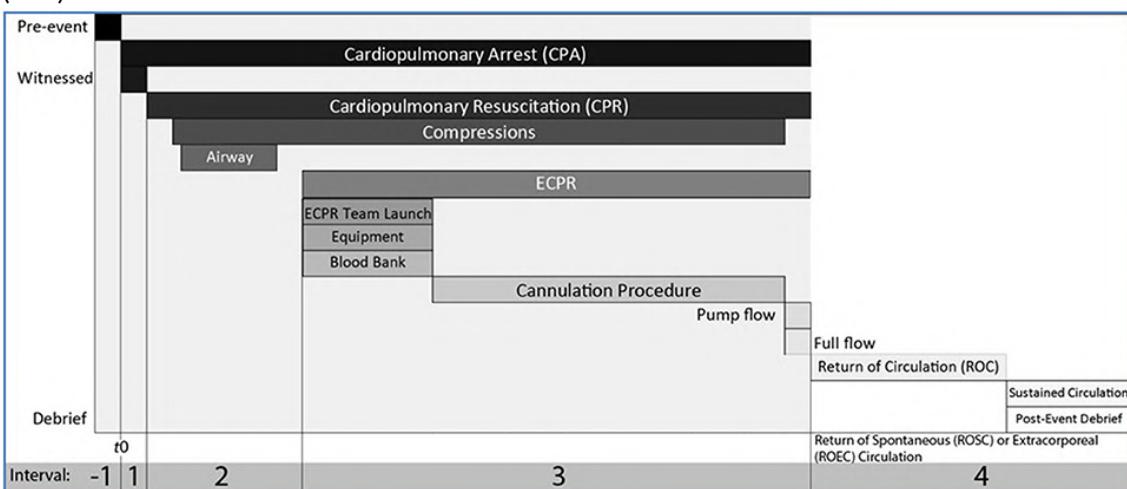
1.4.3. Procedimiento de reanimación cardiopulmonar extracorpórea

Realizar un procedimiento de ECPR supone la combinación de dos procedimientos complejos que son el soporte vital avanzado y la canulación y entrada en ECMO. Para ello es necesario que dos equipos adecuadamente formados y altamente coordinados trabajen en paralelo para seguir ofreciendo RCP de calidad al paciente, evaluar la candidatura del caso a recibir ECPR y finalmente aplicarla, todo ello en el menor tiempo posible.

Con protocolos y procedimientos establecidos, una vez se indica o se considera un paciente tributario de ECPR, debe prepararse y ponerse a punto el material y personal que va a participar en el proceso. El material de ECMO debe estar preparado en maletas o carros para que sea fácilmente utilizable y transportable hasta donde se vaya a realizar la canulación (143). Además, la consola debe estar preparada para su inicio

rápido. El lugar donde se va a realizar la canulación también debe quedar establecido y adaptarse a cada institución o centro, ya que es factible realizar este procedimiento tanto en urgencias, como en el laboratorio de hemodinámica, un box de UCI, quirófano o incluso *in situ* allá donde se encuentre el paciente (73). Dependiendo de la organización local de cada centro, puede ser preferible transportar al paciente durante las maniobras de RCP hasta un lugar fijo donde se va a realizar el procedimiento o transportar el equipo y al personal hasta el lugar donde se encuentra el enfermo (143).

Figura 10: Fases de una ECPR. De Laussen P. *Front. Pediatr.*, 06 June 2018 Volume 6 (143).



Con todo el equipo y el material preparados, se procede a la canulación del paciente mientras se sigue realizando maniobras de RCP. Existen diferentes técnicas para realizar la canulación de un ECMO VA: percutánea, quirúrgica o híbrida. La canulación percutánea en ECMO VA se asocia a menor mortalidad, menor sangrado en el lugar de punción y menor tasa de infección cuando se compara con la técnica quirúrgica (144). Cada sistema debe adaptarse a las capacidades y disponibilidad de su personal, ya que sistemas donde canulan intensivistas (145), cardiólogos intervencionistas (91,92), emergenciólogos (146) o cirujanos (147) han demostrado ser factibles, pero el personal debe ser capaz de realizar este procedimiento en una situación de emergencia. Esta canulación percutánea debe ser guiada por ecografía y puede apoyarse también en el

uso de fluoroscopia. En ECPR no hay evidencia de que aporte más beneficio el canular ipsi o contralateral, pero es importante asegurar que ambas guías están en los vasos correctos mediante ecografía transtorácica, transesofágica o fluoroscopia antes progresar las cánulas, minimizando así el riesgo de canular accidentalmente veno-venoso o arterio-arterial (73,148). Las cánulas deberían tener un tamaño de entre 15-19F para el retorno arterial y 19-25F para el drenaje venoso, en función del tamaño del paciente (73). Una cánula de perfusión distal de la pierna ipsilateral a la cánula de retorno debe colocarse en un segundo tiempo para disminuir el riesgo de isquemia, idealmente dentro de las 4h posteriores a la entrada en ECMO (149,150).

Mientras se realiza la canulación, el equipo de SVA mantiene el algoritmo hasta el inicio de la canulación, con compresiones y ventilaciones de alta calidad. No queda claro qué se debe hacer con los análisis del ritmo, las desfibrilaciones ni la administración de adrenalina. Al tratarse de una PCR refractaria que no ha respondido a los tratamientos instaurados hasta ese momento (36), es razonable minimizar las pausas al máximo suspendiendo los análisis del ritmo, desfibrilaciones y administración de adrenalina cuando se haya iniciado la canulación, aunque esto debe ser decidido por cada protocolo y por los líderes del equipo de RCP (73).

Un vez canulado el paciente y conectado al circuito de ECMO, se debe de incrementar el flujo de sangre hasta al menos 3-4 L y posteriormente ajustar el flujo para conseguir unos objetivos de PAM entre 60 y 80 mmHg (73). En el momento en que se tiene un flujo de sangre estable superior a 2-3 L las compresiones torácicas pueden detenerse. No está claro cómo ajustar el sweep gas, pero extrapolando de lo que se conoce de los pacientes tras una PCR, evitar la hiperoxia con exposición a PaO_2 superiores a 300mmHg (151) y evitar también la rápida corrección de la hipercapnia o la aparición de hipocarbia (152) parece lo más recomendable en base a la evidencia actual. Una vez en ECMO, la causa de la PCR debe tratarse, y se deben descartar complicaciones derivadas de la RCP prolongada, con lo que la mayoría de los pacientes deberían recibir

en fase precoz una coronariografía y un TC corporal total, aunque siempre se debería individualizar.

En las siguientes horas y días, el manejo del paciente y la valoración del pronóstico neurológico tras la PCR debe seguir las recomendaciones estándar sobre los cuidados postresucitación (30). El objetivo de control de temperatura tras la PCR es un tema controvertido, sabiendo que debe evitarse la fiebre pero sin evidencia actual que respalde que la hipotermia a 33°C es mejor que la normotermia o los 36°C como objetivo de control de temperatura post PCR (153–156). Pese a ello ninguno de estos estudios ha incluido pacientes con ECPR y la mayoría de protocolos de ECPR sí incluyen el control de temperatura a 33-36°C realizado mediante el calentador del propio circuito de ECMO (84,91,92).

1.4.4. Modelos de atención a la PCREH refractaria mediante ECPR

En caso de PCRIH, la atención a la misma se realiza en el propio hospital donde ésta suceda si el hospital dispone de equipo de ECPR. En cambio, en las PCREH el paciente padece la PCR en un lugar donde no existe personal capacitado para realizar el procedimiento de ECPR con lo que en caso de PCR refractaria tributaria de ECPR, debe iniciarse un complejo engranaje de coordinación entre los sistemas de emergencias y los equipos de ECPR. Sin que por ahora exista una evidencia de cuál es la mejor forma de ofrecer este soporte, a nivel mundial existen tres formas de organizar y ofrecer ECPR para la PCREH: trasladando al paciente a hospitales terciarios que dispongan de ECPR, en el entorno extrahospitalario con equipos móviles que vayan hasta el lugar de la PCR o con el traslado del paciente hasta puntos de encuentro intermedios donde poder realizar la canulación e inicio de ECMO y posterior traslado al centro de ECMO (157,158).

La primera forma y más extendida por todo el mundo es la de ofrecer ECPR para PCREH en hospitales terciarios que cuenten con este recurso (73). La gran mayoría de los estudios de ECPR se han realizado en este contexto, incluyendo los tres grandes ensayos clínicos publicados (91,92,95). Para poder ofrecer esto, es necesario contar con uno o varios centros de referencia que puedan ofrecer ECPR y organizar el sistema para que pueda llevar a los pacientes a estos centros.

Cuando un paciente cumpla los criterios establecidos, debe activarse un circuito que permita que sea transportados al centro de referencia, donde según la logística y organización de cada centro, se recibirá en urgencias o en el laboratorio de hemodinámica y, una vez revalorado *in situ* se iniciará el soporte con ECMO. Aunque esta es la forma más común de ofrecer ECPR, también es la menos efectiva en términos de conseguir que los pacientes puedan recibir ECPR y lleguen a tiempo (< 60 minutos de low flow) a recibir el soporte (158). Esto se debe a que la logística del transporte de un paciente en PCR mientras se mantiene la RCP de calidad es compleja, a la distribución geográfica de los hospitales, al nivel de tráfico etc. Además, limita el acceso a ECPR a grandes ciudades o lugares que se encuentran a una isocrona menor de 30 minutos de los hospitales terciarios y a pacientes que puedan ser evacuados en un corto periodo de tiempo del lugar donde se encuentren. En algunos países se ha intentado ampliar estas isócronas mediante el uso de helicópteros medicalizados (HEMS), pero los resultados iniciales no han sido positivos (159).

Una de las claves para poder conseguir que estos circuitos funcionen adecuadamente es alcanzar una excelente coordinación entre los servicios de emergencias y los hospitales que ofrecen ECPR, identificando de forma precoz a los pacientes tributarios de ECPR y decidiendo su transporte al hospital de forma temprana, siempre asegurando una RCP inicial *in situ* para ofrecer las mayores opciones de supervivencia a los pacientes y el mantenimiento de la RCP de alta calidad durante el transporte (56,58,59).

Dado que el tiempo de low flow es uno de los principales factores relacionados con la supervivencia (116,126–128), modelos de atención *in situ* a la PCREH mediante ECPR

se empezaron a desarrollar en algunos países, con el razonamiento de que el inicio de ECPR in situ sirve para acortar tiempos de low flow y poder llegar a pacientes que con un modelo de traslado a centro terciario no se podrían asistir (160). Estos modelos se basan en enviar un equipo de ECPR al lugar donde sucede la PCREH para valorar, canular e iniciar ECMO. Existen varias experiencias internacionales como la de París (161), Lyon (162) o Melbourne (163) con buenos resultados de supervivencia (entre el 33.3 y el 40%), y algunos estudios en marcha sobre su implementación (164,165). Incluso se han descrito experiencias con el uso de equipos de ECPR helitrasportados para llegar a más población (164–166). Este modelo supone un reto logístico extra además de dudas sobre coste-efectividad, ya que requiere disponer de un equipo de ECPR disponible y adaptado al entorno extrahospitalario. Además, como demostró la serie de París, para que un equipo de estas características funcione es imprescindible que sea un equipo que esté de guardia dedicado a ello y se active de forma precoz al recibir cualquier aviso de paciente que pueda ser candidato des del momento de la detección de la PCR. Si no, la potencial mejoría en los tiempos de low flow y supervivencia puede no ser real (161). También se debe tener en cuenta que solo entre menos de un 2 y un 11% de las PCREH cumplen a priori criterios para ECPR (163,167,168) por lo que dependiendo del lugar donde se inicie un programa de este tipo el número final de pacientes atendidos puede ser bajo. En la gran serie de ECPR de la ciudad de París, la implementación del ECMO en el entorno prehospitalario fue uno de los factores que se asoció a mayor supervivencia (104), pero con la evidencia actual no puede hacerse una recomendación de que este modelo sea el mejor, con lo que hacen falta estudios que lo confirmen (169).

El tercer y último modelo es el del lugar de encuentro o rendezvous en el que el paciente es transportado a un hospital cercano sin capacidad de ECMO o a un punto de encuentro donde también se envía al equipo de ECMO para valorar y realizar la canulación. Es un modelo menos expandido que los previos (170), pero su aplicación tiene el razonamiento de permitir llegar a enfermos ubicados en lugares más lejanos al

hospital terciario con capacidad de ECPR y además permite beneficiarse de estar en un hospital en caso de complicación o requerir mayor soporte. Para su desarrollo es necesario contar también con un equipo móvil que pueda transportarse hasta el lugar donde se va a llevar al enfermo y, además contar con la coordinación y complicidad de todo el sistema sanitario y demás centros, así como equipo de transporte para una vez implantado el ECMO, trasladar al paciente al centro de ECMO.

La tabla 12 resume los diferentes modelos de atención a la PCREH mediante ECPR.

Tabla 12: Modelos de atención a la PCREH mediante ECPR

Modelo	Puntos fuertes	Debilidades
Traslado a centro terciario para ECPR	Personal hospitalario Medios y recursos del hospital (especialistas, quirófano, banco de sangre).	Tiempos de traslado y de low flow prolongados. Solo posible en zonas cercanas a hospitales terciarios. Solo posible en enfermos evacuables durante RCP.
ECPR prehospitalaria	Acceso a ECPR a pacientes más alejados de centros hospitalarios o no evacuables del lugar de PCR.	Necesidad de personal específico altamente entrenado para ECPR en un recurso móvil. Coste de un recurso dedicado con bajo número de pacientes. Complejidad del entorno. Ausencia de soporte en caso de complicación.
Punto de encuentro rendezvous	Acceso a ECPR a pacientes más alejados de centros hospitalarios terciarios. Medios y recursos hospitalarios en caso de complicación.	Necesidad de personal específico altamente entrenado para ECPR en un recurso móvil. Logística entre centros.

Dado que el modelo de traslado a centro terciario limita mucho el acceso a ECPR, parece ser que estrategias mixtas que incluya hospitales terciarios con capacidad de ECPR, la ECPR prehospitalaria y/o puntos de encuentro son viables y pueden permitir aumentar la población que se beneficie de los programas de ECPR (158,171).

1.4.5. Formación de los equipos de ECPR

Una implementación adecuada de un programa ECPR exige la presencia de equipos altamente formados y entrenados, además de coordinación entre servicios hospitalarios y extrahospitalarios en caso dar soporte a la PCREH. La realización de protocolos y sesiones de formación entre los servicios implicados ha demostrado ser útil para la mejoría de esta coordinación y así de los tiempos en la asistencia a los pacientes (172). Pese a ello, la formación que requieren estos equipos o la mejor forma de organizarla y realizarla no está bien definida, aunque la ELSO recomienda que los centros de ECMO deben realizar formación estandarizada (173). Basados en las recomendaciones de formación en soporte vital (174) y en experiencias con la formación de RCP basada en la simulación, que ha demostrado incrementar los conocimientos, competencias, tiempos y resultados en los pacientes (175), la formación basada en la simulación se ha convertido en la base de muchos programas de ECPR, existiendo en la literatura varias experiencias mostrando una mejoría de los resultados tras su aplicación. En Michigan, un plan de formación mediante simulación de alta fidelidad demostró que era efectivo entrenar a los equipos consiguiendo implementar ECPR en urgencias e forma más rápida y segura (176). En Seattle, en un entorno pediátrico se demostró que la simulación mejorada la adherencia a los protocolos de ECPR y los tiempos de activación (177). En un estudio realizado en Washington, la implementación de un programa de simulación en ECPR pediátrica demostró una mejoría significativa en los tiempos de implementación del ECMO en casos reales (178). Otro estudio realizado en la misma ciudad también demostró disminuir los tiempos de canulación, sin impacto en la

supervivencia (179), mientras que un estudio realizado en Melbourne mostró que la formación en ECPR mediante simulación de alta fidelidad disminuía los tiempos de low flow, pero sin conseguir tampoco impacto significativo en la supervivencia (180).

En el año 2023 la ELSO publicó unas recomendaciones de consenso de expertos para la formación y acreditación de los equipos de ECPR (181), en las que se analizaban cuatro áreas: conocimiento teórico para iniciar ECPR y el manejo inicial del paciente, entrenamiento y competencias para iniciar ECPR y manejo inicial en PCRIH, en PCREH y las competencias que son necesarias. En estas recomendaciones se remarca que los programas de ECPR requieren de unos conocimientos y técnicas específicos por lo que necesitan planes de formación específicos. Estos programas de formación deben ser estandarizados y realizados por centros acreditados. Las personas que realicen la canulación deben tener experiencia y competencia previa en acceso vascular y vascular ecoguiado, así como competencias y conocimientos en el uso del ECMO, la fisiología y la resolución de problemas del circuito. Las competencias en habilidades no técnicas son tan importantes como las técnicas. Para realizar ECPR en el entorno prehospitalario hacen falta habilidades técnicas y no técnicas específicas. Para conseguir la experiencia y formación en canulación se recomienda el uso de simulación, programas de mentorización y el aprendizaje con canulaciones de ECMO semi-electivas. Las formaciones más efectivas deben basarse en la adquisición de competencias. Los expertos no definen un número mínimo de canulaciones previas de ECMO o de canulación de ECPR para conseguir y mantener la competencia. Para el mantenimiento de las competencias se recomendó una exposición regular a casos de ECPR, sesiones de morbi-mortalidad, formación en complicaciones del ECMO y simulación de escenarios de ECPR de forma regular. Desde un punto de vista de sistema, para mantener programas de ECPR se recomienda la colaboración entre centros de alto y bajo volumen para realizar formaciones conjuntas, revisión de casos y mantenimiento de las competencias (181).

1.4.6. ECPR y donación de órganos

La gran mayoría de los pacientes que sufren una parada cardiorrespiratoria fallecen. En caso de PCREH, la supervivencia con buen resultado neurológico se encuentra entre el 2 y el 20%, dependiendo de los diferentes sistemas sanitarios (182). El fallecimiento puede ser porque no se consigue RCE durante las maniobras de RCP o, una vez recuperada la PCR, secundario al daño neurológico, a fallo multiorgánico o a complicaciones durante la estancia hospitalaria. Esto hace que un número significativo de estos pacientes puedan ser donantes potenciales de órganos (183).

La muerte se define por el cese irreversible de las funciones cerebrales (lo que se conoce como muerte encefálica) o por el cese irreversible de la función circulatoria (muerte circulatoria o en asistolia) (183–185), con lo que los pacientes que presentan una PCR pueden acabar siendo donantes en muerte encefálica o por donación en asistolia, conocida en inglés como donación tras muerte cardíaca. Los tipos de donación en asistolia se clasifican según la clasificación de Maastricht y sus modificaciones (185–187), que puede verse en la tabla 13.

Tabla 13: Clasificación de Maastricht modificada (185–187)

Categoría I No controlada	Muerte no reanimada IA: PCREH IB: PCRIH	PCR sin intentos de reanimación
Categoría II No controlada	Parada cardiorrespiratoria IIA: PCREH IIB: PCRIH	PCR con intento de reanimación, siendo esta no efectiva
Categoría III Controlada	Retirada del tratamiento de soporte vital	Retirada programada del tratamiento de soporte vital, PCR esperada.
Categoría IV No controlada	PCR en muerte encefálica	PCR no esperada en paciente en muerte encefálica diagnosticada.

Las vías por las que un paciente puede ser donante de órganos tras una PCR que se intenta reanimar son 3:

- La donación en asistolia no controlada (DANC, que corresponde a la categoría tipo II de la clasificación de Maastricht), en caso de que no se revierta la situación de PCR y no se consiga RCE.
- La donación en muerte encefálica, en caso de que tras conseguir RCE, el paciente desarrolle y se diagnostique de muerte encefálica.
- La donación en asistolia controlada (DAC, que corresponde a la categoría tipo III de la clasificación de Maastricht), en caso de que tras conseguir RCE, la valoración del pronóstico neurológico post PCR sea mala y se decida la retirada del tratamiento de soporte vital.

La escasez de órganos para el trasplante ha hecho que en las últimas décadas se haya potenciado en muchos países la donación en asistolia para intentar paliar esta situación. A través de ella se pueden obtener además de tejidos, con diferentes técnicas, riñones, hígado, páncreas, pulmones e incluso corazón, con resultados de supervivencia similares a los de los órganos obtenidos por muerte encefálica (188,189). Gran parte de la donación en asistolia que se realiza es en asistolia controlada, quedando la DANC sobre todo relegada a Europa, específicamente a España, Países Bajos y Francia (190). La DANC es un tipo de donación logísticamente muy compleja, aunque sobre el papel, tiene mucho potencial de expandirse ya que muchos pacientes son donantes potenciales al no ser reanimados de una PCR (191). El hecho de que estos programas no se desarrollen más se debe a su complejidad en la implementación, recursos, técnicas y problemas legislativos o éticos (192,193). Realizar una DANC supone que, una vez que se considera que el paciente no tiene opciones de supervivencia, se suspenden las maniobras de RCP, se certifica la muerte y, tras unos minutos determinados por la legislación de cada país, se inicia la preservación de los órganos, inicialmente mediante el reinicio de las compresiones torácicas y las ventilaciones y

posteriormente con el uso del ECMO para la perfusión abdominal normotérmica, lo que se denomina oficialmente EISOR (62). Las indicaciones para que un paciente pueda ser donante por DANC se resumen en la tabla 14, pero básicamente es que sea un paciente joven sin gran comorbilidad y tenga una PCR presenciada refractaria con cualquier ritmo inicial, no responda a las maniobras de RCP, se haya iniciado RCP en los primeros minutos de PCR y se pueda entrar en ECMO antes de que transcurran 150 minutos des del momento de la PCR (192) cuestión fundamental y diferencial con respecto a ECPR, en la que el tiempo de low flow ha de ser notablemente inferior al tener como objetivo el evitar el daño del órgano más sensible a la hipoxia, que es el cerebro.

Tabla 14: Indicaciones de DANC en España (192).

Tipo de PCR	Presenciada
Ritmo inicial	Cualquiera, incluyendo asistolia.
Edad	18-65 años
No flow	Menor a 15-20 minutos.
Tiempo de llegada al hospital	Menor a 120 minutos.
Tiempo de isquemia caliente/ low flow (de PCR a entrada en ECMO)	Menor a 150 minutos.
Contraindicaciones	Signos de abuso de drogas por vía parenteral, lesiones exanguinantes, muerte violenta, enfermedad oncológica o sistémica.

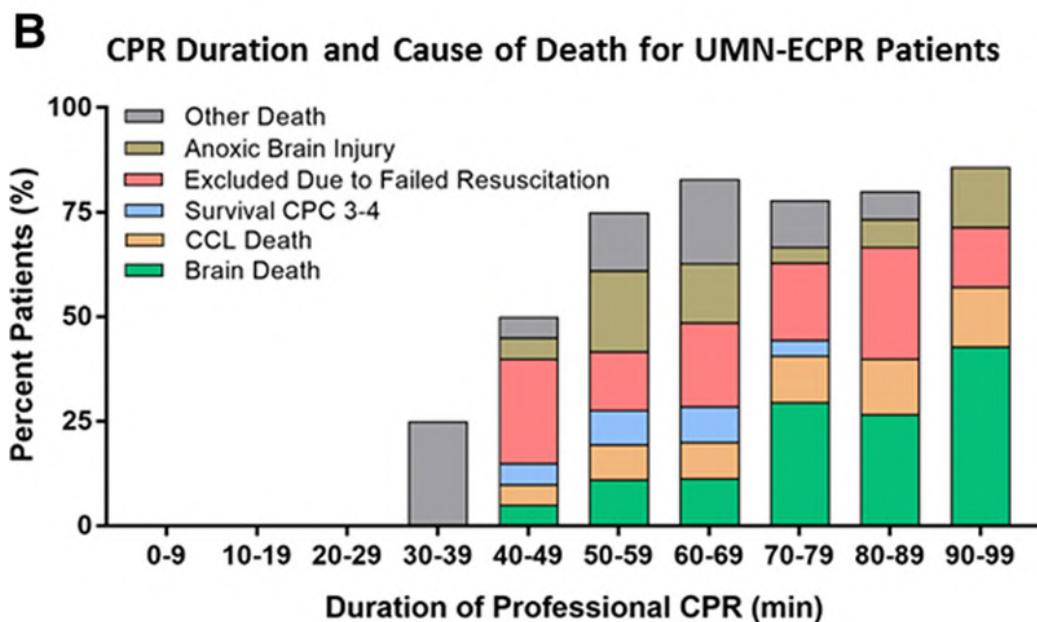
Para poder realizar DANC y dar cobertura a la PCREH es necesario disponer de un equipo experto capaz de canular e iniciar ECMO en pacientes jóvenes, con una PCREH presenciada en la que no se consigue RCE con las medidas de reanimación convencionales, lo que supone que tanto las indicaciones clínicas como los recursos materiales y personales sean similares a los que supone realizar ECPR, pero con el objetivo de preservar los órganos para trasplante en lugar de intentar salvar la vida del paciente (194). Para evitar los conflictos éticos a los que esto puede llevar, parece razonable plantear que ante una PCR refractaria primero debe plantearse ECPR y si esto

se contraindica, plantear DANC (194–196). En este sentido, la experiencia de un programa conjunto que incluya ECPR y DANC publicada de Roncon-Albuquerque en la ciudad de Porto, Portugal, parece ser una opción muy razonable y transparente que permite tanto intentar salvar a los pacientes que cumplan criterios de ECPR como obtener órganos de los que no cumplen de ECPR pero sí de DANC (86). En definitiva, ante una PCR refractaria existen tres opciones en función de los criterios que cumpla: terminar la reanimación y declarar la muerte, indicar e iniciar ECPR o declarar la muerte e iniciar DANC (197).

Igual que sucede en la PCR en general, en los pacientes que reciben ECPR la mayoría también fallece, por lo que son donantes potenciales por muerte encefálica o por DAC. De hecho, si comparamos las causas de muerte de los pacientes que fallecen tras ser recuperados con RCP convencional con los que lo hacen con ECPR, observamos que la tasa de muerte encefálica en el grupo de ECPR es mucho mayor que con RCP convencional (27.9% [19.7–36.6] en ECPR vs. 8.3% [6.5–10.4] en RCP convencional, $p < 0.01$) (198). En la Figura 11 donde se observa la gráfica de la serie de Minneapolis publicada por J Bartos puede verse que la principal causa de mortalidad en los pacientes que reciben ECPR es la encefalopatía anóxica, desarrollando muchos de ellos muerte encefálica, hecho que se incrementa progresivamente a medida que los tiempos de low flow son más largos (115).

Un análisis secundario del ensayo clínico de ECPR de Praga encontró que había muchos más donantes de órganos en el grupo de pacientes aleatorizados a recibir ECPR que en los que recibieron RCP convencional (199), lo que se explica porque los pacientes que reciben ECPR no fallecen durante las maniobras de RCP si no que se consigue RCE e ingresan en la UCI, dando tiempo a poder evaluar su estado neurológico y a plantear a sus familias la oportunidad de donación en caso de mala evolución. Además, los órganos obtenidos de pacientes en los que se ha realizado ECPR tienen buena funcionalidad incluso cuando se comparan con donantes con otro origen (200,201).

Figura 11: Supervivencia y causas de muerte de los pacientes que recibieron ECPR según la duración de la RCP en la serie de Minesota. De Bartos J et al. Circulation. 17 marzo 2020;141(11):877-86 (115).



La donación y el trasplante de órganos no debe ser el objetivo primario de un programa de ECPR, pero es un buen resultado secundario que también beneficia a la población, ofreciendo un beneficio a la sociedad y permitiendo respetar las voluntades de los pacientes que presentan una PCR y no sobreviven a ella. Los programas de DANC deberían ir ligados a programas de ECPR para poder ofrecer las máximas posibilidades a los pacientes que padecen una PCR.

1.4.7. Ética en ECPR

La ECPR es un procedimiento complejo, con elevado coste y que solo puede realizarse en centros de alta complejidad. Además, se asocia a una elevada mortalidad, lo que abre la puerta a plantear cuestiones éticas en relación con su uso e implementación.

La primera de ellas es el acceso a esta terapia. Hoy en día solo puede llevarse a cabo en centros de ECMO con amplia experiencia, ya que los recursos tanto humanos como

materiales que son necesarios se encuentran en estos centros y un número de casos anuales mayor a 12 parece asociarse con mayor supervivencia al usar esta terapia (202). Esto limita mucho el acceso a este soporte a pacientes que se encuentren en estos centros o que vivan cerca de ellos, lo que cuestiona la equidad en el acceso a este soporte en el sistema sanitario. Para intentar mitigar este problema y poder llegar a mayor población, en algunos países se está realizando la implementación de programas que pueden ofrecer este soporte en el entorno prehospitalario o en puntos de encuentro (161,165,166,170), aunque las zonas rurales siguen quedando sin cobertura.

Otro aspecto ético que destacar es el riesgo de que muchos pacientes puedan sobrevivir con malos resultados neurológicos o estados de coma o gran incapacidad, que pueden ser valorados como peores que la muerte (203). El número de pacientes que sobrevivió con mala situación neurológica en los tres grandes ensayos clínicos publicados (91,92,95) son escasos, mostrando que los pacientes que reciben ECPR sobreviven con buen estado neurológico o fallecen durante su estancia hospitalaria. Esta muerte diferida -sin ECPR, los pacientes hubieran fallecido en el momento en que sucedió la PCR- permite a las familias poder aceptar la situación de una forma más gradual y abre la puerta a ofrecer la oportunidad de donación, aunque todo ello también puede ir asociado a síntomas de depresión, ansiedad y estrés postraumático en las familias (204,205). En relación con la donación de órganos, las cuestiones éticas aparecen sobre todo ante la existencia de programas de DANC, con necesidades logísticas y de personal parecidas a los de ECPR, pero con un objetivo muy diferente. La evidencia actual en torno al ECPR hace que este soporte deba plantearse siempre antes de plantear DANC y que ambos programas deben ir de la mano para conseguir un beneficio en la sociedad (194,195). La decisión de indicar ECPR y lo que consideramos o no como fútil también puede desencadenar dilemas éticos, ya que no todos los centros o, dentro de un mismo centro, los profesionales, pueden tener el mismo criterio para indicar o contraindicar este soporte. Aunque existen protocolos, la mayoría de las indicaciones de ECPR son evaluadas caso a caso y los profesionales que

realizan ECPR con regularidad suelen tener motivación en su uso y asumen cada caso como un reto, conociendo la potencia que tiene el ECMO en conseguir RCE para intentar ofrecer una opción de supervivencia. Esto los lleva a implementar acciones extraordinarias en algunos pacientes con pocas o nulas opciones de supervivencia o a no seguir protocolos o aleatorizaciones de ensayos clínicos en aquellos pacientes con fuerte creencia de que pueden beneficiarse con ECPR, generando problemas éticos, de recursos y de equipoise en la asistencia e investigación en ECPR (206).

Por último , tras los tres ensayos clínicos publicados (91,92,95) se ha abierto el debate sobre la necesidad o no de nuevos ensayos, lo que abre también la puerta a cuestionar si es ético o no aleatorizar pacientes a una intervención cuando se dispone de ella y se cuenta con experiencia para realizarla, además de hacerlo sin haber conseguido previo a la intervención, el consentimiento informado del paciente (207).

2 HIPÓTESIS

Hipótesis de la tesis doctoral

La implementación de un programa de ECPR que permita dar respuesta a la atención a la PCR refractaria intra y extrahospitalaria, las 24h del día y los 7 días de la semana, en un hospital de tercer nivel en nuestro medio, es viable y permite alcanzar buenos resultados de supervivencia con buena situación neurológica comparables a la literatura internacional.

3 OBJETIVOS

3.1. Objetivo principal

- Evaluar la supervivencia con buena situación neurológica a los 180 días de los pacientes que recibieron ECPR intra y extrahospitalaria en nuestro centro.

3.2. Objetivos secundarios

- Evaluar los factores pronósticos de supervivencia en los pacientes que recibieron ECPR.
- Analizar los resultados en función de localización de la PCR (PCRIH - PCREH).
- Analizar los resultados en función del ritmo eléctrico.
- Evaluar el potencial efecto de unos criterios de selección más estrictos en los resultados del programa.

4 METODOLOGÍA

4.1. Diseño del estudio y población

Estudio observacional retrospectivo en que se incluyeron todos los pacientes recogidos prospectivamente de entre 14 y 75 años que recibieron ECPR en el Hospital Universitario Vall d'Hebron de Barcelona entre junio de 2017 y mayo de 2023 tanto para parada cardíaca intra como extrahospitalaria.

Se definió la ECPR según los criterios de la ELSO que supone la aplicación del ECMO veno-arterial en pacientes en PCR refractaria en la que no se consigue la RCE o no se mantiene de forma sostenida durante más de 20 minutos (73). Los pacientes con shock cardiogénico tras una parada cardíaca que requirieron ECMO VA no se incluyen en esta definición.

Las indicaciones de ECPR en nuestro centro quedan recogidas en la tabla 16.

El seguimiento de los pacientes finalizó a los 180 días de la fecha de la PCR.

De todos los pacientes se recogieron variables que se dividieron en 7 categorías:

- Variables demográficas.
- Comorbilidades.
- Características de la parada cardíaca.
- Canulación ECMO.
- Soporte inicial del paciente.
- Complicaciones.
- Decanulación ECMO y resultados.

En la tabla 15 se muestran el conjunto de variables recogidas y analizadas, así como la definición de estas.

Tabla 15: Conjunto y definición de las variables recogidas

Variable	Definición	Opciones/ rango	Unidad
Paciente	Número de paciente	Número secuencial	
Edad	Edad biológica	10-80	años
Sexo	Sexo al nacer	Masculino/ Femenino	
Peso	Peso medido	30--200	kg
Altura	Altura medida	1.2--2.4	m
IMC	Índice de masa corporal	Calculado: peso/altura ²	kg/m ²
Fecha ECPR	Fecha de inicio del ECPR	Fecha	
Fecha de ingreso hospitalario	Fecha de ingreso hospitalario	Fecha	
Fecha de ingreso en UCI	Fecha de ingreso a la UCI	Fecha	
Comorbilidades			
Tabaquismo	Historia de tabaquismo en el último año.	No/Si	
Hipertensión	Hipertensión arterial que requiere control farmacológico	No/Si	
Diabetes mellitus	Diabetes mellitus	No/sin complicaciones/ daño a órganos terminales	
Infarto de miocardio	Historia de infarto de miocardio.	No/Si	
Insuficiencia cardíaca crónica	Disnea nocturna paroxística o de esfuerzo que requiere tratamiento con diuréticos o agentes reductores de poscarga/diagnóstico de insuficiencia cardíaca	No/Si	
DAI	Desfibrilador automático implantable	No/Si	

Enfermedad valvular	Valvulopatía moderada a grave.	No/Si	
Enfermedad vascular periférica	Claudicación intermitente o insuficiencia arterial crónica o aneurisma abdominal ≥ 6 cm	No/Si	
Ictus	Historia del accidente cerebrovascular	No/Si	
Demencia	Déficit cognitivo crónico	No/Si	
EPOC	Enfermedad pulmonar obstructiva crónica	No/Si	
Enfermedad hepática	Grave = cirrosis e hipertensión portal con antecedentes de sangrado por várices; moderada = hipertensión portal sin sangrado; leve: hepatitis crónica o cirrosis sin hipertensión portal.	No/leve/ moderada/severa	
Enfermedad renal crónica	Enfermedad renal crónica de moderada a grave: grave = diálisis, estado postrasplante de riñón, creatinina >3 mg/dL	No/Si	
Malignidad	Tumor sólido o hematológico o haber recibido tratamiento antitumoral durante el último año.	No/Si	
Inmunosupresión	Síndrome de inmunodeficiencia adquirida (infección por VIH con infecciones definitivas), trasplante de receptor de órgano sólido, tratamiento a largo plazo con corticosteroides o inmunosupresores.	No/Si	
Características de la parada cardíaca			
Ubicación de PCR	PCREH (paro cardíaco extrahospitalario) / PCRIH (paro cardíaco intrahospitalario)	PCREH/PCRIH	
Lugar de canulación	URG: box de urgencias. LH: hemodinámica/angiografía. UCI: planta	URG/LH/UCI/Q/ planta	

	Unidad de Cuidados Intensivos. Q: quirófano. Planta: planta de hospitalización convencional.		
Fecha de PCR	Fecha de la PCR	DD/MM/AA	
Hora de PCR	Hora de la PCR según lo informado por los servicios de emergencia/equipo RCP	HH:MM	
Hora de inicio de SVB	Inicio del SVB por personal médico o no médico.	HH:MM	
Hora de inicio del SVA	Inicio de SVA (llegada de ambulancia/equipo de SVA)	HH:MM	
Hora de activación del equipo ECPR	Hora de activación del equipo ECPR (hora de llamada al teléfono ECPR)	HH:MM	
Hora de llegada a URG/LH	Hora a la que la ambulancia llega en PCREH	HH:MM	
Inicio de la canulación	Hora en la que se inicia la canulación (cuando se coloca el campo estéril)	HH:MM	
Fin de la canulación	Hora en la que se detiene el cardiocompresor después de lograr un flujo ECMO efectivo	HH:MM	
No flow	Tiempo sin soporte vital: Calculado como hora de inicio de SVB (o SVA si es de inicio) – hora de PCR.	minutos	
Low flow	Tiempo total de RCP: calculado como Fin de la canulación - Tiempo de inicio de SVB (o SVA si es de inicio)	minutos	
Tiempo de canulación	Tiempo total de canulación: calculado como Fin de canulación - Inicio de canulación	minutos	
Puerta a ECMO	Tiempo total desde la llegada de la ambulancia hasta el inicio de la ECMO. Calculado como Fin de	minutos	

	canulación - Hora de llegada a URG/LH.		
PCR en horas Laborales	¿Se inició el ECPR durante el horario laboral? (lunes viernes 8-17 excluyendo festivos)	No/Si	
PCR presenciada	¿Se presenció el paro cardíaco (¿se conoce la hora inicial?)	No/Si	
RCP por personas no profesionales	RCP iniciada por personas no profesionales (personal no médico)	No/Si	
Ritmo inicial	Primer ritmo identificado	Desfibrilable/ AESP/Asistolia	
Ritmo de inicio de ECMO	Ritmo al inicio de la ECMO	Desfibrilable/ AESP/Asistolia	
RCE intermitente	¿Se ha logrado el retorno de la circulación espontánea (<20 min) una o más veces durante la PCR?	No/Si	
Desfibrilaciones totales	Número total de descargas durante la reanimación cardiopulmonar	Número entero	
Dosis total de adrenalina	Dosis acumulada de adrenalina	Número entero	mg
pH preECMO	pH en la gasometría en PCR antes de entrar en ECMO	6.40-7.60	
pCO₂ preECMO	pCO ₂ en la gasometría en PCR antes de entrar en ECMO	10-150	mmHg
HCO₃ preECMO	HCO ₃ en la gasometría en PCR antes de entrar en ECMO	10-50	mmol/L
lactato preECMO	Lactato en la gasometría en PCR antes de entrar en ECMO	0-20	mmol/L
EtCO₂ pre ECMO	Valor de EtCO ₂ a la llegada al hospital o antes de entrar en ECMO	0-100	mmHg
RCE	Recuperación de la circulación espontánea tras ECMO: ¿se restableció la actividad eléctrica y mecánica del corazón?	No/Si	

Canulación ECMO			
Técnica de canulación	Percutáneo: canulación totalmente percutánea; quirúrgico: canulación totalmente quirúrgica; Quirúrgico de rescate: canulación quirúrgica tras fracaso percutáneo.	Percutáneo/ Quirúrgico/ Quirúrgico de rescate	
Soporte de canulación	Soporte para la canulación percutánea.	Ecografía/ fluoroscopia	
Intentos de canulación	Número de intentos de canulación: un intento se define como un cambio de sitio de punción u operador	Número entero	
Imposibilidad de canulación	Marque sí si la canulación no fue posible	No/Sí	
Causa de la imposibilidad de canulación	Imposibilidad técnica: imposibilidad de acceder al vaso o progresar guía/cámulas; complicación: complicación vascular durante la punción/inserción de la cánula	Imposibilidad/ complicación técnica	
Configuración	Configuración de canulación ECMO: FF= femorofemoral; YF = yugulo-femoral	FF ipsilateral/FF contralateral/YF	
Cácula de drenaje	Diámetro de la cánula de drenaje.	19-25	F
Cácula de retorno	Diámetro de la cánula de retorno	13-19	F
Cácula de reperfusión distal	¿Se insertó una cánula de reperfusión distal?	No/Sí	
Lugar de inserción de reperfusión distal	Dónde se insertó la reperfusión distal. URG: servicio de urgencias; LH: laboratorio de hemodinámica; UCI: unidad de cuidados intensivos; Q: quirófano	URG/LH/UCI/Q	

Causa del fracaso de la reperfusión distal	Motivo por el cual no se insertó cánula de reperfusión distal	No se considera necesario/difícil ad técnica	
Complicaciones de canulación	Complicaciones vasculares/no vasculares directamente atribuibles a la canulación	No/Si	
Tipo de complicación vascular	Lesión vascular: lesión vascular con sangrado activo que requiere reparación quirúrgica. Fístula AV: fístula arteriovenosa. Canulación VV: canulación veno-venosa. Taponamiento cardíaco.	Lesión vascular/fístula AV/disección arterial/ hemoperitoneo/ decanulación accidental/ canulación VV/ taponamiento cardíaco	
Flujo de ECMO efectivo	¿Se logró un flujo ECMO venoarterial $>2,5$ l/min?	No/Si	
Soporte inicial (1-3 horas después de la canulación)			
Etiología	Etiología del paro cardíaco	Cardíaco/no cardíaco.	
Etiología cardíaca	Elija qué etiología cardíaca. Otras causas de arritmia incluyen: primaria, canalopatía, miocardiopatía. Mecánica: taponamiento, complicación mecánica.	Isquémica aguda/isquémica crónica/otras causas de arritmia/mecánica /valvular	
Etiología no cardíaca	Elija etiología no cardíaca	Embolia pulmonar/ hipotermia/ metabólica/ hipoxemia/shock vasopéjico refractario	
Coronariografía	¿Se realizó una angiografía coronaria?	No/Si	

ACTP	¿Se realizó una intervención coronaria percutánea?	No/Si	
Arteria culpable	Ninguna/tronco común/arteria descendente anterior /arteria circunfleja/arteria coronaria derecha	(Seleccione uno)	
Otras lesiones	Ninguna/ tronco común /arteria descendente anterior /arteria circunfleja/arteria coronaria derecha	(seleccione más de uno)	
TC	¿Se realizó un TC de cuerpo completo después de la canulación?	No/Si	
Hallazgos patológicos	Hallazgos patológicos significativos en el TC corporal (edema cerebral, sangrado activo, complicación vascular, isquemia de órganos)	No/Si	
Pulsatilidad	Presión de pulso visible en la línea arterial en la primera hora después de la canulación.	No/Si	
FEVI inicial	Fracción de eyección del ventrículo izquierdo en la primera ecocardiografía tras el implante.	0-70	%
Descarga del ventrículo izquierdo	Se realizó descarga del ventrículo izquierdo.	No/Si	
BCIAo	Balón de contrapulsación intraaórtico para la descarga del ventrículo izquierdo.	No/Si	
Impella	Impella para la descarga del ventrículo izquierdo.	No/Si	
Complicaciones			
Sangrado mayor	Sangrado que requiere una intervención (por ejemplo, cirugía, embolización)	No/Si	

Shock hemorrágico	Hipoperfusión atribuida a sangrado incontrolado	No/Si	
Lesión renal aguda	Cualquier etapa de la clasificación AKIN	No/Si	
Valor de creatinina más alto	Mayor valor creativo durante la estancia en UCI	0,1-7,0	mg/dL
TCDER	Terapias continuas de depuración extrarrenal	No/Si	
fecha de inicio TCRR	Fecha de la primera conexión al TCRR	DD/MM/AA	
Fecha de finalización de TCRR	Fecha de la última conexión al TCRR	DD/MM/AA	
Duración de TCRR	Duración de la TCRR	Número de días	días
Hepatitis isquémica aguda	Definida como elevación de transaminasas no atribuible a otras causas o aumento de bilirrubina por sospecha de colangitis isquémica	No/Si	
AST más alto	Valor más alto de aspartato aminotransferasa	0-6000	IU/L
Fecha AST más alto	Fecha del valor AST más alto	DD/MM/AA	
ALT más alto	Valor más alto de alanina aminotransferasa	0-6000	IU/L
Fecha ALT más alto	Fecha del valor ALT más alto	DD/MM/AA	
BRT total más alto	Valor más alto de bilirrubina total	0,1-20,0	mg/dL
Ictus	¿El paciente sufrió un accidente vascular cerebral?	No/Si	
Tipo de accidente cerebrovascular	Tipo de accidente vascular cerebral	Isquémico/ hemorrágico	

Infección	Infecciones durante la estancia en UCI	No/Si	
Sitio de infección	Sitio de infección: NAVM: neumonía asociada a ventilador. ITU: infección del tracto urinario. BSI: infección del torrente sanguíneo	NAVM/ITU/BSI	
Septicemia	¿El paciente desarrolló sepsis/shock séptico?	No/Si	
Infiltrados pulmonares	¿El paciente desarrolló infiltrados pulmonares?	No/Si	
Causa de infiltrados pulmonares.	Edema pulmonar; infección; SDRA; hemoptisis pulmonar	Edema/infección/ hemoptisis pulmonar	
Decanulación y resultados			
Decanulación ECMO	Fecha de decanulación de ECMO	DD/MM/AA	
Hora decanulación ECMO	¿A qué hora se decanuló al paciente?	HH:MM	
Fecha de extubación	Fecha de liberación definitiva de la ventilación mecánica (extubación o decanulación de traqueotomía)	DD/MM/AA	
Alta de la UCI	Fecha de alta de la UCI	DD/MM/AA	
Alta hospitalaria	Fecha del alta hospitalaria	DD/MM/AA	
Fecha de retirada del BCIAo	Fecha de retirada del BCIA	DD/MM/AA	
Retirada del Impella	Fecha de retirada del Impella	DD/MM/AA	
VAD	¿El paciente requirió un dispositivo de asistencia ventricular mecánica de larga duración?	No/Si	

Implantación de VAD	Fecha de implantación del VAD	DD/MM/AA	
Trasplante de corazón	Paciente requirió trasplante de corazón	No/Si	
Fecha del trasplante de corazón	Fecha del trasplante de corazón	DD/MM/AA	
Fecha de muerte	Fecha de muerte	DD/MM/AA	
Causa de la muerte	Causa de muerte: insuficiencia multiorgánica/encefalopatía hipóxica/otra	Fallo multiorgánico/ encefalopatía hipóxica/otros	
Muerte cerebral	Diagnóstico oficial de muerte cerebral.	No/Si	
Donante de órganos	Paciente se convirtió en donante de órganos	No/Si	
Tipo de donación	Muerte encefálica/donación en asistolia	Muerte encefálica/ donación en asistolia	
Número de órganos implantados	Número de órganos implantados	Número entero	1--5
CPC 1 mes	Escala CPC 1 mes después del paro cardíaco	Número entero	1--5
CPC 6 meses	Escala CPR 6 meses después del paro cardíaco	Número entero	1--5

La realización de este estudio ha sido aprobada por el comité de ética de nuestro centro. Dada la característica observacional retrospectiva del estudio se aprobó la exención de consentimiento informado.

4.2. Diseño e implementación del programa de ECPR

4.2.1. Programa clínico de ECPR de adultos

Este programa de ECPR se ha diseñado e implementado en el Hospital Universitario Vall d'Hebron (HUVH). El HUVH es un campus hospitalario que conforma el mayor hospital público de Cataluña con 1146 camas hospitalarias. Cuenta con 3 hospitales: el Hospital General, el Hospital de traumatología, rehabilitación y quemados y el Hospital infantil y de la mujer. Es un centro terciario que cuenta con todas las especialidades médicas y quirúrgicas, dando atención a pacientes tanto adultos como pediátricos. Es centro de referencia de ECMO, hipotermia accidental y parada cardiorrespiratoria, con servicio de cardiología intervencionista disponible 24/7 y cirugía cardíaca también disponible 24/7. Ni el personal de cardiología intervencionista ni cirugía cardíaca están siempre en presencia física en el hospital. Además, cuenta con todos los gabinetes urgentes necesarios para la atención a los pacientes críticos y sus potenciales complicaciones (por ejemplo, radiología vascular intervencionista, endoscopia digestiva, endoscopia respiratoria, neurofisiología clínica etc.). No dispone de programa de trasplante cardíaco de adultos, pero sí pediátrico. La atención de los pacientes es multidisciplinar, pero la atención a la PCR recae principalmente en el Servicio de Medicina Intensiva y los cuidados postresucitación del paciente tras la RCP en el SMI o en el servicio de cardiología cuando la etiología de la PCR es cardíaca.

El programa de ECMO de adultos del HUVH se inicia de forma formal y estructurada el año 2016 por parte de Servicio de Medicina Intensiva del Hospital, con la colaboración del resto de especialidades implicadas en el proceso asistencial de estos enfermos. El hospital cuenta también con un programa de ECMO pediátrico con más de 20 años de experiencia que apoyó y ayudó en el establecimiento del programa de adultos. La organización del programa de adultos cuenta desde el primer momento con un director de programa, una coordinadora (ambos adscritos al SMI), protocolos hospitalarios y

almacén con el material centralizado siguiendo las recomendaciones y guías de la ELSO (71,72,208,209). Desde el inicio se organizó para poder ofrecer soporte tanto respiratorio como circulatorio a los pacientes que tuvieran indicación de ECMO VV o VA respectivamente. Como características diferenciales con otros programas de ECMO, la figura de *ECMO specialist*, enfermero experto en ECMO con la capacidad de preparar y purgar los circuitos, dar inicio y fin a la terapia y manejar todas las complicaciones derivadas de la misma recae en el personal de enfermería del Servicio de Medicina Intensiva, con un grupo específico de profesionales específicamente formadas para esta función. La canulación de los pacientes para ECMO es responsabilidad principal de los médicos intensivistas con el soporte quirúrgico de cirugía cardíaca y, en pacientes en el laboratorio de hemodinámica, de un equipo multidisciplinar intensivista-cardiólogo intervencionista.

La ubicación de todos los pacientes que requerían este soporte se centralizó en la UCI del hospital general independientemente de la etiología que lo lleva a requerir. A partir de 2021 se abrió una segunda ubicación dentro del mismo programa de ECMO de adultos para los pacientes que requerían ECMO VA en contexto de síndrome coronario agudo o tormenta arrítmica, la Unidad Coronaria, a cargo del servicio de cardiología. De forma multidisciplinar, todos los pacientes adultos que requieren ECMO en el centro son discutidos, valorados y tratados por un equipo de expertos en ECMO conformado por médicos intensivistas, cardiólogos, cirujanos cardíacos y enfermeras *ECMO specialist*, que se reúne diariamente con este objetivo.

El programa de ECPR se empezó a diseñar por el doctorando el año 2017. Con el apoyo de la Comisión de Soporte Vital y basándose en las características específicas de nuestro centro, se diseñó un protocolo hospitalario para iniciar la respuesta a los pacientes potencialmente candidatos. Este protocolo (Anexo 1) fue revisado por los servicios de medicina intensiva, cardiología (críticos cardiovasculares e intervencionista),

cirugía cardíaca, urgencias y coordinación de trasplantes. Fue aprobado en 2019 por el comité de dirección asistencial del centro.

A modo resumido, se estructuró en:

- Justificación, revisión de la evidencia, objetivos y definiciones.
- Indicaciones de ECPR.
- Personal, roles y funciones.
- Procedimiento de inicio de ECPR
- Manejo inicial del paciente en ECPR
- Tratamiento etiológico de la PCR
- Cuidados postresucitación
- Valoración del pronóstico neurológico
- Retirada del ECMO
- ECPR y donación de órganos

Desde el momento inicial se planteó dar respuesta tanto a la PCR intrahospitalaria como extrahospitalaria. Se consideró una PCR como refractaria y, por tanto, tributaria de ECPR, a toda aquella en la que no se conseguía RCE tras 15 minutos de RCP convencional.

Las indicaciones y contraindicaciones de ECPR se establecieron en base a la evidencia científica y experiencia de otros centros en el momento de realizar el protocolo, decidiéndose aceptar desde un primer momento criterios de indicación de ECPR bastante amplios que incluyeran la actividad eléctrica sin pulso como ritmo inicial y tiempos de hasta 90 minutos de low flow en casos seleccionados.

No se puso en ningún momento un punto de corte analítico (de pH o lactato) para contraindicar ECPR. Las indicaciones y contraindicaciones de ECPR del protocolo quedan resumidas en la Tabla 16. Todas ellas se han mantenido estables durante los años de estudio.

Tabla 16: Indicaciones y contraindicaciones de ECPR

Indicaciones de ECPR	Contraindicaciones absolutas
<ul style="list-style-type: none"> • <70 años • Parada cardíaca presenciada* • Tiempo de No-flow <5 min* • Tiempo de Low-flow <60 min* • Ritmo eléctrico inicial (FV/TV/AESP) * • Sospecha de causa reversible • Sin grandes comorbilidades 	<ul style="list-style-type: none"> • PCR no presenciada* • Tiempo de No-flow >10 min* • Tiempo de Low-flow >90 min* • Ritmo inicial de asistolia* • Asistolia mantenida* • Órdenes de no RCP
<p>*Excepciones: parada cardíaca por hipotermia accidental</p>	

Basándose en la organización estándar del programa de ECMO del centro y para poder dar respuesta 24/7 a las necesidades del programa de ECPR la responsabilidad de la canulación de los pacientes recayó por protocolo sobre los médicos intensivistas, con back-up quirúrgico por parte de cirugía cardíaca. En los pacientes ubicados en el laboratorio de hemodinámica la canulación se organizó con un tandem cardiólogo intervencionista – intensivista que procedían a realizar la técnica de forma conjunta. Los profesionales encargados del cebado, preparación de la consola y soporte a la canulación que se establecieron fueron las enfermeras de UCI *ECMO specialist*. Para que todo ello fuera posible, se organizaron las guardias médicas del SMI para que siempre estuviera presente un médico con la competencia en poder canular a un paciente en PCR de guardia, inicialmente localizable o en presencia, pero a partir de 2020 en presencia física las 24h del día. Inicialmente fueron 8 los profesionales con esta competencia, que se ampliaron progresivamente hasta 12. Las enfermeras *ECMO specialist* estuvieron siempre en presencia física en el hospital.

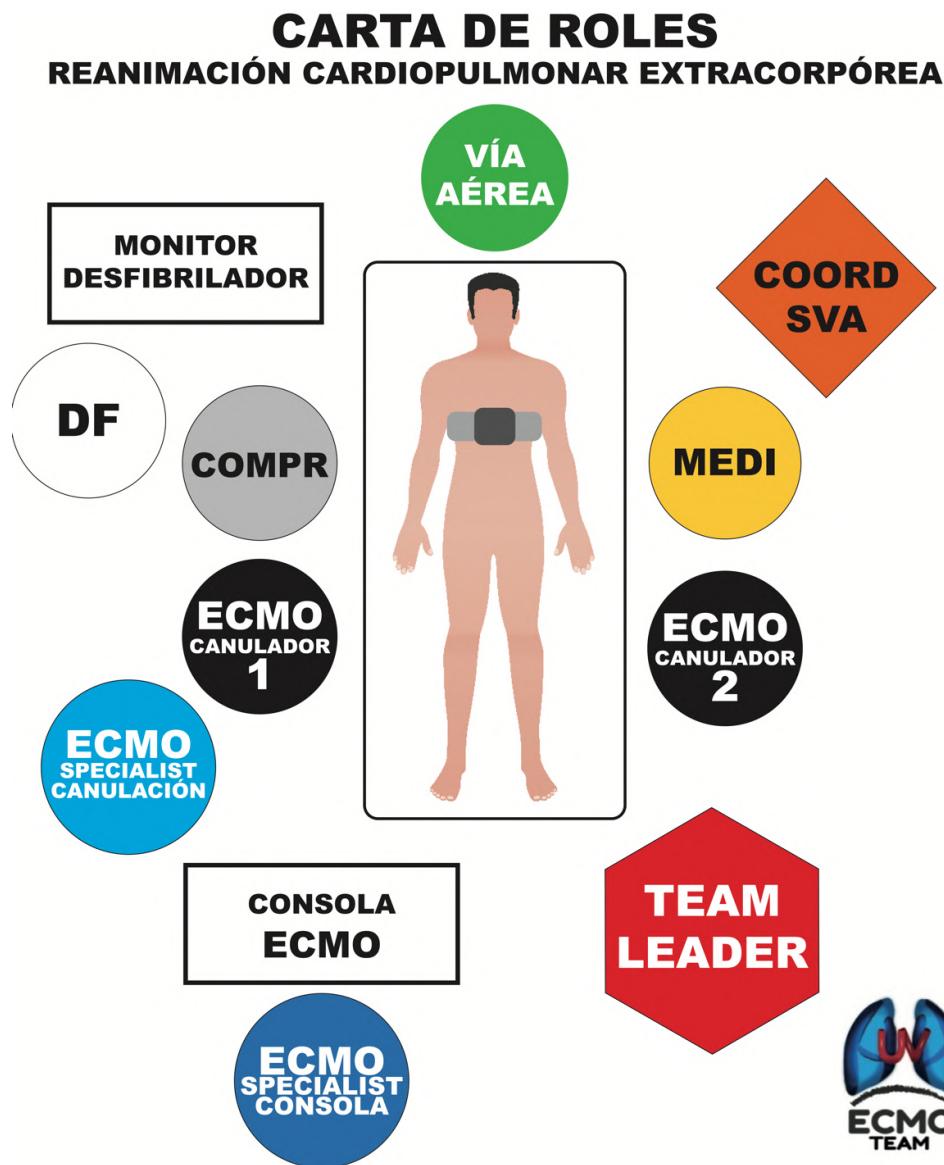
Se establecieron inicialmente tres lugares para la recepción y canulación de estos pacientes -un box de UCI, el laboratorio de hemodinámica o in situ donde estuviera el paciente en caso de PCRIH- a los cuales se añadió un cuarto tras una reforma y adaptación del espacio que se convirtió en el de elección en caso de PCREH, el box de

críticos de urgencias. De esta manera, se estableció que los pacientes con PCRIH se canularían y se iniciaría el ECMO in situ allí donde estuvieran y los pacientes con PCREH se recibirían en el box de críticos de urgencias o en el laboratorio de hemodinámica según disponibilidad.

Para la organización del equipo se diseñó una carta de roles (Figura 12). En ella se establecieron un mínimo de 10 posiciones o roles que debían estar presentes en cada caso para el correcto funcionamiento del equipo. Estos roles se dividieron en dos partes del equipo: la encargada del soporte vital y la encargada de la canulación e inicio del ECMO. De esta manera los roles mínimos quedaron establecidos así:

- **Equipo de soporte vital:**
 - **Coordinador de soporte vital:** encargado de liderar las maniobras de RCP y del control del paciente.
 - **Vía aérea:** responsable del manejo de la vía aérea y la ventilación.
 - **Monitorización:** responsable de la monitorización del paciente, administración de descargas y control del tiempo.
 - **Compresiones:** responsable de realizar o llevar el control de las compresiones torácicas de alta calidad.
 - **Medicación:** responsable de la administración de fármacos según protocolo o indicaciones de los líderes.
- **Equipo de ECMO:**
 - **Canulador 1 (principal):** responsable de la canulación.
 - **Canulador 2 (soporte):** soporte a la técnica de canulación.
 - **ECMO specialist consola:** responsable de la comprobación y puesta en marcha de la consola de ECMO e inicio de terapia.
 - **ECMO specialist canulación:** responsable de preparar y dar soporte con el material de canulación de ECMO.
- **Team leader:** coordinador de todo el proceso, indicación de ECPR y responsable del paciente.

Figura 12: Carta de roles del protocolo de reanimación cardiopulmonar extracorpórea



Para el procedimiento de ECPR se modificó el algoritmo de SVA estándar, decidiéndose parar la administración de adrenalina, los análisis del ritmo y las desfibrilaciones una vez tomada la decisión de ECPR y entrada en ECMO, centrándose a partir de este punto todo el soporte vital en la realización de compresiones torácicas de alta calidad ininterrumpidas y ventilaciones. Las compresiones torácicas se mantuvieron con un cardiocompresor mecánico LUCAS® (Stryker Corporation, Michigan, USA). En caso de PCRIH el algoritmo estándar de SVA se mantenía hasta un mínimo de 15 minutos.

Figura 13: Canulación real de ECPR en box de UCI con el equipo organizado según la carta de roles



La técnica de canulación de elección fue la canulación de ECMO VA ipsilateral derecho de forma percutánea y ecoguiada. En caso de tener disponible fluoroscopia en el lugar de canulación esta se usaba para dar soporte al mismo. Las cánulas usadas por protocolo fueron multiperforadas de 23-25F y 55cm de longitud para el drenaje venoso (HLS, Getinge AB, Suecia) y no multiperforadas de 15-17F y 15cm para el retorno arterial (HLS, Getinge AB, Suecia). En un segundo tiempo se colocaba una cánula de reperfusión distal en la extremidad canulada de 6-8F. Para el soporte con ECMO se usaron las consolas CardioHelp con circuito 7.0 (Getinge AB, Suecia) o Novalung con circuito XLung (Fresenius Medical Care, Alemania) dependiendo de la disponibilidad. Durante la canulación se administraba un bolus de entre 0 y 100 UI/kg de heparina no

fraccionada a criterio del intensivista canulador y una dosis de 10 mg/kg de daptomicina como profilaxis antibiótica del procedimiento. Des del primer momento se usaron consolas con circuitos prepurgados para disminuir el tiempo de respuesta en caso de necesidad. Todo el material se ubicó en el mismo lugar, preparado en bolsas transportables para poder llevarlo donde estuviera el paciente.

Figura 14: Canulación de ECMO VA ipsilateral femoro-femoral derecho en contexto de ECPR



Para el inicio del soporte con ECMO se estableció un flujo de sangre mínimo de 2.5 L/min para el cese de las compresiones torácicas y un flujo de gas inicial fijo de 1 L con una fracción de oxígeno en la membrada (FdO_2) de 0,5. Tras la entrada en ECMO, los flujos de sangre y de gas se titulaban según objetivos fisiológicos una presión arterial

media para objetivo de $>60\text{mmHg}$, la corrección progresiva de la acidosis respiratoria y la normooxygenación (evitando sobre todo la hiperoxigenación con $\text{pO}_2 > 200\text{mmHg}$).

Tras la entrada en ECMO se decidía el siguiente paso según la sospecha etiológica de la PCR. Los pacientes con sospecha de etiología cardíaca iban directos a realizarse una coronariografía diagnóstica y terapéutica según los hallazgos. En caso de otra sospecha o tras la coronariografía en los pacientes cardiológicos, se realizaba por protocolo un TC corporal total para identificar otras causas de PCR, así como para identificar complicaciones derivadas de la RCP prolongada, la canulación o la isquemia cerebral.

Los cuidados postresucitación, así como la valoración del pronóstico neurológico postparada cardíaca de los pacientes que recibieron ECPR no se distinguieron del manejo estándar del paciente reanimado de una PCR sin ECMO y se basaron en las recomendaciones internacionales del *European Resuscitation Council* (30,210,211), así como en los protocolos hospitalarios de atención a la parada cardíaca y cuidados postresucitación. Todos los pacientes recibieron control de temperatura activo a través del dispositivo de control de temperatura propio del ECMO, con un valor de temperatura objetivo establecido entre 33 y 36°C , siendo de elección los 33° mantenidos por 24h, pero permitiendo modificar la temperatura a valores superiores si clínicamente se consideraba necesario debido a complicaciones de la hipotermia o inestabilidad hemodinámica extrema.

No se estableció por protocolo el uso de dispositivos de descarga del ventrículo izquierdo en todos los pacientes, dejando la elección de su uso a criterio clínico de los profesionales que atendían a los pacientes en base a la situación clínica, pulsatilidad, etiología de la PCR y disponibilidad de dispositivos. En caso de decidirse su uso, el dispositivo de primera elección fue el BCPIAo.

Desde el primer momento el programa tuvo gran vínculo con el servicio de coordinación de donación de órganos y tejidos del hospital. Todos los pacientes fueron evaluados y seguidos desde el momento inicial como donantes potenciales. Los

pacientes afectos de encefalopatía anóxica fueron evaluados siguiendo los protocolos del hospital y las voluntades de paciente y familiares.

Aunque desde un primer momento se diseñó el programa de ECPR integrado en un protocolo conjunto con un programa de DANC en el centro, el inicio de este último no fue posible por razones logísticas hasta más allá del periodo de estudio de esta tesis, por lo que no se pudieron realizar casos de DANC y toda la donación de órganos en relación con el programa de ECPR fue por donación en muerte encefálica o en asistolia controlada.

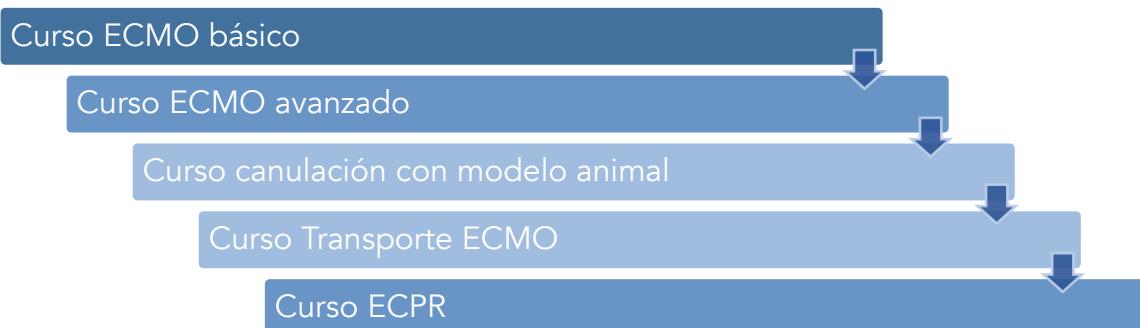
4.2.2. Implementación del programa de ECPR

Tras la planificación inicial, la implementación del programa fue progresiva durante los años de estudio. Teniendo el material disponible, el personal específico con formación en ECMO y una vez elaborado el protocolo se inició la fase de implementación. Para ello se buscó un enfoque integral que incluyó sesiones informativas y formación específica para integrar a los diferentes equipos. También se iniciaron contactos con el SEM para organizar el circuito de atención a la PCREH.

Las **sesiones informativas** se estructuraron para proporcionar una visión de lo que es la ECPR, sus indicaciones, evidencia científica y dar a conocer el protocolo y el procedimiento propio del hospital con detalle. Estas sesiones se iniciaron en el servicio de Medicina Intensiva a partir de 2018, pero se fueron ampliando a todos los servicios implicados en la atención a la PCR, lo que incluye cardiología, anestesiología y urgencias. También se realizaron sesiones específicas para el personal de enfermería, incluyéndolos diferentes turnos y rotaciones. Las sesiones se realizaron en múltiples ocasiones y se repitieron de forma periódica en los servicios más implicados tanto para seguir dando a conocer el protocolo y programa como para dar retroalimentación de los resultados que se iban obteniendo. A su vez, se realizaron varias sesiones con el Sistema de Emergencias Médicas.

La **formación específica** empezó por el personal directamente implicado en la canulación e inicio del ECMO y se extendió al resto de personal implicado en el proceso. Se definió un perfil profesional de médicos y enfermeros con la competencia completa en ECMO, lo que significa la capacidad para canular, iniciar terapia y manejar al paciente en situación de PCR, tanto en nuestro centro como en otros centros sanitarios mediante equipos de transporte de paciente crítico complejo. Estos profesionales, médicos y enfermeras intensivistas, debían pasar por un plan de formación progresivo en competencias que se basaba en 5 cursos de ECMO que pueden observarse en la figura 15.

Figura 15: Cursos de ECMO de formación interna para el programa de ECMO



Los profesionales a cargo de pacientes en ECMO empezaban su formación por el Curso de ECMO básico al cual seguía, tras unos meses de práctica clínica el curso de ECMO avanzado. Para la generación de escenarios complejos de simulación en UCI se empleó el Simulador ECMO Hybrids-Vita (www.hybrids-vita.com), instrumento de entrenamiento en ECMO diseñado en el ámbito de nuestro grupo de investigación ECMO del Servicio de Medicina Intensiva del Hospital Vall d'Hebron. Estos dos cursos daban la competencia para poder iniciar, manejar y resolver complicaciones de los pacientes en ECMO en el día a día en la UCI. Aquellos profesionales que iban a participar de los programas complejos como el de ECPR y de transporte de ECMO,

proseguían su formación con el resto de los cursos hasta conseguir la competencia completa.

Figura 16: Simulación de escenario complejo en UCI con el simulador Hybrids-Vita



Para implementar el programa de ECPR se reforzaron las habilidades técnicas con formación en canulación en ECMO mediante los cursos de canulación con modelo animal porcino, a los que los alumnos ya llegaban con conocimientos de ECMO y experiencia clínica.

Con un grupo de profesionales que contaban ya con las competencias técnicas, se empezó a organizar la formación específica de ECPR. El planteamiento de esta formación fue la de realizar cursos basados en simulación clínica en entorno real "in situ", con equipos multidisciplinares, en tiempo real y sin role play. Para poder realizar los escenarios se diseñó por el grupo de investigación un molde de bajo coste que permitía, una vez acoplado a un maniquí de SVA, realizar la canulación y entrada en ECMO de forma simultánea a las maniobras de RCP.

Los primeros cursos se iniciaron en la UCI, ampliándose posteriormente a urgencias. Los profesionales que participaron fueron los implicados en el proceso de ECPR

(médicos intensivistas del equipo de canulación de ECMO, enfermeras intensivistas *ECMO specialist*, enfermeras de urgencias, médicos de urgencias, cardiólogos clínicos y coordinadores de trasplantes).

La estructura de todos los cursos fue la misma: una pequeña introducción teórica para reforzar conceptos (los alumnos habían recibido previamente el protocolo y los principales artículos y recomendaciones), un taller de introducción a la simulación, conocimiento del material y creación del contenedor de seguridad y posteriormente, dos o tres casos de simulación *in situ* de alta fidelidad, centrados en habilidades no técnicas y siguiendo las recomendaciones ELSO. En total cada curso tuvo 7-8h de duración. Un programa de uno de los cursos puede verse en el Anexo 3.

Figura 17: Simulación de un caso de ECPR en Urgencias durante un curso de formación



Los casos clínicos de las formaciones comprendieron diferentes escenarios, siendo estos como mínimo uno de PCREH con organización del equipo, recepción del paciente, canulación y entrada en ECMO y otro de PCRIH con atención inicial a la PCR,

activación del equipo, canulación y entrada en ECMO. Todos los casos de siguieron de un debriefing estructurado siguiendo la metodología PEARLS (212) de mínimo 1h de duración en los que se trabajaron aspectos técnicos pero sobre todo no técnicos en relación a la organización del equipo y centrados en el entrenamiento en CRM (213).

Figura 18: Simulación de un caso de ECPR en Urgencias durante un curso de formación



Además de toda esta formación necesaria para el personal y equipo intrahospitalario, la implementación del programa también tuvo en cuenta des del momento inicial al SEM, esencial para dar respuesta a la PCREH. El SEM cuenta con ambulancias medicalizadas equipadas todas ellas con cardiocompresor mecánico LUCAS® (Stryker Corporation, Michigan, USA). En el momento inicial de plantear el programa no había un protocolo establecido para el traslado de PCREH refractaria y el traslado solo se contemplaba para DANC en otro centro. En los primeros años no se consiguió establecer un protocolo conjunto, pero sí que se pudieron consensuar criterios, indicaciones de transporte, realizar sesiones informativas y se abrió la puerta a recibir todo paciente que se considerara para valorar su indicación. Tras varios años el protocolo oficial con código de activación prehospitalario ha sido implementado, pero fuera del periodo de este estudio.

4.2.3. Evaluación y retroalimentación del programa

La evaluación del programa se estructuró en la evaluación y seguimiento del proceso, evaluación y seguimiento de los resultados clínicos y la comparación con estándares internacionales y otros protocolos establecidos. Des del momento inicial se generó una base de datos prospectiva para la recogida de los pacientes que recibieron ECPR. También se organizó una vía de comunicación para la notificación diaria de las activaciones y de los casos por parte del equipo asistencial, así como reuniones individuales o colectivas entre los miembros del equipo.

La evaluación del proceso se realizó de forma periódica mediante el análisis de los casos uno a uno, haciendo hincapié en incidencias logísticas y complicaciones derivadas del funcionamiento del equipo. Durante los cursos de formación se evaluaron también los tiempos de respuesta y activación de los equipos para poder establecer así un control sobre estos tiempos de respuesta. La evaluación de los resultados clínicos se realizó mediante cortes anuales de supervivencia y resultados en la serie.

Paralelamente, se mantuvo una búsqueda bibliográfica constante para actualizar y comparar los resultados propios con los estudios internacionales referentes a ECPR que se publicaban y así mantener una comparativa con las series internacionales. A esta actualización constante contribuye la participación activa del director del programa de ECMO y del grupo en redes de investigación y clínicas internacionales relacionadas con ECMO como el Comité de Dirección de la EuroELSO y el Comité Científico de la ELSO, así como redes de investigación en ECPR con participación en proyectos de investigación futuros en la materia. Asimismo, el grupo participa activamente en actividades formativas en ECPR en un ámbito internacional.

Este análisis continuo de las diferentes partes del proceso y de los resultados clínicos se presentó de forma periódica (bimensual) en las reuniones de la comisión de soporte

vital del hospital, así como de forma semestral en las reuniones con los miembros del equipo de ECMO.

Con todo ello se ha intentado realizar una evaluación continua y exhaustiva del programa de ECPR, permitiendo durante todo el proceso ir realizando los ajustes necesarios para mejorar su efectividad e impacto en la atención a los pacientes.

4.3. Análisis estadístico

Se realizó un análisis descriptivo inicial de las características demográficas, comorbilidades, características de la parada cardiaca y resultados en la población utilizando la media y la desviación estándar (DE), la mediana y el rango intercuartílico (RIC), o la frecuencia y el porcentaje según estuviera indicado.

Posteriormente se realizó análisis univariado comparando supervivientes y no supervivientes a los 180 días mediante la prueba de Chi2 o la prueba exacta de Fisher para variables categóricas y la prueba H de Kruskal-Wallis, la prueba U de Mann-Whitney o la prueba T de Student para las continuas. En caso de variables distribuidas en más de dos grupos se utilizaron modelos de análisis de la varianza (ANOVA).

La supervivencia para el análisis se definió como supervivencia con buen resultado neurológico, definida como una puntuación de 1 o 2 en la escala CPC (Cerebral Performance Category) y se describió utilizando el estimador de Kaplan-Meier. De cara a la descripción de las causas de mortalidad y la donación de órganos se incluyeron únicamente los pacientes fallecidos. El análisis de los factores con influencia en la supervivencia se llevó a cabo utilizando un modelo de regresión de riesgos proporcionales de Cox para datos no censurados en el que se incluyeron todas las variables con $p < 0,1$ en el análisis univariado así como otros predictores comunes de supervivencia en la literatura (edad, ritmo inicial, lactato y duración del tiempo de low flow) (121,122).

El análisis descriptivo de los resultados en función de la localización de la parada cardiaca (PCRIH y PCREH) y del ritmo cardíaco inicial se llevó a cabo siguiendo la misma metodología que el análisis descriptivo inicial. Se realizó, asimismo, con la misma metodología, un análisis comparativo post hoc entre los pacientes que presentaban ritmo desfibrilable el momento de la canulación y los que presentaban ritmos no desfibrilables y a su vez, entre aquellos pacientes con ritmo eléctrico inicial que se mantenía al momento de la canulación con los que el ritmo pasaba a no desfibrilable y los que siempre tuvieron ritmo no desfibrilable.

Para el análisis del impacto de los criterios de selección, se separó la muestra en dos cohortes según si cumplían o no criterios de inclusión estrictos (definidos como presencia de ritmo eléctrico inicial desfibrilable y tiempo de no flow menor a 60 minutos de PCR).

La significación estadística se consideró con $p < 0.05$.

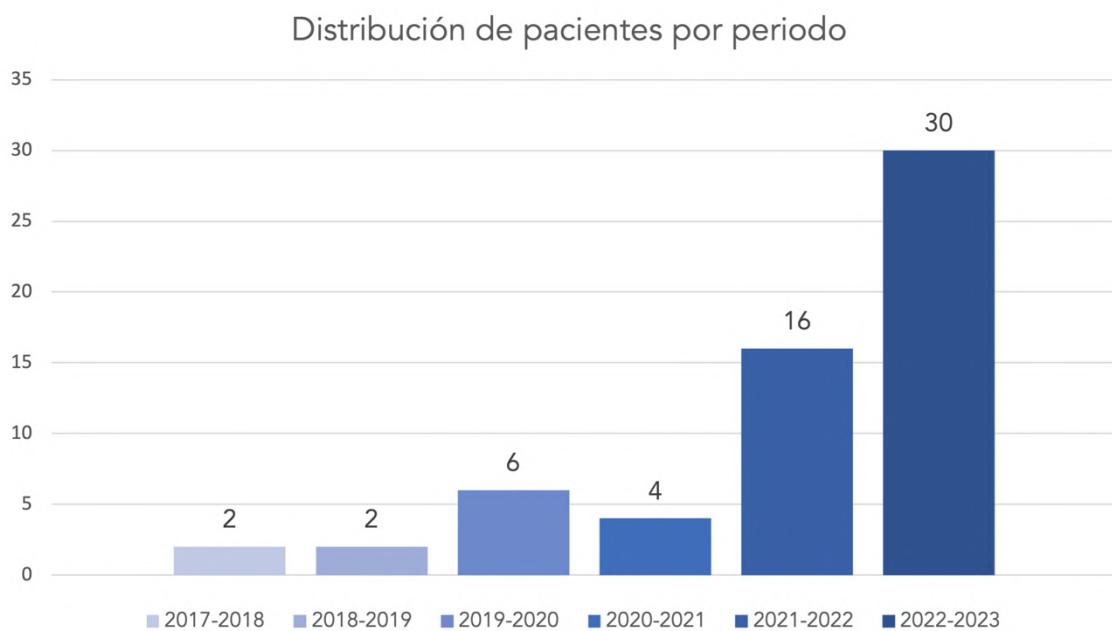
Los análisis se realizaron utilizando Stata (versión 17.0BE, StataCorp, College Station, Texas, EE. UU.).

5 RESULTADOS

5.1. Casos y activaciones

Durante el periodo de estudio (entre junio de 2017 y mayo de 2023) se inició ECPR en 60 pacientes, con un incremento de casos progresivo que se vio interrumpido en 2020 debido a la presión sobre los recursos que supuso la pandemia de la COVID-19, lo que obligó a que el programa se suspendiera temporalmente entre los meses de marzo y octubre. La evolución temporal del número anual de casos se puede observar en la figura 19.

Figura 19: Evolución temporal del número de casos por períodos de 12 meses desde el inicio del programa



El total de activaciones, incluyendo aquellas descartadas, no comenzó a registrarse de forma regular y fiable hasta enero de 2023. En el periodo entre enero y mayo de 2023 se registraron un total de 36 activaciones en las que se indicó ECPR en 16 (44,4%). Los motivos para contraindicar ECPR más frecuentes fueron los tiempos de low flow prolongados y las comorbilidades del paciente. Los detalles de las contraindicaciones se muestran en la tabla 17. La supervivencia a los 180 días de los pacientes que se

descartaron para ECPR fue de un 15% (3/20), siendo todos ellos pacientes en que se había conseguido RCE antes de la llegada al hospital.

Tabla 17: Causas de contraindicación de ECMO en las activaciones durante el periodo de registro (enero – mayo 2023).

Causa de contraindicación	N (%)
Low flow prolongado	5 (25)
Comorbilidad	5 (25)
RCE a la llegada	4 (20)
Sospecha de etiología no reversible	3 (15)
Signos de muerte establecida	2 (10)
Ritmo asistolia	1 (5)

5.2. Descripción general de la muestra

5.2.1. Demografía y comorbilidades

De los 60 pacientes que requirieron ECPR, 47 (78.3%) fueron varones con una mediana de edad de 54 (43-61) años y sobrepeso (mediana de IMC 28.1 [24.7-31.2]kg/m²). Cincuenta y dos (86.7%) presentaban al menos un factor de riesgo cardiovascular (sobrepeso, hipertensión, obesidad, consumo de tabaco, diabetes mellitus o dislipemia). Seis (10 %) presentaban antecedentes de cardiopatía isquémica y dos eran portadores de desfibrilador automático implantable en prevención primaria o secundaria. La información sobre la demografía y las comorbilidades se detalla en la tabla 18.

Tabla 18: Demografía y comorbilidades

	n (%), mediana (IQR)
Sexo (varón)	47 (78.3)
Edad	54 (43-61)
IMC (kg/m ²)	28.1 (24.7-31.2)
Hipertensión	17 (29.3)
Fumador	29 (50.9)

Diabetes mellitus	9 (15.5)
Dislipemia	21 (36.2)
EPOC	3 (5.2)
Insuficiencia cardíaca congestiva	3 (5.2)
IAM previo	6 (10.3)
Portador de DAI	2 (3.5)
Inmunosupresión	6 (10.3)
Cáncer	3 (5.2)
Ictus	3 (5.2)
Vasculopatía	2 (3.5)
Insuficiencia renal crónica	1 (1.7)

5.2.2. Características de la parada cardiaca y la canulación

Treinta y dos (53.3%) pacientes sufrieron PCREH y 28 (46.7%) PCRIH. La RCP fue iniciada por testigos en 27 (96.4%) de las PCRIH y en 21 (65.6%) de las PCREH. De estas 21, la PCR se produjo en presencia de personal sanitario de los servicios de emergencia en 13 (61.9%) casos.

La mediana de tiempo de no flow fue de 0 (0-0) minutos y la mediana de low flow fue de 53 (34-75) minutos. La canulación fue técnicamente posible en 57 (95%) de los pacientes y se obtuvo flujo de ECMO efectivo en 56 (93.3%). Una vez conseguido flujo de ECMO efectivo el 94.6% de los pacientes consiguieron RCE. Los detalles sobre las características de la PCR y los tiempos de canulación se amplían en la tabla 19.

Tabla 19: Características de la parada cardíaca y canulación

	n (%), mediana (IQR)
Lugar de la PCR (PCREH)	32 (53.3)
RCP iniciada por testigos	48 (80)

Ritmo inicial	
• Desfibrilable	27 (45)
• AESP	27 (45)
• Asistolia	6 (10)
Ritmo a la entrada en ECMO	
• Desfibrilable	14 (24.6)
• AESP	37 (64.9)
• Asistolia	6 (10.5)
pH antes de ECMO	6.9 (6.8-7.0)
Lactato antes de ECMO (mmol/L)	12.6 (5.1)
EtCO ₂ antes de ECMO (mmHg)	20 (11.2)
RCE intermitente	27 (45)
No flow (min)	0 (0-0)
Low flow (min)	53 (34-75)
Tiempo de canulación (min)	15 (10-20)
Imposibilidad para canular	3 (5)
Flujo ECMO efectivo	56 (93.3)
RCE al conseguir flujo de ECMO	53 (94.6)

5.2.3. Complicaciones de la canulación

En tres (5%) casos la canulación no fue posible por imposibilidad técnica. Dieciséis (26,7%) pacientes sufrieron complicaciones vasculares derivadas de la canulación, siendo la más frecuente el sangrado por el punto de inserción de la cánula (56.2%). Las complicaciones graves fueron poco frecuentes. El detalle de las complicaciones vasculares de la canulación que se pueden observar en detalle en la tabla 20.

Tabla 20: Complicaciones vasculares derivadas de la canulación

Complicación	Frecuencia: N (%)
Sangrado del punto de inserción	9 (56.2)
Canulación veno-venosa accidental	3 (18.7)
Disección arterial	2 (12.5)
Decanulación accidental	1 (6.3)
Isquemia de la extremidad	1 (6.3)

5.2.4. Lugar de canulación

A lo largo del periodo de estudio se priorizó la canulación en urgencias para los pacientes con PCREH y la canulación in situ en la ubicación del paciente en caso de PCRIH con el objetivo de minimizar el tiempo hasta el flujo de ECMO efectivo. El lugar de canulación más frecuente fue Urgencias (40%) seguido de la Unidad de Cuidados Intensivos (25%) y del laboratorio de hemodinámica (25%). La descripción de todas las frecuencias por lugar de canulación se puede observar en la tabla 21.

Tabla 21: Lugar de canulación

Lugar de canulación	N (%)
Urgencias	24 (40)
Unidad de Cuidados Intensivos	15 (25)
Laboratorio de Hemodinámica	15 (25)
Planta de hospitalización convencional	3 (5)
Quirófano	2 (3.3)
Otros	1 (1.7)

5.2.5. Distribución horaria de los pacientes

Las características del programa permitieron dar atención a la PCRIH o PCREH las 24 horas y 7 días a la semana des de el primer momento. El 70% de los casos (42 pacientes) se canularon fuera de horario laboral (Figura 20), lo que incluye las tardes de días

laborables, noches y festivos. La distribución horaria de los casos se puede observar en la figura 21.

Figura 20: Casos dentro y fuera de horario laboral

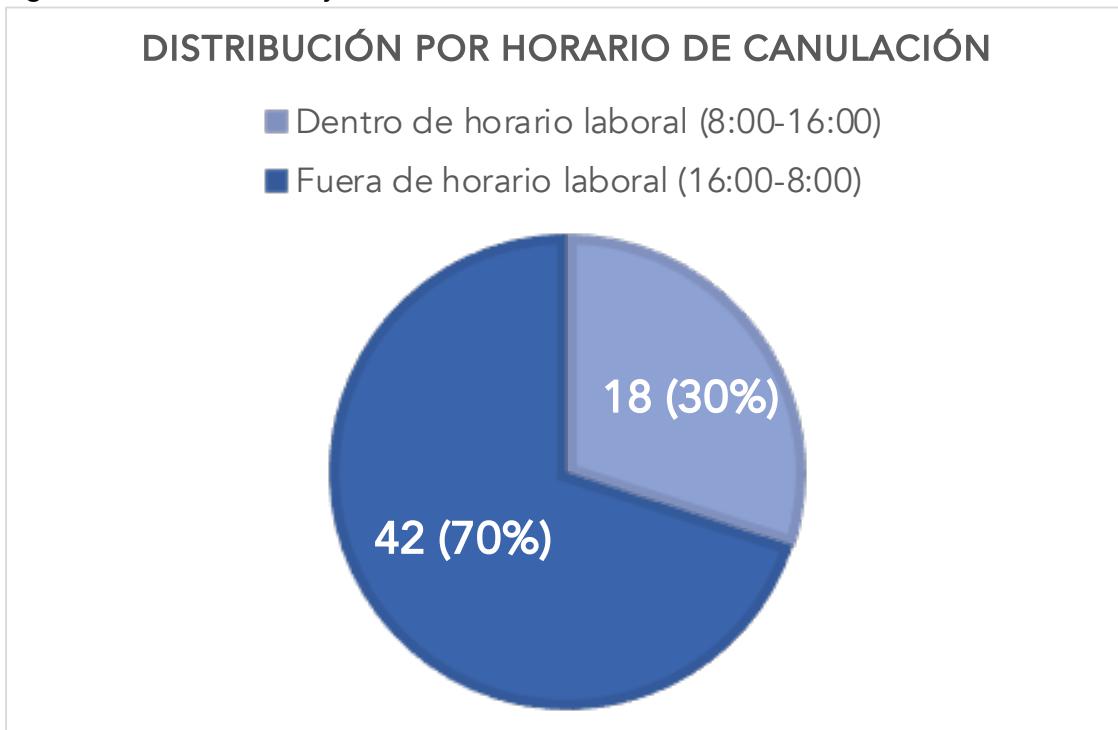


Figura 21: Distribución horaria de los casos (en rojo se destaca la franja de horario laboral)

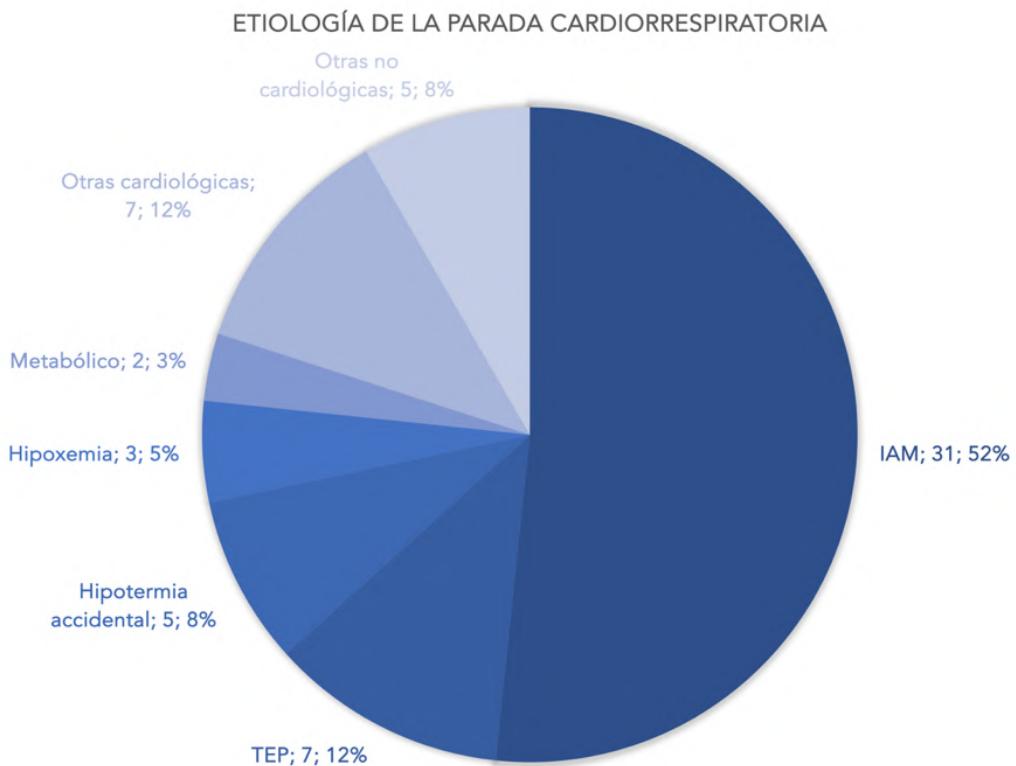
	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO	FESTIVO
0:00-3:59	1	1	2	1	1	0	3	1
4:00-7:59	1	1	2	0	1	1	0	0
8:00-11:59	1	3	0	1	2	2	0	0
12:00-15:59	2	2	2	4	1	3	2	0
16:00-19:59	1	0	3	0	1	3	4	2
20:00-23:59	0	0	3	0	0	2	0	0

5.2.6. Etiología y tratamiento de la PCR refractaria que recibe ECMO

Tras conseguir flujo de ECMO efectivo se realizó estudio etiológico en todos los pacientes. La causa de PCR más frecuente fue la cardiopatía isquémica (31 casos, 52%), seguida por el tromboembolismo pulmonar (7 casos, 12%) y la hipotermia accidental (5

casos, 8%). Una descripción más detallada de la etiología más frecuente puede observarse en la figura 22.

Figura 22: Gráfico de sectores que detalla las etiologías más comunes de PCR refractaria.



En treinta y siete (62.7%) pacientes se llevó a cabo coronariografía, de las cuales 29 (78.4%) mostraron oclusión coronaria aguda que recibió tratamiento. Al final el procedimiento se decidió implantar un dispositivo de descarga del ventrículo izquierdo en 19 pacientes (51.4%) en función de la decisión clínica del equipo tratante, principalmente debido a falta de pulsatilidad y apertura de la válvula aórtica. De estos, en 17 (89.5%) se optó por balón de contrapulsación y en 2 (10.5%) por bomba microaxial rotacional (Impella[®]). En los pacientes con etiología no cardiológica no se utilizó dispositivo de descarga.

Por protocolo se realizó TC craneal, torácico y abdominal a todos los pacientes, después de la coronariografía si la sospecha era cardíaca o tras la entrada en ECMO y estabilización inicial en las demás etiologías. Trece (22,8%) de los pacientes presentaron signos de edema cerebral en el TC craneal inicial.

En todos los pacientes en los que se consiguió RCE se llevó a cabo control terapéutico de la temperatura según protocolo de la unidad con objetivo de hipotermia a 33°C en 22 (41,5%) pacientes y normotermia en el resto. Para el control de temperatura se usó el propio intercambiador de frío-calor conectado al circuito de ECMO.

5.2.7. Complicaciones y resultados globales.

Las complicaciones vasculares derivadas de la canulación se han descrito previamente (Tabla 20). Durante su ingreso en UCI muchos pacientes presentaron disfunción multiorgánica. El órgano afectado con mayor frecuencia fueron los riñones, con el 65.5% de los pacientes presentando insuficiencia renal aguda, aunque solo el 24.1% (14 pacientes) requirió técnicas continuas de depuración extrarrenal (TCDER). Le siguieron la insuficiencia respiratoria (34 pacientes, 59.7%) y las complicaciones hemorrágicas (31 pacientes, 54.7%). Los detalles sobre las complicaciones presentadas durante el ingreso en UCI pueden observarse en la tabla 22.

Tabla 22: Complicaciones durante el ingreso en UCI

	N (%)
Insuficiencia renal aguda	38 (65.5)
Requerimiento de TCDER	14 (24.1)
Insuficiencia respiratoria	34 (59.7)
Hipoxemia diferencial durante el soporte con ECMO	7 (12.2)
Sangrado	31 (54.7)
Shock hemorrágico	12 (22)

Hepatitis isquémica	30 (51.7)
Sepsis	6 (10,5)
Ictus isquémico	3 (5,8)
Hemorragia cerebral	2 (3,1)

En el global de la población, la duración de la ventilación mecánica fue de 3 días (1-6) y la estancia hospitalaria de 4 (1-14) días. Dieciséis pacientes (26.7%) sobrevivieron con buena situación neurológica a 180 días de la PCR. Del total de fallecidos (44), 14 (31.8%) desarrolló muerte encefálica. 11 pacientes, lo que corresponde a un 18.3% del total de la población y un 25% de los fallecidos, fue donante de órganos. Dos pacientes (3.3%) requirieron trasplante cardíaco, con puente a él a través de asistencia ventricular izquierda (Levitronix Centrimag®). La estancia hospitalaria y los resultados globales se resumen en la Tabla 23.

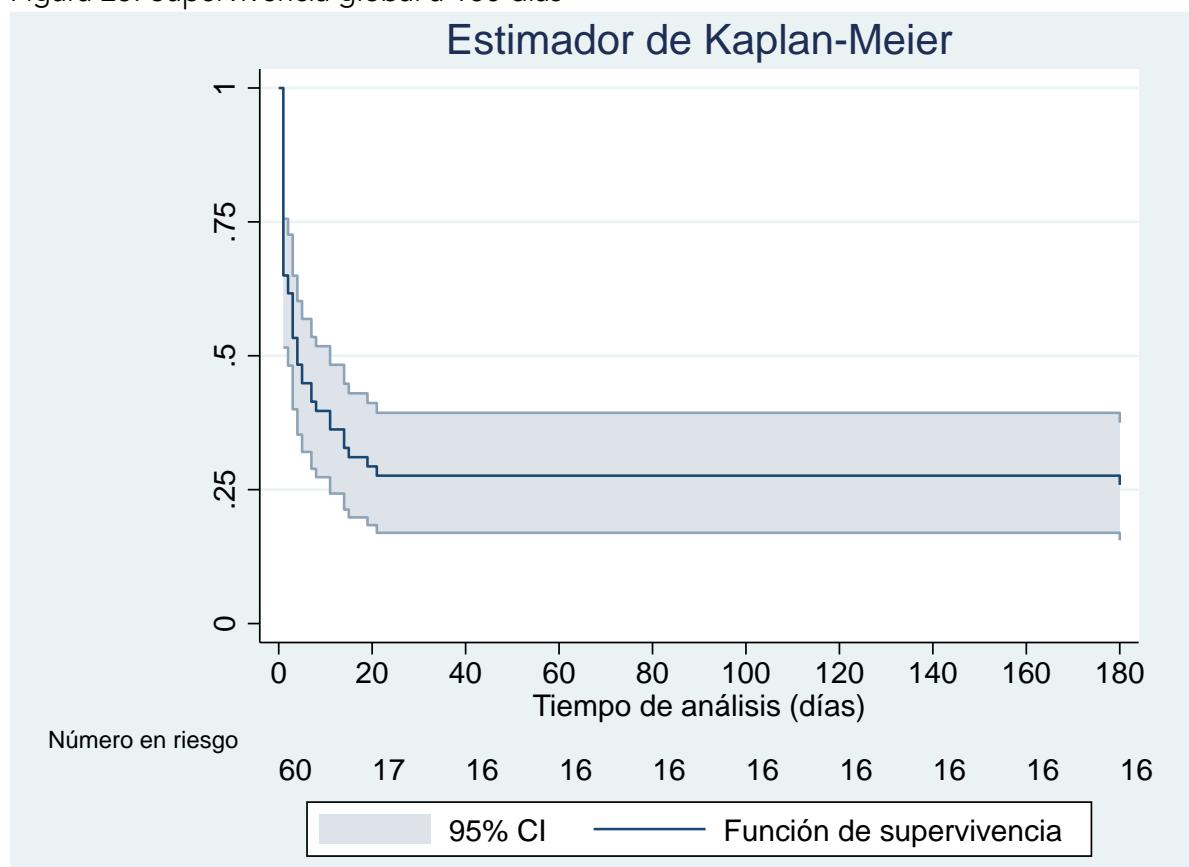
Tabla 23: Estancia hospitalaria y resultados.

	n (%), mediana (IQR)
Duración de ECMO	2 (1-4)
Duración de la ventilación mecánica (días - mediana IQR)	3 (1-6)
Duración de la estancia en UCI (días)	4 (1-10)
Duración de la estancia hospitalaria (días)	4 (1-14)
Supervivencia a ECMO	21 (35)
Supervivencia a 180 días	17 (28.3)
CPC1-2 a 180 días	16 (26.7)
Necesidad de trasplante cardíaco	2 (3.3)
Muerte encefálica	14 (23.3)
Donante de órganos	11 (18.3)

5.3. Análisis de supervivencia

Dieciséis (26.7%) de los pacientes sobrevivieron con buen resultado neurológico hasta seguimiento de 180 días (Figura 23). Los pacientes que fallecieron lo hicieron durante los primeros 20 días tras el evento, presentando con ello una menor duración del soporte con ECMO, ventilación mecánica invasiva, estancia en UCI y estancia hospitalaria (Tabla 26).

Figura 23: Supervivencia global a 180 días



Los supervivientes fueron más jóvenes (44 [42-53] vs. 55 [45-64], $p=0,04$) y presentaron con más frecuencia ritmos desfibrilables en el momento de la entrada en ECMO (8 [57.1%] vs 6 [14.6%], $p= 0,018$), pero no mayor ritmo inicial desfibrilable (9 [56.3%] vs 18 [40.9%], $p=0.551$). Pese a la tendencia a que los tiempos de low flow en

supervivientes fueran más cortos, estas diferencias no fueron estadísticamente significativas (45 [30-66] vs. 58.5 [46-80] minutos, $p=0.238$). Tampoco los valores de lactato o pH.

Las características demográficas, de la parada cardíaca y complicaciones de la estancia en UCI, así como una comparativa de las variables entre supervivientes y no supervivientes, pueden observarse en las tablas 24, 25 y 26.

Tabla 24: Características de los pacientes comparando entre supervivientes y no supervivientes

	Todos (n=60)	Supervivientes (n =16)	No supervivientes (n =44)	p	n
Sexo (varón)	47 (78.3)	14 (87.5)	33 (75)	0.299	60
Edad	54 (43- 61)	44 (42-53)	55 (45-64)	0.040	60
IMC (kg/m ²)	28.1 (24.7- 31.2)	28.7 (24.2- 31.1)	27.8 (25-33.7)	0.702	56
Hipertensión	17 (29.3)	2 (12.5)	15 (35.7)	0.059	58
Fumador	29 (50.9)	6 (37.5)	23 (56.1)	0.125	57
Diabetes mellitus	9 (15.5)	1 (6.3)	8 (19.1)	0.229	58
Dislipemia	21 (36.2)	6 (37.5)	15 (35.7)	0.899	58
EPOC	3 (5.2)	1 (6.3)	2 (4.8)	0.819	58
Insuficiencia cardíaca congestiva	3 (5.2)	2 (12.5)	1 (2.4)	0.120	58
IAM previo	6 (10.3)	2 (12.5)	4 (9.3)	0.819	58
Portador de DAI	2 (3.5)	1 (6.3)	1 (2.4)	0.479	58
Inmunosupresión	6 (10.3)	1 (5.9)	5 (12.2)	0.472	58
Cáncer	3(5.2)	2 (12.5)	1 (2.4)	0.120	58
Ictus	3 (5.2)	0	3 (7.1)	0.272	58
Vasculopatía	2 (3.5)	1 (6.3)	1 (2.4)	0.470	58
Insuficiencia renal crónica	1 (1.7)	0	1 (2.4)	0.534	58

Tabla 25: Características de la parada cardíaca y canulación comparando supervivientes con no supervivientes

	Todos (n=60)	Supervivientes (n =16)	No supervivientes (n =44)	p	n
Lugar de la PCR (PCREH)	32 (53.3)	7 (43.8)	25 (56.8)	0.370	60
RCP iniciada por testigos	48 (80)	14 (87.5)	34 (77.3)	0.381	60
Ritmo inicial					
• Desfibrilable	27 (45)	9 (56.3)	18 (40.9)		
• AESP	27 (45)	6 (37.5)	21 (47.7)	0.551	60
• Asistolia	6 (10)	1 (6.3)	5 (11.4)		
Ritmo a la entrada en ECMO					
• Desfibrilable	14 (24,6)	8 (50)	6 (14.6)		
• AESP	37 (64,9)	7 (43.8)	27 (65.9)	0.018	57
• Asistolia	6 (10,5)	1 (6.3)	8 (19.5)		
pH antes de ECMO	6.9 (6.8-7.0)	6.9 (6.8-7.1)	6.9 (6.8-7.0)	0.904	46
Lactato antes de ECMO (mmol/L)	12.6 (5.1)	13.2 (4.6)	12.2 (5.4)	0.540	48
EtCO ₂ antes de ECMO (mmHg)	20 (11.2)	20 (8.8)	21 (12.7)	0.807	17
RCE intermitente	27 (45)	6 (37.5)	21 (47.7)	0.481	60
No flow (min)	0 (0-0)	0 (0-0)	0 (0-3)	0.101	59
Low flow (min)	53 (34-75)	45 (30-66)	58.5 (46-80)	0.238	59
Horario laboral (sí)	18 (30)	6 (37,5)	12 (27,3)	0.445	60
Edema cerebral en TC inicial	13 (22.8)	0	13 (31.7)	0.01	57

A nivel de complicaciones durante su estancia en UCI los no supervivientes tuvieron mayor tasa de insuficiencia renal aguda (43.6% vs 73.8%, p= 0.031), aunque sin requerir más TCDER (18.8% vs 26.2%, p=0.554). Por el contrario, los supervivientes sufrieron mayor número de complicaciones infecciosas, desarrollando con mayor frecuencia sepsis (25% vs 4.88%, p= 0.026). La duración de los días de ventilación mecánica también fue mayor en los pacientes que sobrevivieron, siendo esta de 6 (4-15) días vs 2 (1-4) (p<0,001). No hubo complicaciones neurológicas isquémicas ni hemorrágicas en los supervivientes.

Tabla 26: Complicaciones durante la evolución de los pacientes comparando supervivientes y no supervivientes

	Todos (n=60)	Supervivientes (n =16)	No supervivientes (n =44)	p	n
Insuficiencia renal aguda	38 (65.5)	7 (43.6)	31 (73.8)	0.031	58
Requerimiento de TCDER	14 (24.1)	3 (18.8)	11 (26.2)	0.554	58
Hepatitis isquémica	30 (51.7)	8 (50)	22 (52.4)	0.871	58
Sangrado	31 (54.4)	9 (56.3)	22 (53.66)	0.860	57
Shock hemorrágico	12 (20.7)	2 (12.5)	10 (23.8)	0.342	58
Sepsis	6 (10.5)	4 (25)	2 (4.88)	0.026	57
Insuficiencia respiratoria	34 (59.7)	9 (56.3)	25 (61)	0.744	57
Hipoxemia diferencial durante el soporte con ECMO	7 (12.3)	4 (25)	3 (7.3)	0.068	57
Ictus isquémico	3 (5.8)	0	3 (8.33)	0.544	52
Hemorragia cerebral	2 (3.9)	0	2 (5.6)	1	52

Duración de la ventilación mecánica (días - mediana IQR)	3 (1-6)	6 (4-15)	2 (1-4)	<0.001	57
Duración de la estancia en UCI (días)	4 (1-10)	10.5 (6-38)	2 (1-6)	<0.001	58
Duración de la estancia hospitalaria (días)	4 (1-14)	19 (11.5-54.4)	3 (1-7)	<0.001	57

La estancia media en UCI de los no supervivientes fue de 2 (1-6) días y la de los supervivientes de 10.5 (6-38) días ($P<0.001$). La estancia hospitalaria de los supervivientes también fue mayor, siendo de 19 días (11.5-54.4) vs 3 días (1-7) la de los no supervivientes ($p<0,001$).

5.3.1. Predictores de supervivencia

En el análisis multivariado se observó que tanto el ritmo eléctrico a la entrada en ECMO como la ausencia de edema cerebral en el TC postcanulación estaban asociados con la supervivencia con buen resultado neurológico a 180 días. El ritmo eléctrico desfibrilable a la entrada en ECMO se asocia a menor riesgo de mortalidad (cociente de riesgo 0.19 [IC 95%] 0,06-0,59) y la presencia de edema cerebral se asocia a un mayor riesgo de mortalidad (cociente de riesgo 7,6 [IC 95% 2,4-24,01]). Llamativamente, ninguno de los predictores habituales de mortalidad (edad, hipertensión arterial, lactato, tiempo de low Flow y ritmo eléctrico inicial) tiene influencia en nuestra serie.

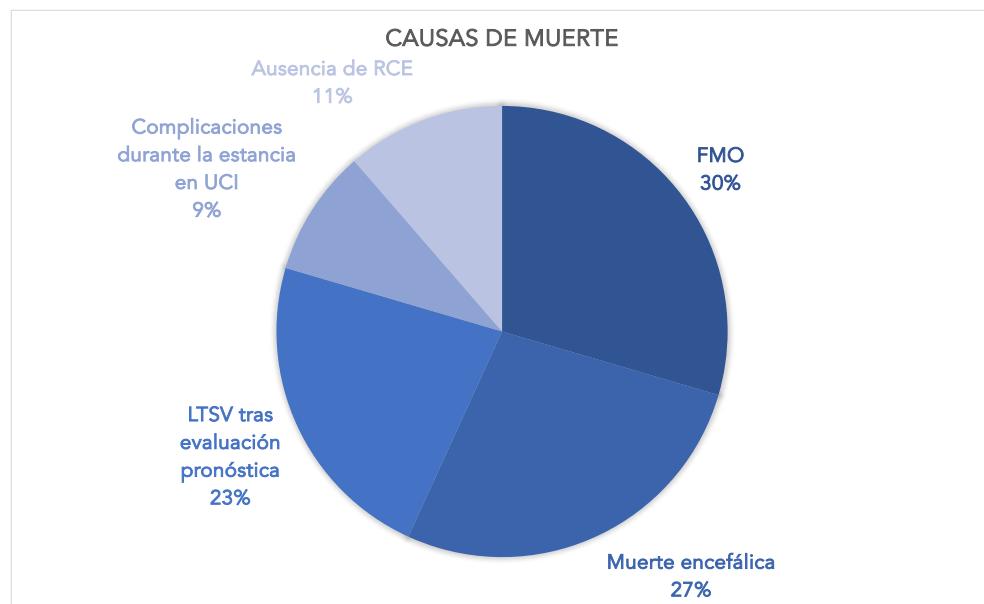
Tabla 27: Cocientes de riesgo de las variables utilizadas para el modelo de supervivencia

	Cociente de riesgo	Error estándar	IC 95%	p-valor
Edad	1	0.01	0.97-1.03	0.913
Hipertensión arterial	1.76	0.76	0.76-4.1	0.190
Lactato inicial	1.02	0.04	0.94-1.12	0.640
Low flow (min)	1	0.01	0.98-1.01	0.648
Ritmo desfibrilable inicial	1.86	0.88	0.73-4.7	0.191
Ritmo desfibrilable ECMO	0.17	0.10	0.05-0.56	0.003
Edema cerebral TC inicial	7.78	4.56	2.47-24.5	<0.001

5.3.2. Causas de muerte

Cuarenta y tres pacientes fallecieron tras una estancia mediana de 3 (1-7) días. La causa de muerte más frecuente fue la encefalopatía postanóxica (22 casos, 51.2% de los fallecidos), seguida de la disfunción multiorgánica (13 casos, 30.2%). De los pacientes que fallecieron a causa de encefalopatía postanóxica, 12 (54.5%) desarrollaron muerte encefálica y en 10 (45.5%) se retiró el soporte terapéutico tras pronosticación neurológica. El resto de las causas de muerte pueden observarse en la figura 24.

Figura 24: Causas de muerte



5.3.3. Donación de órganos

De los pacientes fallecidos, 11 (25%) fueron donantes de órganos. El tipo de donación más común fue en asistolia controlada (10 [90.9%]).

La donación en nuestra serie permitió que se extrajeran un total de 19 órganos (siete hígados, diez riñones y dos pulmones).

5.4. Impacto del lugar de la PCR (PCREH o PCRIH) en la supervivencia

Treinta y dos pacientes (53.3%) sufrieron PCREH y 28 (46.7%) PCRIH. No se hallaron diferencias en demografía y comorbilidades entre ambas cohortes (Tabla 28).

Tabla 28: Características de los pacientes en función de la ubicación

	Todos (n =60)	PCREH (n=32)	PCRIH (n=28)	p	n
Sexo (varón)	47 (78.3)	24 (75)	23 (82.1)	0.547	60
Edad	54 (43-61)	55 (43-61)	53 (42.5-62.5)	0.761	60
IMC (kg/m ²)	28.1 (24.8-31.2)	26.7 (24.3-30.3)	28.9 (26-32)	0.222	56
Hipertensión	41 (70.7)	21 (70)	20 (71.4)	0.905	58
Fumador	28 (49.1)	14 (48.2)	14 (50)	0.896	57
Diabetes mellitus	49 (84.5)	24 (80)	25 (89.3)	0.473	58
Dislipemia	37 (64.8)	21 (70)	16 (57.1)	0.309	58
EPOC	3 (5.2)	2 (6.7)	1 (3.6)	0.595	58
Insuficiencia cardíaca congestiva	3 (5.2)	1 (3.3)	2 (7.1)	0.605	58
IAM previo	6 (10.3)	4 (13.3)	2 (7.1)	0.671	58
Cáncer	3 (5.2)	1 (3.3)	2 (7.1)	0.605	55
Ictus previo	3 (5.2)	2 (6.7)	1 (3.6)	0.595	55

Los pacientes con PCRIH presentaron mayor reanimación por testigos (96.4 vs 65.6%, $p= 0,004$), menor tiempo de no flow (0 [0-4] vs 0 [0-0], $p=0.004$) y low flow (35 vs 69 min, $p<0.001$), valores más altos de pH a la entrada en ECMO (7 vs 6.9, $p= 0.004$) y niveles de lactato más bajos (11 vs 13.7 mmol/L, $p= 0.034$) (ver tabla 29). El ritmo inicial desfibrilable fue menos frecuente en PCRIH que en la PCREH (28.6% vs 59.4%, $p= 0.003$).

Tabla 29: Características de la PCR en función de la ubicación

	Todos (n=60)	PCREH (n=32)	PCRIH (n=28)	p-valor	n
RCP por testigos	48 (80)	21 (65.6)	27 (96.4)	0.004	60
RCP presenciada por personal sanitario	40 (83.3)	13 (61.9)	27 (100)	0.001	48
Ritmo inicial					
• Desfibrilable	27 (45)	19 (59.4)	8 (28.6)	0.003	60
• AESP	27 (45)	8 (25)	19 (67.9)		
• Asistolia	6 (10)	5 (15.6)	1 (3.6)		
Ritmo desfibrilable a la entrada en ECMO	14 (23.3)	10 (31.3)	4 (14.3)	0.121	60
pH a la entrada en ECMO	6.9 (6.8-7)	6.9 (6.8-6.9)	7 (6.9 - 7.1)	0.004	46
Lactato a la entrada en ECMO	12.6 (5.1)	13.7 (4.3)	11 (5.7)	0.034	48
EtCO ₂ a la entrada en ECMO	20.9 (2.7)	23.3 (10.4)	10 (8.6)	0.029	17
RCE intermitente	27 (45)	17 (53.1)	10 (35.7)	0.176	60
No flow (min)	0	0 (0-4)	0 (0-0)	0.004	59
Low flow (min)	53 (34-75)	69 (54.5-85.5)	35 (26-48)	<0.001	59
Tiempo de canulación	15 (10-20)	12 (10-18)	15 (13-20)	0.07	51
Canulación fallida	3 (5)	0	3 (10.7)	0.057	60
Flujo de ECMO efectivo	56 (93.3)	31 (96.9)	25 (89.3)	0.111	60
RCE tras conseguir flujo de ECMO	53 (94.6)	28 (90.3)	25 (100)	0.111	56

Pese a menores tiempos y mejores parámetros metabólicos, no se observaron diferencias en supervivencia en PCRIH y PCREH (Figura 25). Los pacientes con PCREH presentaron una menor duración del soporte con ECMO, ingreso en UCI y estancia hospitalaria (tabla 30). Las diferencias de las características de la parada cardíaca entre ambas poblaciones también se mantienen cuando se analiza únicamente los supervivientes (Tabla 31): los pacientes que sobreviven a la PCREH lo hacen tras unos tiempos de low flow significativamente mayores (65 [45-66] vs 30 [29-35] minutos, $p=0.01$) y con valores de pH más bajos (6.8 [6.7-6.9] vs 7.1 [6.9-7.1], $p=0.006$) en el momento de la canulación. Pese a ello presentan una menor estancia hospitalaria (13 [11-15] vs. 43 [23-89] días, $p=0.039$). La muerte encefálica es más frecuente en los pacientes con PCREH (34.4 vs 10.7%, $p=0.031$).

Las etiologías más frecuentes de la parada cardíaca intra y extrahospitalaria, así como su supervivencia en función del ritmo inicial pueden observarse en la figura 26.

Tabla 30: Evolución y resultados según la ubicación de la PCR

	Todos	PCREH	PCRIH	p	n
Duración de la VM	3 (1-6)	2 (1-5)	4 (2-15)	0.069	57
Duración de ECMO	2 (1-4)	1 (1-2.5)	2.5 (1-4.5)	0.043	57
Duración del ingreso en UCI	4 (1-10)	2 (1-8)	6 (2-15)	0.012	58
Duración del ingreso hospitalario	4 (1-14)	1.5 (1-11)	8 (3-23)	0.006	57
Supervivencia a ECMO	21 (35)	11 (34.4)	10 (35.7)	0.914	60
Supervivencia a UCI	17 (28.3)	8 (25)	9 (32.1)	0.540	60
Supervivencia 180 días	17 (28.3)	8 (25)	9 (32.1)	0.540	60
CPC 1-2 día 180	16 (26.7)	7 (21.9)	9 (32.1)	0.370	60
Muerte encefálica	14 (23.3)	11 (34.4)	3 (10.7)	0.031	60
Donante de órganos	11 (22.5)	7 (25)	4 (19.1)	0.621	49

Tabla 31: Comparación entre supervivientes a la PCREH y PCRIH

	PCREH	PCRIH	p	n
Ritmo inicial				
• Desfibrilable	6 (85.7)	3 (33.3)		
• AESP	0	6 (66.7)	0.016	16
• Asistolia	1 (14.3)	0 (0)		
Ritmo desfibrilable a la entrada en ECMO	5 (71.4)	3 (33.3)	0.315	16
pH a la entrada en ECMO	6.8 (6.7-6.9)	7.1 (6.9-7.1)	0.006	15
Lactato a la entrada en ECMO	15.7 (10.8-18)	11.3 (8.3-14.7)	0.165	15
RCE intermitente	2 (28.6)	4 (44.4)	0.633	16
No flow (min)	0 (0-0)	0 (0-0)	0.256	16
Low flow (min)	65 (45-66)	30 (29-35)	0.01	16
Duración ECMO	2 (2-3)	5 (3-8)	0.07	16
Duración VM	5 (4-6)	15 (5-25)	0.06	13
Duración ingreso en UCI	8 (6-12)	15 (5-60)	0.367	16
Duración ingreso hospitalario	13 (11-15)	43 (23-89)	0.039	16

Figura 25: Supervivencia a 180 días comparando PCREH con PCRIH

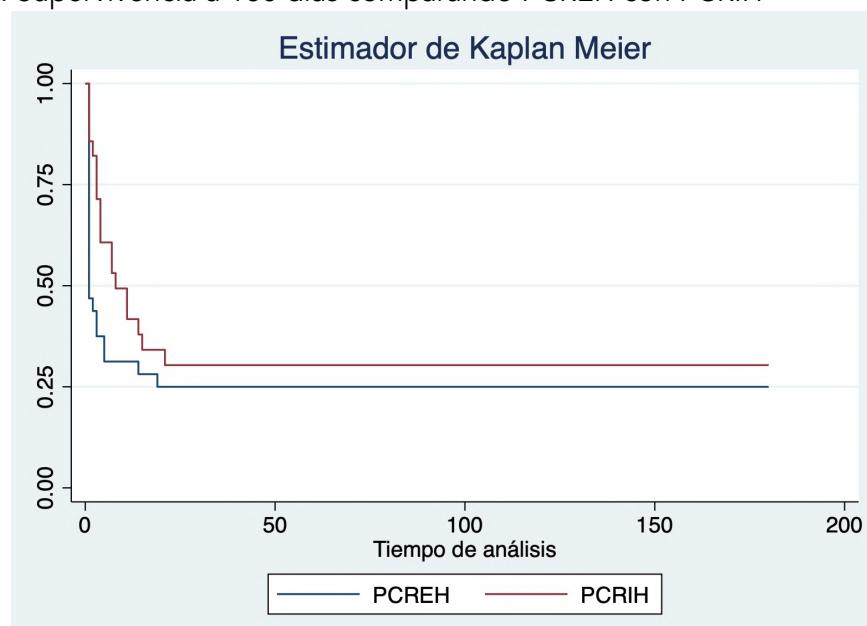
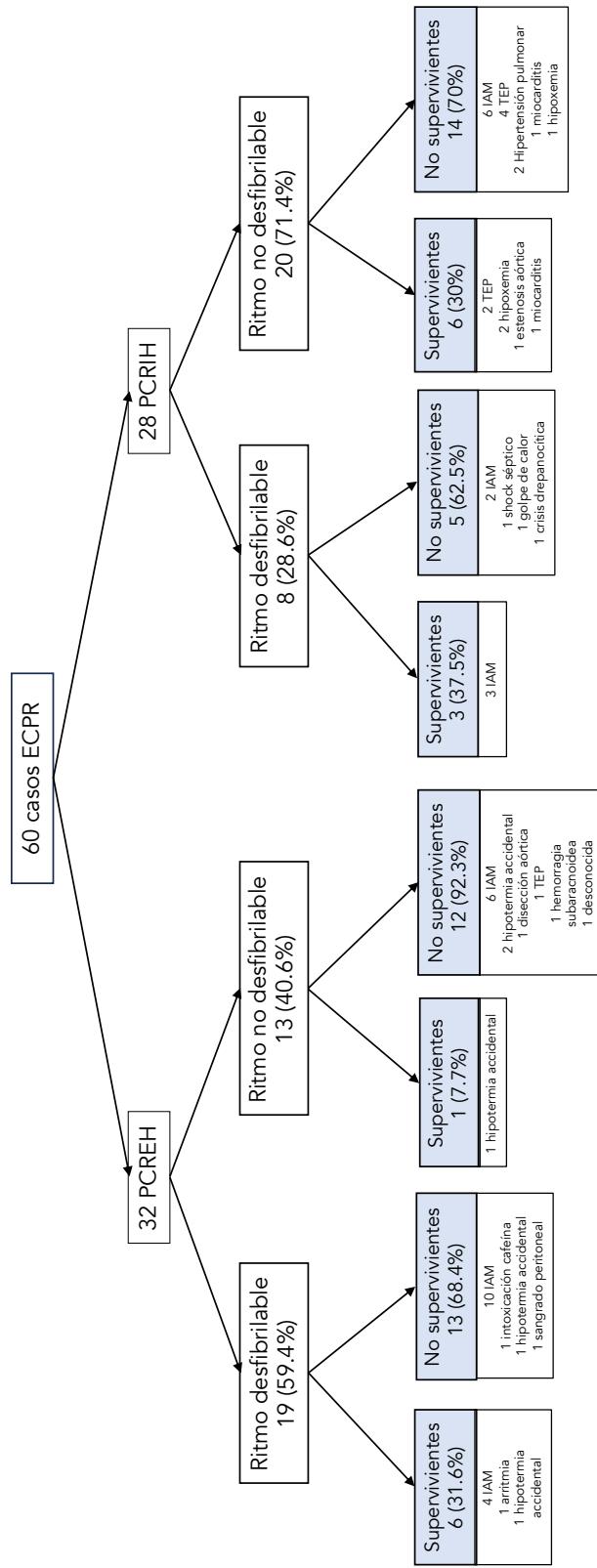


Figura 26: Etiologías y resultados de parada cardiorrespiratoria intra y extrahospitalaria en función del ritmo eléctrico inicial



5.4.1. Características de la parada cardiorrespiratoria extrahospitalaria

Treinta y dos pacientes sufrieron PCREH, de los cuales 7 (21,9%) sobrevivieron. No hubo diferencias relevantes entre las características clínicas demográficas de los enfermos. El resumen de las características demográficas y de comorbilidad se observa en la Tabla 32.

Tabla 32: Características de los supervivientes y no supervivientes con buen resultado neurológico a la PCREH

	PCREH (n=32)	Supervivi- entes (n =7)	No supervivientes (n = 25)	p	n
Sexo (varón)	24 (75)	5 (71.43)	19 (76)	0.805	32
Edad	55 (43-61)	43 (34-57)	55 (46-61)	0.15	28
IMC (kg/m ²)	26.7 (24.3- 30.3)	26.6 (24.2- 28.7)	27 (24.5-31.1)	0.381	28
Hipertensión	9 (30)	0 (0)	9 (39.1)	0.048	30
Fumador	15 (51.7)	3 (42.9)	12 (54.6)	0.590	29
Diabetes mellitus	6 (20)	0 (0)	6 (26.1)	0.131	30
Dislipemia	9 (30)	3 (42.9)	6 (26.1)	0.397	30
EPOC	2 (6.7)	0 (0)	2 (8.7)	0.419	30
Insuficiencia cardíaca congestiva	1 (3.3)	0 (0)	1 (4.4)	0.575	30
IAM previo	4 (13.3)	0 (0)	4 (17.4)	0.236	30
Portador de DAI	1 (3.3)	0 (0)	1 (4.3)	0.575	30
Inmunosupresión	3 (10)	0 (0)	3 (13)	0.314	30
Cáncer	1 (3.3)	0 (0)	1 (4.4)	0.575	30
Ictus	2 (6.7)	0 (0)	2 (8.7)	0.419	30
Vasculopatía	1 (3.3)	1 (14.3)	0 (0)	0.065	30

Respecto a las características de la PCR, solo hubo diferencia estadísticamente significativa en la mayor presencia de ritmo desfibrilable a la entrada en ECMO en el grupo de supervivientes (71.4 vs 20% p= 0.019).

Las características de la parada cardiorrespiratoria y los resultados pueden observarse en las tablas 33 y 34.

Tabla 33: Diferencias entre las características de la PCREH entre supervivientes y no supervivientes

	PCREH (n=32)	Supervivi- entes (n =7)	No supervivientes (n =25)	p	n
RCP por testigos	21 (65.6)	5 (71.4)	16 (64)	1	32
RCP presenciada por personal sanitario	13 (61.9)	3 (60)	10 (62.5)	1	21
Ritmo inicial					
• Desfibrilable	19 (59.4)	6 (85.7)	13 (52)	0.192	32
• AESP	8 (25)	0 (0)	8 (32)		
• Asistolia	5 (15.6)	1 (14.3)	4 (16)		
Ritmo desfibrilable a la entrada en ECMO	10 (31.3)	5 (71.4)	5 (20)	0.019	32
pH a la entrada en ECMO	6.9 (6.8- 6.9)	6.9 (6.8- 6.9)	6.8 (6.7-6.9)	0.25	26
Lactato a la entrada en ECMO	13.7 (4.3)	13.5 (10.8- 15.6)	15.7 (10.8 -18)	0.39	27
RCE intermitente	17 (53.1)	2 (28.6)	15 (60)	0.209	32
No flow (min)	0 (0-4)	0 (0-0)	0 (0-0)	0.238	32
Low flow (min)	69 (54.5- 85.5)	65 (45-66)	73 (57-86)	0.3049	32

Tiempo de canulación	12 (10-18)	13 (10-15)	12 (10-19)	0.753	27
Canulación fallida	0	0	0	-	32
Flujo de ECMO efectivo	31 (96.9)	7 (100)	24 (96)	1	32
RCE tras conseguir flujo de ECMO	31 (96.9)	28 (90.3)	25 (100)	0.111	56

La duración de la ventilación mecánica, ECMO e ingreso en UCI en los no supervivientes tuvo una mediana de 1 día (1 [1-4], 1 [1-2], 1 [1-3] respectivamente). En los supervivientes, la duración del soporte con ECMO fue de 2 (2-3) días, su estancia en UCI de 8 (6-12) días y la estancia hospitalaria de 13 (11-15) días.

Tabla 34: Supervivencia en PCREH

	PCREH (n=32)	Supervivientes	No supervivientes	p-valor	n
Duración de la VM	2 (1-5)	5 (4-6)	1 (1-4)	0.015	31
Duración de ECMO	1 (1-2.5)	2 (2-3)	1 (1-2)	0.018	32
Duración del ingreso en UCI	2 (1-8)	8 (6-12)	1 (1-3)	0.001	31
Duración del ingreso hospitalario	1.5 (1-11)	13 (11-15)	1 (1-3)	0.001	30

5.4.2. Características de la parada cardiorrespiratoria intrahospitalaria

Veintiocho pacientes sufrieron PCRIH, de los cuales 9 (32.1%) sobrevivieron. Hubo pocas diferencias entre las características clínicas demográficas de los enfermos, siendo solamente significativo un mayor número de antecedentes de cardiopatía isquémica e insuficiencia cardíaca previa, así como enfermedad oncológica en el grupo de los

supervivientes. El resumen de las características demográficas puede observarse en la tabla 35.

Tabla 35: Características de los supervivientes y no supervivientes con buen resultado neurológico a la PCRIH

	PCRIH (n=28)	Supervivi- entes (n =9)	No supervivientes (n =19)	p	n
Sexo (varón)	23 (82.1)	9 (100)	14 (73.7)	0.090	28
Edad	53 (42.5- 62.5)	51 (43-53)	55 (41-64)	0.376	28
IMC (kg/m ²)	28.9 (26- 32)	29 (28.7- 31.1)	28.8 (25-34.5)	0.664	28
Hipertensión	8 (28.6)	2 (22.2)	6 (31.6)	0.609	28
Fumador	14 (50)	3 (33.3)	11(57.9)	0.225	28
Diabetes mellitus	3 (10.7)	1 (11.1)	2 (10.5)	0.963	28
Dislipemia	12 (42.9)	3 (33.3)	9 (47.3)	0.483	28
EPOC	1 (3.6)	1 (11.1)	0 (0)	0.139	28
Insuficiencia cardíaca congestiva	2 (7.1)	2 (22.2)	0 (0)	0.033	28
IAM previo	2 (7.1)	2 (22.2)	0 (0)	0.033	28
Portador de DAI	1 (3.6)	1 (11.1)	0 (0)	0.139	28
Inmunosupresión	3 (10.7)	1 (11.1)	2 (10.5)	0.963	28
Cáncer	2 (7.1)	2 (22.2)	0 (0)	0.033	28
Ictus	1 (3.6)	0	1 (5.3)	0.483	28
Vasculopatía	1 (3.6)	0 (0)	1 (5.3)	0.483	28
Insuficiencia renal crónica	1 (3.6)	0	1 (5.3)	0.483	28

En cuanto a las características de la PCR, destaca que el ritmo cardiaco a la entrada en ECMO, a diferencia de en la PCREH, no está asociado con la supervivencia. Tampoco

hubo diferencias significativas en ninguna de las características de la PCR entre supervivientes y no supervivientes.

En la Tabla 36 y 37 pueden observarse las características y relacionadas con la parada cardiorrespiratoria y los resultados

Tabla 36: Diferencias entre las características de la PCRIH entre supervivientes y no supervivientes

	PCRIH (n=28)	Supervivi- entes (n =9)	No supervivientes (n =19)	p	n
RCP por testigos	27 (96.4)	9 (100)	18 (94.7)	1	28
RCP presenciada por personal sanitario	27 (100)	9 (100)	18 (94.7)	1	28
Ritmo inicial					
• Desfibrilable	8 (28.6)	3 (33.3)	5 (26.3)	0.748	28
• AESP	19 (67.9)	6 (67.9)	13 (68.4)		
• Asistolia	1 (3.6)	1 (3.6)	1 (5.3)		
Ritmo desfibrilable a la entrada en ECMO	4 (14.3)	3 (33.3)	1 (5.2)	0.084	28
pH a la entrada en ECMO	7 (6.9 - 7.1)	7.1 (6.9- 7.1)	7 (6.8-7.1)	0.610	20
Lactato a la entrada en ECMO	11 (5.7)	11.3 (8.3- 14.7)	10.5 (8-14.8)	0.8	21
RCE intermitente	10 (35.7)	4 (44.4)	6 (31.6)	0.677	28
No flow (min)	0 (0-0)	0 (0-0)	0 (0-0)	1	27
Low flow (min)	35 (26-48)	30 (29-35)	37 (24-53)	0.315	27
Tiempo de canulación	15 (13-20)	15 (11-20)	15 (15-20)	0.408	24
Canulación fallida	3 (10.7)	0	3 (15.8)	0.530	28
Flujo de ECMO efectivo	25 (89.3)	9 (100)	16 (84.2)	0.530	28
RCE tras conseguir flujo de ECMO	25 (100)	28 (90.3)	25 (100)	0.111	56

Como ya se observó en la Tablas 30 y 31, las estancias en PCRIH fueron mayores que en PCREH, tanto en los supervivientes como en los que no. En los supervivientes de PCRIH la duración del ECMO fue de 5 (3-8) días, la estancia en UCI de 15 (5-60) y la estancia hospitalaria de 43 (23-89) días.

Tabla 37: Supervivencia en PCRIH

	PCRIH (n=28)	Supervivientes (n=9)	No supervivientes (n=19)	p-valor	n
Duración de la VM	2 (1-5)	15 (5-25)	2 (1-7)	0.008	26
Duración de ECMO	1 (1- 2.5)	5 (3-8)	2 (1-4)	0.007	28
Duración del ingreso en UCI	2 (1-8)	15 (5-60)	4 (2-10)	0.008	27
Duración del ingreso hospitalario	1.5 (1- 11)	43 (23-89)	4 (3-11)	<0.001	27

5.5. Impacto del ritmo eléctrico en los resultados de supervivencia

5.5.1. Impacto del ritmo eléctrico en el global de la población

Del global de la población, 27 (45%) pacientes presentaron ritmo desfibrilable en la primera asistencia y 14 (23,3%) lo mantuvieron hasta la entrada en ECMO. Las características demográficas de los pacientes en función del ritmo inicial no mostraron diferencias entre superviviente y no supervivientes (Tabla 38).

Tabla 38: Características de los pacientes según ritmo eléctrico inicial

	Todos (n=60)	Desfibrilable (n=27)	No desfibrilable (n=33)	p	n
Sexo (varón)	47 (78.3)	23 (85.2)	24 (72.7)	0.244	60
Edad	54 (43-61)	52 (42-60)	55 (44-64)	0.246	60
IMC (kg/m ²)	28.1 (24.7- 31.2)	26.9 (24.2- 31.1)	28.7 (25.4- 31.6)	0.496	56
Hipertensión	17 (29.3)	5 (18.5)	12 (38.7)	0.092	58
Fumador	29 (50.9)	13 (50)	16 (51.6)	0.903	57
Diabetes mellitus	9 (15.5)	4 (14.8)	5 (16.3)	1.00	58
Dislipemia	21 (36.2)	11 (40.74)	10 (32.26)	0.588	58
EPOC	3 (5.2)	1 (3.7)	2 (6.45)	1.00	58
Insuficiencia cardíaca congestiva	3 (5.2)	0 (0)	3 (9.7)	0.240	58
IAM previo	6 (10.3)	2 (7.4)	4 (12.9)	0.675	58
Portador de DAI	2 (3.5)	1 (3.7)	1 (3.2)	0.921	58
Inmunosupresión	6 (10.3)	2 (7.41)	4 (12.9)	0.493	58
Cáncer	3 (5.2)	1 (3.7)	2 (6.45)	0.637	58
ictus	3 (5.2)	3 (11.1)	0 (0)	0.095	58
Vasculopatía	2 (3.5)	1 (3.7)	1 (3.2)	1.00	58
Insuficiencia renal crónica	1 (1.7)	0	1 (3.2)	1.00	58

Los ritmos desfibrilables tanto inicial como de entrada en ECMO fueron más frecuentes en la PCREH que en la intrahospitalaria y tendieron a cursar con valores de pH más bajos y niveles de lactato más altos en el momento de la canulación. Las características relacionadas con la PCR y las complicaciones en UCI del primer grupo se describen en las tablas 39 y 40, y las del segundo grupo en 41 y 42.

Tabla 39: Características de la parada cardíaca según ritmo inicial

	Todos (n=60)	Desfibrilable (n=27)	No desfibrilable (n=33)	p	n
RCP iniciada por testigos	48 (80)	23 (85.2)	25 (75.8)	0.364	60
Testigos son personal sanitario	40 (83.3)	17 (73.9)	23 (92)	0.093	48
Lugar PCR (PCREH)	32 (53.3)	19 (70.4)	13 (39.4)	0.017	60
pH antes de ECMO	6.9 (6.8-7)	6.9 (6.8-6.92)	7- (6.8-7.1)	0.040	46
Lactato antes de ECMO (mmol/L)	12.6 (5.1)	13.7 (4.9)	11.2 (5.1)	0.049	48
EtCO ₂ antes de ECMO (mmHg)	20 (18-25)	22 (10-35)	22 (15-30)	0.783	17
RCE intermitente	27 (45)	11 (40.7)	16 (48.5)	0.549	60
No flow (min)	0 (0-0)	0 (0-0)	0 (0-0)	0.689	59
Low flow (min)	53 (34-75)	66 (36-82)	47.5 (30-67.5)	0.115	59
Tiempo de canulación	15 (10-20)	15 (10-20)	15 (11-18.5)	0.961	51
Tiempo puerta-ECMO	20 (18-25)	19.5 (17-25)	20 (18-26)	0.838	25
Imposibilidad para canular	3 (5)	1 (3.7)	2 (6.1)	0.677	60
Flujo ECMO efectivo	56 (93.3)	26 (96.3)	30 (90.9)	0.598	60
RCE al conseguir flujo de ECMO	56 (100)	25 (96.2)	28 (93.3)	0.640	60

La supervivencia tras ECMO (44.4 vs 27.3%, p=0.165), al alta de UCI (37 vs 21.2%, p=0.176), y a los 180 días con buena situación neurológica (33.3 vs 21.2%, p=0.291), tuvo tendencia a ser mayor en los pacientes con ritmo inicial desfibrilable, pero no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos. Tampoco hubo diferencias en la proporción de muerte encefálica (22.2 vs 24.2%, p=0.854), ni en los pacientes que fueron donantes de órganos (14.8 vs 21.2%, p=0.621), (Tabla 40).

Tabla 40: Resultados según ritmo eléctrico inicial

	Todos (n=60)	Desfibrilable (n=27)	No desfibrilable (n=33)	p	n
Supervivencia al ECMO	21 (35)	12 (44.4)	9 (27.3)	0.165	60
Supervivencia a UCI	17 (28.3)	10 (37)	7 (21.2)	0.176	60
Supervivencia a 180 días	17 (28.3)	10 (37)	7 (21.2)	0.176	60
CPC 1-2 a 180 días	16 (26.7)	9 (33.3)	7 (21.2)	0.291	60
Muerte encefálica	14 (23.3)	6 (22.2)	8 (24.2)	0.854	60
Donante de órganos	11 (18.3)	4 (14.8)	7 (21.2)	0.621	49
Donación en asistolia	10 (16.7)	3 (11.1)	7 (21.2)	0.357	49

Si comparamos a los pacientes según el ritmo eléctrico de entrada en ECMO, los pacientes con ritmo desfibrilable a la canulación tuvieron valores de pH previo al ECMO más bajos (6.9 [6.8-6.9] vs 7 [6.8-7.1], p=0.04).

Tabla 41: Características de los pacientes según ritmo a la entrada en ECMO

	Todos (n=60)	Desfibrilable (n=14)	No desfibrilable (n=46)	p	n
Sexo (varón)	47 (78.3)	13 (92.9)	34 (73.9)	0.132	60
Edad	54 (43-61)	54 (43-60)	54 (43-61)	0.982	60
IMC (kg/m ²)	28.1 (24.7- 31.2)	26.6 (23.9- 29)	28.6 (25.4- 31.6)	0.199	56
Hipertensión	17 (29.3)	3 (21.4)	30 (78.6)	0.457	58
Fumador	29 (50.9)	8 (57.1)	21 (48.8)	0.589	57
Diabetes mellitus	9 (15.5)	3 (21.4)	6 (13.6)	0.673	58
Dislipemia	21 (36.2)	5 (35.7)	16 (36.36)	1.00	58
EPOC	3 (5.2)	1 (7.1)	2 (4.55)	1.00	58
Insuficiencia cardíaca congestiva	3 (5.2)	0 (0)	3 (6.8)	1.00	58
IAM previo	6 (10.3)	2 (14.3)	4 (9.1)	0.624	58

Portador de DAI	2 (3.5)	1 (7.1)	1 (2.3)	0.384	58
Inmunosupresión	6 (10.3)	0 (0)	6 (13.6)	0.145	58
Cáncer	3 (5.2)	0 (0)	3 (6.8)	0.316	58
Ictus	3 (5.2)	2 (14.3)	1 (2.3)	0.142	58
Vasculopatía	2 (3.5)	1 (7.1)	1 (2.3)	0.428	58
Insuficiencia renal crónica	1 (1.7)	0	1 (2.3)	1.00	58

Tabla 42: Características de la parada cardíaca según ritmo a la entrada en ECMO

	Todos	Desfibrilable (n=14)	No desfibrilable (n=46)	p	n
RCP iniciada por testigos	48 (80)	12 (85.7)	36 (78.3)	0.542	60
Testigos son personal sanitario	40 (83.3)	9 (75)	31 (86.1)	0.371	48
Lugar PCR (PCREH)	32 (53,8%)	10 (71,4%)	22 (47,8%)	0.121	60
pH antes de ECMO	6.9 (6.8-7.0)	6.9 (6.8-6.9)	7 (6.8-7.1)	0.04	46
Lactato antes de ECMO (mmol/L)	13 (9.9-16)	13.7 (11.7-17)	10.4 (6.7-14.8)	0.1	48
EtCO ₂ antes de ECMO (mmHg)	22 (15-30)	22 (10-35)	22 (15-30)	0.7	17
RCE intermitente	27 (45)	7 (50)	20 (43.5)	0.668	60
No flow (min)	0 (0-0)	0 (0-0)	0 (0-0)	0.161	59
Low flow (min)	53 (34-75)	65 (35-80)	52.5 (33-74)	0.631	59
Tiempo de canulación	15 (10-20)	15 (13.5-19.5)	14 (10-20)	0.262	51
Tiempo puerta-ECMO	20 (18-25)	20.5 (19.5-25.5)	18 (18-22)	0.229	25
Imposibilidad para canular	3 (5)	0 (0)	3 (6.5)	0.326	60
Flujo ECMO efectivo	56 (93.3)	14 (100)	42 (91.3)	0.521	60
RCE al conseguir flujo de ECMO	53 (94.6)	14 (100)	39 (92.9)	0.304	60

La supervivencia a los 180 días con buen resultado neurológico en los pacientes que se encontraban con ritmo desfibrilable al momento de la entrada en ECMO fue significativamente mayor que en aquellos en que el ritmo no era desfibrilable (57.1 vs 17.4%, p=0.003).

Tabla 43: Resultados según ritmo a la entrada en ECMO

	Todos	Desfibrilable (n=14)	No desfibrilable (n=46)	p	n
Supervivencia al ECMO	21 (35)	10 (71.4)	11 (23.9)	0.001	60
Supervivencia a UCI	17 (28.3)	9 (62.3)	8 (17.4)	0.001	60
Supervivencia a 180 días	17 (28.3)	9 (62.3)	8 (17.4)	0.001	60
CPC 1-2 a 180 días	16 (26.7)	8 (57.1)	8 (17.4)	0.003	60
Muerte encefálica	14 (23.3)	2 (14.3)	12 (26.1)	0.361	60
Donante de órganos	11 (18.3)	2 (14.3)	9 (19.6)	0.850	49
Donación en asistolia	10 (16.7)	1 (7.14)	9 (19.6)	0.554	49

Los pacientes con ritmo inicial desfibrilable presentaron una supervivencia con buen resultado neurológico a 180 días del 33,3% (9 casos en 27 pacientes) y esta supervivencia aumenta hasta el 57,1% (8 casos de 14 pacientes) para aquellos en que el ritmo desfibrilable se mantenía a la entrada en ECMO. Por el contrario, los pacientes con ritmo inicial no desfibrilable presentaron una supervivencia con buen resultado neurológico a 180 días del 21.2% (7 casos de 33), siendo del 17.4 (8 casos de 46) en los que el ritmo no desfibrilable estaba al entrar en ECMO. Solo hubo diferencias significativas en el ritmo de entrada en ECMO. En las figuras 27 y 28 se puede observar la supervivencia por ritmos iniciales y de entrada en ECMO.

Figura 27: Supervivencia global a 180 días según el ritmo eléctrico inicial

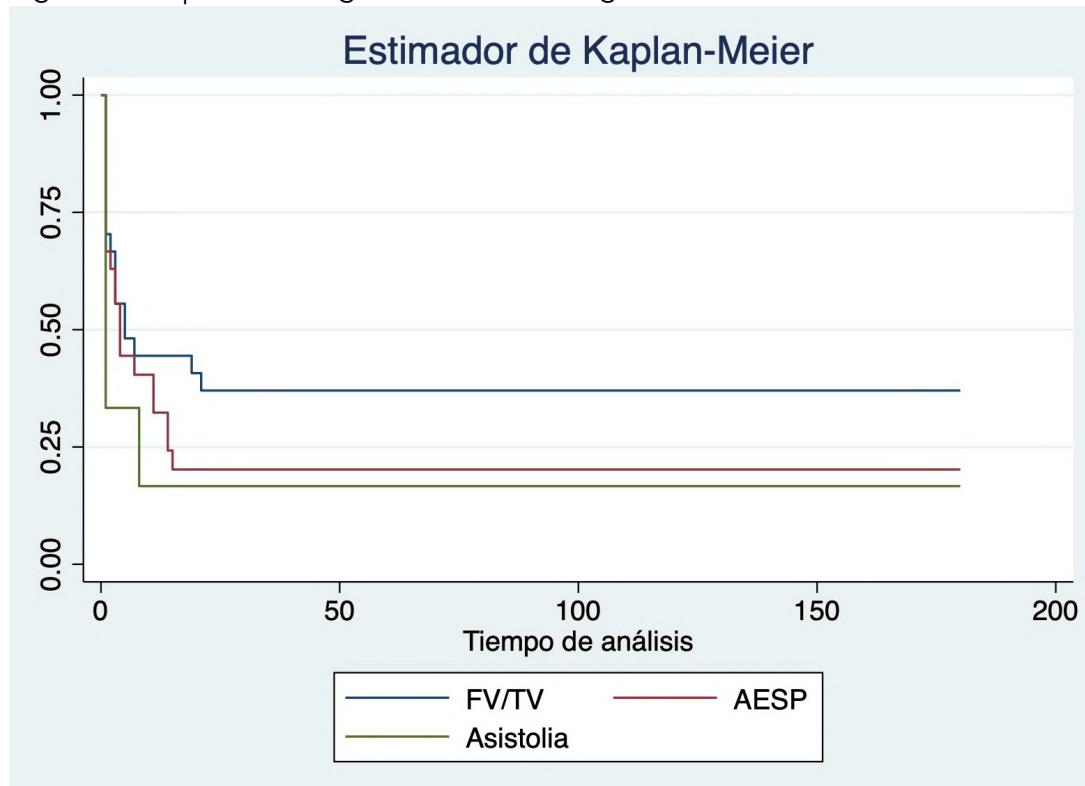
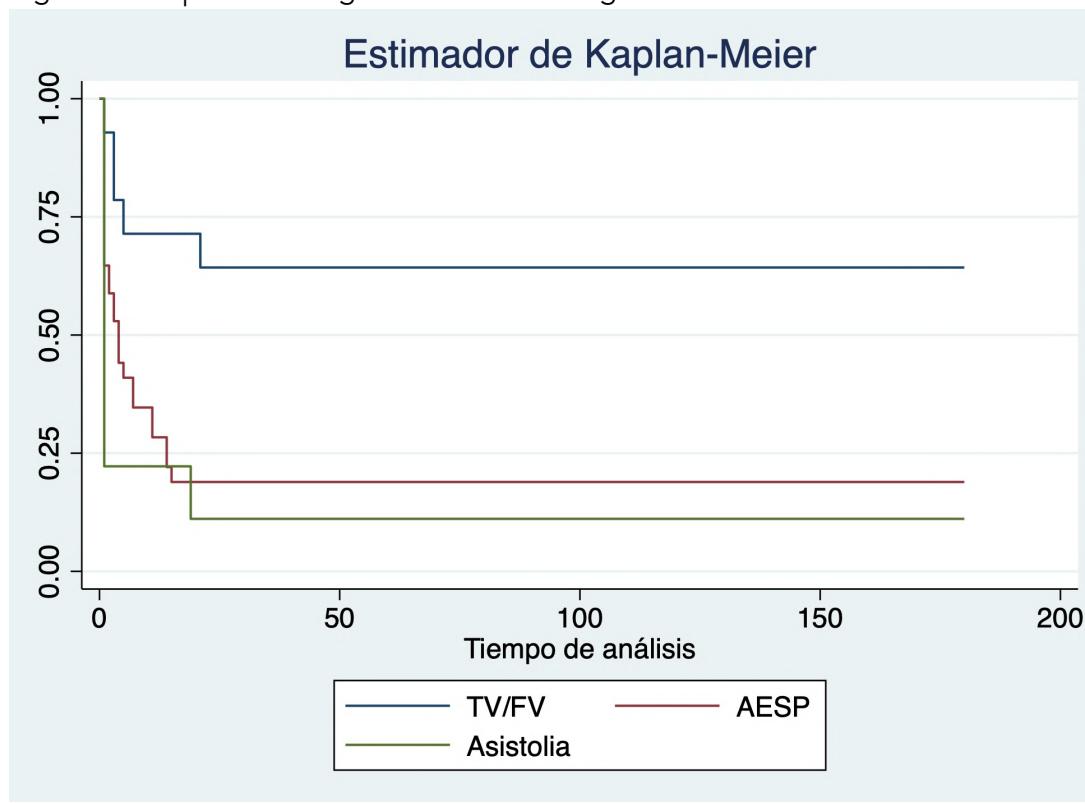


Figura 28: Supervivencia global a 180 días según ritmo de entrada en ECMO



Al analizar los pacientes según si el ritmo eléctrico se mantiene durante las maniobras de RCP entre el inicio de la PCR y la entrada en ECMO o cambia entre desfibrilable y no desfibrilable, observamos que hay pacientes con ritmo desfibrilable inicial en que este se mantiene hasta la entrada en ECMO (14 pacientes), pacientes con ritmo desfibrilable inicial que pasa a no desfibrilable (12 pacientes) y con ritmo no desfibrilable inicial y a la entrada (31 pacientes). No se observan diferencias significativas entre las características basales o de los tiempos de PCR entre las tres cohortes (Tablas 44 y 45), aunque tienden a ser más frecuentes en PCREH los desfibrilables, tanto ritmo inicial como inicial que pasa a no desfibrilable. Ningún paciente con ritmo inicial no desfibrilable presentó un ritmo desfibrilable a la entrada en ECMO.

Tabla 44: Características de los pacientes según si mantienen ritmo desfibrilable, no desfibrilable o pasan de desfibrilable a no desfibrilable

	Desfibrilable inicial y entrada (n=14)	Desfibrilable inicial, no DF entrada (n=12)	No desfibrilable	p	n
Sexo (varón)	13 (92.9)	9 (75)	22 (71)	0.278	57
Edad	54 (43-60)	49.5 (40-58.5)	44 (44-64)	0.901	56
IMC (kg/m ²)	26.6 (23.9 - 29)	28.4 (26.1 - 34.6)	28.7 (25.6-32)	0.815	52
Hipertensión	3 (21.4))	2 (16.7)	12 (41.4)	0.251	55
Fumador	8 (57.1)	5 (45.5)	16 (55.8)	0.872	54
Diabetes mellitus	3 (21.4)	1 (8.3)	5 (17.2)	0.798	55
Dislipemia	5 (35.7)	6 (50)	9 (31)	0.516	55
EPOC	1 (7.1)	0	2 (6.9)	0.642	55
Insuficiencia cardíaca congestiva	0	0	3 (10.3)	0.412	55
IAM previo	2 (14.3)	0	4 (14)	0.524	55

Inmunosupresión	0	2 (16.7)	4 (13.8)	0.331	55
Cáncer	0	1 (8.3)	2 (6.9)	0.783	55
Ictus	2 (14.3)	1 (8.3)	0	0.139	55
Vasculopatía	1 (7.1)	0	1 (3.5)	1	55
Insuficiencia renal crónica	0	0	1 (3.45)	1	55

Los pacientes con ritmo desfibrilable inicial que pasaron a no desfibrilable tienen tendencia a tener tiempos de PCR más prolongados y valores de lactato mayores, pero ninguno de estos parámetros tiene significación estadística.

Tabla 45: Características de la PCR entre los pacientes según si mantienen ritmo desfibrilable, no desfibrilable o pasan de desfibrilable a no desfibrilable

	Desfibrilable inicial y entrada (n=14)	Desfibrilable inicial, no DF entrada (n=12)	No desfibrilable	p	n
RCP iniciada por testigos	12 (85.7)	10 (83.3)	23 (74.2)	0.684	57
Lugar PCR (PCREH)	10 (71.4)	9 (75)	13 (41.9)	0.073	57
pH antes de ECMO	6.9 (6.8-6.9)	6.9 (6.8-6.9)	7 (6.8-7.1)	0.199	43
Lactato antes de ECMO (mmol/L)	12.7 (10.8-15.7)	16 (13-20)	11.3 (7.4-14.9)	0.910	44
RCE intermitente	7 (50)	4 (33.3)	16 (41.6)	0.546	57
No flow (min)	0 (0-0)	0 (0-2.5)	0 (0-0)	0.670	57
Low flow (min)	55 (35-75)	69.5 (42.4-83.5)	47 (30-70)	0.617	57
Tiempo de canulación	15 (12-20)	10 (9-20)	15 (11-18.5)	0.560	57
RCE al conseguir flujo de ECMO	14 (100)	11 (91.7)	38 (94.6)	0.780	56

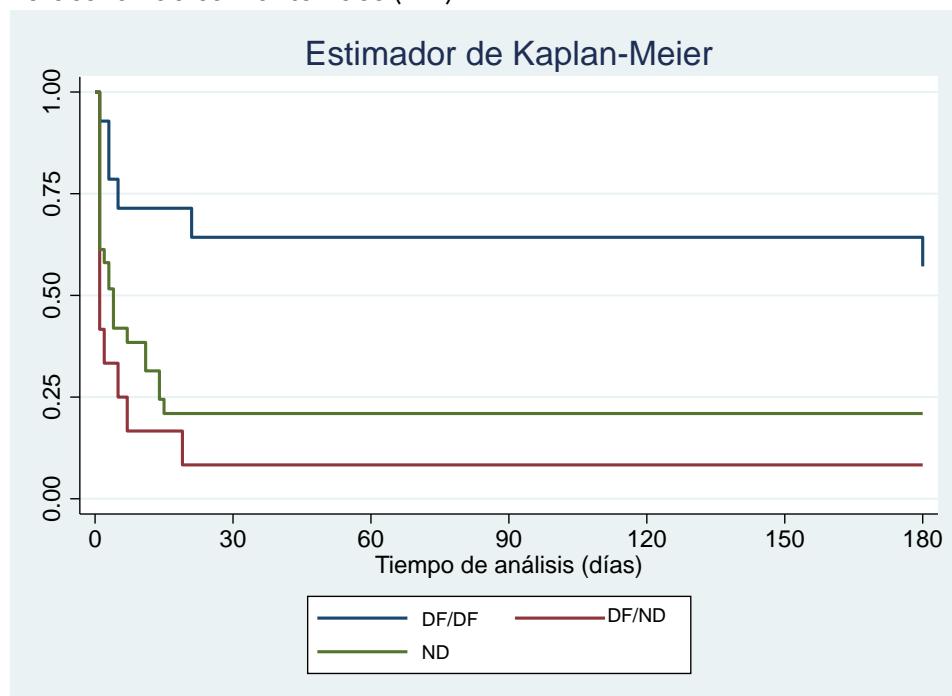
Destaca que pese al ritmo inicial desfibrilable, considerado de mejor pronóstico en la literatura, los pacientes que pierden el ritmo desfibrilable antes de su entrada en ECMO tienen una supervivencia similar o peor que los ritmos no desfibrilables iniciales ($p=0.013$). (Tabla 46 y figura 29).

Tabla 46: Número y porcentaje de pacientes con cada ritmo inicial y de entrada en ECMO que sobreviven con CPC 1-2 a 180 días

	Supervivientes N=16	No supervivientes N=41
Desfibrilable inicial y a la entrada en ECMO	8 (57.1)	6 (42.9)
Desfibrilable inicial, no desfibrilable a la entrada en ECMO	1 (8.3)	11 (91.7)
No desfibrilable	7 (22.6)	24 (77.4)

Nota: se toma sólo los 57 pacientes en los que se logró flujo de ECMO efectivo y por tanto tienen ritmo de entrada en ECMO.

Figura 29: Curvas de supervivencia comparando pacientes con ritmos desfibrilables iniciales que se mantienen hasta la entrada en ECMO (DF/DF), pacientes ritmos desfibrilables que lo pierden antes de la entrada en ECMO (DF/ND) y pacientes con ritmos no desfibrilables mantenidos (ND).



5.5.2. Impacto del ritmo eléctrico en la PCREH

Seis pacientes (31.56%) con PCREH y ritmo eléctrico inicial desfibrilable sobrevivieron con buena situación neurológica a 180 días. La supervivencia de los pacientes con ritmo inicial no desfibrilable fue de 1 paciente (7.69%), diferencia estadísticamente no significativa ($p= 0.108$). Tampoco se encontraron diferencias significativas con el resto de los resultados como la tasa de muerte encefálica o de donación de órganos. Los pacientes con ritmo inicial desfibrilable tenían menor prevalencia de hipertensión arterial (15.8 vs 54.5%, $p=0.026$), menor tiempo de no flow (0 [0-3] vs 3 [0-8] minutos, $p=0.028$) y mayor nivel de lactato (14.6 [13-18] vs 13 [6.7-15] mmol/L). No hubo diferencias en el resto de las características demográficas ni de la PCR.

Tabla 47: Características de los pacientes con PCREH según ritmo eléctrico inicial

	PCREH (n=32)	Desfibrilable (n=19)	No desfibrilable (n=13)	p	n
Sexo (varón)	24 (75)	16 (84.2)	8 (61.5%)	0.146	32
Edad	55 (43-61)	52 (42-61)	55 (49-61)	0.984	32
BMI	26.7 (24.3-30.3)	27.4 (24.2-31.1)	25.9 (24.5-28.5)	0.970	32
Hipertensión	9 (30)	3 (15.8)	6 (54.5)	0.026	30
Diabetes mellitus	6 (20)	4 (21.1)	2 (18.2)	0.850	30
Dislipemia	9 (30)	8 (42.1)	1 (9.1)	0.057	30
EPOC	2 (6.7)	1 (5.3)	1 (9.1)	0.685	30
IAM previo	4 (13.3)	2 (10.5)	2 (18.2)	0.552	30
Inmunosupresión	3 (10)	2 (10.5)	1 (9.1)	0.900	30
Cáncer	1 (3.3)	0	1 (8.3)	0.783	30

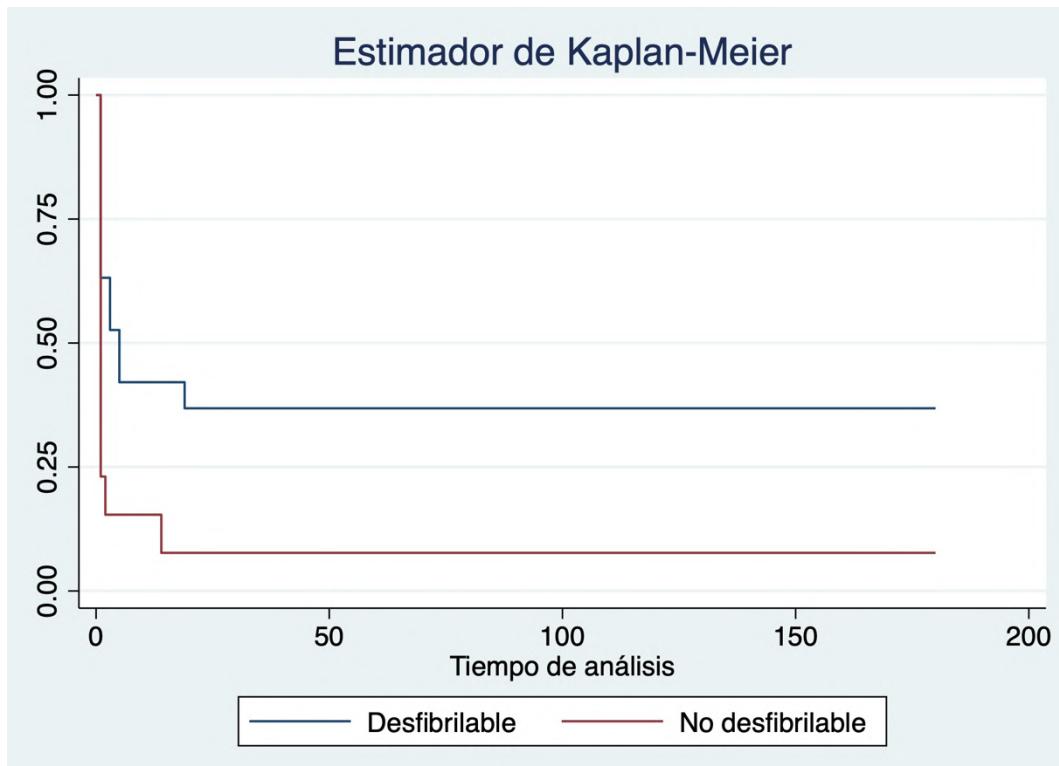
Tabla 48: Características de la PCREH según ritmo eléctrico inicial

	PCREH (n=32)	Desfibrilable (n=19)	No desfibrilable (n=13)	p	n
RCP iniciada por testigos	21 (65.6)	15 (78.9)	6 (46.2)	0.055	32
pH antes de ECMO	6.9 (6.8-6.9)	6.9 (6.8-6.9)	6.8 (6.8-7)	0.089	32
Lactato antes de ECMO (mmol/L)	13.7 (4.3)	14.6 (13-18)	13 (6.7-15)	0.028	27
RCE intermitente	17 (53.1)	9 (47.4)	8 (61.5)	0.430	32
No flow (min)	0 (0-4)	0 (0-3)	3 (0-8)	0.028	32
Low flow (min)	69 (54.5-85.5)	68 (49-85)	70 (57-120)	0.245	32
Tiempo de canulación	12 (10-18)	14 (9-20)	11.4 (10-15)	0.265	32

Tabla 49: Resultados de la PCREH según ritmo eléctrico inicial

	PCREH (n=32)	Desfibrilable (n=19)	No desfibrilable (n=13)	p	n
Supervivencia al ECMO	11 (34.4)	9 (47.37)	2 (15.38)	0.061	32
Supervivencia a UCI	8 (25)	7 (36.84)	1 (7.69)	0.061	32
Supervivencia a 180 días	7 (21.88)	6 (31.58)	1 (7.69)	0.108	32
CPC 1-2 a 180 días	7 (21.88)	6 (31.58)	1 (7.69)	0.108	32
Muerte encefálica	11 (34.38)	5 (26.32)	6 (46.15)	0.246	31
Donante de órganos	7 (21.88)	3 (15.79)	4 (30.77)	0.314	31
Donación en asistolia	6 (18.75)	2 (10.53)	4 (30.77)	0.150	31

Figura 30: Supervivencia a 180 días en PCREH según ritmo inicial de PCR



Al analizar la influencia del ritmo eléctrico a la entrada en ECMO en la supervivencia con buena situación neurológica a la PCREH encontramos que 5 pacientes (el 50%) con un ritmo desfibrilable a la entrada en ECMO sobrevivieron mientras que solo 2 de los no desfibrilables (el 9.09%) lo hicieron ($p=0.009$) (Tabla 52). Los pacientes con ritmo desfibrilable a la entrada en ECMO tuvieron un tiempo de canulación más largo que los de ritmo no desfibrilable (19 [15-26] vs 10.5 [9-15], $p=0.001$). No hubo diferencia en el resto de las características tanto demográficas como de la PCR (Tablas 50 y 51)

Tabla 50: Características de los pacientes con PCREH según ritmo eléctrico entrada en ECMO

	PCREH (n=32)	Desfibrilable (n=10)	No desfibrilable (n=22)	p	n
Sexo (varón)	24 (75)	9 (90.0%)	15 (68.2%)	0.186	32
Edad	55 (43-61)	56 (43-64)	55 (44-61)	0.622	32

BMI	26.7 (24.3-30.3)	26.7 (23.9 - 31.1)	26.9 (24.5-29.4)	0.709	32
Hipertensión	9 (30)	2 (20)	7 (35)	0.398	30
Diabetes mellitus	6 (20)	3 (30)	3 (15)	0.333	30
Dislipemia	9 (30)	5 (40)	5 (25)	0.398	30
EPOC	2 (6.7)	1 (10)	1 (5)	0.605	30
IAM previo	4 (13.3)	2 (20)	2 (10)	0.552	30
Inmunosupresión	3 (10)	0	3 (15)	0.900	30
Cáncer	1 (3.3)	0	1 (5)	0.783	30

Tabla 51: Características de la PCREH según ritmo eléctrico entrada en ECMO

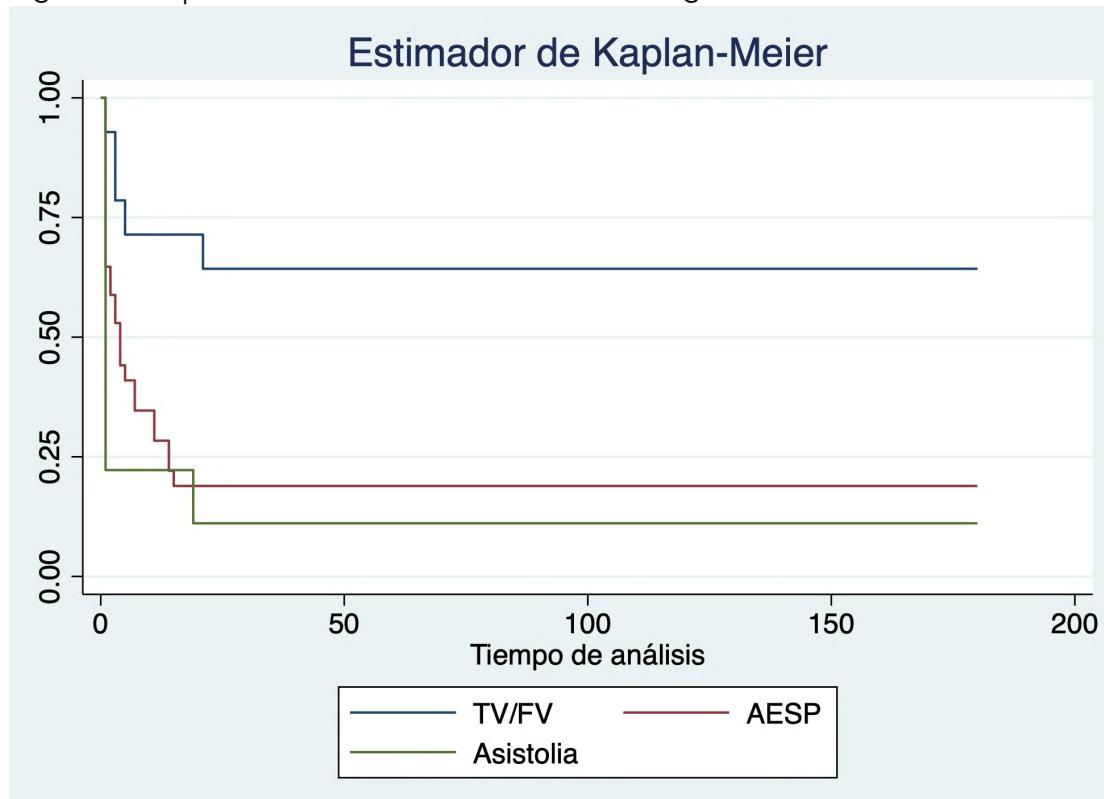
	PCREH (n=32)	Desfibrilable (n=10)	No desfibrilable (n=22)	p	n
RCP iniciada por testigos	21 (65.6)	8 (80)	13 (59.1)	0.248	32
pH antes de ECMO	6.9 (6.8-6.9)	6.9 (6.8-6.9)	6.8 (6.8-5.9)	0.208	32
Lactato antes de ECMO (mmol/L)	13.7 (4.3)	13.1 (10.8-15.7)	14.2 (13-16)	0.853	27
RCE intermitente	17 (53.1)	5 (50)	12 (54.5)	0.811	32
No flow (min)	0 (0-4)	0 (0-09)	0 (0-5)	0.276	32
Low flow (min)	69 (54.5-85.5)	66 (45-80)	70.5 (57-120)	0.162	32
Tiempo de canulación	12 (10-18)	19 (15-26)	10.5 (9-15)	0.001	32

Tabla 52: Resultados de la PCREH según ritmo eléctrico a la entrada en ECMO

	PCREH (n=32)	Desfibrilable (n=10)	No desfibrilable (n=22)	p	n
Supervivencia al ECMO	11 (34.4)	7 (70)	4 (18.18)	0.004	32
Supervivencia a UCI	8 (25)	6 (60)	2 (9.09)	0.002	32
Supervivencia a 180 días	8 (25)	6 (60)	2 (9.09)	0.002	32

CPC 1-2 a 180 días	7 (21.88)	5 (50)	2 (9.09)	0.009	32
Muerte encefálica	11 (34.38)	2 (20)	9 (40.91)	0.248	32
Donante de órganos	7 (21.88)	1 (10)	6 (27.27)	0.273	32
Donación en asistolia	6 (18.75)	0 (0)	6 (27.27)	0.067	32

Figura 31: Supervivencia de la PCREH a 180 días según ritmo de entrada en ECMO

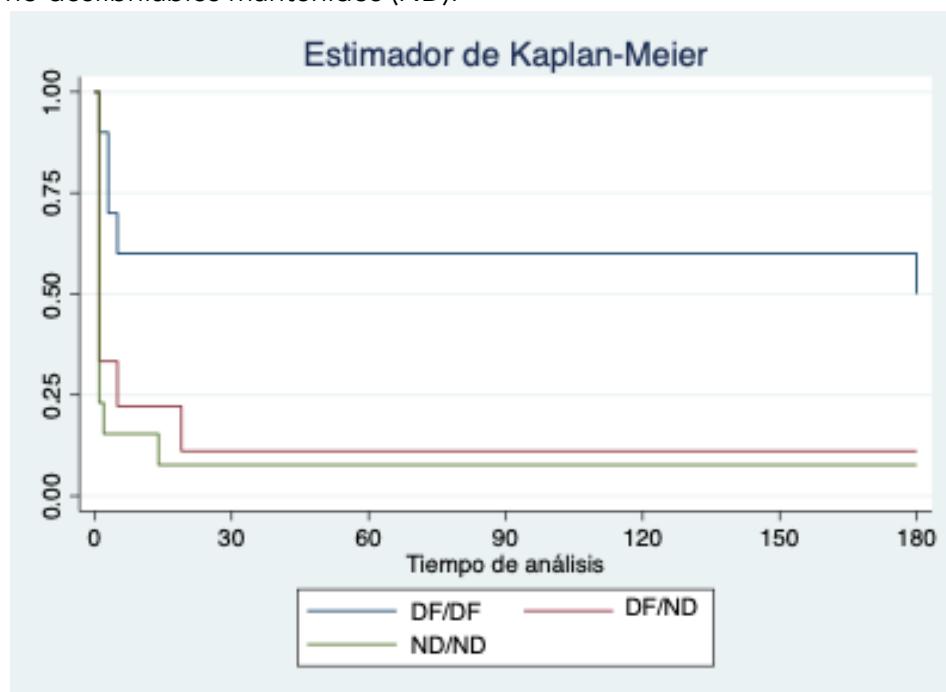


Al comparar los pacientes con ritmo desfibrilable inicial y a la entrada en ECMO y ritmo desfibrilable inicial que pasa a no desfibrilable a la entrada en ECMO de nuevo no se observan diferencias demográficas significativas ni entre las características de la parada cardiorrespiratoria (tabla 53). La supervivencia fue significativamente mayor en aquellos pacientes que se mantenían en ritmo desfibrilable respecto a los que tenían un ritmo desfibrilable inicial que pasa a no desfibrilable y los que tenían ritmo mantenido no desfibrilable (50 vs 11.1 vs 7.8%, p= 0.034).

Tabla 53: Comparación de las características de la PCREH entre ritmo inicialmente desfibrilable que pasa a no desfibrilable y ritmos tanto desfibrilables como no desfibrilables mantenidos

	Desfibrilable inicial y entrada (n=10)	Desfibrilable inicial, no DF entrada (n=9)	No desfibrilable (n=13)	p	n
RCP iniciada por testigos	8 (80)	7 (77.8)	6 (46.1)	0.21	32
pH antes de ECMO	6.9 (6.8-6.9)	6.9 (6.8-6.9)	6.9 (6.8-6.9)	0.345	26
Lactato antes de ECMO (mmol/L)	13.1 (10.8-15.7)	15.8 (13.5-19.1)	13 (6.7-15)	0.632	27
RCE intermitente	5 (50)	4 (44.4)	8 (61.5)	0.711	32
No flow (min)	0(0-0)	0 (0-5)	3 (0-8)	0.719	31
Low flow (min)	66 (45-80)	71 (61-85)	70 (57-120)	0.485	31
CPC 1 180 días	5 (50)	1 (11.1)	1 (7.8)	0.034	32

Figura 32: Curvas de supervivencia comparando PCREH en con ritmos desfibrilables iniciales que se mantienen hasta la entrada en ECMO (DF/DF), pacientes ritmos desfibrilables que lo pierden antes de la entrada en ECMO (DF/ND) y pacientes con ritmos no desfibrilables mantenidos (ND).



5.5.3. Impacto del ritmo eléctrico en la PCRIH

Tres pacientes (37.5%) con PCRIH y ritmo eléctrico inicial desfibrilable y seis (30%) con ritmo inicial no desfibrilable sobrevivieron con buena situación neurológica a los 180 días ($p=0.701$). Tampoco se encontraron diferencias significativas con el resto de los resultados como la tasa de muerte encefálica o de donación de órganos, ni en las características demográficas y de la PCR (Tablas 54, 55 y 56).

Tabla 54: Características de los pacientes con PCRIH según ritmo eléctrico inicial

	PCRIH (n=28)	Desfibrilable inicial (n=8)	No desfibrilable inicial (n=20)	p	n
Sexo (varón)	23 (82.1)	7 (87.5)	16 (80)	0.640	28
Edad	53 (42.5- 62.5)	50.5 (39-54)	54 (43-64)	0.133	28
BMI	28.9 (26-32)	26.4 (25.1- 31.8)	29 (26.6-32)	0.560	28
Hipertensión	8 (28.6)	2 (25)	6 (30)	0.791	28
Diabetes mellitus	3 (10.7)	0	3 (15)	0.246	28
Dislipemia	12 (42.9)	3 (37.6)	9 (45)	0.717	28
EPOC	1 (3.6)	0	1 (5)	0.520	28
IAM previo	2 (7.1)	0	2 (10)	0.353	28
Inmunosupresión	3 (10.7)	0	3 (15)	0.246	28
Cáncer	2 (7.1)	0	2 (10)	0.353	28

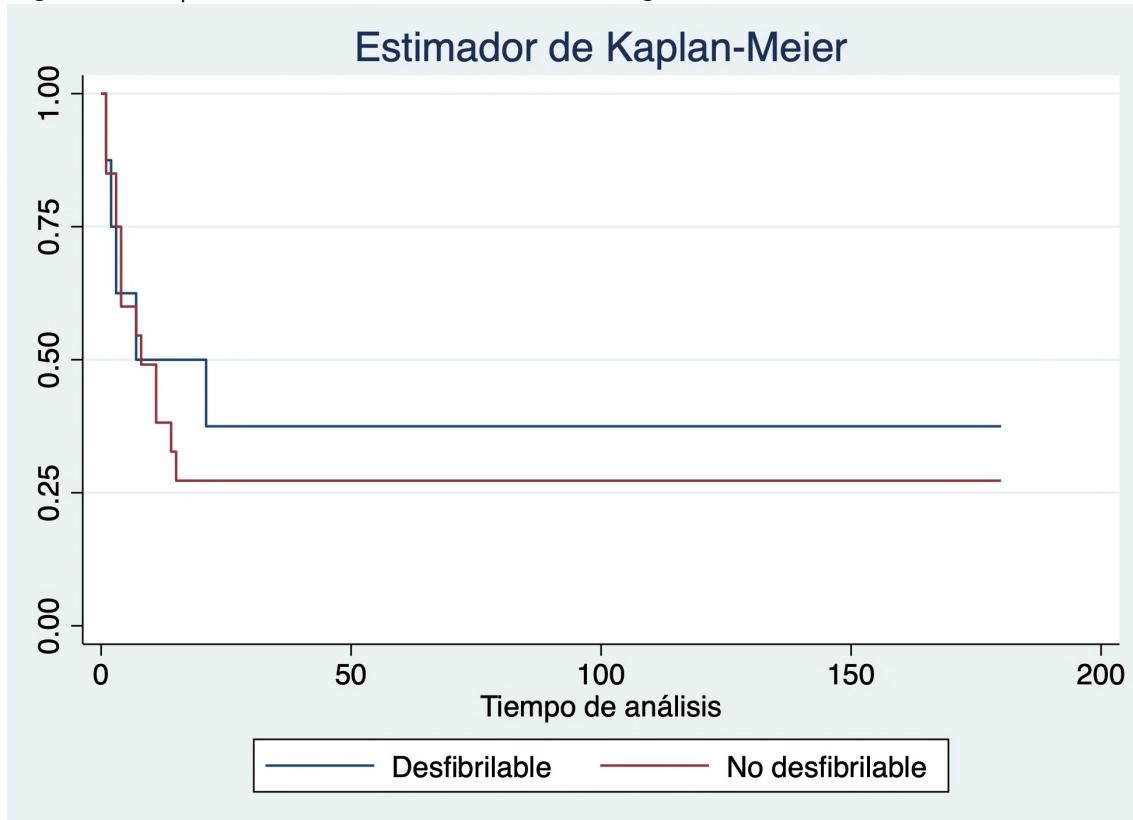
Tabla 55: Características de la PCRIH según ritmo eléctrico inicial

	PCRIH (n=28)	Desfibrilable (n=8)	No desfibrilable (n=20)	p	n
RCP iniciada por testigos	27 (96.4)	8 (100)	19 (95)	0.520	28
pH antes de ECMO	7 (6.9 - 7.1)	6.9 (6.8-7.1)	7.1 (7-7.2)	0.198	28
Lactato antes de ECMO (mmol/L)	11 (5.7)	12.2 (6.5-16.5)	10.1 (8-13.4)	0.875	28
RCE intermitente	10 (35.7)	2 (25)	8 (40)	0.875	28
No flow (min)	0 (0-0)	0 (0-0)	0 (0-0)	--	28
Low flow (min)	35 (26-48)	35 (30.5-55.5)	34 (24-48)	0.875	28
Tiempo de canulación	15 (13-20)	15 (10-20)	15 (14-20)	0.978	28

Tabla 56: Resultados de la PCRIH según ritmo eléctrico inicial

	PCRIH (n=28)	Desfibrilable (n=8)	No desfibrilable (n=20)	p	n
Supervivencia al ECMO	10 (35.7)	3 (37.5)	7 (35)	0.901	28
Supervivencia a UCI	9 (32.1)	3 (37.5)	6 (30)	0.701	28
Supervivencia a 180 días	9 (32.1)	3 (37.5)	6 (30)	0.701	28
CPC 1-2 a 180 días	9 (32.1)	3 (37.5)	6 (30)	0.701	28
Muerte encefálica	3 (10.7)	1 (12.5)	2 (10)	0.847	28
Donante de órganos	4 (14.3)	1 (12.5)	3 (15)	0.864	28
Donación en asistolia	4 (14.3)	1 (12.5)	3 (15)	0.864	31

Figura 33: Supervivencia a 180 días en PCRIH según ritmo inicial.



Al analizar el ritmo eléctrico a la entrada en ECMO en PCRIH, no se encontraron diferencias demográficas ni de las características de la PCR entre las cohortes (Tablas 57 y 58).

La presencia del ritmo desfibrilable se asoció también a mayor supervivencia a UCI y a 180 días con buena situación neurológica al sobrevivir 3 pacientes de 4 (75%) con ritmo desfibrilable y 6 de 24 (25%) en los no desfibrilables ($p=0.047$). La supervivencia en los ritmos no desfibrilables a entrada en ECMO fue la mayor (25%) de nuestra cohorte de pacientes (Tabla 59).

Tabla 57: Características de los pacientes con PCRIH según ritmo eléctrico entrada en ECMO

	PCRIH (n=28)	Desfibrilable inicial (n=4)	No desfibrilable inicial (n=24)	p	n
Sexo (varón)	23 (82.1)	4 (100)	19 (79.2)	0.314	28
Edad	53 (42.5-62.5)	53.5 (47.5- 54)	52 (42-64)	0.900	28
BMI	28.9 (26-32)	26.4 (22.1- 27.8)	29.0 (25.0- 33.4)	0.147	28
Hipertensión	8 (28.6)	1 (25)	7 (29.2)	0.864	28
Diabetes mellitus	3 (10.7)	0 (0)	3 (12.5)	0.454	28
Dislipemia	12 (42.9)	1 (24)	11 (45.8)	0.436	28
EPOC	1 (3.6)	0	1 (4.2)	0.678	28
IAM previo	2 (7.1)	0	2 (8.3)	0.549	28
Inmunosupresión	3 (10.7)	0	3 (15)	0.900	28
Cáncer	2 (7.1)	0	2 (8.3)	0.549	28

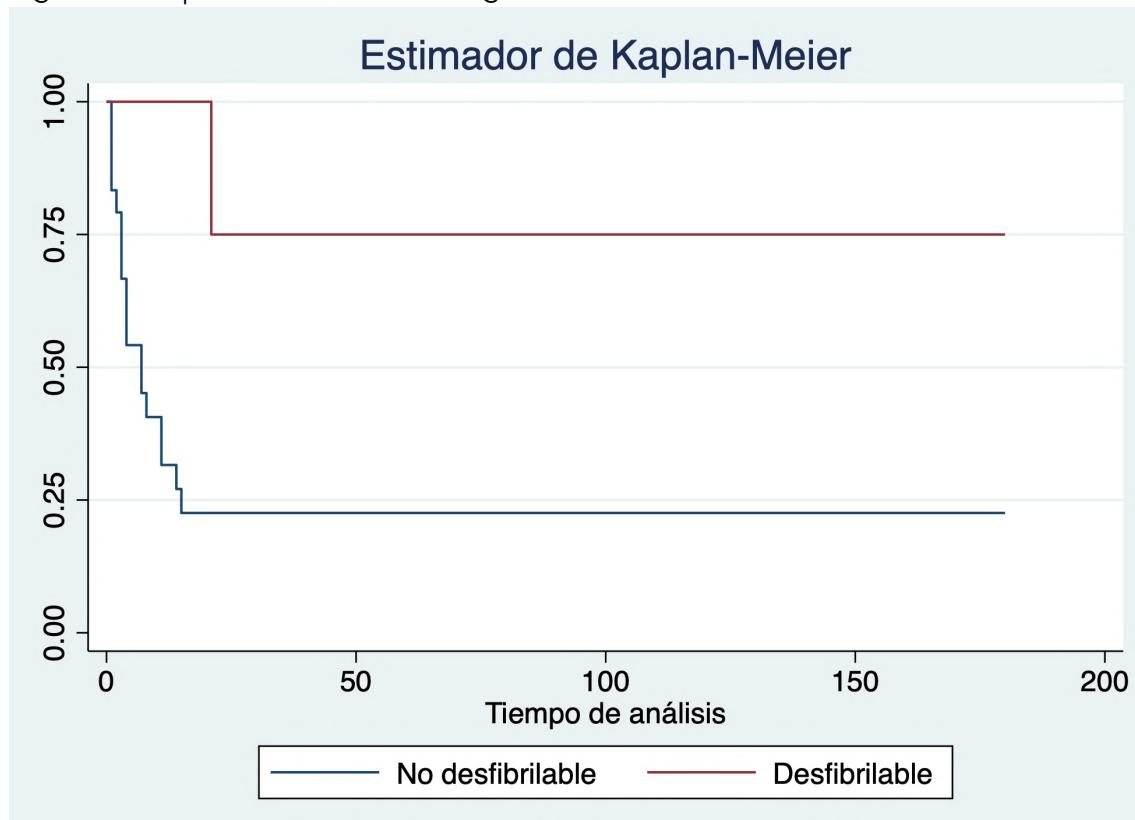
Tabla 58: Características de la PCRIH según ritmo eléctrico entrada en ECMO

	PCRIH (n=28)	Desfibrilable (n=4)	No desfibrilable (n=24)	p	n
RCP iniciada por testigos	27 (96.4)	4 (100)	23 (95.8)	0.678	28
pH antes de ECMO	7 (6.9 - 7.1)	7.1 (7-7.2)	7 (6.9-7.1)	0.566	28
Lactato antes de ECMO (mmol/L)	10.1 (6.5- 14.8)	12.2 (10.9- 14.7)	10.5 (8-14.8)	0.504	28
RCE intermitente	10 (35.7)	2 (50)	8 (33.3)	0.520	28
No flow (min)	0 (0-0)	0 (0-0)	0 (0-0)	-	28
Low flow (min)	35 (26-48)	30 (24.5-33.5)	36 (26-53)	0.251	28
Tiempo de canulación	15 (13-20)	12.4 (9.5-15)	16.5 (14-20)	0.091	28

Tabla 59: Resultados de la PCRIH según el ritmo de entrada en ECMO

	Todos	Desfibrilable (n=4)	No desfibrilable (n=24)	p	n
Supervivencia al ECMO	10 (35.7)	3 (75)	7 (29.2)	0.077	28
Supervivencia a UCI	9 (32.1)	3 (75)	6 (25)	0.047	28
Supervivencia a 180 días	9 (32.1)	3 (75)	6 (25)	0.047	28
CPC 1-2 a 180 días	9 (32.1)	3 (75)	6 (25)	0.047	28
Muerte encefálica	3 (10.7)	0 (0)	3 (12.5)	0.454	28
Donante de órganos	4 (14.3)	1 (25)	3 (12.5)	0.508	28
Donación en asistolia	4 (14.3)	1 (25)	3 (12.5)	0.508	28

Figura 34: Supervivencia a PCRIH según ritmo de entrada en ECMO

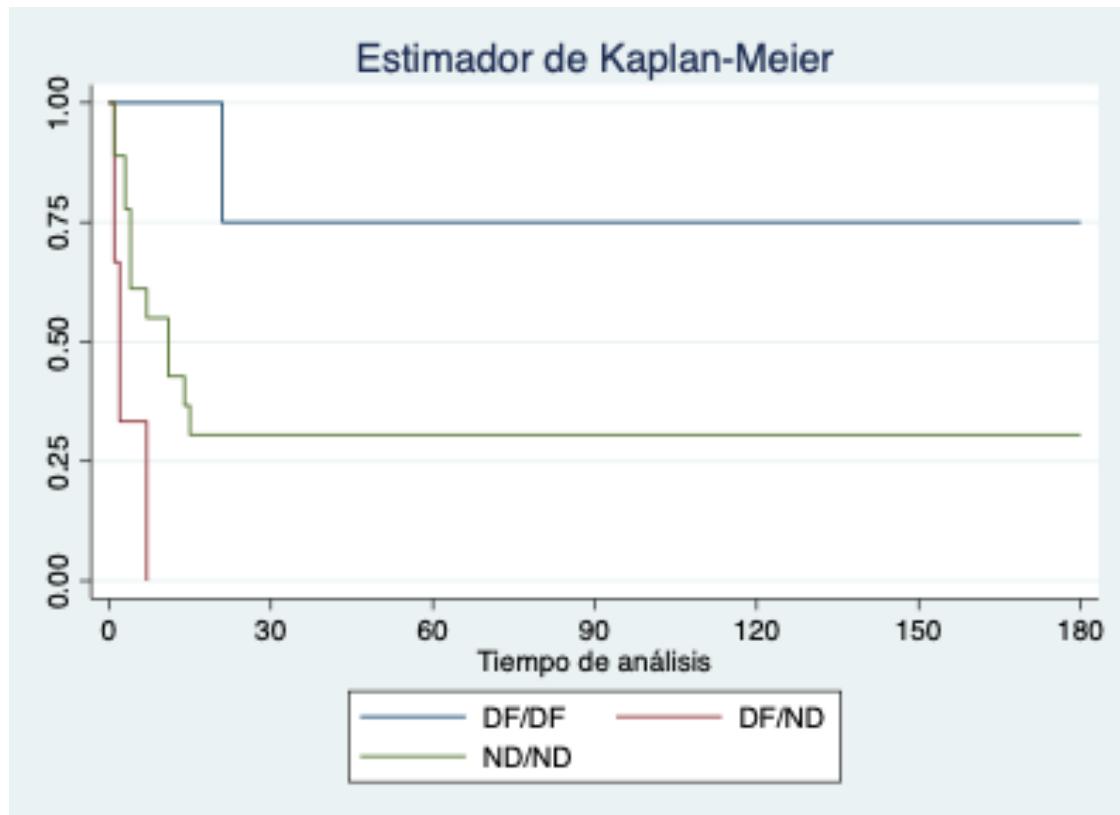


Cuando analizamos los pacientes con ritmo desfibrilable inicial y a la entrada en ECMO con aquellos con ritmo desfibrilable inicial que pasa a no desfibrilable y los que siempre tuvieron ritmo no desfibrilable observamos de nuevo una supervivencia muy baja en los pacientes que cambiaron de ritmo. En este caso las diferencias en la supervivencia no fueron significativas estadísticamente. No se observaron diferencias demográficas significativas ni entre las características de la parada cardiorrespiratoria entre los grupos (tabla 60).

Tabla 60: Comparación de las características de la PCRIH entre ritmo inicialmente desfibrilable que pasa a no desfibrilable y ritmos tanto desfibrilables como no desfibrilables iniciales

	Desfibrilable inicial y entrada (n=4)	Desfibrilable inicial, no DF entrada (n=3)	No desfibrilable (n=18)	p	n
RCP iniciada por testigos	4 (100)	3 (100)	17 (94.4)	1	25
pH antes de ECMO	7.1 (7-7.2)	6.9 (6.6-5.9)	7 (7-7.2)	0.449	20
Lactato antes de ECMO (mmol/L)	12.2 (10.9 - 14.7)	16 (3.1-20)	10.5 (8-14.8)	0.446	21
RCE intermitente	2 (50)	0	8 (44.4)	0.314	25
No flow (min)	0 (0-0)	0 (0-0)	0 (0-0)	1	24
Low flow (min)	30.5 (24.5-33.5)	36 (24-47)	33 (24 -47)	0.712	24
CPC 1 180 días	3 (75)	0	6 (33.3)	0.112	25

Figura 35: Curvas de supervivencia comparando PCRIH en con ritmos desfibrilables iniciales que se mantienen hasta la entrada en ECMO (DF/DF), pacientes ritmos desfibrilables que lo pierden antes de la entrada en ECMO (DF/ND) y pacientes con ritmos no desfibrilables iniciales (ND).



5.6. Impacto de criterios de selección estrictos en los resultados

Si analizamos nuestra cohorte y valoramos qué hubiera pasado si el programa se hubiera iniciado con unos criterios de selección más estrictos (inclusión solo si ritmo eléctrico inicial desfibrilable y posibilidad de estar en ECMO dentro de los 60 minutos de PCR) observamos que una amplia mayoría de los pacientes que recibieron ECPR en nuestra serie hubiera quedado excluida. Únicamente 11 (18,3%) de los pacientes canulados cumplirían las indicaciones estrictas de canulación.

La supervivencia con buena situación neurológica a 180 días de los pacientes con criterios estrictos fue del 45.5% (5 pacientes de 11) en lugar del 26.7% (16 de 60) de la serie completa. Pese al incremento en la supervivencia, la selección estricta hubiera

dejado fuera de indicación a 11 pacientes que sobrevivieron, lo que supone la exclusión del 68.8% de los supervivientes.

En relación con la donación de órganos, el 90.9% (10 pacientes) de los que fueron donantes quedaría excluido (Tabla 61).

Tabla 61: Comparación de las cohortes de pacientes con criterios estrictos y no estrictos

	Total (n = 60)	Criterios no estrictos (n = 49)	Criterios estrictos (n = 11)	p-valor
Edad	54 (43-61)	55 (43-64)	52 (42-54)	0.408
Sexo (Varón)	47 (78.3)	38 (77.6)	9 (81.8)	0.756
RCP Testigos	48 (80%)	37 (75.5)	11 (100)	0.067
No flow (min)	0 (0-0)	0 (0-0)	0 (0-0)	0.520
Low flow (min)	53 (34-75)	63 (39-79)	35 (29-45)	0.013
Lactato	13 (9.9-16)	13.1 (8.6-16)	12.7 (10.8-15-7)	0.930
Duración ECMO	2 (1-4)	2 (1-4)	2 (1-2)	0.298
Estancia Hospital	4 (1-14)	4 (1-14)	11(1-21)	0.381
Donante de órganos	11 (18.3)	10 (27)	1 (16.7)	0.590
CPC 1 a 180 días	16 (26.7)	11 (22.5)	5 (45.5)	0.143

6

DISCUSIÓN

6.1. Hipótesis de la tesis doctoral.

Este estudio representa la primera experiencia en España de la implementación de un programa de ECPR global para dar atención a la PCR refractaria tanto intra como extrahospitalaria en un hospital terciario. En él se muestra como un modelo de asistencia multidisciplinar liderado por intensivistas y enfermeras de UCI *ECMO specialist* permite dar asistencia a todo paciente que requiera ECPR independientemente de la etiología, hora, día o lugar de ubicación del enfermo, permitiendo obtener resultados de supervivencia equiparables a los de otros estudios internacionales (84,85,92,93,95,104,105).

La implementación de nuestro programa de ECPR ha permitido conseguir una supervivencia global con buena situación neurológica (CPC 1-2) a 180 días del 26.7%, siendo esta del 21.9% en PCREH y del 32.1% en PCRIH. Si analizamos por ritmo, en pacientes con ritmo inicial desfibrilable la supervivencia global ha sido del 33.3%, siendo del 31.58% en PCREH y del 37.5% en PCRIH. Teniendo en cuenta el ritmo de entrada en ECMO, los pacientes con ritmo de entrada desfibrilable tuvieron una supervivencia global del 57.1%, siendo del 50% en PCREH y del 75% en PCRIH. El hallazgo de la importancia de esta variable es novedoso ya que los estudios no aportan datos sobre este ritmo que se monitoriza justo antes de que el paciente entre en ECMO.

A nivel global, el uso de ECMO en PCR refractaria va en aumento (66), circunstancia que se refleja también en nuestra serie con el incremento año tras año, excepto en el año 2020 que coincide con las primeras olas de la pandemia de COVID19. A nivel práctico, cabe destacar que la mayoría de las PCR que requirieron ECMO ocurrieron fuera del horario laboral (70% de ellas), sin diferencias en la supervivencia con buena situación neurológica a 180 días entre estas y las que ocurrieron en días laborables por las mañanas. Esto contrasta con lo descrito en publicaciones como la de Dirk Lunz et al de Regensburg, Alemania, donde los pacientes recibieron ECPR con más frecuencia

entre semana y durante el día. Además, los casos de ECPR realizados en fines de semana presentaron peor supervivencia a largo plazo (214). Este mismo efecto de los festivos en la mortalidad, conocido como “*the weekend effect*”, se ha descrito también en pacientes con PCR tanto intra como extrahospitalaria (215) o en pacientes con shock cardiogénico (216). Pese a que la mejor forma de ofrecer y organizar un equipo de ECPR no está todavía demostrada, estos datos ponen de manifiesto la necesidad de organizar equipos que puedan ofrecer este soporte 24/7 y nuestro estudio evidencia un modelo factible con personal capaz de realizar este procedimiento en presencia física que permite dar esta respuesta de forma satisfactoria.

Son escasas las publicaciones que se basen en la descripción de la implementación de un programa para la asistencia a la PCR refractaria similar a nuestro modelo. En el año 2015, Stub y colaboradores publicaron la experiencia en Melbourne, Australia, de un programa de atención a la PCR refractaria que incluía un protocolo de tratamiento con hipotermia, ECMO y coronariografía precoz, el estudio CHEER (84). En este estudio, con un modelo similar al implementado en nuestro centro, los pacientes que cumplían criterios eran canulados por intensivistas en urgencias al ser trasladados por los servicios de emergencias o *in situ* en caso de PCRIH. En él, se incluyeron 26 pacientes (15 PCRIH y 11 PCREH), predominantemente con ritmos desfibrilables (73%) con una supervivencia con buena situación neurológica del 54%. Estos pacientes mostraron un tiempo de low flow de 56 (IC 95% 40-85) minutos, pero los supervivientes tuvieron tiempos menores (40 [IC 95% 27-57] minutos). 5 años más tarde replican su estudio y modelo en Sidney, con el estudio 2CHEER (85) en el que se incluyeron 25 pacientes (14 PCRIH y 11 PCREH). La mayoría (72%) tuvieron ritmo inicial desfibrilable y los tiempos de low flow fueron de 57 (38-73) minutos, siendo de 41 (33-58) minutos en los supervivientes. La supervivencia con buena situación neurológica en este segundo estudio australiano fue del 44%. Ambos estudios, que incluyen tanto PCREH como PCRIH igual que nuestra serie, muestran una supervivencia superior a la de nuestro estudio, con tiempos de no flow globales y en supervivientes similares a nuestra serie (53 [34-75] minutos y 45 [30-66]

minutos respectivamente). Estas diferencias en supervivencia podrían atribuirse al perfil de los pacientes, que en ambos estudios son en una mayoría más amplia PCRIH respecto al nuestro (57.7 vs 56 vs 46,7%), con un porcentaje mucho mayor de ritmo desfibrilable inicial (73 vs 72 vs 45%) y con una selección mayor, ya que son estudios realizados en centros que ya contaban con programa y experiencia en ECPR y que implementaron un protocolo para mejorar sus resultados. Además el estudio CHEER (84) incluyó en el grupo de supervivientes de PCREH a dos pacientes que obtuvieron RCE sin requerir ECMO, lo que magnifica los resultados positivos ya que estos pacientes tienen mayor supervivencia (93). Si no los tuviéramos en cuenta, la supervivencia del CHEER sería del 33,3% en PCREH y del 60% en PCRIH, resultados muy buenos, pero con una diferencia en relación a nuestros resultados que ya podría quedar justificada por la mayor selección y ritmo eléctrico desfibrilable de los pacientes.

Existe otro estudio observacional de un modelo parecido sobre la implementación de un programa de ECPR, tanto para PCRIH como PCREH en este caso en Porto, Portugal, y publicado por Roncon-Albuquerque Jr et al en 2018 (86). En él, el protocolo incluía la canulación de los pacientes en Urgencias por parte de intensivistas e iba ligado a un protocolo de DANC para los pacientes en los que se contraindicara ECPR y se indicara la donación. Se incluyeron 18 pacientes, el 72% con PCRIH y un 50% con ritmo inicial desfibrilable. El tiempo de low flow fue de 40 (35-50 minutos) y la supervivencia con buena situación neurológica fue del 33%. Estos resultados de supervivencia muestran mucha más similitud con los nuestros (33 vs 26.7%), pese a que en este estudio los tiempos de low-flow fueron menores (40 [35-50] vs 53 [34-75] minutos) y muchos más pacientes presentaron PCRIH (72 vs 46.7%).

A partir de aquí, los ensayos clínicos o la mayoría de los estudios y programas se centran más en la PCREH. El estudio ARREST, realizado en Minneapolis y publicado en 2020 (91), parte de un modelo distinto donde la mayoría de pacientes con PCREH son trasladados al hospital a diferencia de nuestro modelo prehospitalario donde hasta

ahora, las PCREH se atendían *in situ* sin transporte intraparada. Este estudio aleatorizó pacientes con PCREH y ritmo desfibrilable a recibir ECPR o seguir con las maniobras de SVA. La canulación fue realizada por cardiólogos intervencionistas. La mediana de tiempo de low flow fue de 59 minutos y la supervivencia al alta con buena situación neurológica con solo 15 pacientes incluidos en el brazo intervención fue del 43%. En nuestra serie, la supervivencia de los pacientes en PCREH con ritmo inicial desfibrilable es del 31.58% con tiempos de low flow más largos (66 [45-80] minutos), pero si nos fijamos en la supervivencia de los pacientes de la cohorte de criterios estrictos (low flow < 60 minutos y ritmo inicial desfibrilable), la supervivencia en nuestra serie es del 44%, equiparable a los resultados del grupo de Minneapolis. El otro ensayo clínico, realizado en Praga y publicado por Belohlavek y colaboradores (92) parte de un sistema de atención a la PCREH más parecido al nuestro, donde los equipos de emergencias medicalizados realizan RCP *in situ* y los pacientes se aleatorizaron a seguir RCP *in situ* o a ser transportados directos al laboratorio de hemodinámica donde serían canulados. En el análisis secundario de este estudio publicado por Rob y colaboradores, la supervivencia con buena situación neurológica de aquellos pacientes con PCR refractaria que recibieron ECPR fue del 21.7%, siendo del 33.3% si el ritmo inicial era desfibrilable y del 2.9% en no desfibrilables (93). Estos resultados son muy equiparables a los nuestros, con una supervivencia 21.9%, 31.58% y 7.7% respectivamente, lo que nos sitúa en resultados a la altura de uno de los programas de ECPR con mayor experiencia clínica y de investigación de Europa. Por último, el tercer ensayo clínico y el único multicéntrico, el INCEPTION, se realizó en los Países Bajos y consiguió una supervivencia con buena situación neurológica del 20% en el grupo de ECPR, incluyendo exclusivamente pacientes con ritmo inicial desfibrilable (95). Estos resultados, peores que los de nuestra serie, pueden explicarse debido a mayores tiempos de low flow (74 [63-87] minutos) probablemente secundarios a diferencias en la logística de atención intrahospitalaria, con tiempos puerta-inicio canulación de 16 (11-22) minutos, a lo que se añade un tiempo de canulación de 20 (11-25) minutos.

La logística y la capacidad del equipo en poder preparar e iniciar ECMO es clave en reducir los tiempos una vez el paciente llega al hospital, intentando minimizar al máximo los tiempos de low flow. En nuestra serie y en nuestro programa, la formación del equipo basada en simulación nos ha permitido obtener tiempos de canulación en PCREH de 12 (10-18) minutos. Esto contrasta con los resultados del estudio INCEPTION (95) o los de la única serie española en la que se han publicado estos tiempos, que es la del Hospital Gregorio Marañón, donde los tiempos de canulación en PCRIH realizados por cardiólogos intervencionistas fueron de 28.7 +/- 9.8 minutos (107). Aunque la PCRIH podría llegar a suponer un mayor reto logístico para los programas de ECPR, ya que es necesario atender y realizar todas maniobras de SVA mientras se prepara a su vez el equipo, los tiempos de canulación en PCRIH en nuestro estudio fueron de 15 (13-20) minutos, siendo igualmente menores a los de los estudios comentados. Por el contrario, los tiempos de canulación del estudio ARREST, con organización de canulación liderada por cardiólogos intervencionistas, son extraordinariamente cortos, con media de 7 minutos (91). Para llegar a este punto es imprescindible contar con un equipo con mucha experiencia en la canulación del ECMO VA en contexto de PCR. El equipo de canuladores del grupo de Minneapolis está formado por tan solo 3 profesionales, mientras que en nuestro centro es un equipo de 12, buscando el equilibrio entre concentrar la experiencia y poder dar cobertura real los 365 días del año.

Otro factor a tener en cuenta en la comparativa de nuestra serie con otras investigaciones es que la frecuencia de realización de RCP por testigos del 65.6% de los casos. Esto es muy superior a la media en Cataluña según el estudio OHSCAR, en el que solo el 42.8% de los pacientes con PCREH recibió SVB previa a la llegada de los servicios de emergencias (6), pero sigue siendo muy inferior al de los principales estudios de ECPR, con RCP por testigos por encima del 80% de los casos (91,92,95). Además, los ensayos clínicos de Praga (92) e Inception (95), llaman la atención la identificación de una supervivencia sorprendentemente elevada del grupo control que

recibió RCP convencional, sugiriendo un impacto positivo de la propia aplicación de un programa de ECPR en la calidad de la RCP convencional. Este es un efecto de la aplicación de programa de ECPR frecuentemente infradimensionado.

Como última comparación con nuestro entorno, el estudio de PCREH de la ciudad de París refleja una supervivencia con buena situación neurológica del 8% de los casos en los que se utilizó ECPR (104) y la serie de la ciudad de Milán del 9.4% (105), todo ello inferior a nuestros resultados, reflejando una gran heterogeneidad en los resultados de supervivencia entre centros y regiones en función de los criterios de selección, organizativos y las capacidades de dar respuesta a estos pacientes.

Así pues, los resultados de esta tesis doctoral permiten confirmar la hipótesis, mostrando que la implementación de un programa de ECPR en nuestro medio es viable y permite dar respuesta a la PCREH y PCRIH con resultados de supervivencia equiparables a las grandes series internacionales.

6.2. Factores de supervivencia, resultados y complicaciones.

Diferentes factores relacionados con la supervivencia a la PCR que recibe ECPR se han descrito en estudios, destacando el tiempo de low flow, la edad y el ritmo inicial desfibrilable (121).

En la misma línea que la literatura publicada, en nuestra serie los tiempos de low flow de los supervivientes fueron menores en todas las cohortes, tanto la general como en PCREH y PCRIH. Sin embargo, en nuestros análisis no se identificó significación estadística, tampoco en el análisis multivariado, en el vínculo entre tiempo de low flow y supervivencia. Esta circunstancia se podría explicar por un tamaño de muestra insuficiente y por la presencia de supervivientes con PCR por hipotermia y tiempos de low flow prolongados. Teniendo en cuenta la relevancia del low flow, los pacientes con PCREH en nuestro estudio contaron con tiempos de low flow significativamente mayores que los pacientes con PCRIH (69 [54.5-85.5] vs 35 [26-48] minutos, $p<0.001$)

pero, en cambio, aunque la supervivencia fue menor en PCREH la diferencia no alcanzó significación estadística. Esto podría deberse a un perfil de paciente diferente. Mientras que los pacientes que recibieron ECPR por PCREH eran mayoritariamente enfermos que sufrían una muerte súbita de causa cardiovascular, con un ritmo mayoritario desfibrilable (59.4%), en PCRIH el perfil de enfermo era más variado y el ritmo más frecuente era la AESP (67.9%), incluyendo pacientes con etiologías tan diversas como el shock séptico refractario, el TEP o la hipoxemia. En la línea de los ensayos clínicos publicados hasta la fecha, la capacidad de obtener RCE tras el inicio del soporte extracorpóreo es extremadamente elevada (94.6% en nuestra serie). Es decir, ECPR es una técnica extraordinariamente eficaz para resolver la situación de PCR. La dificultad reside en la complejidad técnica de su aplicación y en la organización requerida para brindar soporte mediante un equipo adecuadamente entrenado, asegurando además que este servicio se ofrezca con la suficiente precocidad. Todo programa ECPR ha de poner el foco en estos dos aspectos, entrenamiento de equipo para garantizar una asistencia con ECMO de calidad con suficientes garantías de seguridad, y una estructura organizativa coordinada adecuada.

Los pacientes supervivientes en este estudio fueron más jóvenes, pero la edad no se encontró como un factor protector en el estudio multivariante.

Muchos de los pacientes sometidos a ECPR tuvieron síndrome de disfunción multiorgánica, con afectación renal, respiratoria y hepática, además de complicaciones hemorrágicas frecuentes. No encontramos relación con los valores de lactato ni de pH con la supervivencia, aunque algún estudio sí que ha sugerido esta relación (122). La insuficiencia renal aguda se asoció con mayor mortalidad, pero ninguna de las otras complicaciones mostró esta asociación, excepto una mayor incidencia de sepsis en los supervivientes, lo que se explica por la mayor estancia en UCI y hospitalaria. La estancia de los pacientes que fallecieron fue corta, de 3 (1-7) días, comparada con los supervivientes que fue de 19 (11.5-54.4) días. Esta estancia fue mucho mayor en

pacientes con PCRIH que en los de PCREH (43 [3-89] vs 13 [11-15] días, $p=0.039$) probablemente en relación con las etiologías y los motivos de estancia hospitalaria previa, complicados con la PCR.

Estos tiempos tienen relevancia en el aspecto organizativo, en relación con el nivel de ocupación de camas que puede suponer el iniciar un programa ECPR, siendo muy importante remarcar que, en la misma línea que los ensayos clínicos publicados, ARREST (91), Prague OHCA (92) e INCEPTION (95), la estancia de los pacientes que fallecen es corta y la supervivencia con mala situación neurológica es prácticamente nula, siendo en nuestra serie de 1 paciente de 17. Este factor es relevante ya que una de las principales preocupaciones éticas cuando se inicia un programa de ECPR es la de que un número significativo de pacientes sobrevivan con mala situación neurológica. En este sentido, la única serie internacional que destaca es la de Milan (105), con cerca del 50% de supervivientes con mala situación neurológica. Factores legales, culturales y religiosos pueden tener relación con este hecho, con una tasa de retirada del soporte mucho menor a la de otras series, incluida la nuestra.

La principal causa de mortalidad en nuestra serie es la encefalopatía postanóxica, con una tasa de muerte encefálica del 23.3% de los pacientes. Esta tasa es mayor en PCREH que en PCRIH (34.4 vs 10.7% respectivamente), lo que se puede explicar por los mayores tiempos de low flow en PCREH, lo que lleva a mayor isquemia cerebral. En este sentido, cabe destacar que la presencia de edema cerebral en el TC inicial es el principal factor de riesgo asociado con la mortalidad con un cociente de riesgo de 7.78 (IC 95% 2.47-24.5). Todos los pacientes que presentaron edema cerebral en el TC inicial fallecieron. En caso de validarse externamente este hallazgo, la realización de un TC craneal precoz en pacientes que han recibido ECPR y en los que hay dudas de su viabilidad podría ayudar a decidir si deben realizarse más medidas terapéuticas y diagnósticas, evitando tratamientos fútiles, así como orientar los cuidados hacia la retirada del soporte o la donación órganos. De hecho, la incidencia significativa de

encefalopatía postanóxica en las series de ECPR hacen que la donación de órganos sea una opción evolutiva alternativa positiva, incluso sin contar con programas de DANC asociados (199). En esta situación clínica de pronóstico neurológico infausto o muerte encefálica, y gracias al soporte multiorgánico que ofrece el soporte con ECMO, se puede ofrecer al paciente y familia la opción de donación de órganos, tal y como mostramos en nuestra serie.

Para finalizar, de todos los pacientes que recibieron ECPR en nuestro estudio, solo dos (3.3%) requirieron puente a un trasplante cardíaco, lo que pone de manifiesto que es viable iniciar programas de ECPR en centros terciarios con gran volumen de ECMO que no cuenten con programa de trasplante cardíaco, ya que muy pocos pacientes requieren esta terapia como destino.

6.3. Efecto del ritmo eléctrico en la indicación y supervivencia de los pacientes

La presencia de un ritmo inicial desfibrilable es de los factores que más se han relacionado con supervivencia, especialmente en PCREH (121) pero también en PCRIH (124,125). Sin embargo, en nuestra serie no hemos identificado una asociación significativa entre este ritmo inicial y la supervivencia.

Varios motivos podrían explicar este hecho. Lo primero, si analizamos la cohorte de PCREH observamos que existe diferencia en la supervivencia con buena situación neurológica a 180 días entre los pacientes con ritmo inicial desfibrilable respecto a aquellos que presentan ritmo no desfibrilable (31.6% vs 7.7%, p=0.108). Se observa una tendencia, pero en el análisis no se alcanza la significación estadística preestablecida. Muy probablemente un factor importante en esta circunstancia es el tamaño muestral corto de nuestra serie. Igualmente, si analizamos el caso superviviente se trata de un

paciente con ritmo inicial de asistolia que recibió ECPR por una PCR por hipotermia accidental (110,111), lo que le da un pronóstico diferente a las PCR normotérmicas. Si excluyéramos este caso, ninguna de las PCREH con ritmo inicial no desfibrilable hubiera sobrevivido con buena situación neurológica. Esto apoya los resultados ya conocidos y presentes en otros estudios de que los pacientes con PCREH y ritmo no desfibrilable tienen mal pronóstico en caso de necesitar ECPR (92,93). Los motivos de que esto suceda suelen ir relacionados con la etiología de la PCR, siendo las arritmias ventriculares causa de muerte súbita de origen cardíaco mientras que la AESP suele ser secundaria a otras etiologías como enfermedades pulmonares, neurológicas y sepsis, aunque también puede deberse a patologías cardíacas, siendo entonces más frecuente en pacientes con disfunción ventricular previa (217,218). Así, podríamos hipotetizar que el paciente que estaba previamente sano y bien perfundido que de forma súbita sufre una arritmia que le produce una PCR, si se le inicia RCP de alta calidad desde el primer momento puede mantener su cerebro perfundido y sobrevivir más allá de los 60 minutos de PCR si se inicia soporte extracorpóreo. En cambio, aquel paciente que sufre PCR por hipoxemia o que se va deteriorando e hipoperfundiendo progresivamente hasta llegar a la PCR por AESP, en el momento de la PCR presenta peor perfusión cerebral y no tiene la misma tolerancia a una RCP prolongada. Este mismo razonamiento justificaría los resultados en PCRIH, donde la supervivencia en ritmo desfibrilable y no desfibrilable en nuestra serie es similar (37.5 vs 30%, $p=0.701$), siendo esto concordante con otros estudios donde la relación de la supervivencia a la PCRIH en relación al ritmo inicial desfibrilable no ha quedado tan clara o no ha sido significativa (123,130,131). Así, parece que con tiempos de low flow cortos, los ritmos no desfibrilables también pueden tener opciones de supervivencia con buena situación neurológica si se emplea ECPR, con lo que en PCRIH en la que se disponga de equipo de ECPR, este ritmo eléctrico inicial (FV o AESP) no debe ser determinante en la indicación de ECPR, si no que esta debe basarse más en la etiología de la PCR y la potencial reversibilidad de esta. Un buen ejemplo de esta teoría es el paciente con TEP. Estos pacientes, al tener una obstrucción a la salida del ventrículo derecho entran en PCR siendo el ritmo más

frecuente la AESP (219). En esta situación, el flujo anterógrado que debe perfundir al cerebro y resto de órganos generado por las compresiones torácicas es escaso, aunque se haga RCP de muy alta calidad. Si se dispone de ECPR de forma inmediata, se pueden conseguir supervivientes, en cambio si la PCR de prolonga mucho los resultados son malos. Esto podemos verlo en nuestra cohorte de pacientes con TEP, con una supervivencia del 33.3% en PCRIH (6 pacientes) y del 0% en PCREH (1 paciente), concordante con los resultados de Praga con 8.3% de supervivencia (2 de 24 pacientes) en PCREH (219). A diferencia de la AESP, la asistolia es el ritmo eléctrico final de cualquier otro ritmo, lo que denota que no se ha conseguido mantener el miocardio perfundido ni oxigenado. Excluyendo a la cohorte de pacientes con PCR por hipotermia accidental, los pacientes con ritmo inicial asistolia no deberían recibir ECPR ya que la presencia de este ritmo implica que no se ha realizado RCP, o que esta se ha iniciado tarde o que la causa de la PCR no es reversible. Ninguno de los cinco pacientes normotérmicos que recibió ECPR con un ritmo inicial de asistolia en nuestro estudio sobrevivió, ni en PCREH ni en PCRIH. En nuestra serie estos pacientes fueron canulados al conseguir rápidamente otro ritmo eléctrico al iniciar la RCP, pero, de forma concordante con la evidencia actual, el soporte con ECPR no debería haberse iniciado.

Desde nuestro inicio de programa de ECPR se decidió registrar además del ritmo inicial del paciente, el ritmo a la entrada en ECMO. Todos los estudios sobre ECPR se refieren al ritmo inicial desfibrilable como indicador de buena supervivencia, pero ninguno ha evaluado el papel o efecto del ritmo en el momento de la canulación. La presencia de un ritmo eléctrico desfibrilable en el momento de la canulación es el principal factor protector asociado con la supervivencia en nuestro estudio, con un cociente de riesgo de 0.17 (IC 95% 0.05-0.56), siendo este hallazgo relevante ya que no se había descrito con anterioridad y tiene una implicación práctica evidente. Esto sucede en todas las cohortes de nuestra serie, tanto la general como la de PCREH y PCRIH. La fibrilación ventricular es un ritmo eléctrico caótico que se define por una actividad ventricular irregular, con frecuencias ventriculares superiores a 300 por minuto y complejos QRS

que varían en forma, amplitud y duración (220). Esto conlleva ciclos de despolarización y repolarización continuos y desorganizados a frecuencias muy elevadas, con el consiguiente consumo elevado de oxígeno. Si el corazón no se perfunde, la FV va perdiendo progresivamente amplitud hasta llegar al ritmo final, la asistolia. Que una FV refractaria se mantenga durante un tiempo prolongado, de hasta más de 60 minutos, significa que se están realizando maniobras de RCP de muy alta calidad, manteniendo una buena perfusión tanto coronaria, que permite al corazón mantener la actividad eléctrica, como cerebral. Esta teoría podría explicar por qué los pacientes que siguen en FV cuando entran en ECMO tienen mayor supervivencia con buen resultado neurológico, que en nuestras cohortes llega a ser hasta del 57.1% en global, del 50% en PCREH y del 75% en PCRIH, todo ello con una mediana de tiempo de low flow de 65 (35-80) minutos. Si analizamos qué pasa con los pacientes que cambian de ritmo, es decir, aquellos en que su ritmo inicial es desfibrilable, pero pasan a no desfibrilable durante la RCP, observamos que la supervivencia de estos pacientes cae y se vuelve tan baja o incluso inferior a la de los pacientes que presentan ritmo inicial no desfibrilable. En nuestra serie, el 57,1% de los pacientes con ritmo desfibrilable mantenido durante toda la RCP sobrevivieron con buena situación neurológica, mientras que de aquellos con ritmo desfibrilable que pasaron a no desfibrilable solo sobrevivió el 8.3% y de los no desfibrilables al inicio y a la canulación el 22.6%. Esto significa que, si un paciente con ritmo inicial desfibrilable se mantiene en FV refractaria durante toda la RCP y es canulado en este ritmo, tiene más opciones de supervivencia que los con FV refractaria que pasan a AESP. La explicación más plausible que puede justificar este hecho es que estos cambios de ritmo a ritmo no desfibrilable en una FV refractaria en la que el cambio de ritmo no supone conseguir RCE, probablemente son pasos a ritmos agónicos cuando el corazón ya no es capaz de mantener la actividad y el consumo energético que supone una FV, lo que denota una calidad en la RCP peor a la que han recibido los pacientes que mantienen el ritmo de FV y una situación metabólica final que nos indica la irreversibilidad del proceso. Apoyan esta teoría unos niveles de pH menores y de lactato mayores en este perfil de

enfermos, aunque con un número bajo de pacientes por lo que no hemos identificado significación estadística. Estos hallazgos deben ser confirmados en series multicéntricas con registro prospectivo, pero podrían ser de utilidad en la toma de decisión de indicación de ECPR en aquellos pacientes con indicación dudosa y criterios límites, por ejemplo, yendo a favor de indicar el soporte a los que tienen tiempos prolongados de low flow pero persisten en FV o contraindicando ECPR en pacientes que han perdido este ritmo y no tienen otros factores de buen pronóstico.

6.4. Efecto de los criterios de selección estrictos sobre un programa de ECPR

Cuando se inicia un programa de ECPR uno de los principales objetivos que se plantean siempre es conseguir unos buenos resultados de supervivencia con buena situación neurológica. Para que ello suceda, múltiples factores van a intervenir, siendo uno de los principales la correcta selección de los enfermos. El uso de unos criterios de selección estrictos, como limitar la edad a 60-65 años, indicar solo a pacientes con ritmo inicial desfibrilable y un low flow máximo de 60 minutos tendrá como consecuencia que, si el programa está bien estructurado, la supervivencia sea elevada. Por el contrario, esta selección estricta limitará el volumen de casos anuales, disminuyendo así la experiencia global del equipo en realizar este procedimiento, y el número total de supervivientes (221). Al inicio de nuestro programa de ECPR, teniendo en cuenta las características de nuestro programa ECMO de alto volumen, con personal altamente cualificado y experiencia en casos complejos; junto con la vinculación directa al programa de donación, se decidió ampliar los criterios de pacientes tributarios de ECPR, incluyendo pacientes con ritmo no desfibrilable (AESP, excluyendo la asistolia) y a pacientes con un low flow entre 60 y 90 minutos que se mantuvieran con ritmo eléctrico, se estuviera realizando RCP de alta calidad y tuvieran un EtCO₂ mayor a 10mmHg. Tampoco se puso ningún límite en valores analíticos de lactato o pH. Con ello hemos conseguido en estos años realizar este procedimiento en 60 enfermos, consiguiendo que el 26.7% sobreviva

con buena situación neurológica. Una selección de pacientes muy estricta, solo seleccionando a pacientes con ritmo inicial desfibrilable y posibilidad de low flow menor a 60 minutos, hubiera disminuido el número de pacientes supervivientes de 16 a 5, consiguiendo una supervivencia del 45.5%. Este gran incremento en supervivencia hubiera tenido como consecuencia el excluir a la gran mayoría (68.8%) de los supervivientes de nuestra serie y perder el 90.9% de los donantes de órganos. Además, esta selección estricta hubiera impactado de forma muy significativa en el número de casos, con una disminución del 81.7% lo que probablemente tendría impacto en la experiencia y capacidad de respuesta del equipo, lo que podemos pensar que también impactaría negativamente en los resultados de aquellos pacientes que sí recibieran ECPR.

6.5. Limitaciones de la tesis doctoral

Esta tesis doctoral presenta varias limitaciones.

La principal limitación es su carácter observacional, retrospectivo y monocéntrico. Este estudio ha sido realizado en un centro de ECMO de alto volumen, en el que la canulación y entrada en ECMO de los pacientes se realiza de forma rutinaria por parte de intensivistas y enfermeras de UCI formadas como *ECMO specialists*, con apoyo de cirugía cardíaca en caso de complicaciones. El tener este personal en presencia 24/7 en el hospital permite disponer de acceso inmediato al ECMO lo que facilita una respuesta rápida a cualquier PCR que lo requiera. Esta estructura no es la más frecuente en nuestro entorno, donde muchos programas de ECMO pivotan alrededor de programas de cirugía cardíaca y perfusión o de cardiología intervencionista, lo que dificulta su disponibilidad en presencia física en el hospital y así la respuesta a la PCR. Esto hace que nuestro modelo pueda no ser extrapolable al resto de hospitales.

En relación con la PCREH otra limitación importante es que en el periodo de estudio no se disponía de un protocolo oficial entre el centro hospitalario y el SEM, lo que

dificultó la coordinación entre ambos y la llegada de pacientes que cumplieran criterios en el menor tiempo posible.

La pandemia de COVID19 también supuso una limitación al obligar a parar el programa durante unos meses y descartar varios pacientes que, con indicación de ECPR, no pudieron recibirla debido a la necesidad de utilizar consolas y recursos en los pacientes respiratorios.

Por último, la implementación de un procedimiento tan complejo como la ECPR va acompañada de muchas intervenciones que refuerzan y pretenden mejorar toda la asistencia a la PCR, lo que hace más difícil poder extraer cuáles son las que realmente suponen un mayor impacto en todo el proceso asistencia a la parada cardíaca.

7

CONCLUSIONES

Tras la realización de esta tesis doctoral, podemos concluir que:

1. La implementación de un programa de reanimación cardiopulmonar extracorpórea en un hospital de tercer nivel sin programa de trasplante cardíaco, con un modelo organizado en torno a la figura del médico intensivista canulador experto en ECMO y las enfermeras de UCI *ECMO specialist*, es viable en nuestro medio y permite dar respuesta a la atención a la parada cardiorrespiratoria refractaria intra y extrahospitalaria, las 24h del día y los 7 días de la semana, alcanzando resultados de supervivencia con buena situación neurológica comparables a la literatura, lo que confirma la hipótesis de esta tesis doctoral.
2. La presencia de un ritmo eléctrico desfibrilable en el momento de la canulación es el principal factor protector de mortalidad en pacientes que reciben ECPR mientras que la presencia de edema cerebral en el TC inicial realizado tras inicio del soporte es el principal factor de riesgo asociado con la mortalidad.
3. En PCRIH el ritmo eléctrico inicial no se asocia con la supervivencia con lo que la ausencia de un ritmo inicial desfibrilable no debería ser factor de decisión en la indicación de ECPR.
4. En PCREH, los pacientes con ritmo inicial desfibrilable en los que este degenera a no desfibrilable en el momento de la canulación, presentan una supervivencia mala comparable a la de los ritmos iniciales no desfibrilables.
5. Usar criterios de selección de ECPR estrictos mejoraría los resultados de supervivencia del programa de ECPR, pero excluiría tanto a la mayoría de los supervivientes como de los donantes de órganos.



A partir de los resultados de esta tesis doctoral, planteamos las diferentes líneas y trabajos futuros:

- Evaluar el impacto de un programa que mejore la coordinación entre el personal prehospitalario y el del Hospital, con un código de preactivación prehospitalario y un teléfono de ECPR de acceso directo para mejorar los criterios de derivación de los pacientes y los tiempos de llegada a nuestro centro, y evaluar así el impacto en las activaciones, los casos y la supervivencia en PCREH.
- Identificar mejor el papel de los pacientes con ritmo inicial no desfibrilable en PCREH y plantear un programa que permita realizar ECPR en el entorno prehospitalario para mejorar la supervivencia global, específicamente en estos ritmos.
- Validar externamente los hallazgos pronósticos en los pacientes en que el ritmo desfibrilable degenera a no desfibrilable, para perfilar mejor aquellos pacientes que pueden beneficiarse de una intervención como la ECPR.
- Registrar la morfología de las AESP, tanto iniciales como las que derivan de ritmos desfibrilables y clasificarlas según patrones para evaluar si alguno de estos perfiles puede relacionarse con mejor o peor pronóstico.
- Identificar el papel del TC craneal precoz dentro de un protocolo de neuroprónostico que permita evitar futilidad y un gasto de recursos innecesarios en aquellos pacientes que no tengan opciones de supervivencia.
- Estudiar el rol de maniobras terapéuticas dirigidas a los cuidados del paciente neurocrítico en pacientes que han recibido ECPR y en los que se observa edema cerebral.
- Integrar un programa de DANC en el programa de ECPR para ofrecer la oportunidad de donación a los pacientes no tributarios de ECPR y evaluar el impacto global en los programas de donación tanto de la ECPR como de la integración de ambos programas.

- En el ámbito de la innovación, investigar posibles evoluciones tecnológicas de los dispositivos de soporte extracorpóreos para aumentar su transportabilidad y su biocompatibilidad. Asimismo, optimizar las características de las cánulas de drenaje y retorno.

9 BIBLIOGRAFÍA

1. ACC/AHA/HRS 2006 Key Data Elements and Definitions for Electrophysiological Studies and Procedures. *Circulation*. 2006 Dec 5;114(23):2534–70.
2. Gräsner JT, Lefering R, Koster RW, Masterson S, Böttiger BW, Herlitz J, et al. EuReCa ONE@27 Nations, ONE Europe, ONE Registry: A prospective one month analysis of out-of-hospital cardiac arrest outcomes in 27 countries in Europe. *Resuscitation*. 2016 Aug 1;105:188–95.
3. Gräsner JT, Herlitz J, Tjelmeland IBM, Wnent J, Masterson S, Lilja G, et al. European Resuscitation Council Guidelines 2021: Epidemiology of cardiac arrest in Europe. *Resuscitation*. 2021 Apr;161:61–79.
4. Gräsner JT, Wnent J, Herlitz J, Perkins GD, Lefering R, Tjelmeland I, et al. Survival after out-of-hospital cardiac arrest in Europe - Results of the EuReCa TWO study. *Resuscitation*. 2020 Mar 1;148:218–26.
5. Rosell-Ortiz F, Escalada-Roig X, Fernández Del Valle P, Sánchez-Santos L, Navalpotro-Pascual JM, Echarri-Sucunza A, et al. Out-of-hospital cardiac arrest (OHCA) attended by mobile emergency teams with a physician on board. Results of the Spanish OHCA Registry (OSHCAR). *Resuscitation*. 2017 Apr;113:90–5.
6. Ruiz-Azpiazu JI, Daponte-Codina A, Fernández Del Valle P, López-Cabeza N, Jiménez-Fàbrega FX, Iglesias-Vázquez JA, et al. Regional variation in the incidence, general characteristics, and outcomes of prehospital cardiac arrest in Spain: the Out-of-Hospital Spanish Cardiac Arrest Registry. *Emerg Rev Soc Espanola Med Emerg*. 2021 Feb;33(1):15–22.
7. Merchant RM, Yang L, Becker LB, Berg RA, Nadkarni V, Nichol G, et al. Incidence of treated cardiac arrest in hospitalized patients in the United States. *Crit Care Med*. 2011 Nov;39(11):2401–6.
8. Goldberger ZD, Chan PS, Berg RA, Kronick SL, Cooke CR, Lu M, et al. Duration of resuscitation efforts and survival after in-hospital cardiac arrest: an observational study. *Lancet Lond Engl*. 2012 Oct 27;380(9852):1473–81.
9. Kandala J, Oommen C, Kern KB. Sudden cardiac death. *Br Med Bull*. 2017 Jun 1;122(1):5–15.
10. Cummins RO, Ornato JP, Thies WH, Pepe PE. Improving survival from sudden cardiac arrest: the 'chain of survival' concept. A statement for health professionals from the Advanced Cardiac Life Support Subcommittee and the Emergency Cardiac Care Committee, American Heart Association. *Circulation*. 1991 May;83(5):1832–47.
11. Nolan J, Soar J, Eikeland H. The chain of survival. *Resuscitation*. 2006 Dec 1;71(3):270–1.
12. Robertson (UK) C, Steen (Norway) P, Adgey (UK) J, Bossaert (Belgium) L, Carli (France) P, Chamberlain (UK) D, et al. The 1998 European Resuscitation Council guidelines for adult advanced life support: A statement from the Working Group on

- Advanced Life Support, and approved by the executive committee of the European Resuscitation Council. *Resuscitation*. 1998 May 1;37(2):81–90.
13. Nolan J, European Resuscitation Council. European Resuscitation Council guidelines for resuscitation 2005. Section 1. Introduction. *Resuscitation*. 2005 Dec;67 Suppl 1:S3-6.
14. Al-Dury N, Ravn-Fischer A, Hollenberg J, Israelsson J, Nordberg P, Strömsöe A, et al. Identifying the relative importance of predictors of survival in out of hospital cardiac arrest: a machine learning study. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*. 2020 Jun 25;28(1):60.
15. Sandroni C, D'Arrigo S, Nolan JP. Prognostication after cardiac arrest. *Crit Care*. 2018 Jun 5;22(1):150.
16. A randomized clinical study of cardiopulmonary-cerebral resuscitation: design, methods, and patient characteristics. Brain Resuscitation Clinical Trial I Study Group. *Am J Emerg Med*. 1986 Jan;4(1):72–86.
17. Rajajee V, Muehlschlegel S, Wartenberg KE, Alexander SA, Busl KM, Chou SHY, et al. Guidelines for Neuroprognostication in Comatose Adult Survivors of Cardiac Arrest. *Neurocrit Care*. 2023 Jun;38(3):533–63.
18. Teasdale GM, Pettigrew LE, Wilson JT, Murray G, Jennett B. Analyzing outcome of treatment of severe head injury: a review and update on advancing the use of the Glasgow Outcome Scale. *J Neurotrauma*. 1998 Aug;15(8):587–97.
19. Rankin J. Cerebral vascular accidents in patients over the age of 60. II. Prognosis. *Scott Med J*. 1957 May;2(5):200–15.
20. Rittenberger JC, Raina K, Holm MB, Kim YJ, Callaway CW. Association between Cerebral Performance Category, Modified Rankin Scale, and discharge disposition after cardiac arrest. *Resuscitation*. 2011 Aug;82(8):1036–40.
21. Hsu JW, Madsen CD, Callaham ML. Quality-of-life and formal functional testing of survivors of out-of-hospital cardiac arrest correlates poorly with traditional neurologic outcome scales. *Ann Emerg Med*. 1996 Dec;28(6):597–605.
22. Spangenberg T, Schewel J, Dreher A, Meincke F, Bahlmann E, van der Schalk H, et al. Health related quality of life after extracorporeal cardiopulmonary resuscitation in refractory cardiac arrest. *Resuscitation*. 2018 Jun;127:73–8.
23. 2023 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science With Treatment Recommendations: Summary From the Basic Life Support; Advanced Life Support; Pediatric Life Support; Neonatal Life Support; Education, Implementation, and Teams; and First Aid Task Forces - Resuscitation [Internet]. [cited 2023 Dec 6]. Available from: [https://www.resuscitationjournal.com/article/S0300-9572\(23\)00306-4/fulltext](https://www.resuscitationjournal.com/article/S0300-9572(23)00306-4/fulltext)
24. Berg KM, Bray JE, Ng KC, Liley HG, Greif R, Carlson JN, et al. 2023 International

- Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science With Treatment Recommendations: Summary From the Basic Life Support; Advanced Life Support; Pediatric Life Support; Neonatal Life Support; Education, Implementation, and Teams; and First Aid Task Forces. *Circulation* [Internet]. [cited 2023 Dec 6];0(0). Available from: <https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/CIR.0000000000001179>
25. Perkins GD, Gräsner JT, Semeraro F, Olasveengen T, Soar J, Lott C, et al. European Resuscitation Council Guidelines 2021: Executive summary. *Resuscitation*. 2021 Apr;161:1–60.
26. Olasveengen TM, Semeraro F, Ristagno G, Castren M, Handley A, Kuzovlev A, et al. European Resuscitation Council Guidelines 2021: Basic Life Support. *Resuscitation*. 2021 Apr;161:98–114.
27. Ashoor HM, Lillie E, Zarin W, Pham B, Khan PA, Nincic V, et al. Effectiveness of different compression-to-ventilation methods for cardiopulmonary resuscitation: A systematic review. *Resuscitation*. 2017 Sep;118:112–25.
28. Soar J, Böttiger BW, Carli P, Couper K, Deakin CD, Djärv T, et al. European Resuscitation Council Guidelines 2021: Adult advanced life support. *Resuscitation*. 2021 Apr;161:115–51.
29. Lott C, Truhlář A, Alfonzo A, Barelli A, González-Salvado V, Hinkelbein J, et al. European Resuscitation Council Guidelines 2021: Cardiac arrest in special circumstances. *Resuscitation*. 2021 Apr;161:152–219.
30. Nolan JP, Sandroni C, Böttiger BW, Cariou A, Cronberg T, Friberg H, et al. European Resuscitation Council and European Society of Intensive Care Medicine Guidelines 2021: Post-resuscitation care. *Resuscitation*. 2021 Apr;161:220–69.
31. Jabre P, Penaloza A, Pinero D, Duchateau FX, Borron SW, Javaudin F, et al. Effect of Bag-Mask Ventilation vs Endotracheal Intubation During Cardiopulmonary Resuscitation on Neurological Outcome After Out-of-Hospital Cardiorespiratory Arrest. *JAMA*. 2018 Feb 27;319(8):779–87.
32. Benger JR, Kirby K, Black S, Brett SJ, Clout M, Lazaroo MJ, et al. Effect of a Strategy of a Supraglottic Airway Device vs Tracheal Intubation During Out-of-Hospital Cardiac Arrest on Functional Outcome: The AIRWAYS-2 Randomized Clinical Trial. *JAMA*. 2018 Aug 28;320(8):779–91.
33. Wang HE, Schmicker RH, Daya MR, Stephens SW, Idris AH, Carlson JN, et al. Effect of a Strategy of Initial Laryngeal Tube Insertion vs Endotracheal Intubation on 72-Hour Survival in Adults With Out-of-Hospital Cardiac Arrest. *JAMA*. 2018 Aug 28;320(8):769–78.
34. Perkins GD, Ji C, Deakin CD, Quinn T, Nolan JP, Scomparin C, et al. A Randomized Trial of Epinephrine in Out-of-Hospital Cardiac Arrest. *N Engl J Med*. 2018

- Aug 23;379(8):711–21.
35. Perkins GD, Kenna C, Ji C, Deakin CD, Nolan JP, Quinn T, et al. The effects of adrenaline in out of hospital cardiac arrest with shockable and non-shockable rhythms: Findings from the PACA and PARAMEDIC-2 randomised controlled trials. *Resuscitation*. 2019 Jul 1;140:55–63.
36. Perkins GD, Kenna C, Ji C, Deakin CD, Nolan JP, Quinn T, et al. The influence of time to adrenaline administration in the Paramedic 2 randomised controlled trial. *Intensive Care Med*. 2020;46(3):426–36.
37. Amiodarone, Lidocaine, or Placebo in Out-of-Hospital Cardiac Arrest | NEJM [Internet]. [cited 2023 Dec 6]. Available from: https://www.nejm.org/doi/10.1056/NEJMoa1514204?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori:rid:crossref.org&rfr_dat=cr_pub%20%20www.ncbi.nlm.nih.gov
38. Khan SU, Lone AN, Talluri S, Khan MZ, Khan MU, Kaluski E. Efficacy and safety of mechanical versus manual compression in cardiac arrest – A Bayesian network meta-analysis. *Resuscitation*. 2018 Sep;130:182–8.
39. Ibrahim WH. Recent advances and controversies in adult cardiopulmonary resuscitation. *Postgrad Med J*. 2007 Oct;83(984):649–54.
40. Meaney PA, Bobrow BJ, Mancini ME, Christenson J, de Caen AR, Bhanji F, et al. Cardiopulmonary resuscitation quality: [corrected] improving cardiac resuscitation outcomes both inside and outside the hospital: a consensus statement from the American Heart Association. *Circulation*. 2013 Jul 23;128(4):417–35.
41. Paradis NA, Martin GB, Rivers EP, Goetting MG, Appleton TJ, Feingold M, et al. Coronary Perfusion Pressure and the Return of Spontaneous Circulation in Human Cardiopulmonary Resuscitation. *JAMA*. 1990 Feb 23;263(8):1106–13.
42. Weil MH, Bisera J, Trevino RP, Rackow EC. Cardiac output and end-tidal carbon dioxide. *Crit Care Med*. 1985 Nov;13(11):907–9.
43. Ornato JP, Garnett AR, Glauser FL. Relationship between cardiac output and the end-tidal carbon dioxide tension. *Ann Emerg Med*. 1990 Oct 1;19(10):1104–6.
44. Murphy RA, Bobrow BJ, Spaite DW, Hu C, McDannold R, Vadeboncoeur TF. Association between Prehospital CPR Quality and End-Tidal Carbon Dioxide Levels in Out-of-Hospital Cardiac Arrest. *Prehosp Emerg Care*. 2016 May 3;20(3):369–77.
45. Sheak KR, Wiebe DJ, Leary M, Babaeizadeh S, Yuen TC, Zive D, et al. Quantitative relationship between end-tidal carbon dioxide and CPR quality during both in-hospital and out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation*. 2015 Apr 1;89:149–54.
46. Levine RL, Wayne MA, Miller CC. End-tidal carbon dioxide and outcome of out-of-hospital cardiac arrest. *N Engl J Med*. 1997 Jul 31;337(5):301–6.
47. Weisfeldt ML, Becker LB. Resuscitation After Cardiac ArrestA 3-Phase Time-Sensitive Model. *JAMA*. 2002 Dec 18;288(23):3035–8.

48. Indik JH, Conover Z, McGovern M, Silver AE, Spaite DW, Bobrow BJ, et al. Association of Amplitude Spectral Area of the Ventricular Fibrillation Waveform With Survival of Out-of-Hospital Ventricular Fibrillation Cardiac Arrest. *J Am Coll Cardiol*. 2014 Sep 30;64(13):1362–9.
49. Niemann JT, Cruz B, Garner D, Lewis RJ. Immediate countershock versus cardiopulmonary resuscitation before countershock in a 5-minute swine model of ventricular fibrillation arrest. *Ann Emerg Med*. 2000 Dec;36(6):543–6.
50. Gilmore CM, Rea TD, Becker LJ, Eisenberg MS. Three-Phase Model of Cardiac Arrest: Time-Dependent Benefit of Bystander Cardiopulmonary Resuscitation. *Am J Cardiol*. 2006 Aug 15;98(4):497–9.
51. Goto Y, Funada A, Maeda T, Goto Y. Time boundaries of the three-phase time-sensitive model for ventricular fibrillation cardiac arrest. *Resusc Plus*. 2021 Mar 2;6:100095.
52. Shanmugasundaram M, Lotun K. Refractory Out of Hospital Cardiac Arrest. *Curr Cardiol Rev*. 2018 May;14(2):109–14.
53. Koster RW, Walker RG, Chapman FW. Recurrent ventricular fibrillation during advanced life support care of patients with prehospital cardiac arrest. *Resuscitation*. 2008 Sep;78(3):252–7.
54. Defibrillation Strategies for Refractory Ventricular Fibrillation I NEJM [Internet]. [cited 2023 Dec 6]. Available from: <https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMoa2207304>
55. Eilevstjønn J, Kramer-Johansen J, Sunde K. Shock outcome is related to prior rhythm and duration of ventricular fibrillation. *Resuscitation*. 2007 Oct;75(1):60–7.
56. Grunau B, Reynolds J, Scheuermeyer F, Stenstrom R, Stub D, Pennington S, et al. Relationship between Time-to-ROSC and Survival in Out-of-hospital Cardiac Arrest ECPR Candidates: When is the Best Time to Consider Transport to Hospital? *Prehosp Emerg Care*. 2016;20(5):615–22.
57. Grunau B, Reynolds JC, Scheuermeyer FX, Stenstrom R, Pennington S, Cheung C, et al. Comparing the prognosis of those with initial shockable and non-shockable rhythms with increasing durations of CPR: Informing minimum durations of resuscitation. *Resuscitation*. 2016 Apr;101:50–6.
58. Grunau B, Kime N, Leroux B, Rea T, Van Belle G, Menegazzi JJ, et al. Association of Intra-arrest Transport vs Continued On-Scene Resuscitation With Survival to Hospital Discharge Among Patients With Out-of-Hospital Cardiac Arrest. *JAMA*. 2020 Sep 15;324(11):1058–67.
59. Grunau B, Kawano T, Rea TD, Okubo M, Scheuermeyer FX, Reynolds JC, et al. Emergency medical services employing intra-arrest transport less frequently for out-of-hospital cardiac arrest have higher survival and favorable neurological outcomes.

- Resuscitation. 2021 Nov;168:27–34.
60. Yannopoulos D, Bartos JA, Raveendran G, Conterato M, Frascone RJ, Trembley A, et al. Coronary Artery Disease in Patients With Out-of-Hospital Refractory Ventricular Fibrillation Cardiac Arrest. *J Am Coll Cardiol.* 2017 Aug 29;70(9):1109–17.
61. Drennan IR, Lin S, Sidalak DE, Morrison LJ. Survival rates in out-of-hospital cardiac arrest patients transported without prehospital return of spontaneous circulation: an observational cohort study. *Resuscitation.* 2014 Nov;85(11):1488–93.
62. Broman LM, Taccone FS, Lorusso R, Malfertheiner MV, Pappalardo F, Di Nardo M, et al. The ELSO Maastricht Treaty for ECLS Nomenclature: abbreviations for cannulation configuration in extracorporeal life support - a position paper of the Extracorporeal Life Support Organization. *Crit Care.* 2019 Feb 8;23(1):36.
63. Stoney WS. Evolution of Cardiopulmonary Bypass. *Circulation.* 2009 Jun 2;119(21):2844–53.
64. Hill JD, O'Brien TG, Murray JJ, Dontigny L, Bramson ML, Osborn JJ, et al. Prolonged extracorporeal oxygenation for acute post-traumatic respiratory failure (shock-lung syndrome). Use of the Bramson membrane lung. *N Engl J Med.* 1972 Mar 23;286(12):629–34.
65. Bartlett RH, Roloff DW, Cornell RG, Andrews AF, Dillon PW, Zwischenberger JB. Extracorporeal circulation in neonatal respiratory failure: a prospective randomized study. *Pediatrics.* 1985 Oct;76(4):479–87.
66. Extracorporeal Life Support Registry Report. International Summary - October 2023. Available online: <https://www.elso.org/registry/internationalsummaryandreports/internationalsummary.aspx>.
67. Peek GJ, Clemens F, Elbourne D, Firmin R, Hardy P, Hibbert C, et al. CESAR: conventional ventilatory support vs extracorporeal membrane oxygenation for severe adult respiratory failure. *BMC Health Serv Res.* 2006 Dec 23;6:163.
68. Combes A, Hajage D, Capellier G, Demoule A, Lavoué S, Guervilly C, et al. Extracorporeal Membrane Oxygenation for Severe Acute Respiratory Distress Syndrome. *N Engl J Med.* 2018 May 24;378(21):1965–75.
69. Abrams D, Garan AR, Abdelbary A, Bacchetta M, Bartlett RH, Beck J, et al. Position paper for the organization of ECMO programs for cardiac failure in adults. *Intensive Care Med.* 2018 Jun 1;44(6):717–29.
70. Combes A, Brodie D, Bartlett R, Brochard L, Brower R, Conrad S, et al. Position Paper for the Organization of Extracorporeal Membrane Oxygenation Programs for Acute Respiratory Failure in Adult Patients. *Am J Respir Crit Care Med.* 2014 Sep;190(5):488–96.
71. Lorusso R, Shekar K, MacLaren G, Schmidt M, Pellegrino V, Meyns B, et al. ELSO

- Interim Guidelines for Venoarterial Extracorporeal Membrane Oxygenation in Adult Cardiac Patients. *ASAIO J.* 2021 Aug;67(8):827.
72. Tonna JE, Abrams D, Brodie D, Greenwood JC, RUBIO Mateo-Sidron JA, Usman A, et al. Management of Adult Patients Supported with Venovenous Extracorporeal Membrane Oxygenation (VV ECMO): Guideline from the Extracorporeal Life Support Organization (ELSO). *ASAIO J.* 2021 Jun;67(6):601.
73. Richardson A (Sacha) C, Tonna JE, Nanjaya V, Nixon P, Abrams DC, Raman L, et al. Extracorporeal Cardiopulmonary Resuscitation in Adults. Interim Guideline Consensus Statement From the Extracorporeal Life Support Organization. *ASAIO J.* 2021 Mar;67(3):221.
74. Jacobs I, Nadkarni V, null null, null null, Bahr J, Berg RA, et al. Cardiac Arrest and Cardiopulmonary Resuscitation Outcome Reports. *Circulation.* 2004 Nov 23;110(21):3385–97.
75. Kennedy JH. The Role of Assisted Circulation in Cardiac Resuscitation. *JAMA.* 1966 Aug 22;197(8):615–8.
76. Beyersdorf F, Kirsh M, Buckberg GD, Allen BS. Warm glutamate/aspartate-enriched blood cardioplegic solution for perioperative sudden death. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1992 Oct;104(4):1141–7.
77. Mooney MR, Arom KV, Joyce LD, Mooney JF, Goldenberg IF, Von Rueden TJ, et al. Emergency cardiopulmonary bypass support in patients with cardiac arrest. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1991 Mar;101(3):450–4.
78. Hill JG, Bruhn PS, Cohen SE, Gallagher MW, Manart F, Moore CA, et al. Emergent applications of cardiopulmonary support: a multiinstitutional experience. *Ann Thorac Surg.* 1992 Oct;54(4):699–704.
79. del Nido PJ, Dalton HJ, Thompson AE, Siewers RD. Extracorporeal membrane oxygenator rescue in children during cardiac arrest after cardiac surgery. *Circulation.* 1992 Nov;86(5 Suppl):II300-304.
80. Chen YS, Lin JW, Yu HY, Ko WJ, Jerng JS, Chang WT, et al. Cardiopulmonary resuscitation with assisted extracorporeal life-support versus conventional cardiopulmonary resuscitation in adults with in-hospital cardiac arrest: an observational study and propensity analysis. *Lancet Lond Engl.* 2008 Aug 16;372(9638):554–61.
81. Chen YS, Yu HY, Huang SC, Lin JW, Chi NH, Wang CH, et al. Extracorporeal membrane oxygenation support can extend the duration of cardiopulmonary resuscitation. *Crit Care Med.* 2008 Sep;36(9):2529–35.
82. Shin TG, Choi JH, Jo IJ, Sim MS, Song HG, Jeong YK, et al. Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation in patients with inhospital cardiac arrest: A comparison with conventional cardiopulmonary resuscitation. *Crit Care Med.* 2011 Jan;39(1):1–7.
83. Kagawa E, Inoue I, Kawagoe T, Ishihara M, Shimatani Y, Kurisu S, et al.

- Assessment of outcomes and differences between in- and out-of-hospital cardiac arrest patients treated with cardiopulmonary resuscitation using extracorporeal life support. *Resuscitation*. 2010 Aug;81(8):968–73.
84. Stub D, Bernard S, Pellegrino V, Smith K, Walker T, Sheldrake J, et al. Refractory cardiac arrest treated with mechanical CPR, hypothermia, ECMO and early reperfusion (the CHEER trial). *Resuscitation*. 2015 Jan;86:88–94.
85. Dennis M, Buscher H, Gattas D, Burns B, Habig K, Bannon P, et al. Prospective observational study of mechanical cardiopulmonary resuscitation, extracorporeal membrane oxygenation and early reperfusion for refractory cardiac arrest in Sydney: the 2CHEER study. *Crit Care Resusc*. 2023 Oct 18;22(1):26–34.
86. Roncon-Albuquerque R, Gaião S, Figueiredo P, Príncipe N, Basílio C, Mergulhão P, et al. An integrated program of extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) assisted cardiopulmonary resuscitation and uncontrolled donation after circulatory determination of death in refractory cardiac arrest. *Resuscitation*. 2018 Dec;133:88–94.
87. Belohlavek J, Kucera K, Jarkovsky J, Franek O, Pokorna M, Danda J, et al. Hyperinvasive approach to out-of hospital cardiac arrest using mechanical chest compression device, prehospital intraarrest cooling, extracorporeal life support and early invasive assessment compared to standard of care. A randomized parallel groups comparative study proposal. 'Prague OHCA study'. *J Transl Med*. 2012 Aug 10;10:163.
88. Yannopoulos D, Bartos JA, Martin C, Raveendran G, Missov E, Conterato M, et al. Minnesota Resuscitation Consortium's Advanced Perfusion and Reperfusion Cardiac Life Support Strategy for Out-of-Hospital Refractory Ventricular Fibrillation. *J Am Heart Assoc*. 2016 Jun 13;5(6):e003732.
89. Bol ME, Suverein MM, Lorusso R, Delnoij TSR, Brandon Bravo Bruinsma GJ, Otterspoor L, et al. Early initiation of extracorporeal life support in refractory out-of-hospital cardiac arrest: Design and rationale of the INCEPTION trial. *Am Heart J*. 2019 Apr;210:58–68.
90. Hsu CH, Meurer WJ, Domeier R, Fowler J, Whitmore SP, Bassin BS, et al. Extracorporeal Cardiopulmonary Resuscitation for Refractory Out-of-Hospital Cardiac Arrest (EROCA): Results of a Randomized Feasibility Trial of Expedited Out-of-Hospital Transport. *Ann Emerg Med*. 2021 Jul;78(1):92–101.
91. Yannopoulos D, Bartos J, Raveendran G, Walser E, Connell J, Murray TA, et al. Advanced reperfusion strategies for patients with out-of-hospital cardiac arrest and refractory ventricular fibrillation (ARREST): a phase 2, single centre, open-label, randomised controlled trial. *Lancet Lond Engl*. 2020 Dec 5;396(10265):1807–16.
92. Belohlavek J, Smalcova J, Rob D, Franek O, Smid O, Pokorna M, et al. Effect of Intra-arrest Transport, Extracorporeal Cardiopulmonary Resuscitation, and Immediate Invasive Assessment and Treatment on Functional Neurologic Outcome in Refractory

- Out-of-Hospital Cardiac Arrest: A Randomized Clinical Trial. *JAMA*. 2022 Feb 22;327(8):737–47.
93. Rob D, Smalcova J, Smid O, Kral A, Kovarnik T, Zemanek D, et al. Extracorporeal versus conventional cardiopulmonary resuscitation for refractory out-of-hospital cardiac arrest: a secondary analysis of the Prague OHCA trial. *Crit Care*. 2022 Oct 27;26(1):330.
94. Scquizzato T, Bonaccorso A, Consonni M, Scandroglio AM, Swol J, Landoni G, et al. Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation for out-of-hospital cardiac arrest: A systematic review and meta-analysis of randomized and propensity score-matched studies. *Artif Organs*. 2022;46(5):755–62.
95. Suverein MM, Delnoij TSR, Lorusso R, Brandon Bravo Bruinsma GJ, Otterspoor L, Elzo Kraemer CV, et al. Early Extracorporeal CPR for Refractory Out-of-Hospital Cardiac Arrest. *N Engl J Med*. 2023 Jan 26;388(4):299–309.
96. Ubben JFH, Heuts S, Delnoij TSR, Suverein MM, van de Koolwijk AF, van der Horst ICC, et al. Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation for refractory OHCA: lessons from three randomized controlled trials—the trialists’ view. *Eur Heart J Acute Cardiovasc Care*. 2023 Aug 1;12(8):540–7.
97. Low CJW, Ramanathan K, Ling RR, Ho MJC, Chen Y, Lorusso R, et al. Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation versus conventional cardiopulmonary resuscitation in adults with cardiac arrest: a comparative meta-analysis and trial sequential analysis. *Lancet Respir Med*. 2023 Oct 1;11(10):883–93.
98. Kiyohara Y, Kampaktsis PN, Briasoulis A, Kuno T. Extracorporeal membrane oxygenation-facilitated resuscitation in out-of-hospital cardiac arrest: a meta-analysis of randomized controlled trials. *J Cardiovasc Med Hagerstown Md*. 2023 Jul 1;24(7):414–9.
99. Gomes DA, Presume J, Ferreira J, Oliveira AF, Miranda T, Brízido C, et al. Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation for refractory out-of-hospital cardiac arrest: a systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials. *Intern Emerg Med*. 2023 Oct;18(7):2113–20.
100. Cheema HA, Shafiee A, Jafarabady K, Seighali N, Shahid A, Ahmad A, et al. Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation for out-of-hospital cardiac arrest: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Pacing Clin Electrophysiol PACE*. 2023 Oct;46(10):1246–50.
101. Holmberg MJ, Granfeldt A, Guerguerian AM, Sandroni C, Hsu CH, Gardner RM, et al. Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation for cardiac arrest: An updated systematic review. *Resuscitation*. 2023 Jan;182:109665.
102. Burrell A, Kim J, Alliegro P, Romero L, Serpa Neto A, Mariajoseph F, et al. Extracorporeal membrane oxygenation for critically ill adults. *Cochrane Database Syst Rev*. 2023 Sep 26;9(9):CD010381.

103. Bosson N, Kazan C, Sanko S, Abramson T, Eckstein M, Eisner D, et al. Implementation of a regional extracorporeal membrane oxygenation program for refractory ventricular fibrillation out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation* [Internet]. 2023 Jun 1 [cited 2023 Dec 16];187. Available from: [https://www.resuscitationjournal.com/article/S0300-9572\(23\)00024-2/fulltext](https://www.resuscitationjournal.com/article/S0300-9572(23)00024-2/fulltext)
104. Bougouin W, Dumas F, Lamhaut L, Marijon E, Carli P, Combes A, et al. Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation in out-of-hospital cardiac arrest: a registry study. *Eur Heart J*. 2020 Jun 1;41(21):1961–71.
105. Scquizzato T, Calabro MG, Franco A, Fominskiy E, Pieri M, Nardelli P, et al. Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation for refractory out-of-hospital cardiac arrest: 10-year experience in a metropolitan cardiac arrest centre in Milan, Italy. *Resusc Plus*. 2024 Mar 1;17:100521.
106. Díez F, Sousa I, Juárez M, Díez-Villanueva P, Elízaga J, Fernández-Avilés F. Resuscitación cardiopulmonar mediante ECMO percutáneo: una nueva herramienta en el laboratorio de hemodinámica. *Med Intensiva*. 2015 May 1;39(4):251–3.
107. García-Carreño J, Sousa-Casasnovas I, Devesa-Cordero C, Gutiérrez-Ibañes E, Fernández-Avilés F, Martínez-Sellés M. Reanimación cardiopulmonar con ECMO percutáneo en parada cardiaca refractaria hospitalaria: experiencia de un centro. *Rev Esp Cardiol*. 2019 Oct 1;72(10):880–2.
108. Chico-Carballas JI, Touceda-Bravo A, Freita-Ramos S, Mosquera-Rodríguez D, Gómez-Casal V, Piñon-Esteban M. The first year of experience with an extracorporeal resuscitation program for refractory in-hospital cardiac arrest. *Med Intensiva Engl Ed*. 2021 Oct 1;45(7):e7–10.
109. Castillo García J, Sánchez Salado JC, Gual Santandreu M, Molina Mazón CS, Blasco Lucas A, Sbraga F, et al. Supervivencia al alta hospitalaria de los pacientes sometidos a terapia ECMO tras PCR en un hospital de tercer nivel. *Enferm Intensiva*. 2021 Apr 1;32(2):73–8.
110. Riera J, Argudo E, Ruiz-Rodríguez JC, Rodríguez-Lecoq R, Ferrer R. Full neurological recovery 6 h after cardiac arrest due to accidental hypothermia. *Lancet Lond Engl*. 2020 May 16;395(10236):e89.
111. Mariño RB, Argudo E, Ribas M, Robledo XR, Martínez IS, Strapazzon G, et al. Anesthetic Management of Successful Extracorporeal Resuscitation After Six Hours of Cardiac Arrest Due to Severe Accidental Hypothermia. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2021 Nov;35(11):3303–6.
112. Berg KM, Bray JE, Ng KC, Liley HG, Greif R, Carlson JN, et al. 2023 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science With Treatment Recommendations: Summary From the Basic Life Support; Advanced Life Support; Pediatric Life Support; Neonatal Life Support; Education,

- Implementation, and Teams; and First Aid Task Forces. *Circulation* [Internet]. [cited 2023 Dec 4];0(0). Available from: <https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/CIR.0000000000001179>
113. Berg KM, Bray JE, Ng KC, Liley HG, Greif R, Carlson JN, et al. 2023 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science With Treatment Recommendations: Summary From the Basic Life Support; Advanced Life Support; Pediatric Life Support; Neonatal Life Support; Education, Implementation, and Teams; and First Aid Task Forces. *Resuscitation* [Internet]. 2023 Nov 8 [cited 2023 Dec 10];0(0). Available from: [https://www.resuscitationjournal.com/article/S0300-9572\(23\)00306-4/fulltext](https://www.resuscitationjournal.com/article/S0300-9572(23)00306-4/fulltext)
114. Perman SM, Elmer J, Maciel CB, Uzendu A, May T, Mumma BE, et al. 2023 American Heart Association Focused Update on Adult Advanced Cardiovascular Life Support: An Update to the American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation* [Internet]. [cited 2023 Dec 20];0(0). Available from: <https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/CIR.0000000000001194>
115. Bartos JA, Grunau B, Carlson C, Duval S, Ripeckyj A, Kalra R, et al. Improved Survival With Extracorporeal Cardiopulmonary Resuscitation Despite Progressive Metabolic Derangement Associated With Prolonged Resuscitation. *Circulation*. 2020 Mar 17;141(11):877–86.
116. Mandigers L, Boersma E, den Uil CA, Gommers D, Bělohlávek J, Belliato M, et al. Systematic review and meta-analysis comparing low-flow duration of extracorporeal and conventional cardiopulmonary resuscitation. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2022 Aug 24;35(4):ivac219.
117. Dennis M, Zmudzki F, Burns B, Scott S, Gattas D, Reynolds C, et al. Cost effectiveness and quality of life analysis of extracorporeal cardiopulmonary resuscitation (ECPR) for refractory cardiac arrest. *Resuscitation*. 2019 Jun;139:49–56.
118. Matsuoka Y, Goto R, Atsumi T, Morimura N, Nagao K, Tahara Y, et al. Cost-effectiveness of extracorporeal cardiopulmonary resuscitation for out-of-hospital cardiac arrest: A multi-centre prospective cohort study. *Resuscitation*. 2020 Dec 1;157:32–8.
119. Addison D, Cheng E, Forrest P, Livingstone A, Morton RL, Dennis M. Cost-effectiveness of extracorporeal cardiopulmonary resuscitation for adult out-of-hospital cardiac arrest: A systematic review. *Resuscitation*. 2022 Sep;178:19–25.
120. Dennis M, Cheng E, Morton R, Addison D. Cost-effectiveness of Extracorporeal Cardiopulmonary Resuscitation (ECPR) for Out-of-Hospital Cardiac Arrest—A Systematic Review. *Heart Lung Circ*. 2022 Jan 1;31:S113.
121. Tran A, Rochwerg B, Fan E, Belohlavek J, Suverein MM, Poll MCG van de, et al. Prognostic factors associated with favourable functional outcome among adult patients

- requiring extracorporeal cardiopulmonary resuscitation for out-of-hospital cardiac arrest: A systematic review and meta-analysis. *Resuscitation*. 2023 Dec;193:110004.
122. Berti M, Worme M, Foroutan F, Rao V, Ross H, Billia F, et al. Predictors of Survival and Favorable Neurologic Outcome in Patients Treated with eCPR: a Systematic Review and Meta-analysis. *J Cardiovasc Transl Res*. 2022 Apr;15(2):279–90.
123. Halenarova K, Belliato M, Lunz D, Peluso L, Broman LM, Malfertheiner MV, et al. Predictors of poor outcome after extra-corporeal membrane oxygenation for refractory cardiac arrest (ECPR): A post hoc analysis of a multicenter database. *Resuscitation*. 2022 Jan 1;170:71–8.
124. Tonna JE, Selzman CH, Girotra S, Presson AP, Thiagarajan RR, Becker LB, et al. Resuscitation Using ECPR during In-Hospital Cardiac Arrest (Rescue-IHCA) Mortality Prediction Score and External Validation. *JACC Cardiovasc Interv*. 2022 Feb 14;15(3):237–47.
125. D'Arrigo S, Cacciola S, Dennis M, Jung C, Kagawa E, Antonelli M, et al. Predictors of favourable outcome after in-hospital cardiac arrest treated with extracorporeal cardiopulmonary resuscitation: A systematic review and meta-analysis. *Resuscitation*. 2017 Dec;121:62–70.
126. Martinell L, Nielsen N, Herlitz J, Karlsson T, Horn J, Wise MP, et al. Early predictors of poor outcome after out-of-hospital cardiac arrest. *Crit Care Lond Engl*. 2017 Apr 13;21(1):96.
127. Wengenmayer T, Rombach S, Ramshorn F, Biever P, Bode C, Duerschmied D, et al. Influence of low-flow time on survival after extracorporeal cardiopulmonary resuscitation (eCPR). *Crit Care Lond Engl*. 2017 Jun 22;21(1):157.
128. Adnet F, Triba MN, Borron SW, Lapostolle F, Hubert H, Gueugniaud PY, et al. Cardiopulmonary resuscitation duration and survival in out-of-hospital cardiac arrest patients. *Resuscitation*. 2017 Feb;111:74–81.
129. Havranek S, Fingrova Z, Rob D, Smalcova J, Kavalkova P, Franek O, et al. Initial rhythm and survival in refractory out-of-hospital cardiac arrest. Post-hoc analysis of the Prague OHCA randomized trial. *Resuscitation*. 2022 Dec;181:289–96.
130. Haneya A, Philipp A, Diez C, Schopka S, Bein T, Zimmermann M, et al. A 5-year experience with cardiopulmonary resuscitation using extracorporeal life support in non-postcardiotomy patients with cardiac arrest. *Resuscitation*. 2012 Nov;83(11):1331–7.
131. Jung C, Janssen K, Kaluza M, Fuernau G, Poerner TC, Fritzenwanger M, et al. Outcome predictors in cardiopulmonary resuscitation facilitated by extracorporeal membrane oxygenation. *Clin Res Cardiol Off J Ger Card Soc*. 2016 Mar;105(3):196–205.
132. Dennis M. Out-of-hospital cardiac arrest outcomes, end-tidal carbon dioxide and extracorporeal cardiopulmonary resuscitation eligibility: New South Wales pilot data. *Emerg Med Australas*. 2022 Jun;34(3):452–5.

133. Fernando SM, MacLaren G, Barbaro RP, Mathew R, Munshi L, Madahar P, et al. Age and associated outcomes among patients receiving venoarterial extracorporeal membrane oxygenation-analysis of the Extracorporeal Life Support Organization registry. *Intensive Care Med.* 2023 Dec;49(12):1456–66.
134. Goto T, Morita S, Kitamura T, Natsukawa T, Sawano H, Hayashi Y, et al. Impact of extracorporeal cardiopulmonary resuscitation on outcomes of elderly patients who had out-of-hospital cardiac arrests: a single-centre retrospective analysis. *BMJ Open.* 2018 May 1;8(5):e019811.
135. Debaty G, Lamhaut L, Aubert R, Nicol M, Sanchez C, Chavanon O, et al. Prognostic value of signs of life throughout cardiopulmonary resuscitation for refractory out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation.* 2021 May;162:163–70.
136. Kojima M, Mochida Y, Shoko T, Inoue A, Hifumi T, Sakamoto T, et al. Association between body mass index and clinical outcomes in patients with out-of-hospital cardiac arrest undergoing extracorporeal cardiopulmonary resuscitation: A multicenter observational study. *Resusc Plus.* 2023 Dec;16:100497.
137. Bertini P, Marabotti A, Paternoster G, Landoni G, Sangalli F, Peris A, et al. Regional Cerebral Oxygen Saturation to Predict Favorable Outcome in Extracorporeal Cardiopulmonary Resuscitation: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2023 Jul;37(7):1265–72.
138. Bjertnæs LJ, Hindberg K, Næsheim TO, Suborov EV, Reierth E, Kirov MY, et al. Rewarming From Hypothermic Cardiac Arrest Applying Extracorporeal Life Support: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Front Med.* 2021;8:641633.
139. Frei C, Darocha T, Debaty G, Dami F, Blancher M, Carron PN, et al. Clinical characteristics and outcomes of witnessed hypothermic cardiac arrest: A systematic review on rescue collapse. *Resuscitation.* 2019 Apr;137:41–8.
140. Austin MA, Maynes EJ, O'Malley TJ, Mazur P, Darocha T, Entwistle JW, et al. Outcomes of Extracorporeal Life Support Use in Accidental Hypothermia: A Systematic Review. *Ann Thorac Surg.* 2020 Dec;110(6):1926–32.
141. Mørk SR, Stengaard C, Linde L, Møller JE, Jensen LO, Schmidt H, et al. Mechanical circulatory support for refractory out-of-hospital cardiac arrest: a Danish nationwide multicenter study. *Crit Care.* 2021 May 22;25(1):174.
142. Diehl A, Read AC, Southwood T, Buscher H, Dennis M, Nanjaya VB, et al. The effect of restrictive versus liberal selection criteria on survival in ECPR: a retrospective analysis of a multi-regional dataset. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med.* 2023 Dec 4;31:89.
143. Laussen PC, Guerguerian AM. Establishing and Sustaining an ECPR Program. *Front Pediatr* [Internet]. 2018 [cited 2023 Dec 10];6. Available from: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fped.2018.00152>

144. Wang L, Yang F, Zhang S, Li C, Du Z, Rycus P, et al. Percutaneous versus surgical cannulation for femoro-femoral VA-ECMO in patients with cardiogenic shock: Results from the Extracorporeal Life Support Organization Registry. *J Heart Lung Transplant*. 2022 Apr 1;41(4):470–81.
145. Conrad SA, Grier LR, Scott LK, Green R, Jordan M. Percutaneous Cannulation for Extracorporeal Membrane Oxygenation by Intensivists: A Retrospective Single-Institution Case Series*. *Crit Care Med*. 2015 May;43(5):1010.
146. Bellezzi JM, Shinar Z, Davis DP, Jaski BE, Chillcott S, Stahovich M, et al. Emergency physician-initiated extracorporeal cardiopulmonary resuscitation. *Resuscitation*. 2012 Aug 1;83(8):966–70.
147. Tonna JE, Selzman CH, Mallin MP, Smith BR, Youngquist ST, Koliopoulos A, et al. Development and Implementation of a Comprehensive, Multidisciplinary Emergency Department Extracorporeal Membrane Oxygenation Program. *Ann Emerg Med*. 2017 Jul 1;70(1):32–40.
148. Fair J, Tonna J, Ockerse P, Galovic B, Youngquist S, McKellar SH, et al. Emergency physician–performed transesophageal echocardiography for extracorporeal life support vascular cannula placement. *Am J Emerg Med*. 2016 Aug 1;34(8):1637–9.
149. Juo YY, Skancke M, Sanaiha Y, Mantha A, Jimenez JC, Benharash P. Efficacy of Distal Perfusion Cannulae in Preventing Limb Ischemia During Extracorporeal Membrane Oxygenation: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Artif Organs*. 2017;41(11):E263–73.
150. Risk factors for critical limb ischemia in patients undergoing femoral cannulation for venoarterial extracorporeal membrane oxygenation: Is distal limb perfusion a mandatory approach? - Tim Kaufeld, Eric Beckmann, Fabio Ius, Nurbol Koigeldiev, Wiebke Sommer, Bakr Mashaqi, Felix N Fleissner, Thierry Siemeni, Jacob Ono Puntigam, Jessica Kaufeld, Axel Haverich, Christian Kuehn, 2019 [Internet]. [cited 2023 Dec 10]. Available from: <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/0267659119827231>
151. Yamamoto R, Yoshizawa J. Oxygen administration in patients recovering from cardiac arrest: a narrative review. *J Intensive Care*. 2020 Aug 12;8(1):60.
152. Schneider AG, Eastwood GM, Bellomo R, Bailey M, Lipcsey M, Pilcher D, et al. Arterial carbon dioxide tension and outcome in patients admitted to the intensive care unit after cardiac arrest. *Resuscitation*. 2013 Jul 1;84(7):927–34.
153. Mild Therapeutic Hypothermia to Improve the Neurologic Outcome after Cardiac Arrest | NEJM [Internet]. [cited 2023 Dec 10]. Available from: <https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/nejmoa012689>
154. Bernard SA, Gray TW, Buist MD, Jones BM, Silvester W, Gutteridge G, et al. Treatment of Comatose Survivors of Out-of-Hospital Cardiac Arrest with Induced

- Hypothermia. *N Engl J Med.* 2002 Feb 21;346(8):557–63.
155. Targeted Temperature Management at 33°C versus 36°C after Cardiac Arrest | NEJM [Internet]. [cited 2023 Dec 10]. Available from: <https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/nejmoa1310519>
156. Hypothermia versus Normothermia after Out-of-Hospital Cardiac Arrest | NEJM [Internet]. [cited 2023 Dec 10]. Available from: <https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMoa2100591>
157. Gottula AL, Neumar RW, Hsu CH. Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation for out-of-hospital cardiac arrest - who, when, and where? *Curr Opin Crit Care.* 2022 Jun 1;28(3):276–83.
158. Song C, Dennis M, Burns B, Dyson S, Forrest P, Ramanan M, et al. Improving access to extracorporeal membrane oxygenation for out of hospital cardiac arrest: pre-hospital ECPR and alternate delivery strategies. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med.* 2022 Dec 24;30(1):77.
159. Ter Avest E, Tunnicliff M, Griggs J, Griffiths D, Cody D, Nelson M, et al. In-hospital extracorporeal cardiopulmonary resuscitation for patients with an out-of-hospital cardiac arrest in a semi-rural setting: An observational study on the implementation of a helicopter emergency medical services pathway. *Resusc Plus.* 2022 Dec;12:100339.
160. Vos IA, Deuring E, Kwant M, Bens BWJ, Dercksen B, Postma R, et al. What is the potential benefit of pre-hospital extracorporeal cardiopulmonary resuscitation for patients with an out-of-hospital cardiac arrest? A predictive modelling study. *Resuscitation.* 2023 Aug 1;189:109825.
161. Lamhaut L, Hutin A, Puymirat E, Jouan J, Raphalen JH, Jouffroy R, et al. A Pre-Hospital Extracorporeal Cardio Pulmonary Resuscitation (ECPR) strategy for treatment of refractory out hospital cardiac arrest: An observational study and propensity analysis. *Resuscitation.* 2017 Aug 1;117:109–17.
162. Pozzi M, Cesareo E, Pinero D, Dubien PY, Richard JC. Pre-hospital extracorporeal cardiopulmonary resuscitation for refractory out-of-hospital cardiac arrest: Preliminary results of a multidisciplinary approach. *Resuscitation.* 2022 Jul 1;176:19–20.
163. Richardson S a. C, Anderson D, Burrell AJC, Byrne T, Coull J, Diehl A, et al. Pre-hospital ECPR in an Australian metropolitan setting: a single-arm feasibility assessment-The CPR, pre-hospital ECPR and early reperfusion (CHEER3) study. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med.* 2023 Dec 13;31(1):100.
164. Singer B, Reynolds JC, Davies GE, Wrigley F, Whitbread M, Faulkner M, et al. Sub30: Protocol for the Sub30 feasibility study of a pre-hospital Extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) capable advanced resuscitation team at achieving blood flow within 30 min in patients with refractory out-of-hospital cardiac arrest. *Resusc*

- Plus. 2020 Dec 1;4:100029.
165. On-Scene trial [Internet]. [cited 2023 Dec 16]. On-Scene trial. Available from: <https://onscenetal.com/>
166. Hutin A, Ricard-Hibon A, Briole N, Dupin A, Dagron C, Raphalen JH, et al. First Description of a Helicopter-Borne ECPR Team for Remote Refractory Out-of-Hospital Cardiac Arrest. *Prehosp Emerg Care*. 2021 Jan 12;1:1–5.
167. Reynolds JC, Grunau BE, Elmer J, Rittenberger JC, Sawyer KN, Kurz MC, et al. Prevalence, natural history, and time-dependent outcomes of a multi-center North American cohort of out-of-hospital cardiac arrest extracorporeal CPR candidates. *Resuscitation*. 2017 Aug 1;117:24–31.
168. Gottula AL, Shaw CR, Gorder KL, Lane BH, Latessa J, Qi M, et al. Eligibility of out-of-hospital cardiac arrest patients for extracorporeal cardiopulmonary resuscitation in the United States: A geographic information system model. *Resuscitation*. 2022 Nov;180:111–20.
169. Kruit N, Rattan N, Tian D, Dieleman S, Burrell A, Dennis M. Prehospital Extracorporeal Cardiopulmonary Resuscitation for Out-of-Hospital Cardiac Arrest: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2023 May 1;37(5):748–54.
170. Bartos JA, Frascone RJ, Conterato M, Wesley K, Lick C, Sipprell K, et al. The Minnesota mobile extracorporeal cardiopulmonary resuscitation consortium for treatment of out-of-hospital refractory ventricular fibrillation: Program description, performance, and outcomes. *EClinicalMedicine*. 2020 Dec;29–30:100632.
171. Spigner M, Braude D, Pruitt K, Ortiz C, Glazer J, Marinaro J. The Use of Predictive Modeling to Compare Prehospital eCPR Strategies. *Prehosp Emerg Care*. 2023 Feb 17;27(2):184–91.
172. Grunau B, Carrier S, Bashir J, Dick W, Harris L, Boone R, et al. A comprehensive regional clinical and educational ECPR protocol decreases time to ECMO in patients with refractory out-of-hospital cardiac arrest. *CJEM*. 2017 Nov;19(6):424–33.
173. Zakhary B, Shekar K, Diaz R, Badulak J, Johnston L, Roeleveld PP, et al. Position Paper on Global Extracorporeal Membrane Oxygenation Education and Educational Agenda for the Future: A Statement From the Extracorporeal Life Support Organization ECMOed Taskforce. *Crit Care Med*. 2020 Mar;48(3):406–14.
174. Greif R, Lockey A, Breckwoldt J, Carmona F, Conaghan P, Kuzovlev A, et al. European Resuscitation Council Guidelines 2021: Education for resuscitation. *Resuscitation*. 2021 Apr;161:388–407.
175. Mundell WC, Kennedy CC, Szostek JH, Cook DA. Simulation technology for resuscitation training: a systematic review and meta-analysis. *Resuscitation*. 2013 Sep;84(9):1174–83.

176. Whitmore SP, Gunnerson KJ, Haft JW, Lynch WR, VanDyck T, Hebert C, et al. Simulation training enables emergency medicine providers to rapidly and safely initiate extracorporeal cardiopulmonary resuscitation (ECPR) in a simulated cardiac arrest scenario. *Resuscitation*. 2019 May;138:68–73.
177. Sawyer T, Burke C, McMullan DM, Chan T, Valdivia H, Yalon L, et al. Impacts of a Pediatric Extracorporeal Cardiopulmonary Resuscitation (ECPR) Simulation Training Program. *Acad Pediatr*. 2019 Jul;19(5):566–71.
178. Su L, Spaeder MC, Jones MB, Sinha P, Nath DS, Jain PN, et al. Implementation of an extracorporeal cardiopulmonary resuscitation simulation program reduces extracorporeal cardiopulmonary resuscitation times in real patients. *Pediatr Crit Care Med J Soc Crit Care Med World Fed Pediatr Intensive Crit Care Soc*. 2014 Nov;15(9):856–60.
179. Yurasek GK, Fortkiewicz J, Duelle C, Arold L, Pleau C, Park A, et al. Interprofessional Extracorporeal Membrane Oxygenation Cardiopulmonary Resuscitation Simulations Aimed at Decreasing Actual Cannulation Times: A Longitudinal Study. *Simul Healthc J Soc Simul Healthc*. 2023 Oct 1;18(5):285–92.
180. Read AC, Morgan S, Reynolds C, Breeding J, Scott S, Lowe DA, et al. The effect of a structured ECPR protocol aided by specific simulation training in a quaternary ECMO centre: A retrospective pre-post study. *Resusc Plus*. 2022 Jun;10:100234.
181. Kruit N, Burrell A, Tian D, Barrett N, Bělohlávek J, Bernard S, et al. Expert consensus on training and accreditation for extracorporeal cardiopulmonary resuscitation an international, multidisciplinary modified Delphi Study. *Resuscitation* [Internet]. 2023 Nov 1 [cited 2023 Dec 18];192. Available from: [https://www.resuscitationjournal.com/article/S0300-9572\(23\)00303-9/fulltext](https://www.resuscitationjournal.com/article/S0300-9572(23)00303-9/fulltext)
182. Dyson K, Brown SP, May S, Smith K, Koster RW, Beesems SG, et al. International variation in survival after out-of-hospital cardiac arrest: A validation study of the Utstein template. *Resuscitation*. 2019 May 1;138:168–81.
183. Morrison LJ, Sandroni C, Grunau B, Parr M, Macneil F, Perkins GD, et al. Organ Donation After Out-of-Hospital Cardiac Arrest: A Scientific Statement From the International Liaison Committee on Resuscitation. *Resuscitation*. 2023 Sep 1;190:109864.
184. Domínguez-Gil B, Delmonico FL, Shaheen FAM, Matesanz R, O'Connor K, Minina M, et al. The critical pathway for deceased donation: reportable uniformity in the approach to deceased donation. *Transpl Int*. 2011;24(4):373–8.
185. Thuong M, Ruiz A, Evrard P, Kuiper M, Boffa C, Akhtar MZ, et al. New classification of donation after circulatory death donors definitions and terminology. *Transpl Int*. 2016 Jul;29(7):749–59.
186. Kootstra G, Daemen JH, Oomen AP. Categories of non-heart-beating donors.

- Transplant Proc. 1995 Oct;27(5):2893–4.
187. Detry O, Le Dinh H, Noterdaeme T, De Roover A, Honoré P, Squifflet JP, et al. Categories of donation after cardiocirculatory death. *Transplant Proc.* 2012 Jun;44(5):1189–95.
188. Smith M, Dominguez-Gil B, Greer DM, Manara AR, Souter MJ. Organ donation after circulatory death: current status and future potential. *Intensive Care Med.* 2019 Mar 1;45(3):310–21.
189. Manyalich M, Nelson H, Delmonico FL. The need and opportunity for donation after circulatory death worldwide. *Curr Opin Organ Transplant.* 2018 Feb;23(1):136–41.
190. Domínguez-Gil B, Haase-Kromwijk B, Van Leiden H, Neuberger J, Coene L, Morel P, et al. Current situation of donation after circulatory death in European countries. *Transpl Int Off J Eur Soc Organ Transplant.* 2011 Jul;24(7):676–86.
191. Navalpotro-Pascual JM, Echarri-Sucunza A, Mateos-Rodríguez A, Peinado-Vallejo F, Del Valle PF, Alonso-Moreno D, et al. Uncontrolled donation programs after out-of-hospital cardiac arrest. An estimation of potential donors. *Resuscitation.* 2018 Jan;122:87–91.
192. Domínguez-Gil B, Duranteau J, Mateos A, Núñez JR, Cheisson G, Corral E, et al. Uncontrolled donation after circulatory death: European practices and recommendations for the development and optimization of an effective programme. *Transpl Int Off J Eur Soc Organ Transplant.* 2016 Aug;29(8):842–59.
193. Manara A, Domínguez-Gil B. Controlling the uncontrolled: Can we realise the potential of uncontrolled donation after circulatory death? *Resuscitation.* 2019 Apr;137:234–6.
194. Dalle Ave AL, Shaw DM, Gardiner D. Extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) assisted cardiopulmonary resuscitation or uncontrolled donation after the circulatory determination of death following out-of-hospital refractory cardiac arrest—An ethical analysis of an unresolved clinical dilemma. *Resuscitation.* 2016 Nov 1;108:87–94.
195. Manara A, Rubino A, Tisherman S. ECPR and organ donation: Emerging clarity in decision making. *Resuscitation* [Internet]. 2023 Dec 1 [cited 2023 Dec 8];193. Available from: [https://www.resuscitationjournal.com/article/S0300-9572\(23\)00762-1/fulltext](https://www.resuscitationjournal.com/article/S0300-9572(23)00762-1/fulltext)
196. Schiff T, Koziatek C, Pomerantz E, Bosson N, Montgomery R, Parent B, et al. Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation dissemination and integration with organ preservation in the USA: ethical and logistical considerations. *Crit Care.* 2023 Apr 18;27(1):144.
197. Manara AR, Dominguez-Gil B, Pérez-Villares JM, Soar J. What follows refractory cardiac arrest: Death, extra-corporeal cardiopulmonary resuscitation (E-CPR), or

- uncontrolled donation after circulatory death? *Resuscitation*. 2016 Nov 1;108:A3–5.
198. Sandroni C, D'Arrigo S, Callaway CW, Cariou A, Dragancea I, Taccone FS, et al. The rate of brain death and organ donation in patients resuscitated from cardiac arrest: a systematic review and meta-analysis. *Intensive Care Med*. 2016 Nov 1;42(11):1661–71.
199. Smalcova J, Havranek S, Pokorna E, Franek O, Huptych M, Kavalkova P, et al. Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation-based approach to refractory out-of-hospital cardiac arrest: A focus on organ donation, a secondary analysis of a Prague OHCA randomized study. *Resuscitation* [Internet]. 2023 Dec 1 [cited 2023 Dec 21];193. Available from: [https://www.resuscitationjournal.com/article/S0300-9572\(23\)00307-6/fulltext](https://www.resuscitationjournal.com/article/S0300-9572(23)00307-6/fulltext)
200. Casadio MC, Coppo A, Vargiu A, Villa J, Rota M, Avalli L, et al. Organ donation in cardiac arrest patients treated with extracorporeal CPR: A single centre observational study. *Resuscitation*. 2017 Sep 1;118:133–9.
201. Raphalen JH, Soumagnac T, Blanot S, Bougouin W, Bourdiault A, Vimpere D, et al. Kidneys recovered from brain dead cardiac arrest patients resuscitated with ECPR show similar one-year graft survival compared to other donors. *Resuscitation*. 2023 Sep;190:109883.
202. Tonna JE, Selzman CH, Bartos JA, Presson AP, Ou Z, Jo Y, et al. The Association of Modifiable Postresuscitation Management and Annual Case Volume With Survival After Extracorporeal Cardiopulmonary Resuscitation. *Crit Care Explor*. 2022 Jul;4(7):e0733.
203. Pearlman RA, Cain KC, Patrick DL, Appelbaum-Maizel M, Starks HE, Jecker NS, et al. Insights pertaining to patient assessments of states worse than death. *J Clin Ethics*. 1993;4(1):33–41.
204. Riggs KR, Becker LB, Sugarman J. Ethics in the Use of Extracorporeal Cardiopulmonary Resuscitation in Adults. *Resuscitation*. 2015 Jun;91:73–5.
205. Anderson WG, Arnold RM, Angus DC, Bryce CL. Posttraumatic stress and complicated grief in family members of patients in the intensive care unit. *J Gen Intern Med*. 2008 Nov;23(11):1871–6.
206. Tonna JE, Keenan HT, Weir C. A qualitative analysis of physician decision making in the use of extracorporeal cardiopulmonary resuscitation for refractory cardiac arrest. *Resusc Plus*. 2022 Jul 22;11:100278.
207. Suverein MM, Shaw D, Lorusso R, Delnoij TSR, Essers B, Weerwind PW, et al. Ethics of ECPR research. *Resuscitation*. 2021 Dec 1;169:136–42.
208. Gajkowski EF, Herrera G, Hatton L, Velia Antonini M, Vercaemst L, Cooley E. ELSO Guidelines for Adult and Pediatric Extracorporeal Membrane Oxygenation Circuits. *ASAIO J*. 2022 Feb;68(2):133.

209. ELSO Guidelines for ECMO centers. Extracorporeal Life Support Organization, Version 1.8 March 2017 Ann Arbor, MI, USA. www.elso.org.
210. Sandroni C, Nolan JP, Andersen LW, Böttiger BW, Cariou A, Cronberg T, et al. ERC-ESICM guidelines on temperature control after cardiac arrest in adults. *Intensive Care Med.* 2022 Mar;48(3):261–9.
211. Nolan JP, Soar J, Cariou A, Cronberg T, Moulaert VRM, Deakin CD, et al. European Resuscitation Council and European Society of Intensive Care Medicine 2015 guidelines for post-resuscitation care. *Intensive Care Med.* 2015 Dec;41(12):2039–56.
212. Eppich W, Cheng A. Promoting Excellence and Reflective Learning in Simulation (PEARLS): Development and Rationale for a Blended Approach to Health Care Simulation Debriefing. *Simul Healthc.* 2015 Apr;10(2):106.
213. Howard SK, Gaba DM, Fish KJ, Yang G, Sarnquist FH. Anesthesia crisis resource management training: teaching anesthesiologists to handle critical incidents. *Aviat Space Environ Med.* 1992 Sep;63(9):763–70.
214. Lunz D, Camboni D, Philipp A, Flörchinger B, Terrazas A, Müller T, et al. The 'Weekend Effect' in adult patients who receive extracorporeal cardiopulmonary resuscitation after in- and out-of-hospital cardiac arrest. *Resusc Plus.* 2020 Nov 21;4:100044.
215. Wang L, Gan X, Wang X, Wang K, Yan H, Wang Z, et al. Does time of day influences outcome in out-of-hospital cardiac arrest patients?: A meta-analysis of cohort studies. *Medicine (Baltimore).* 2020 Oct 2;99(40):e22290.
216. Harhash AA, Kennedy KF, Fendler TJ, Khumri TM, Nassif ME, Magalski A, et al. Comparison of Outcomes Among Patients With Cardiogenic Shock Admitted on Weekends Versus Weekdays. *Am J Cardiol.* 2021 Apr 1;144:20–5.
217. Keller SP, Halperin HR. Cardiac Arrest: the Changing Incidence of Ventricular Fibrillation. *Curr Treat Options Cardiovasc Med.* 2015 Jul;17(7):392.
218. Teodorescu C, Reinier K, Dervan C, Uy-Evanado A, Samara M, Mariani R, et al. Factors Associated With Pulseless Electric Activity Versus Ventricular Fibrillation. *Circulation.* 2010 Nov 23;122(21):2116–22.
219. Pudil J, Rob D, Smalcova J, Smid O, Huptych M, Vesela M, et al. Pulmonary embolism-related refractory out-of-hospital cardiac arrest and extracorporeal cardiopulmonary resuscitation: Prague OHCA study post hoc analysis. *Eur Heart J Acute Cardiovasc Care.* 2023 Aug 1;12(8):507–12.
220. American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Data Standards (ACC/AHA/HRS Writing Committee to Develop Data Standards on Electrophysiology), Buxton AE, Calkins H, Callans DJ, DiMarco JP, Fisher JD, et al. ACC/AHA/HRS 2006 key data elements and definitions for electrophysiological studies and procedures: a report of the American College of Cardiology/American Heart

Association Task Force on Clinical Data Standards (ACC/AHA/HRS Writing Committee to Develop Data Standards on Electrophysiology). Circulation. 2006 Dec 5;114(23):2534–70.

221. Bartos JA, Yannopoulos D. Starting an Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation Program: Success is in the details. Resuscitation. 2023 Jun 1;187:109792.

10 ANEXOS

10.1. Anexo 1: Protocolo de ECPR en adultos HUVH

o

 Vall d'Hebron Hospital	PROTOCOL	CODI	DATA	VERSIÓ
	PROTOCOL DE RESSUSCITACIÓ CARDIOPULMONAR EXTRACORPÒRIA EN ADULTS - ECPR	ECPR-VHICU-18	04-10-2018	V.1.2
				Pàgina: 1

ELABORAT	REVISAT	VALIDAT
Eduard Argudo Metge, Servei de Medicina Intensiva Data: 04-Octubre-2018	Ricard Ferrer Metge, Cap de Servei, Servei de Medicina Intensiva (SMI) Jordi Riera Metge, Director Programa ECMO adults, SMI. Juan Carlos Ruiz Cap de secció, President de la Subcomissió d'Aturada Cardíaca, SMI. Elisabet Gallart Infermera Clínica, Coordinadora Programa ECMO adults. SMI. Jordi Bañeras Metge, Unitat de Crítics Cardiovasculars. Servei de Cardiología Jose Antonio Barrabés Cap de secció, Unitat de Crítics Cardiovasculars. Servei de Cardiología. Neus Bellera Metge, Hemodinàmica cardíaca, Servei de Cardiología Rafel Rodríguez Lecoq Metge, Cap de Servei, Servei de Cirugía Cardíaca. María Arranz Metge, Cap de Servei d'Urgències Hospital General. Ada Redondo Metge, Servei d'Urgències Hospital General Cristopher Mazo Metge, Coordinació de trasplantaments Teresa Pont Metge, Coordinadora de Programes de Donació i Trasplantaments Data: Juliol 2019	Reunió Comité Asistencial 13/11/19 Sessió Servei de Medicina Intensiva 15/12/19

Gestió de les modificacions

Revisió	Data	Descripció	Validat	Data validació
	Juny-Juliol 2019	Adaptació propostes i check-list		
	Novembre - Desembre 2019	Revisions		



No es garanteix la validesa d'aquest document un cop imprès. La versió vigent està disponible en format electrònic al servidor.

 Vall d'Hebron Hospital	PROTOCOL	CODI	DATA	VERSIÓ
	PROTOCOL DE RESSUSCITACIÓ CARDIOPULMONAR EXTRACORPÒRIA EN ADULTS - ECPR	ECPR-VHICU-18	04-10-2018	V.1.2
				Pàgina: 2

1.- JUSTIFICACIÓ

L'aturada cardiorespiratòria (ACR) refractària al tractament convencional amb reanimació cardiopulmonar (RCP) té un pronòstic infaust. Varis estudis observacionals han mostrat que aquells pacients que no recuperen circulació espontània (RCE) després dels tres primers cicles de RCP tenen un risc de morir > 90% i que mes enllà dels 15-20 minuts de RCP les probabilitats d'obtenir RCE són pràcticament nul·les, especialment en aturades extrahospitalàries amb ritme no desfibrilable. La oxigenació per membrana extracorpòria (ECMO) en configuració veno-arterial es capaç de suprir les funcions cardíques i respiratòries i reperfondre el cervell i la resta d'òrgans inclòs si el cor no presenta batec. L'ús de l'ECMO en pacients en aturada cardiorespiratòria es coneix com a ressuscitació cardiopulmonar extracorpòria (ECPR). Les ultimes guies internacionals de RCP publicades l'any 2015 ja contemplen l'ús d'ECPR (Grau de recomanació IIb, Nivell d'evidència C). En pacients seleccionats, amb ACR refractària d'etologia cardíaca, l'ús de l'ECMO s'està estenent en varis centres punters a Europa, Amèrica del Nord, Àsia i Austràlia, oferint uns resultats esperançadors, amb supervivències a l'alta hospitalària amb bona situació neurològica al voltant del 30%, en ACR perllongades on la supervivència comparativa es del 0%, fet que fa plantejar aquesta teràpia com a rescat en casos seleccionats. A mes, l'ús d'ECMO també s'està estenent com a teràpia de perfusió d'òrgans en ACR que no respon al tractament convencional, amb l'objectiu de la donació d'òrgans, amb una logística molt similar a la necessària per a un programa d'ECPR, pel que un abordatge integral que inclogui ambdues opcions segons la situació clínica pot oferir les màximes opcions a aquells pacients en l'aturada cardiorespiratòria refractària.

2.- NIVELL D'EVIDÈNCIA

L'ECPR es factible i pot assolir una supervivència a l'alta hospitalària amb bona situació neurològica al voltant del 30% en pacients seleccionats, segons estudis observacionals publicats fins a la data. Les metànalsis d'aquests estudis mostren una millora significativa de la supervivència en ACR intrahospitalària al comparar ECPR versus RCP convencional, i una tendència a la millora de la supervivència en ACR extrahospitalària, sense arribar a ser significativa estadísticament. Les guies internacionals de RCP consideren l'ECPR amb grau de recomanació IIb, Nivell d'evidència C. No es garanteix la validesa d'aquest document un cop imprès. La versió vigent està disponible en format electrònic al servidor.

 Vall d'Hebron Hospital	PROTOCOL	CODI	DATA	VERSÍO
	PROTOCOL DE RESSUSCITACIÓ CARDIOPULMONAR EXTRACORPÒRIA EN ADULTS - ECPR	ECPR-VHICU-18	04-10-2018	V.1.2
				Pàgina: 3

3.- OBJECTIUS

L'objectiu d'aquest document es protocol·litzar l'actuació davant d'una aturada cardiorespiratòria intra o extrahospitalària refractària que es pugui beneficiar de rebre ECPR amb la finalitat d'estandarditzar la seva assistència dins de l'Hospital. Els objectius del protocol son:

Primari:

- Organitzar i establir un protocol de reanimació cardiopulmonar extracorpòria per a l'aturada cardiorespiratòria intra i extrahospitalària refractària de l'adult al nostre centre.

Secundaris:

- Establir els criteris de selecció dels pacients tributaris a rebre ECPR
- Precisar la logística necessària per a la seva implementació
- Millorar l'assistència a l'aturada cardiorespiratòria intrahospitalària.
- Millorar i establir criteris de RCP de qualitat durant la reanimació cardiopulmonar al nostre centre.
- Millorar l'aplicació de les cures postressuscitació i la valoració del pronòstic neurològic post aturada cardiorespiratòria al nostre centre.
- Integrar la ECPR i la donació en asistòlia no controlada (DANC) dins d'un mateix algoritme d'atenció integral a l'aturada cardíaca refractària en el nostre centre.

4.- DEFINICIONS

Segons l'Organització internacional de Suport Vital Extracorpori (ELSO) definim:

- **ECPR - Ressuscitació cardiopulmonar extracorpòria:** ús de l'ECMO veno-arterial que s'implanta durant la reanimació cardiopulmonar refractària per a restablir la perfisió i oxigenació del cervell i resta de teixits quan les tècniques de RCP convencionals no aconsegueix la recuperació de la circulació espontània.
- **DANC – Donació en asistòlia no controlada:** procés de conservació i donació d'òrgans en pacients que han sofert una mort sobtada i les maniobres de ressuscitació han estat infructuoses. Correspon a la classificació tipus II de Maastricht.
- **EISOR – extracoporeal interval suport for òrgan retrieval:** ús de l'ECMO VA per a la perfisió dels òrgans en donants en asistòlia en l'interval entre la declaració de la mort i la donació dels òrgans.

No es garanteix la validesa d'aquest document un cop imprès. La versió vigent està disponible en format electrònic al servidor.

 Vall d'Hebron Hospital	PROTOCOL	CODI	DATA	VERSÍO
	PROTOCOL DE RESSUSCITACIÓ CARDIOPULMONAR EXTRACORPÒRIA EN ADULTS - ECPR	ECPR-VHICU-18	04-10-2018	V.1.2
				Pàgina: 4

Dins de la definició d'ECPR no s'inclou l'ús d'ECMO VA per al suport hemodinàmic en pacients en xoc cardiogènic post ACR.

5.- POBLACIÓ - INDICACIONS

L'èxit d'un programa de ECPR depèn de la correcta selecció dels pacients als quals se'ls aplica aquesta tècnica, ja que la logística d'entrar en ECMO comporta que es tracta d'aturades cardiorespiratòries molt perllongades.

La població d'aquest protocol seran tots els pacients que pateixin una aturada cardiorespiratòria intra o extrahospitalària i que compleixin els següents criteris:

7.6.1 Criteris de selecció de pacients per a ECPR:

- Menors de 65 anys
- Sense comorbiditats severes (bona esperança de vida)

Que presentin:

- Aturada cardiorespiratòria (ACR) presenciada^a
- Temps entre l'aturada i l'inici de maniobres de RCP < 5 minuts^a
- Ritme elèctric inicial^a (Fibril·lació Ventricular, Taquicàrdia Ventricular o Activitat elèctrica sense pols)
- Causa d'ACR reversible (IAM, aritmia, TEP, intoxicació, hipotèrmia^a etc)
- Absència de recuperació de circulació espontània en 15 minuts d'RCP convencional.
- Possibilitat d'estar en ECMO en <60 minuts^{a,b} des del moment de l'ACR

^aLes ACR causades per hipotèrmia accidental tindran indicació d'ECPR independentment del ritme inicial, temps sense RCP inicial i del temps d'aturada transcorregut fins a entrar en ECMO.

^bSerà necessari individualitzar la decisió en cada cas, podent ser mes perllongat el temps en casos en que s'observin signes de bon pronòstic neurològic durant les maniobres de RCP:

- Presència de signes de vida: respiracions agòniques, resposta pupilar, moviments espontanis.
- EtCO₂ mantingut > 10mmHg durant la reanimació
- Possibilitat d'ús de Cardiocompressor durant la RCP

No es garanteix la validesa d'aquest document un cop imprès. La versió vigent està disponible en format electrònic al servidor.

 Vall d'Hebron Hospital	PROTOCOL	CODI	DATA	VERSIÓ
	PROTOCOL DE RESSUSCITACIÓ CARDIOPULMONAR EXTRACORPÒRIA EN ADULTS - ECPR	ECPR-VHICU-18	04-10-2018	V.1.2
				Pàgina: 5

7.6.1 Contraindicacions absolutes:

- a. Pacients d'edat avançada
- b. Pacients amb comorbiditats greus i poca esperança de vida
- c. Aturada cardiorespiratòria no presenciada^a
- d. Temps entre ACR i inici d'RCP > 10 minuts^a
- e. Ritme inicial asistòlia i/o asistòlia mantinguda durant les maniobres de RCP^a
- f. Impossibilitat de mantenir RCP de qualitat durant la durada de l'aturada
- g. Impossibilitat d'estar en ECMO en <90 minuts des de l'ACR^a

^a Excepte en casos d'ACR per hipotèrmia accidental

INDICACIONS ECPR

- ✓ Aturada cardiorespiratòria presenciada amb sospita de causa reversible (IAM, aritmia primària o secundària, TEP, intoxicació, hipotèrmia etc)
- ✓ Absència de recuperació de circulació espontània en > 15min de RCP
- ✓ < 65 anys
- ✓ Absència de comorbiditats importants
- ✓ Temps entre ACR i inici maniobres RCP < 5 minuts
- ✓ Presència de ritme elèctric inicial (FV/TV/AESP)
- ✓ Possibilitat d'estar en ECMO en < 60min des del moment de l'aturada

***A valorar de la RCP com a criteris de bon pronòstic neurològic que reforcen indicació ECPR:**

- Presència de signes de vida durant la reanimació (respiracions agòniques, resposta pupilar, moviments espontanis)
- EtCO₂ > 10mmHg durant RCP
- RCP d'alta qualitat
- Compressions toràciques amb cardiocompressor mecànic (LUCAS; AutoPulse)
- Hipotèrmia accidental (sense límit en temps entre ACR i implantació ECMO)

Contraindicacions absolutes:

- ACR no presenciada^a
- Ritme inicial asistòlia^a
- Temps entre ACR i inici maniobres > 10 minuts^a
- Pacient amb comorbiditats i poca esperança de vida
- RCP de baixa qualitat
- Impossibilitat d'inici ECMO en < de 90 minuts des d'ACR^a

^a excepte en casos d'hipotèrmia accidental

No es garanteix la validesa d'aquest document un cop imprès. La versió vigent està disponible en format electrònic al servidor.

 Vall d'Hebron Hospital	PROTOCOL	CODI	DATA	VERSIÓ
	PROTOCOL DE RESSUSCITACIÓ CARDIOPULMONAR EXTRACORPÒRIA EN ADULTS - ECPR	ECPR-VHICU-18	04-10-2018	V.1.2
				Pàgina: 6

6.- PERSONAL, ROLS I FUNCIONS

El protocol i procediment de reanimació cardiopulmonar extracorpòria es un afegit a l'equip de reanimació cardiopulmonar intrahospitalària del nostre centre. Des de la decisió d'entrar en ECMO, durant la tècnica de canulació i fins a l'entrada en ECMO l'equip estarà dividit en dues parts, un encarregat de la reanimació cardiopulmonar que serà l'equip responsable d'aquesta en la situació habitual (UCI/Cardiologia/Urgències) i l'altre de l'ECMO. En aquest apartat es pretén definir el mínim de personal necessari, el responsable de cada rol dins de l'equip i delimitar les seves funcions. Basats en les recomanacions internacionals en RCP, per a la reanimació cardiopulmonar s'han definit 5 rols i per a la ECPR 4 rols mes, tots ells coordinats per un team leader:

Equip inicial RCP:

- **COORDINADOR REANIMACIÓ (Metge Adjunt o Resident Gran UCI/Cardiologia/Urgències):** encarregat de la coordinació de l'equip d'aturades. S'encarrega d'iniciar i coordinar el suport vital avançat, donar feed-back a la resta d'integrants i controlar les actuacions. Encarregat d'identificar els pacients candidats a ECPR.
- **VIA AÈRIA (metge):** encarregat del control de la via aèria, intubació i ventilació manual o mecànica durant les maniobres de RCP.
- **MEDICACIÓ (infermer):** encarregat del control de la medicació. Càrrega, preparació i administració. Encarregat del control del temps durant els cicles de RCP i d'apuntar intervencions.
- **COMPRESIONS (metge o infermer):** s'encarregarà de realitzar compressions toràciques de qualitat durant la durada de la RCP i fins a col·locar cardiocompressor toràctic si s'indica. S'alternarà c/2 minuts amb l'encarregat de monitor-desfibrilador fins a que s'hagi col·locat el cardiocompressor mecànic.
- **MONITOR-DESFIBRILADOR (metge o infermer):** control del monitor i administració de les descàrregues quan estiguin indicades. S'alternarà amb l'encarregat de compressions c/2 min fins a la col·locació del cardiocompressor.

No es garanteix la validesa d'aquest document un cop imprès. La versió vigent està disponible en format electrònic al servidor.

 Vall d'Hebron Hospital	PROTOCOL	CODI	DATA	VERSIÓ
	PROTOCOL DE RESSUSCITACIÓ CARDIOPULMONAR EXTRACORPÒRIA EN ADULTS - ECPR	ECPR-VHICU-18	04-10-2018	V.1.2
				Pàgina: 7

Equip d'ECMO

- **METGE ECMO (metge de guàrdia d'ECMO UCI)**: coordinarà estratègia de canulació i l'inici de la teràpia d'ECMO.
- **CANULACIÓ 1 (metge de guàrdia d'ECMO UCI o cardiòleg hemodinamista o cirurgià cardíac)**: responsable de realitzar el procediment de canulació, amb l'ajut de l'ajudant de canulació i l'infermer d'ECMO.
- **CANULACIÓ 2 (metge o infermer)**: ajudarà al responsable de la canulació amb el procediment.
- **ECMO SPECIALIST (infermer d'ECMO)**: s'encarregarà de preparació de la consola d'ECMO i donarà suport al metge d'ECMO en el procés de canulació.

Tot l'equip:

- **TEAM LEADER de l'equip (Metge Adjunt de l'equip interdisciplinari d'ECMO Intensius/Cardiologia)**: confirmarà o no la indicació d'ECPR i en cas de candidat a ECMO serà el màxim responsable del pacient i de coordinar tot l'equip. Avisarà a la coordinació de trasplantaments per a la valoració del pacient com a potencial donant d'òrgans.

Durant l'assistència a l'aturada cardiorespiratòria els rols i papers dels diferents integrants de l'equip podran ser transferits entre una o altra persona sempre i quant això no suposi una pèrdua de rols i es mantingui un ordre amb les funcions clares. La persona que realitzarà cada rol dependrà del lloc on es trobi l'aturada cardíaca. Alguns rols podran ser assumits per una mateixa persona en funció de la situació i del personal present durant l'assistència (per exemple, podran compartir-se els rols de Metge d'ECMO i metge de canulació o els de Metge d'ECMO i Team Leader).

Un cop el pacient entra en ECMO i es comprova un flux de sang efectiu, l'equip d'ECMO passa a ser el responsable màxim del pacient i l'encarregat de coordinar tota l'assistència.

Aquests rols queden explicats i resumits a la Taula de Rols d'ECPR (Documents Annexos)

No es garanteix la validesa d'aquest document un cop imprès. La versió vigent està disponible en format electrònic al servidor.

 Vall d'Hebron Hospital	PROTOCOL	CODI	DATA	VERSIÓ
	PROTOCOL DE RESSUSCITACIÓ CARDIOPULMONAR EXTRACORPÒRIA EN ADULTS - ECPR	ECPR-VHICU-18	04-10-2018	V.1.2
				Pàgina: 8

7.- PROCEDIMENT D'INICI D'ECPR

7.1 Indicació teràpia i activació de l'equip en ACR intrahospitalària:

El protocol de reanimació cardiopulmonar extracorpòria en l'aturada cardíaca intrahospitalària s'inicia quan l'equip de reanimació cardiopulmonar intrahospitalària, l'equip de cardiologia a hemodinàmica/UCC/planta, l'equip del servei d'urgències o el d'anestesiologia detectin un pacient que presenta una aturada cardiorespiratòria que no recupera circulació espontània en els primers 5 minuts i que compleix criteris per a ser candidat a ECPR.

En aquest cas cal avisar a la guàrdia d'UCI, de Cardiologia i a la Coordinació de Trasplantaments on un adjunt –adjunt de guàrdia d'ECMO o en cas d'estar localitzable adjunt en presència amb suport telefònic de l'adjunt d'ECMO- aniran a valorar la situació. En aquest punt poden succeir 3 escenaris:

- **Pacient NO candidat a ECPR:** es prosseguirà amb la reanimació cardiopulmonar convencional in situ fins a la recuperació de la circulació espontània o a la finalització de la reanimació declarant al pacient exitus.
- **Pacient NO candidat a ECPR però candidat a DANC:** es prosseguiran les maniobres de RCP in situ i, en cas de no obtenir la recuperació de la circulació espontània, es procedirà amb Coordinació de Trasplantaments segons el protocol de donació en asistòlia no controlada.
- **Pacient candidat a ECPR:** es prosseguiran les maniobres de reanimació cardiopulmonar avançada, realitzant una RCP d'alta qualitat, com a mínim durant 15 minuts in situ amb l'objectiu d'obtenir la recuperació de la circulació espontània. En aquests minuts:
 - Es començarà a organitzar l'equip d'ECPR.
 - L'adjunt d'ECMO en cas d'estar localitzable es desplaçarà cap a l'Hospital.
 - El servei de Cardiologia activarà l'equip d'hemodinàmica cardíaca en cas de que es consideri indicat segons la sospita etiològica de l'aturada.
 - S'avisarà a la guàrdia de Cirurgia Cardíaca per a suport durant el procediment de canulació.

No es garanteix la validesa d'aquest document un cop imprès. La versió vigent està disponible en format electrònic al servidor.

 Vall d'Hebron Hospital	PROTOCOL	CODI	DATA	VERSIÓ
	PROTOCOL DE RESSUSCITACIÓ CARDIOPULMONAR EXTRACORPÒRIA EN ADULTS - ECPR	ECPR-VHICU-18	04-10-2018	V.1.2
				Pàgina: 9

7.2 Indicació teràpia i activació de l'equip en ACR extrahospitalària:

El protocol de reanimació cardiopulmonar extracorpòria en l'aturada cardíaca extrahospitalària s'inicia quan l'equip del SEM identifica un pacient que compleix criteris d'ECPR (menor de 65 anys, sense comorbilitats greus, que presenta una aturada cardiorespiratòria presenciada que no recupera circulació espontània) i preavisa a l'Hospital de que el trasllada al nostre centre. En aquest cas cal avisar a la guàrdia de Cardiologia per a valorar si necessita alguna actuació cardiològica emergent (coronariografia –activació equip d'hemodinàmica cardíaca-, marcapàs, pericardiocentesi...), a la Guàrdia d'UCI-ECMO –adjunt de guàrdia d'ECMO o en cas d'estar localitzable adjunt en presència amb suport telefònic de l'adjunt d'ECMO- i a la Coordinació de Trasplantaments. Es realitzarà una valoració conjunta sobre la indicació d'ECPR. L'adjunt de guàrdia d'ECMO s'activarà i acudirà cap a l'hospital en cas d'estar localitzable. En aquest punt poden succeir 3 escenaris quan el pacient:

- **Pacient NO candidat a ECPR:** es prosseguirà amb la reanimació cardiopulmonar convencional fins a la recuperació de la circulació espontània o a la finalització de la reanimació declarant al pacient exitus.
- **Pacient NO candidat a ECPR però candidat a Donació en Asistòlia no Controlada:** es prosseguiran les maniobres de RCP i es procedirà amb Coordinació de Trasplantaments segons el protocol de donació no controlada.
- **Pacient candidat a ECPR:** es prosseguiran les maniobres de reanimació cardiopulmonar avançada i s'iniciarà procediment d'ECPR (igual que en intrahospitalària).

7.3 Manteniment de la perfusió cerebral fins a l'inici d'ECPR: RCP d'alta qualitat.

Donat que els pacients que requereixen ECPR reben RCP durant un temps perllongat es essencial garantir una RCP de màxima qualitat per a mantenir la perfusió cerebral i així poder aconseguir la màxima proporció de pacients que es recuperin amb bona situació neurològica.

Així, garantir una RCP d'alta qualitat suposa mantenir:

- Compressions toràciques contínues a **100-120 per minut**
- Profunditat de les compressions toràciques de **5-6cm**

No es garanteix la validesa d'aquest document un cop imprès. La versió vigent està disponible en format electrònic al servidor.

 Vall d'Hebron Hospital	PROTOCOL	CODI	DATA	VERSIÓ
	PROTOCOL DE RESSUSCITACIÓ CARDIOPULMONAR EXTRACORPÒRIA EN ADULTS - ECPR	ECPR-VHICU-18	04-10-2018	V.1.2
				Pàgina: 10

- Una **fracció de compressions** ideal > 80% del temps de RCP → reduir al màxim el temps sense compressions a les comprovacions de ritme, desfibril·lacions o altres procediments.
- **Descomprimir** completament el tòrax després de cada compressió
- Realitzar **10 ventilacions** per minut d'1 segon de duració cadascuna amb FiO₂ de 1.

A mes d'aquestes intervencions, si es possible realitzarem:

- Monitorització d'**EtCO₂** durant l'RCP. Els valors d'EtCO₂ es relacionen amb el cabal cardíac i la perfusió obtinguda durant les compressions toràciques. En cas de valors baixos caldrà millorar velocitat/profunditat de les compressions o modificar posició de les mans. Valors d'EtCO₂ mantinguts per sota de 10mmHg es relacionen amb mal pronòstic neurològic durant la RCP. Intentar aconseguir EtCO₂ > 20mmHg.
- **Ecocardiografia** per a descartar causes reversibles d'ACR i valorar contractilitat cardíaca. També pot ser útil per a valorar l'efectivitat de les compressions toràciques, sempre i quant no interrompi les mateixes i faci disminuir la fracció de compressions.
- Col·locació de **Cardiocompressor toràctic LUCAS^{R3}**, que permetrà mantenir unes compressions de qualitat durant un temps perllongat o durant el trasllat del pacient si fos necessari.
- Si es disposa de **catèter arterial** amb monitorització de la pressió arterial invasiva, hauríem de guiar les compressions i l'administració de vasopressors per a obtenir la millor TA possible. L'objectiu hauria de ser obtenir una pressió arterial diastòlica > 25mmHg i una pressió de perfusió coronària (PPC= TAD – PVC) > 20mmHg.
- **Gasometria arterial** o venosa per a correcció dels desequilibris hidroelectrolítics i del equilibri acido-base si s'escau

7.4 Inici de l'ECPR

7.6.1 Lloc de canulació i inici ECMO

Un cop tinguem un pacient amb indicació d'ECPR i l'equip estigui activat, el primer punt es decidir el lloc on es procedirà a la canulació i l'inici de l'ECMO. En aquest context definim dues situacions:

Aturada cardiorespiratòria intrahospitalària: Definim 3 opcions de mes a menys òptimes:

No es garanteix la validesa d'aquest document un cop imprès. La versió vigent està disponible en format electrònic al servidor.

 Vall d'Hebron Hospital	PROTOCOL	CODI	DATA	VERSIÓ
	PROTOCOL DE RESSUSCITACIÓ CARDIOPULMONAR EXTRACORPÒRIA EN ADULTS - ECPR	ECPR-VHICU-18	04-10-2018	V.1.2
				Pàgina: 11

- Sala d'Hemodinàmica:** si l'equip de cardiologia intervencionista està present o a punt d'arribar, d'acord amb cardiologia, la primera opció serà traslladar el pacient a la sala d'hemodinàmica mantenint la RCP de qualitat amb LUCAS^R i procedir a la canulació guiada per escopia a la mateixa sala. En aquest cas la figura de metge responsable cannulació recaurà en el cardiòleg intervencionista o cirurgià cardíac, amb tot el suport de l'equip d'ECMO de la UCI i dels cardiòlegs clínics.
- Unitat de Cures Intensives:** en cas de no ser possible trasllat a hemodinàmica, es traslladarà al pacient a un Box específic a la UCI mantenint la RCP de qualitat amb LUCAS^R fins a la i es precedirà a la cannulació a la Unitat de Cures Intensives. En aquest cas la figura de metge responsable cannulació recaurà en l'intensivista amb el suport de cirurgia cardíaca.
- In situ:** en cas de que el pacient no sigui traslladable o que no es disposi d'espai per a poder realitzar la canulació a hemodinàmica/UCI, es realitzarà la canulació in situ al lloc on es trobi el pacient. En aquest cas la figura de metge responsable cannulació recaurà en l'intensivista amb el suport de cirurgia cardíaca.

Aturada cardiorespiratòria extrahospitalària: Definim 2 opcions de mes a menys òptimes:

- Sala d'Hemodinàmica:** si l'equip de cardiologia intervencionista està present o a punt d'arribar, sempre d'acord amb cardiologia, el pacient serà traslladat pel SEM directament a la sala d'hemodinàmica mantenint la RCP de qualitat amb LUCAS^R i procedir a la canulació guiada per escopia a la mateixa sala. En aquest cas la figura de metge responsable cannulació recaurà en el cardiòleg intervencionista o cirurgià cardíac, amb tot el suport de l'equip d'ECMO de la UCI i dels cardiòlegs clínics.
- Unitat de Cures Intensives:** en cas de no ser possible trasllat a hemodinàmica, el pacient serà traslladat pel SEM directament a un Box específic a la UCI mantenint la RCP de qualitat amb LUCAS^R fins a la i es precedirà a la cannulació a la Unitat de Cures Intensives. En aquest cas la figura de metge responsable cannulació recaurà en l'intensivista amb el suport de cirurgia cardíaca.

Un cop decidit on realitzar la canulació en funció de la situació, es procedirà a organitzar l'equip en dos:

- Equip SVA:** prosseguirà amb les maniobres de reanimació cardiopulmonar

No es garanteix la validesa d'aquest document un cop imprès. La versió vigent està disponible en format electrònic al servidor.

 Vall d'Hebron Hospital	PROTOCOL	CODI	DATA	VERSIÓ
	PROTOCOL DE RESSUSCITACIÓ CARDIOPULMONAR EXTRACORPÒRIA EN ADULTS - ECPR	ECPR-VHICU-18	04-10-2018	V.1.2
				Pàgina: 12

2. **Equip ECPR:** iniciarà el procediment de canulació per a entrar en ECPR
- **Team Leader:** coordinarà tot el procés.

7.6.1 Manteniment de les maniobres de RCP durant la canulació:

Per altra banda, un cop la decisió d'iniciar ECPR estigui presa la reanimació cardiopulmonar ha d'anar enfocada a mantenir la perfisió cerebral, no a obtenir la recuperació de la circulació espontània, que s'obtindrà al iniciar el flux d'ECMO. Així, quan s'iniciï la canulació, sempre i quan s'hagin realitzat 20 minuts de reanimació cardiopulmonar convencional, les nostres intervencions seran:

- Mantenir compressions toràciques continues amb cardiocompressor, sense fer pauses per a comprovar ritme.
- No s'administrarà mes adrenalina (intentar limitar a 5mg en total la dosi administrada, corresponent a 1mg c/4min fins a uns 20 minuts de SVA)
- Valorar si es necessari aturar compressions per a desfibrilar o no. Si la desfibril·lació no ha estat efectiva fins a aquest moment es molt poc probable que ara ho sigui amb el que es raonable no desfibrilar mes fins a estar en ECMO.

7.5 Material per a inici ECPR

En funció del lloc on es procedeixi a canular al pacient, caldrà agafar un o altre material per a iniciar l'ECPR. Amb l'objectiu de no obrir res i de disminuir els temps de resposta a l'hora d'iniciar un cas d'ECPR s'haurà de portar fins al lloc on es vagi a realitzar el procediment:

- 1) **Carro + Consola CardioHelp purgada**
- 2) **Carro d'ECMO**
- 3) **Bossa de cànules per a ECPR**
- 4) **Ecògraf amb sonda lineal per a vascular i d'ecocardio** (ja pot estar present al lloc on es vagi a realitzar la canulació)

Si la canulació es va a realitzar a un lloc no previst i on sigui difícil arribar amb els carros (per exemple, Àrea materno-infantil o Àrea de Traumatología), s'utilitzarà el material ja preparat per al transport interhospitalari de pacients amb ECMO:

No es garanteix la validesa d'aquest document un cop imprès. La versió vigent està disponible en format electrònic al servidor.

 Vall d'Hebron Hospital	PROTOCOL	CODI	DATA	VERSIÓ
	PROTOCOL DE RESSUSCITACIÓ CARDIOPULMONAR EXTRACORPÒRIA EN ADULTS - ECPR	ECPR-VHICU-18	04-10-2018	V.1.2
				Pàgina: 13

- 1) **Maleta Canulació + Hemochron i fungibles:** conté tot el material necessari per a la canulació.
- 2) **Bossa de cànules**
- 3) **Consola CardioHelp purgada**
- 4) **Ecògraf amb sonda lineal per a vascular i d'ecocardio** (ja pot estar present al lloc on es vagi a realitzar la canulació)

7.6 Procediment de Canulació

La tècnica de canulació d'elecció en els casos d'ECPR serà la **canulació VA femoro-femoral percutània ipsilateral ecoguiada**. Aquesta tècnica només requereix d'un camp quirúrgic en una engonal i disminueix el risc de canulació accidental veno-venosa o arterio-arterial respecte a la canulació contralateral.

Les cànules d'elecció per defecte seran:

- Cànula retorn arterial de 15-17Fr i 15cm
- Cànula de drenatge venosa de 23-25Fr i 55cm multiperforada

Quan es decideixi iniciar el procediment de canulació, i mentre es continua en tot moment amb la reanimació es realitzarà pas per pas:

- 1) Valoració ecogràfica ràpida d'ambdues engonals. Si tots els vasos son accessibles i canulables, canulació femoral dreta d'elecció. Si es realitza canulació contra lateral, drenatge dret i retorn esquerre sempre i quant sigui possible.
- 2) Preparació del camp quirúrgic, vestit estèril del metge que canularà, rentat d'ambdues engonals i col·locació de talla gran tipus llençol que cobreixi fins al cardiocompressor.
- 3) Preparació d'ecògraf amb funda estèril
- 4) Punció ecoguiada de l'artèria femoral i col·locació de guia metàl·lica d'ECMO de 150cm
- 5) Punció ecoguiada de la vena femoral i col·locació de guia metàl·lica d'ECMO de 150cm.
- 6) Comprovació ecogràfica de que ambdues guies estan a vasos diferents (arteria-vena)
- 7) Administració de bolus de 100U/kg d'Heparina ev al pacient.

No es garanteix la validesa d'aquest document un cop imprès. La versió vigent està disponible en format electrònic al servidor.

 Vall d'Hebron Hospital	PROTOCOL	CODI	DATA	VERSIÓ
	PROTOCOL DE RESSUSCITACIÓ CARDIOPULMONAR EXTRACORPÒRIA EN ADULTS - ECPR	ECPR-VHICU-18	04-10-2018	V.1.2
				Pàgina: 14

- 8) 1 Dilatació arterial de 14Fr i col·locació de cànula arterial femoral. Deixar clampada.
- 9) Dilatació de la vea femoral i col·locació de cànula venosa de drenatge. Un cop introduïts tots els orificis multiperforats de la cànula, retirar parcialment guia blanca interna pel risc perforació cardíaca i acabar d'introduir fins a deixar extrem a aurícula dreta/cava superior. Deixar clampada.
- 10) Entrada en ECMO VA perifèric
- 11) Comprovació ecogràfica de l'extrem de la cànula de drenatge venós i modificació de la seva posició si es necessari.
- 12) Col·locació de catèter de perfusió distal a l'artèria femoral superficial si possible.
- 13) Fixació de les cànules.

Altres consideracions:

- Es essencial realitzar una canulació ecoguiada i comprovar la correcta posició de les cànules així com revisar que entren al vas que es vol canular. S'ha de ser conscient que durant la reanimació cardiopulmonar la sang arterial i venosa tenen el mateix color de sang desoxigenada i que, donades les compressions, la sang venosa pot ser pulsatil
- En cas de que el metge que ha de realitzar la canulació es trobés de camí (guàrdia localitzable), un dels adjunts d'UCI s'encarregaria de la part inicial de la canulació, realitzant els punts 1-2-3. Posteriorment es col·locarien dos introductors de 6-8Fr ecoguiats un a l'artèria i l'altre a la vena femoral ipsilaterals i es comprovaria ecogràficament que es troben a vasos diferents. Un cop l'equip es trobi complert, es passen les guies de 150cm a artèria i vena respectivament, es retiren introductors i es prossegueix amb el punt 7.
- Si hi ha problemes amb la canulació de l'artèria o la vena, el canvi d'estratègia cap a una canulació contralateral (vena i artèria a diferents cames) es possible i factible.
- Si la canulació no fos possible per problemes tècnics s'atura el procediment i es segueix amb RCP convencional fins a recuperació, ser el pacient èxit o activant el protocol de donació en asistòlia no controlada si està indicat.
- Si no es possible col·locar la cànula de reperfusió distal femoral ecoguiada en un segon temps per part de l'equip que fa la canulació, es pot intentar col·locar un catèter arterial tibial

No es garanteix la validesa d'aquest document un cop imprès. La versió vigent està disponible en format electrònic al servidor.

 Vall d'Hebron Hospital	PROTOCOL	CODI	DATA	VERSIÓ
	PROTOCOL DE RESSUSCITACIÓ CARDIOPULMONAR EXTRACORPÒRIA EN ADULTS - ECPR	ECPR-VHICU-18	04-10-2018	V.1.2
				Pàgina: 15

posterior o pedi per al mateix ús o si no es possible, contactarà amb cirurgia vascular o cardíaca per a la col·locació quirúrgica de la mateixa.

En cas de que el procediment de canulació es realitzi a hemodinàmica, la tècnica de canulació serà la **canulació VA femoro-femoral percutània ipsilateral ecoguiada** descrita però la col·locació de les cànules serà també guiada per escopia. En cas de que el procediment sigui realitzat per cirurgia cardíaca, la tècnica d'elecció serà la **canulació VA femoro-femoral percutània ipsilateral semioberta**, amb dissecció de vasos femorals i canulació per tècnica de Seldinger segons les indicacions del cirurgià cardíac.

7.6 Preparació consola

Mentre es prepara i realitza la canulació l'infermer ECMO specialist revisarà i prepararà el circuit utilitzant per a tot el procediment el circuit i consola purgats que estan al magatzem d'ECMO:

- Conectar consola a la corrent
- Conectar oxigen i aire medicinal.
- Conectar engegar escalfador (per defecte a 33°C)
- Desclampar circuit
- Engegar consola i posar a recircular a 2000rpm per a eliminar bombolles
- Encendre sweep gas a 1L i FiO₂ 0.5.

Cal recordar la necessitat d'administrar el bolus d'heparina (punt 7 del procediment de canulació) i profilaxis antibiòtica amb Vancomicina/Daptomicina.

Un cop la canulació estigué feta, es procedirà a l'entrada en ECMO.

L'infermer s'encarregarà del control de la màquina i controls derivats (ACT, gasometries).

8.- MANEIG INICIAL DEL PACIENT EN ECPR

Un cop s'inicia l'ECMO i s'aconsegueix un flux de sang efectiu i estable (aproximadament 3-4 litres per minut en adult estàndard o PAM >55mmHg si es disposa de catèter arterial) es considera que l'aturada cardiorespiratòria ha finalitzat i que s'assoleix la perfusió dels òrgans, amb el que S'ATUREN LES MANIOBRES DE REANIMACIÓ cardiopulmonar convencionals.

No es garanteix la validesa d'aquest document un cop imprès. La versió vigent està disponible en format electrònic al servidor.

 Vall d'Hebron Hospital	PROTOCOL	CODI	DATA	VERSIÓ
	PROTOCOL DE RESSUSCITACIÓ CARDIOPULMONAR EXTRACORPÒRIA EN ADULTS - ECPR	ECPR-VHICU-18	04-10-2018	V.1.2
				Pàgina: 16

La recuperació de la circulació espontània (RCE) es un procés que de manera normal, quan es realitza RCP convencional, es produeix gradualment. Al començar a recuperar el batec cardíac, s'inicia un flux de sang que, juntament amb les compressions toràciques, millora la perfusió de tot l'organisme. En el moment en que hi ha pols palpable, es considera que s'ha obtingut la RCE i s'atura la RCP, tot i que això no significa que el pacient estigui hemodinàmicament estable. De fet, el mes probable en context d'una RCP perllongada es que el pacient es trobi inestable en una situació de xoc mixte –cardiogènic i distributiu, l'anomenat síndrome post aturada cardíaca- i hi hauran alteracions severes en la homeòstasi de l'organisme, trobant-se el pacient en una situació d'acidosi mixta severa a mes d'hipoxèmic. L'ECMO es capaç de revertir la hipoperfusió de manera sobtada i brusca, fet que s'està hipotitzant que podria empitjorar el dany per isquèmia-reperfusió als diferents òrgans però sobretot al cervell. Es per tot això que prendrem unes recomanacions al iniciar la teràpia d'ECMO en malalts en aturada cardiorespiratòria.

8.1 Entrada en ECMO

De manera general sempre s'iniciarà la teràpia amb la següent pauta:

- Sweep gas d'1L
- FiO₂ del sweep gas de 0.5
- Iniciar flux de sang i incrementar-lo fins a 3-4L.
- Escalfador amb aigua a 33°C.

Aquestes mesures tenen com a objectiu inicial no aportar de forma sobtada gran quantitat de sang molt oxigenada al cervell, ja que la hiperoxia s'ha relacionat amb pitjor pronòstic neurològic així com tampoc provocar una reducció ràpida de la pCO₂, cosa que també podria tenir efectes negatius en la circulació cerebral disminuint el flux sanguini cerebral.

8.2 Estabilització inicial del pacient

En ECMO, l'objectiu inicial serà estabilitzar al pacient assegurant la perfusió cerebral i corregint de forma progressiva l'equilibri acidobase i l'oxigenació. Això permetrà en la majoria del casos recuperar un ritme cardíac efectiu si el pacient no el té en aquest moment. Per sistemes farem:

No es garanteix la validesa d'aquest document un cop imprès. La versió vigent està disponible en format electrònic al servidor.

 Vall d'Hebron Hospital	PROTOCOL	CODI	DATA	VERSIÓ
	PROTOCOL DE RESSUSCITACIÓ CARDIOPULMONAR EXTRACORPÒRIA EN ADULTS - ECPR	ECPR-VHICU-18	04-10-2018	V.1.2
				Pàgina: 17

- **HEMODINÀMICA:** tant aviat com sigui possible es col·locarà un catèter arterial, sent el d'elecció si es possible el radial dret ecoguiat (el pacient no tindrà pols palpable). Un cop es tingui monitoritzada la pressió arterial sistèmica intentarem obtenir una TAM > 65mmHg mitjançant:
 - Incrementar flux de sang d'ECMO
 - Perfusion de Noradrenalina
- **RITME ELÈCTRIC:** si el pacient es troba en ritme desfibrilable (FV/TVSP) esperarem 3-5 minuts mínim fins a un nou intent de desfibril·lació. Si la desfibril·lació no es efectiva esperarem mes, fins a la correcció del desequilibri acido-base i electrolític. Sempre que el pacient es trobi en ritme de Taquicàrdia Ventricular caldrà fer ECG de 12 derivacions. Pot ser raonable realitzar 2-4 minuts de compressions toràciques abans d'un nou intent de desfibril·lació amb l'objectiu de buidar el ventricle esquerre amb les compressions. En casos d'hipotèmia accidental, s'esperarà a aplicar nova descàrrega a superar els 30°C
- **RESPIRATORI:** iniciarem ventilació mecànica invasiva protectora:
 - Pressió Control amb pressió inspiratoria 10-15cmH₂O o Volum control amb un volum corrent de 6mL/kg de pes ideal
 - Frecuència Respiratoria 10-15rpm
 - FiO₂ mínima inicial de 0.5-0.6
 - PEEP 5-10 cmH₂O
 Es modificarà progressivament el sweep gas flow i la seva FiO₂ en funció de les gasometries que es vagin obtenint. Important no deixar col·lapsar el pulmó.
- **NEUROLÒGIC:** donat que el cervell començarà a estar ben perfós en aquest moment, serà imprescindible iniciar sedoanalgesia com a primera mesura de neuroprotecció. Si hemodinàmicament es tolera, l'ideal es utilitzar fàrmacs de vida mitja curta (d'elecció Propofol i Remifentanil). Col·locar NIRS tan aviat com sigui possible i ajustar FiO₂ del sweep gas per a obtenir valors normals (50-70%). Cal evitar la hipeoròxia cerebral. Es farà TTM a tots els malalts (idealment a 33°C).
- **INFECCIÓS:** profilaxis antibiòtica per l'ECMO segons protocol. S'iniciaràn altres antibiòtics segons la decisió clínica dels facultatius. En tots el casos també s'iniciarà

No es garanteix la validesa d'aquest document un cop imprès. La versió vigent està disponible en format electrònic al servidor.

 Vall d'Hebron Hospital	PROTOCOL	CODI	DATA	VERSIÓ
	PROTOCOL DE RESSUSCITACIÓ CARDIOPULMONAR EXTRACORPÒRIA EN ADULTS - ECPR	ECPR-VHICU-18	04-10-2018	V.1.2
				Pàgina: 18

tractament antibòtic per al tractament de la pneumònia broncoaspirativa (d'elecció Amoxicilina/Clavulànic 2g/8h).

8.3 Asistòlia mantinguda

En cas de que, un cop s'estabilitzi el pacient amb l'ECMO i es corregeixin alteracions com la hipotèrmia i la acidosis metabòlica severa, el pacient es mantingui en asistòlia sense presentar cap signe de recuperació, es considerà com a absència de la recuperació de la circulació espontània i es contactarà amb el Coordinador de Trasplantaments per a valorar la inclusió del pacient dins del protocol de donació en asistòlia no controlada. En aquest cas es mantindrà l'ECMO per a mantenir la perfusió dels òrgans abdominals i es col·locarà un catèter per a l'oclosió aòrtica a l'artèria femoral contra lateral (veure protocol donació en asistòlia no controlada).

9.- TRACTAMENT ETIOLÒGIC DE L'ATURADA

Iniciada l'estabilització inicial o mentre aquesta s'està duent a terme, es important realitzar un diagnòstic i tractament de la causa de l'aturada cardíaca del pacient. Pel perfil de pacient tributari d'ECPR la majoria d'aturades tindran una etiologia cardíaca. En funció de la sospita es decidirà en un o altre ordre:

- **Coronariografia percutània:** en cas de sospita de cardiopatia isquèmica, tot pacient ha de ser valorat pel Servei de Cardiologia que indicarà la coronariografia. Recordar que l'ECG pot ser inespecífic post PCR.
- **AngioTC toràcic:** en cas de sospita de TEP. Si es confirma el TEP, s'haurà de valorar l'actitud expectant amb anticoagulació sistèmica vs la realització de trombectomia mecànica. El tractament fibrinolític estarà contraindicat en els pacients en ECMO, però la administració de fibrinolític durant la RCP prèvi a l'inici d'ECMO no contraindica l'ECPR.
- **BodyTC:** si es desconeix etiologia i no hi ha sospita clara o si es sospiten lesions neurològiques.

Un cop realitzat el tractament o les proves complementàries que es considerin oportunes, el pacient ingressarà a Unitat de Cures Intensives seguint el protocol d'ECMO.

No es garanteix la validesa d'aquest document un cop imprès. La versió vigent està disponible en format electrònic al servidor.

 Vall d'Hebron Hospital	PROTOCOL	CODI	DATA	VERSIÓ
	PROTOCOL DE RESSUSCITACIÓ CARDIOPULMONAR EXTRACORPÒRIA EN ADULTS - ECPR	ECPR-VHICU-18	04-10-2018	V.1.2
				Pàgina: 19

10.- CURES POSTRESSUSCITACIÓ

Les cures postressuscitació en pacients sotmesos a ECPR no disten en general d'un pacient recuperat d'una aturada cardiorespiratòria amb RCP convencional, amb l'objectiu de protegir el cervell per a aconseguir una màxima recuperació neurològica i basades en sedació, control de la temperatura, evitar i tractar les convulsions i mantenir la normoxigenació, la normocàpnia i una tensió arterial mitja propera als valors habituals del pacient. Per a aconseguir aquests objectius comptarem, a diferència d'un pacient convencional, amb el circuit i la consola d'ECMO que ens permetran suportar aquestes funcions.

Donades les capacitats en oxigenació i rentat de l'ECMO cal destacar com a particularitats en aquests pacients la importància de:

- Evitar la hiperoxigenació. Utilitzar NIRS.
- No hiperventilar, mantenint pCO₂ en el rang normal-alt.

L'altre diferència es en el control de temperatura que es realitzarà a través de l'escalfador del circuit d'ECMO.

Veure protocols de VA-ECLS, control de l'hemostàsia i el sagnat en ECLS i reanimació cardiopulmonar.

10.1 Control de temperatura –TTM- post PCR i ECPR

Tots els pacients que rebin ECPR tindran indicació de realitzar control de temperatura com a mesura de neuroprotecció dins del tractament general a les cures postressuscitació. Per a realitzar aquest no serà necessari cap altre dispositiu ja que es controlarà la temperatura del pacient amb l'escalfador del circuit d'ECMO. Inicialment la temperatura del circuit serà de 33°C. L'objectiu serà:

- Mantenir una temperatura mantinguda a 33°C sempre que sigui possible durant 24h després de l'episodi d'ACR.
- Reescalfament en 12h fins als 36°C a l'escalfador. Caldrà calcular la fase de reescalfament per a cada pacient en funció de la temperatura a la que s'ha realitzat el TTM i incrementar de 0.2 en 0.2°C la temperatura de l'aigua fins a la temperatura objectiu (36°C) en un període de reescalfament de 12h. Infermeria serà l'encarregada de la modificació de la temperatura de l'aigua de forma progressiva fins a assolir l'objectiu.

No es garanteix la validesa d'aquest document un cop imprès. La versió vigent està disponible en format electrònic al servidor.

 Vall d'Hebron Hospital	PROTOCOL	CODI	DATA	VERSIÓ
	PROTOCOL DE RESSUSCITACIÓ CARDIOPULMONAR EXTRACORPÒRIA EN ADULTS - ECPR	ECPR-VHICU-18	04-10-2018	V.1.2
				Pàgina: 20

➤ Manteniment de la normotèrmia de forma activa durant 24h.

La decisió sobre la temperatura objectiu per a realitzar el TTM dependrà de la situació clínica, hemodinàmica i de la presència o no de sagnat en el pacient. Sempre que sigui possible l'objectiu de temperatura serà 33°C mentre que en aquells pacient molt inestables o amb xoc hemorràgic mantindrem l'escalfador a 35°C.

11.- VALORACIÓ DEL PRONÓSTIC NEUROLÒGIC

La valoració del pronòstic neurològic seguirà els esquemes de les recomanacions del European Resuscitation Council i la European Society of Intensive Care Medicine publicades l'any 2015 i plasmades en el protocol de servei de control de temperatura post aturada cardíaca (Protocol TTM-UCI). Cal recordar que, excepte en aquells pacients que evolucionin ràpidament a mort encefàlica i aquesta pugui ser diagnosticada, la valoració pronòstica haurà de fer-se passades 72h després de l'aturada i havent descartat factors confusors com la hipotèrmia o els sedants. Es possible realitzar aquesta valoració en ECMO. A mode resum, dins de les eines de valoració neurològica s'haurà de realitzar:

- Enolasa neuronal específica (NSE) a les 24-48 i 72h post ACR.
- Potencials evocats a les 24-72h post ACR.
- Electroencefalograma les primeres 24h per a descartar i tractar comicialitat i a les 72h com a valoració del pronòstic (descartar interferències com sedació)
- TC cranial: segons possibilitat en base a la situació clínica. Mentre el pacient es trobi en ECMO no es possible fer cap ressonància magnètica per interferència entre la consola i el camp magnètic.

La mort encefàlica pot ser difícil de diagnosticar en ECMO ja que tècniques de flux com el doppler transcranial poden ser mes confuses d'interpretar donada la possible absència de batuc cardíac que suposa un flux sanguini continuu.

12.- WEANING DE L'ECMO

Segons les sèries publicades de casos d'ECPR la durada del ECMO sol ser curta, oscil·lant entre 1 i 5 dies post aturada cardiorespiratòria. El procés de weaning seguirà els mateixos passos que el. No es garanteix la validesa d'aquest document un cop imprès. La versió vigent està disponible en format electrònic al servidor.

 Vall d'Hebron Hospital	PROTOCOL	CODI	DATA	VERSÍO
	PROTOCOL DE RESSUSCITACIÓ CARDIOPULMONAR EXTRACORPÒRIA EN ADULTS - ECPR	ECPR-VHICU-18	04-10-2018	V.1.2
				Pàgina: 21

detallat al protocol de suport amb VA-ECLS del nostre centre. Cal tenir en compte que després d'una aturada cardiorespiratòria amb ECPR ens podem trobar amb vàries situacions que poden interferir en el procés de weaning:

- Evolució a la **mort del pacient** per criteris neurològics (mort encefàlica) o circulatoris (fallida multiorgànica i xoc refractari).
- **Recuperació de la funció cardíaca:** es podrà avançar cap al procés de weaning d'ECMO. Aquest procés serà independent de tenir avaluada la funció neurològica. Tenint en compte que l'avaluació neurològica es pot endarrerir fins a les 72h o més, si el pacient es troba en situació per a poder retirar l'ECMO això es farà, continuant amb el tractament i valoració neurològica convencional del pacient. En alguns casos caldrà valorar de forma conjunta i d'acord amb cardiologia la necessitat de descomprimir el ventricle esquerre mitjançant la col·locació de BCPIAo o Impella CP.
- **No recuperació de la funció cardíaca:** en aquest cas la valoració neurològica serà primordial de cara a definir teràpies de destí. Per a aquest motiu mantindrem tractament amb ECMO i valorarem la situació neurològica del pacient per a la presa de decisions definitives. En cas d'impossibilitat de weaning d'ECMO, l'equip de cardiologia valorarà la indicació d'assitència de llarga durada o trasplantament d'acord amb el centre receptor de referència.

13.- ECPR I DONACIÓ D'ÒRGANS

La reanimació cardiopulmonar extracorpòria i la donació d'òrgans presenten varis punts de trobada que cal remarcar. Per una banda hi ha series que reporten la **mort encefàlica** de fins a un 20-25% de pacients que reben ECPR, pel que poden ser donants potencials. Per altra banda, un número no despreciable de pacients recuperats amb ECPR quedarán amb seqüèlies neurològiques greus pel que també poden ser donants potencials, en aquest cas per **donació en asistòlia controlada**. En últim punt, els pacients que rebin ECPR i no recuperen circulació espontània poden ser valorats per a la **donació en asistòlia no controlada**. Per aquest motiu es mantindrà una estreta relació amb l'equip de Coordinació de Trasplantaments sempre que s'activi un pacient per a ECPR per a valorar la possibilitat de donació en tots aquests moments.

No es garanteix la validesa d'aquest document un cop imprès. La versió vigent està disponible en format electrònic al servidor.

 Vall d'Hebron Hospital	PROTOCOL	CODI	DATA	VERSIÓ
	PROTOCOL DE RESSUSCITACIÓ CARDIOPULMONAR EXTRACORPÒRIA EN ADULTS - ECPR	ECPR-VHICU-18	04-10-2018	V.1.2
				Pàgina: 22

14.- BIBLIOGRAFÍA

1. Soar J, Nolan JP, Böttiger BW, Perkins GD, Lott C, Carli P, et al. European Resuscitation Council Guidelines for resuscitation 2015: section 3. Adult advanced life support. Resuscitation 2015;95:100-47
2. Link MS, Berkow LC, Kudenchuk PJ, Halperin HR, Hess EP, Moitra VK, et al. Part 7: adult advanced cardiovascular life support: 2015 American Heart Association Guidelines update for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care. Circulation 2015;132(18 Suppl. 2):S444-64.
3. Holmberg MJ, Guillaume G, Wiberg S et al. Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation for cardiac arrest: A systematic review. Resuscitation 131 (2018) 91-100
4. Grunau B, Hornby L, Singal RK et al. Extracorporeal Cardiopulmonary Resuscitation for Refractory Out-of-Hospital Cardiac Arrest: The State of the evidence and framework for application. Can J Cardiol. 2018 Feb;34(2):146-155.
5. Abrams D, Garan AR, Abdelbary A, Bacchetta M, Bartlett RH, Beck J, et al. Position paper for the organization of ECMO programs for cardiac failure in adults. Intensive Care Med 2018.
6. Lamhaut L, Hutin A, Puymirat E et al. A Pre-hospital Extracorporeal Cardio Pulmonary Resuscitation (ECPR) strategy for treatment of refractory out of hospital cardiac arrest: an observational study and propensity analysis. Resuscitation 2017;117:109-117.
7. Richardson AS, Schmidt M, Bailey M, Pellegrino VA, Rycus PT, Pilcher DV. ECMO Cardio-Pulmonary Resuscitation (ECPR), trends in survival from an international multicentre cohort study over 12-years. Resuscitation 2017;112:34-40.
8. Cesana F, Avalli L, Garatti L, Coppo A, Righetti S, Calchera I, et al. Effects of extracorporeal cardiopulmonary resuscitation on neurological and cardiac outcome after ischaemic refractory cardiac arrest. Eur Heart J Acute Cardiovasc Care 2017. p. 2048872617737041.
9. Debaty G, Babaz V, Durand M, Gaide-Chevronnay L, Fournel E, Blancher M, et al. Prognostic factors for extracorporeal cardiopulmonary resuscitation recipients following out-of-hospital refractory cardiac arrest. A systematic review and metaanalysis. Resuscitation 2017;112:1-10.
10. Choi DH, Kim YJ, Ryoo SM, Sohn CH, Ahn S, Seo DW, et al. Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation among patients with out-of-hospital cardiac arrest. Clin Exp Emerg Med 2016;3(3):132-8.
11. Yannopoulos D, Bartos JA, Martin C, Raveendran G, Missov E, Conterato M, et al. Minnesota resuscitation consortium's advanced perfusion and reperfusion cardiac life support strategy for out-of-Hospital refractory ventricular fibrillation. J Am Heart Assoc 2016;5(6).
12. Blumenstein J, Leick J, Liebetrau C, Kempfert J, Gaede L, Gross S, et al. Extracorporeal life support in cardiovascular patients with observed refractory inhospital cardiac arrest is associated with favourable short and long-term outcomes: a propensity-matched analysis. Eur Heart J Acute Cardiovasc Care 2016;5(7):13-22
13. Dalle Ave AL, Shaw DM, Gardiner D. Extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) assisted cardiopulmonary resuscitation or uncontrolled donation after the circulatory determination of death following out-of-hospital refractory cardiac arrest. An ethical analysis of an unresolved dilemma. Resuscitation, 2016 Nov;108:87-94.
14. Ortega-Deballon I, Hornby L, Shemie SD, Bhanji F, Guadagno E. Extracorporeal resuscitation for refractory out-of-hospital cardiac arrest in adults: A systematic review of International practices and outcomes. Resuscitation. 2016;101:12-20.
15. Stub D, Bernard S, Pellegrino V et al. Refractory cardiac arrest treated with mechanical CPR, hypothermia, ECMO and early reperfusion (the CHEER trial). Resuscitation. 2015 Jan;86:88-94.

No es garanteix la validesa d'aquest document un cop imprès. La versió vigent està disponible en format electrònic al servidor.

 Vall d'Hebron Hospital	PROTOCOL	CODI	DATA	VERSÍO
	PROTOCOL DE RESSUSCITACIÓ CARDIOPULMONAR EXTRACORPÒRIA EN ADULTS - ECPR	ECPR-VHICU-18	04-10-2018	V.1.2
				Pàgina: 23

16. Riggs KR, Becker LB, Sugarman J. Ethics in the use of extracorporeal cardiopulmonary resuscitation in adults. *Resuscitation* 2015;91:73–5.
17. Siao FY, Chiu CC, Chiu CW, Chen YC, Chen YL, Hsieh YK, et al. Managing cardiac arrest with refractory ventricular fibrillation in the emergency department: conventional cardiopulmonary resuscitation versus extracorporeal cardiopulmonary resuscitation. *Resuscitation* 2015;92:70–6.
18. Lee SH, Jung JS, Lee KH, Kim HJ, Son HS, Sun K. Comparison of extracorporeal cardiopulmonary resuscitation with conventional cardiopulmonary resuscitation: is extracorporeal cardiopulmonary resuscitation beneficial? *Korean J Thorac Cardiovasc Surg* 2015;48(5):318–27
19. Kim SJ, Jung JS, Park JH, Park JS, Hong YS, Lee SW. An optimal transition time to extracorporeal cardiopulmonary resuscitation for predicting good neurological outcome in patients with out-of-hospital cardiac arrest: a propensity-matched study. *Crit Care* 2014;18(5):535
20. Sakamoto T, Morimura N, Nagao K, Asai Y, Yokota H, Nara S, et al. Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation versus conventional cardiopulmonary resuscitation in adults with out-of-hospital cardiac arrest: a prospective observational study. *Resuscitation* 2014;85(6):762–8.
21. Roncon-Albuquerque R Jr, GaiaO S, Figueiredo P et al. An integrated program of extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) assisted cardiopulmonary resuscitation and uncontrolled donation after circulatory determination of death in refractory cardiac arrest. *Resuscitation* 2018; 133:88–94.

10.- DOCUMENTS RELACIONATS

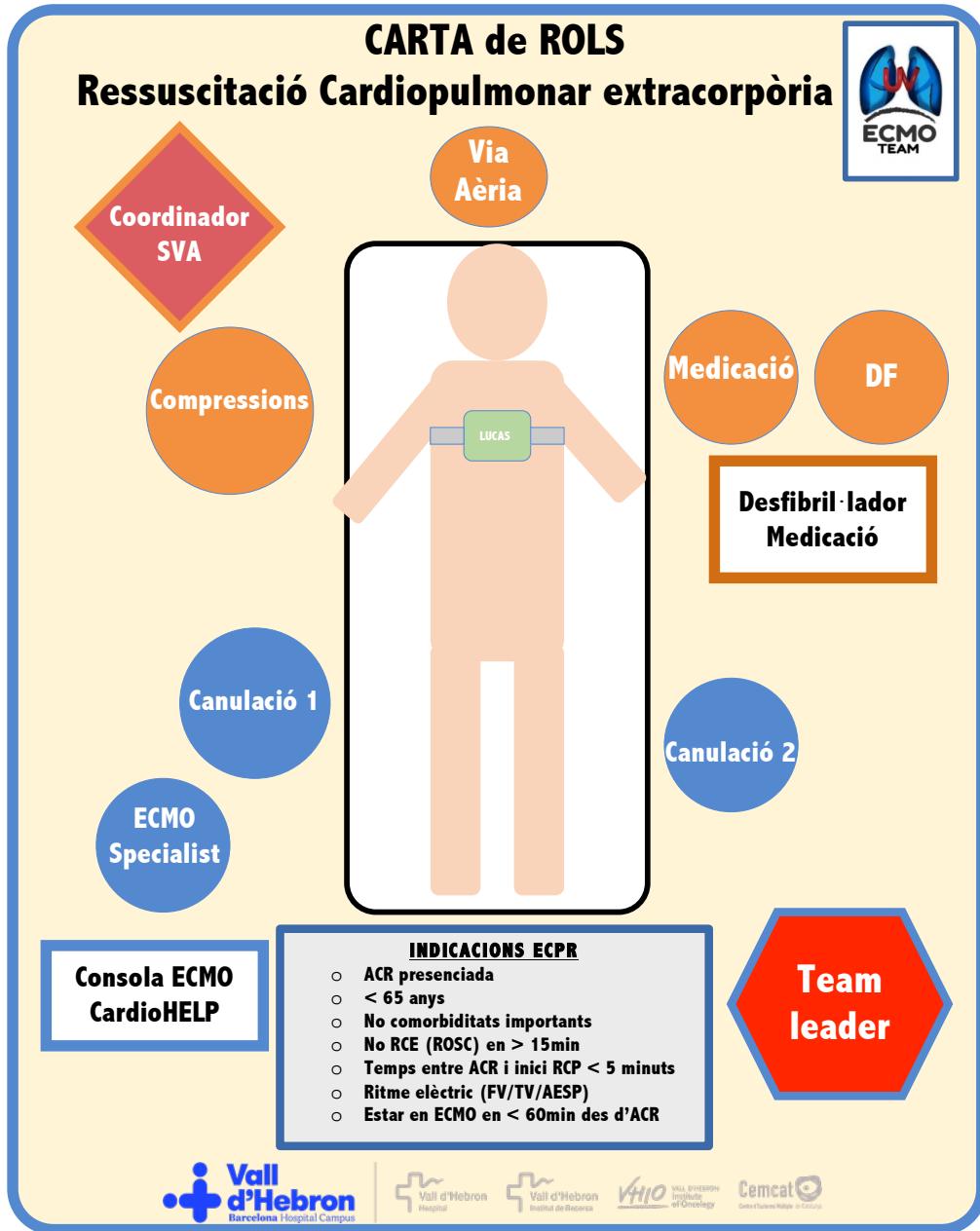
- Protocol de suport amb VA-ECLS.
- Protocol de suport amb VV-ECLS.
- Protocol de control de l'hemostàsia i el sagnat en ECLS.
- Protocol d'ecografia en ECLS.
- Protocol de complicacions generals en ECLS.
- Protocol de transport interhospitalari de pacients en ECMO
- Protocol de control de temperatura post aturada cardiorespiratoria
- Protocol de donació en asistòlia no controlada

11.- ANNEXOS

- 1) Carta de Rols ECPR
- 2) Carta de Rols ECPR a hemodinàmica
- 3) Algoritme de decisió ACR refractària intrahospitalària
- 4) Diagrama flux conjunt ECPR-DANC
- 5) Taula resum indicacions ECPR
- 6) Taula resum optimització RCP i inici ECPR
- 7) Taula resum maneig pacient en ECPR

No es garanteix la validesa d'aquest document un cop imprès. La versió vigent està disponible en format electrònic al servidor.

 Vall d'Hebron Hospital	PROTOCOL	CODI	DATA	VERSIÓ
	PROTOCOL DE RESSUSCITACIÓ CARDIOPULMONAR EXTRACORPÒRIA EN ADULTS - ECPR	ECPR-VHICU-18	04-10-2018	V.1.2
Pàgina: 24				



No es garanteix la validesa d'aquest document un cop imprès. La versió vigent està disponible en format electrònic al servidor.

 Vall d'Hebron Hospital	PROTOCOL	CODI	DATA	VERSIÓ
	PROTOCOL DE RESSUSCITACIÓ CARDIOPULMONAR EXTRACORPÒRIA EN ADULTS - ECPR	ECPR-VHICU-18	04-10-2018	V.1.2
Pàgina: 25				

CARTA de ROLS

Ressuscitació Cardiopulmonar extracorpòria



TEAM LEADER

- Coordinació de tot l'equip
- Decisió sobre indicació ECMO/ECPR
- Responsable maxim pacient
- Activació coordinació trasplantaments

COORDINADOR SVA

- Coordinació del Suport Vital Avançat
- Manteniment de les maniobres RCP de qualitat
- Feedback de la RCP.

VIA ÀERIA

- Control via aèria
- Intubació orotracheal
- Control de ventilació manual o mecànica

COMPRESSES

- Garantir compressions toràciques de qualitat durant tota la RCP.
- Control cardiocompressor LUCAS.

DEFIBRIL·LADOR

- Control del temps/cicles durant RCP
- Administració de teràpia elèctrica si indicada
- Altera funció c/2' amb COMPRESSES

MEDICACIÓ

- Preparació dels fàrmacs
- Administració de la medicació requerida
- Registre intervencions RCP

CANULACIÓ 1

- Responsable del procediment de canulació
- Consensuar estratègia de canulació amb team leader/metge d'ECMO

CANULACIÓ 2

- Ajudant durant el procediment de la canulació

ECMO SPECIALIST

- Preparació del circuit, posada en marxa de consola i escalfador i calibració
- Suport a la canulació si necessari
- Responsable del control de la consola. Entrada en ECMO i calibració/mostres del circuit



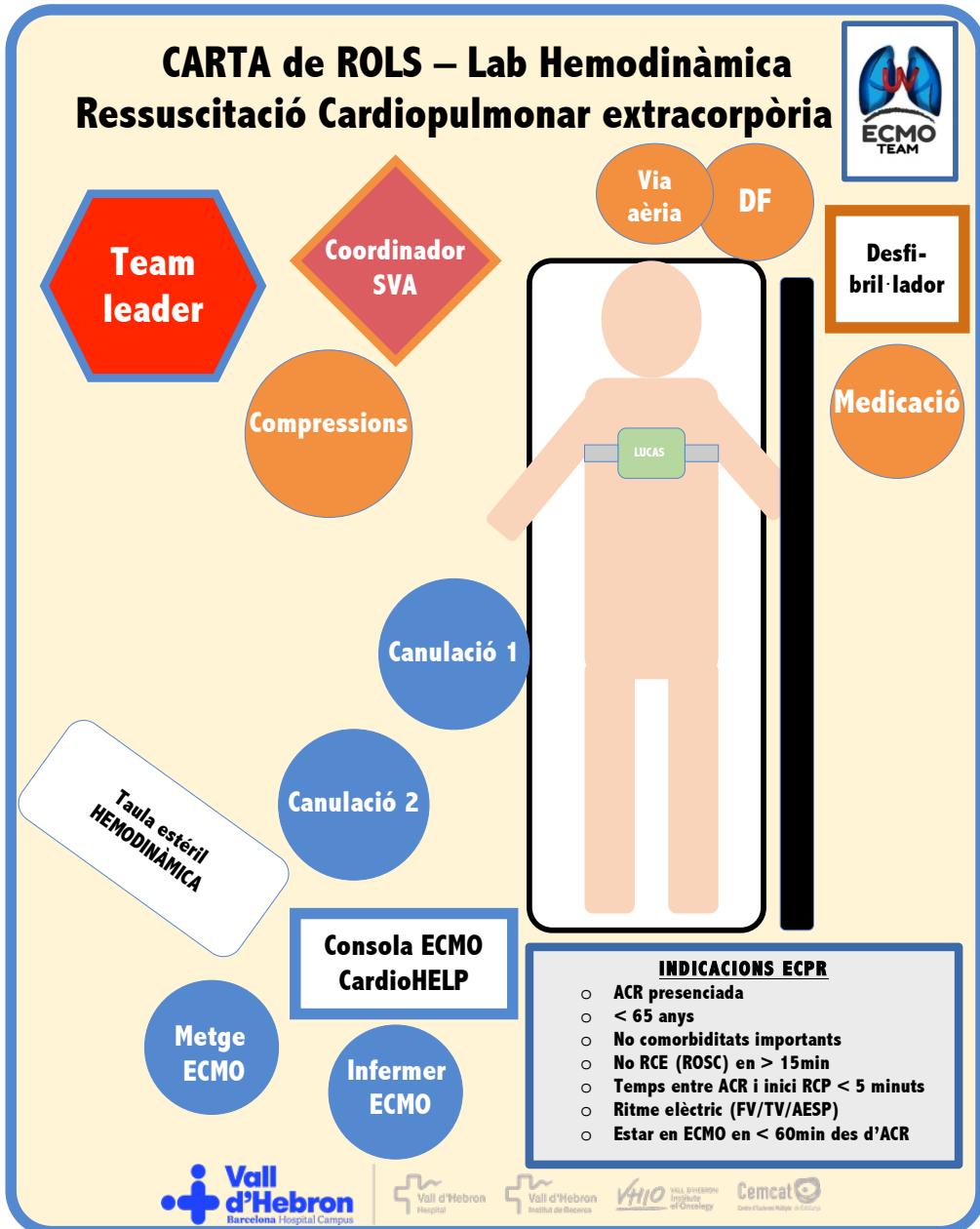






No es garanteix la validesa d'aquest document un cop imprès. La versió vigent està disponible en format electrònic al servidor.

 Vall d'Hebron Hospital	PROTOCOL	CODI	DATA	VERSIÓ
	PROTOCOL DE RESSUSCITACIÓ CARDIOPULMONAR EXTRACORPÒRIA EN ADULTS - ECPR	ECPR-VHICU-18	04-10-2018	V.1.2
Pàgina: 26				



No es garanteix la validesa d'aquest document un cop imprès. La versió vigent està disponible en format electrònic al servidor.

 Vall d'Hebron Hospital	PROTOCOL	CODI	DATA	VERSIÓ
	PROTOCOL DE RESSUSCITACIÓ CARDIOPULMONAR EXTRACORPÒRIA EN ADULTS - ECPR	ECPR-VHICU-18	04-10-2018	V.1.2
Pàgina: 27				

CARTA de ROLS - Lab Hemodinàmica Ressuscitació Cardiopulmonar extracorpòria



TEAM LEADER

- Coordinació de tot l'equip
- Decisió sobre indicació ECMO/ECPR
- Responsable maxim pacient
- Activació coordinació trasplantaments

COORDINADOR SVA

- Coordinació del Suport Vital Avançat
- Manteniment de les maniobres RCP de qualitat
- Feedback de la RCP.

VIA AÈRIA

- Control via aèria
- Intubació orotracheal
- Control de ventilació manual o mecànica

COMPRESIONS

- Garantir compressions toràciques de qualitat durant tota la RCP.
- Control cardiocompressor LUCAS.

DEFIBRIL·LADOR

- Control del temps/cicles durant RCP
- Administració de teràpia elèctrica si indicada
- Altera funció c/2' amb COMPRESIONS

MEDICACIÓ

- Preparació dels fàrmacs
- Administració de la medicació requerida
- Registre intervencions RCP

CANULACIÓ 1 i 2

- Responsable i ajudant en el procediment de canulació
- Consensuar estratègia de canulació amb team leader/metge d'ECMO

METGE D'ECMO

- Selecció cànules i estratègia canulació
- Ajut metge canulació en entrada ECMO
- Control consola, fluxos i pacient un cop en ECMO

ECMO SPECIALIST

- Preparació del circuit, posada en marxa de consola i escalfador i calibració
- Suport a la canulació si necessari
- Responsable del control de la consola. Entrada en ECMO i calibració/mostres del circuit

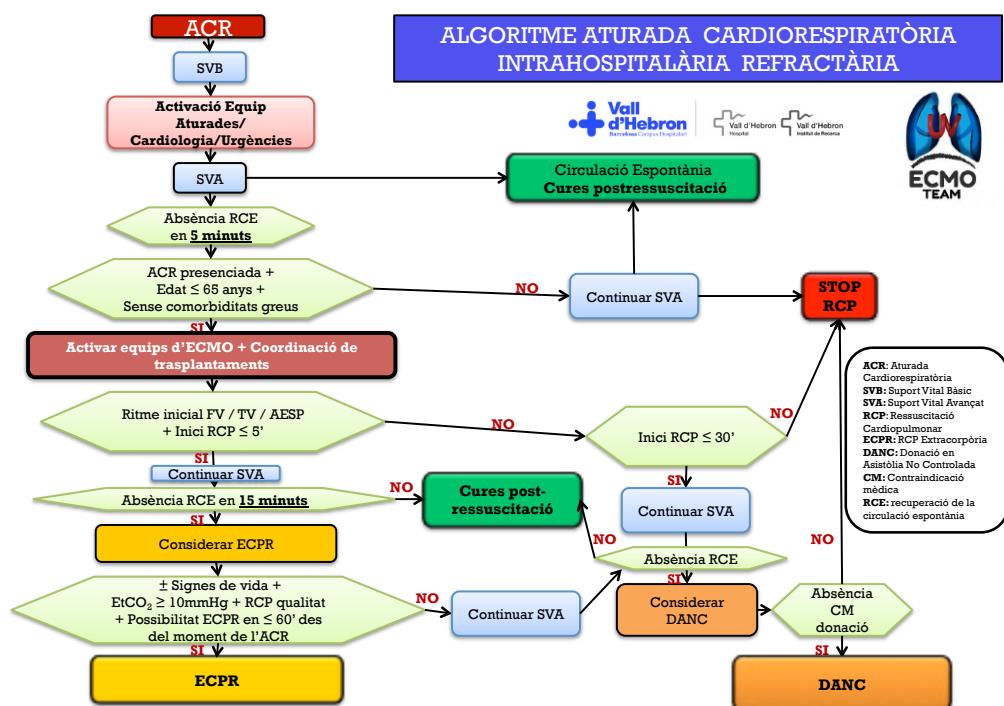


No es garanteix la validesa d'aquest document un cop imprès. La versió vigent està disponible en format electrònic al servidor.

 Vall d'Hebron Hospital	PROTOCOL	CODI	DATA	VERSIÓ
	PROTOCOL DE RESSUSCITACIÓ CARDIOPULMONAR EXTRACORPÒRIA EN ADULTS - ECPR	ECPR-VHICU-18	04-10-2018	V.1.2
Pàgina: 28				

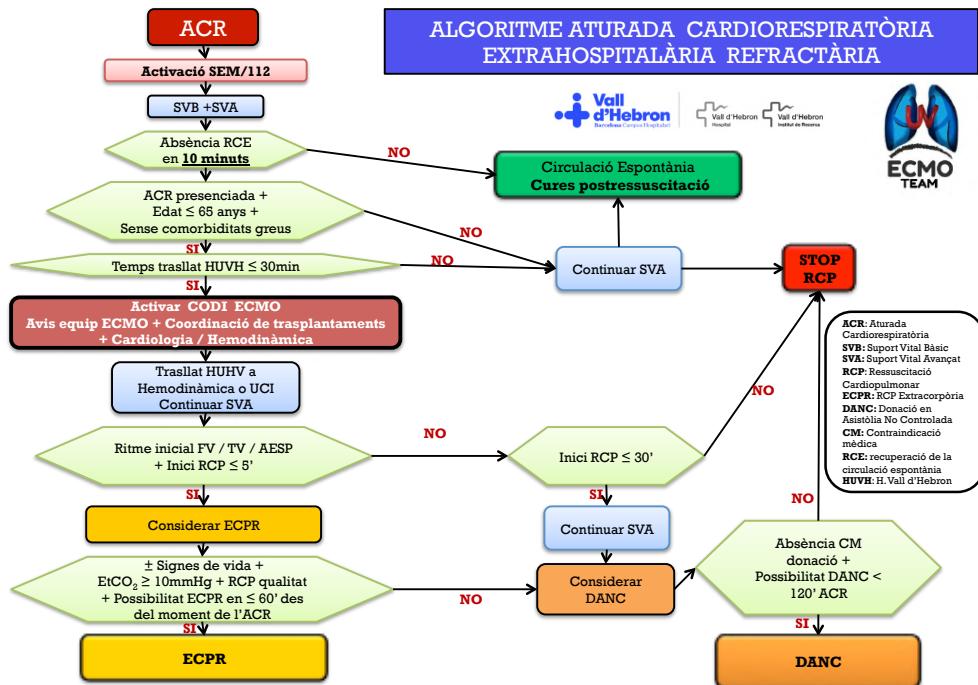
ANNEX III – ALGORITME DE DECISIÓ ACR REFRACTÀRIA

Aquest algoritme pretén representar en forma de diagrama de fluxos el maneig del pacient en aturada cardiorespiratòria al nostre centre. En ell es representen com a punts finals les 4 possibles opcions finals del pacient en aturada cardiorespiratòria: la recuperació de la circulació espontània, la finalització de la reanimació amb la mort del malalt, l'inici d'ECPR i la donació en asistòlia no controlada:



No es garanteix la validesa d'aquest document un cop imprès. La versió vigent està disponible en format electrònic al servidor.

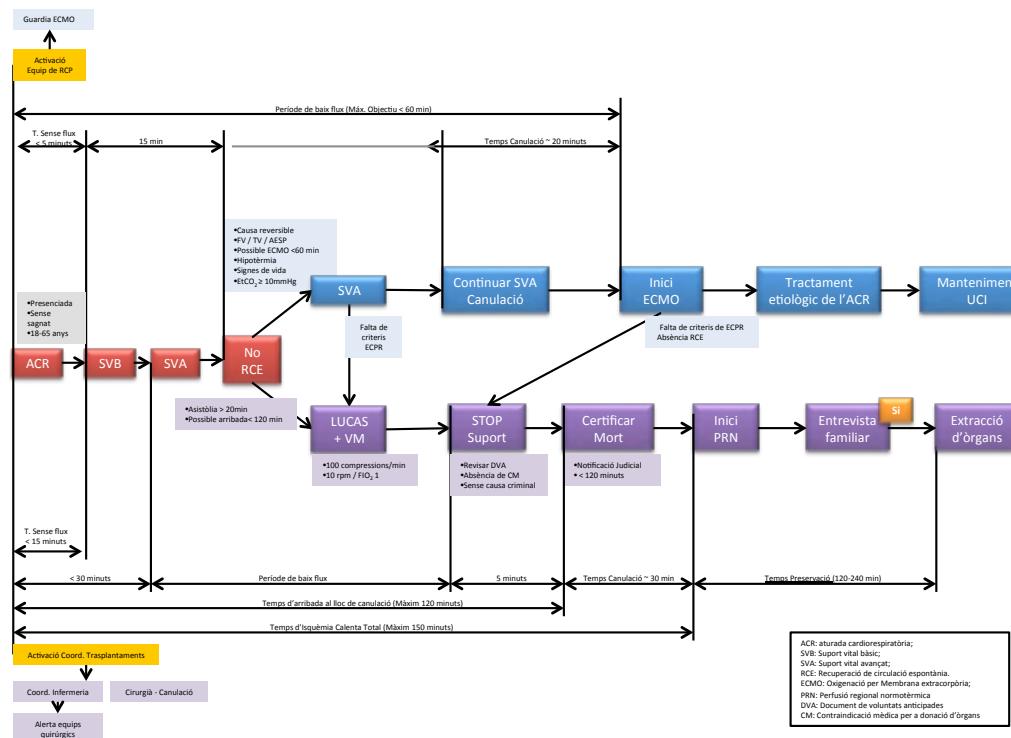
 Vall d'Hebron Hospital	PROTOCOL	CODI	DATA	VERSIÓ
	PROTOCOL DE RESSUSCITACIÓ CARDIOPULMONAR EXTRACORPÒRIA EN ADULTS - ECPR	ECPR-VHICU-18	04-10-2018	V.1.2
Pàgina: 29				



No es garanteix la validesa d'aquest document un cop imprès. La versió vigent està disponible en format electrònic al servidor.

 Vall d'Hebron Hospital	PROTOCOL	CODI	DATA	VERSIÓ
	PROTOCOL DE RESSUSCITACIÓ CARDIOPULMONAR EXTRACORPÒRIA EN ADULTS - ECPR	ECPR-VHICU-18	04-10-2018	V.1.2
Pàgina: 30				

ANNEX IV – DIAGRAMA DE FLUX ECPR-DANC



No es garanteix la validesa d'aquest document un cop imprès. La versió vigent està disponible en format electrònic al servidor.

 Vall d'Hebron Hospital	PROTOCOL	CODI	DATA	VERSÍO
	PROTOCOL DE RESSUSCITACIÓ CARDIOPULMONAR EXTRACORPÒRIA EN ADULTS - ECPR	ECPR-VHICU-18	04-10-2018	V.1.2
				Pàgina: 31

ANNEX V – TAULA RESUM INDICACIONS ECPR

1 RESSUSCITACIÓ EXTRACORPÒRIA-ECPR

1. Indicacions:

- ACR presenciada de probable causa reversible (IAM, aritmia, TEP etc)
- ≤ 65 anys
- Ritme elèctric inicial (FV/TV/AESP)
- Temps ACR fins a inici RCP ≤ 5min
- Absència RCE en 15min RCP
- Absència comorbiditats importants
- Poder estar en ECMO en ≤ 60min* d'ACR

ACR: aturada cardiorespiratòria / AESP: Activitat Elèctrica Sense Puls / ECPR: Resuscitació CardioPulmonar Extracorpòria / FV: fibrillació Ventricular / IAM: Infart Agut de Miocardi / RCE: Recuperació de la Circulació Espontània / RCP: Resuscitació CardioPulmonar



2. Reforcen ECPR:

- Signes de vida (respiracions agòniques, moviments, resposta pupilar)
- EtCO₂ ≥ 10mmHg
- RCP d'alta qualitat
- Cardiocompressor mecànic
- Hipotèrmia accidental com a causa d'ACR (*sense limit temps per a inici ECPR)

3. Contraindicacions

- ACR no presenciada
- Ritme inicial asistòlia
- Temps ACR fins a inici RCP ≥ 10 minuts
- Comorbiditats greus i poca esperança de vida
- RCP de baixa qualitat
- Impossibilitat d'estar en ECMO en ≤ 90min (excepte hipotèrmia accidental)

ANNEX VI – TAULA RESUM INICI ECPR

2 INICI ECMO EN ACR - ECPR

Un cop s'indica l'ECPR:

1. RCP d'alta qualitat:

- Col·locar Cardiocompressor mecànic:
 - Compressions continues a 100-120/min
 - Profunditat 5-6cm
 - Fracció de compressions > 80% temps
 - Descompressió completa
 - Ventilar a <12 respiracions/minut
 - Manual: Vt 6-8mL/kg pes ideal i FiO₂ 1
 - Mecànica: Vt 6-8mL/kg pes ideal FiO₂ 1 + PEEP 0
 - Monitoritzar EtCO₂
 - Optimitzar compressions, obtenir valor mes elevat possible
 - Ecocardiografia (NO aturar compressions)
 - Monitoritzar PA invasiva per a:
 - PAD > 25mmHg o PPC > 20mmHG



2. SVA:

- NO administrar mes bolus d'1mg d'adrenalina
- NO desfibrilar en cas de FV persistent
- NO fer pauses per a control del ritme
- Nomes aturar RCP si sospita RCE

3. Inici ECMO:

- Sweep gas 1L
- FiO₂ 0.5 sweep gas
- Flux sang 3-4L
- T° escalfador 33°C

ECPR: Resuscitació CardioPulmonar Extracorpòria / EtCO₂: CO₂ espirat / PA: pressió arterial / PAD: Pressió Arterial Diastòlica / PFC: Pressió de Perfusion Coronaria→PAD-PVC / PVC: Pressió Venosa Central / RCE: recuperació de la Circulació Espontània / RCP: Resuscitació CardioPulmonar / SVA: Suport Vital Avançat / VMI: Ventilació Mecànica Invadiva / Vt: volum corrent

No es garanteix la validesa d'aquest document un cop imprès. La versió vigent està disponible en format electrònic al servidor.

 Vall d'Hebron Hospital	PROTOCOL	CODI	DATA	VERSIÓ
	PROTOCOL DE RESSUSCITACIÓ CARDIOPULMONAR EXTRACORPÒRIA EN ADULTS - ECPR	ECPR-VHICU-18	04-10-2018	V.1.2
				Pàgina: 32

ANNEX VII – TAULA RESUM MANEIG PACIENT EN ECPR

3 MANEIG PACIENT - ECPR	
Un cop iniciada l'ECMO:	
1. Hemodinàmica: <ul style="list-style-type: none"> Aconseguir PAM > 65mmHg <ul style="list-style-type: none"> Incrementar flux ECMO Perfusió Noradrenalina 	4. Neurològic: <ul style="list-style-type: none"> Iniciar sedoanalgèsia sempre com a neuroprotecció <ul style="list-style-type: none"> Si tolera, RMF + PPF TTM durant 24h a 33°C
2. Ritme elèctric: <ul style="list-style-type: none"> Si Fibril·lació Ventricular: <ul style="list-style-type: none"> Esperar 3-5min en ECMO fins a nova DF Si no efectiva esperar mes temps per a correcció desequilibris acidò-base 	5. Infeccions: <ul style="list-style-type: none"> Profilaxi antibiòtica segons protocol + cobertura broncoaspiració
3. Respiratori: <ul style="list-style-type: none"> Ventilació mecànica invasiva protectora: <ul style="list-style-type: none"> PCV amb PI 10-15cm H₂O (Vt 4-6mL/kg) FR 10-14rpm FiO₂ 0.5-0.6 PEEP 5-10 cm H₂O NO deixar col·lapsar el pulmó Ajusta FiO₂ i flux sweep gas per a normo-O₂ i CO₂ 	Tractament etiològic <ul style="list-style-type: none"> Coronariografia → sospita IAM AngioTC toràctic ± trombectomia mecànica → sospita TEP TC craneal/BodyTC: causa no clara



DF: desfibrillació / ECPR: Ressuscitació CardioPulmonar Extracorpòria / FR: freqüència respiratòria / PAM: pressió arterial mitja / PCV: pressió control / PPF: propofol / RMF: remifentanil / TTM: control de temperatura / Vt: volum corrent

No es garanteix la validesa d'aquest document un cop imprès. La versió vigent està disponible en format electrònic al servidor.

10.2. Anexo 2: Programa curso de formación en ECPR

Ejemplo del folleto y programa de uno de los cursos de formación en ECPR realizados

RESSUSCITACIÓ CARDIOPULMONAR EXTRACORPÒRIA a Urgències



Introducció

La ressuscitació cardiopulmonar extracorpòria (ECPR) en l'aturada cardíaca refractària ha mostrat resultats prometedors en varis assajos clínics en pacients seleccionats. El seu ús està guanyant força i, al nostre centre ja s'ha convertit en una eina mes dins l'algoritme de tractament amb mes de 60 pacients que han rebut aquest suport.

És una tècnica complexa que requereix la intervenció i la coordinació de diversos equips de varies disciplines per a avaluar la indicació, realitzar el procediment i minimitzar els temps fins a l'obtenció de flux efectiu mantenint en tot moment la RCP convencional d'alta qualitat.

Per altra banda, en casos en que l'ECPR està contraindicada, la donació en asistòlia no controlada (DANC) pot permetre obtenir òrgans i teixits per al trasplantament i garantir així la voluntat dels pacients de ser donants d'òrgans.

Aquest curs pretén proporcionar a els equips que assiteixen a l'aturada cardíaca a l'Hospital Universitari Vall d'Hebron les eines necessàries per atendre aturades perllongades que requereixin ECPR o DANC amb resultats òptims seguint recomanacions internacionals.

Objectiu general:

Aportar als alumnes les eines teòricopràctiques necessàries per realitzar ECPR/DANC al nostre centre seguint recomanacions i protocols.

Objectius específics

En finalitzar la formació l'alumne haurà de ser capaç de:

- Aplicar el protocol vigent d'ECPR al HUVH.
- Aplicar les indicacions d'ECPR i DANC i el procediment d'activació de l'equip.
- Saber organitzar l'equip en els diferents rols necessaris per a l'ECPR/DANC.
- Mantenir i aplicar el SVA centrat en la RCP d'alta qualitat.
- Utilitzar el material específic per a ECPR/DANC de l'ECMO Team
- Aplicar els diferents checklists per garantir la seguretat.
- Iniciar ECMO V-A en un pacient en ACR de forma ràpida i segura.
- Tenir un bon treball en equip, amb rols establerts, bona comunicació i lideratge.

Direcció i coordinació del curs:

Eduard Argudo Serra. Metge Intensivista. Servei de Medicina Intensiva. Instructor en SVA per l'European Resuscitation Council. Instructor en simulació clínica EuSIM i Universitat de Barcelona.

María Martínez Martínez. Metgessa Intensivista. Servei de Medicina Intensiva. Instructor en SVA per l'European Resuscitation Council.

Elisabet Gallart. Infermera clínica. Coordinadora programa d'ECMO. Servei de Medicina Intensiva.

Jordi Riera. Metge Intensivista. Director programa d'ECMO d'adult. Servei de Medicina Intensiva.



Organització: Servei de Medicina Intensiva. ECMO Team. Servei d'Urgències. Coordinació de trasplantaments.

Docents:

Eduard Argudo: Metge Intensivista. Servei de Medicina Intensiva.

María Martínez Martínez: Metgessa Intensivista. Servei de Medicina Intensiva.

Elisabet Gallart: Infermera clínica. Coordinadora programa d'ECMO. Servei de Medicina Intensiva.

Jordi Llaneras: Metge Internista. Servei d'Urgències.

Ada Redondo: Metgessa Internista. Servei d'Urgències.

Cristopher Mazo. Metge Intensivista. Coordinació de Trasplantaments.

Gemma Marín. Infermera d'UCI. ECMO specialist. Servei de Medicina Intensiva.

Anna Lamora. Infermera d'UCI. ECMO specialist. Servei de Medicina Intensiva.

Dades tècniques**Dates:**

Ubicació: Unitat de Cures Intensives i Servei d'Urgències. Hospital General Universitari Vall d'Hebron.

Perfil dels alumnes: metges intensivistes de l'equip d'ECMO amb experiència en canulació (han fet prèviament cursos bàsic, avançat i de canulació en model animal). Infermeres especialistes en ECMO amb experiència en entrada en bomba (han realitzat prèviament curs bàsic, avançat i de canulació). Metges d'Urgències experts en SVA. Infermeres d'urgències de l'equip d'aturada cardíaca. Metges de Cardiología experts en crítics. Coordinadors de trasplantaments.

Nombre d'alumnes: 16 alumnes per edició.

Metodologia docent

Curs eminentment pràctic de sis hores de formació basada en la simulació in situ d'alta fidelitat. Els casos clínics simulats busquen que l'alumne faci una inmersió en un cas real i es desenvolupi en el seu lloc de treball habitual i en el seu rol professional. Els alumnes conformaran un equip simulat d'atenció a l'ACR i ECPR. L'estructura de cada cas es basarà en un briefing inicial curt, un desenvolupament del cas en temps real i un llarg debriefing reflexiu on refermar els coneixements en habilitats tant tècniques com no tècniques.

Programa i contingut

El curs s'estructura en tres parts.

La primera, d'una hora de durada té com objectius repassar els conceptes i protocols:

- Fer un repàs teòric sobre la justificació fisiopatològica de l'ECPR, la DANC, l'evidència científica, l'optimització de la RCP d'alta qualitat, les particularitats del protocol hospitalari i del procediment de canulació i el maneig inicial.



La segona, d'una altra hora consisteix en un taller pràctic amb l'objectiu de:

- Introduir la simulació, crear un entorn segur i preparar als alumnes per als casos de simulació.
- Posar en pràctica el repartiment de rols i el circuit d'activació vigent.

La tercera part, de quatre hores de durada, consisteix en dos casos de simulació in situ d'alta fidelitat de complexitat progressiva:

- Simulació 1: recepció i canulació de pacient en aturada cardíaca extrahospitalària.
- Simulació 2: aturada cardiorrespiratòria intrahospitalària a l'entorn d'Urgències.

Horari (el mateix cronograma es repetirà tots els dies)

9:05h Introducció al curs i benvinguda.

Jordi Riera i Eduard Argudo.

9:05-9:25 Teoria: Fisiologia de l'aturada cardíaca i optimització de la RCP d'alta qualitat. Evidència i justificació de l'ECPR.

Maria Martínez Martínez.

9:25-10h Teoria: Protocol d'ECPR i de DANC: indicacions i procediment a l'Hospital i a Urgències.

Eduard Argudo, Jordi Llaneras, Christopher Mazo.

10-10:45 Taller: Introducció a la simulació d'alta fidelitat. Pre-simulation briefing. Safe container. Contracts de realitat i confidencialitat.

Eduard Argudo Serra, María Martínez Martínez, Elisabet Gallart, Jordi Llaneras.

10:45-11: Pausa

11-13:00 Simulació 1: Aturada cardíaca extrahospitalària: recepció, continuació del SVA, canulació i entrada en ECMO.

Lloc: Box Urgències UA3. Facilitadors: Eduard Argudo Serra, María Martínez Martínez, Elisabet Gallart, Jordi Llaneras, Ada Redondo, Christopher Mazo, Gemma Marín, Anna Lamora.

13-15:00 Simulació 2: Aturada cardíaca a Urgències. Identificació de l'ACR, inici del SVA, indicació ECPR, activació de l'equip, canulació i entrada a ECMO.

Lloc: Box Urgències UA. Facilitadors: Eduard Argudo Serra, María Martínez Martínez, Elisabet Gallart, Jordi Llaneras, Ada Redondo, Christopher Mazo, Gemma Marín, Anna Lamora.

15:00-15:15 Conclusió, tancament i enquestes

10.3. Anexo 3: Hoja de indicaciones de ECPR del SEM

Salut/ emergències mèdiques

MARÇ 2022

NR/24032202 VALORACIÓ DE RCP EXTRACORPÒRIA 3.05	
Elaborat per:	Equip Territorial Barcelona
Aprovat:	Equip Territorial Barcelona
Data:	Març 2022

1. Introducció

Al 2021 es publicaren recomanacions al respecte a les guies de l'*European Resuscitation Council* i de la *Extracorporeal Life Support Organization*, on es recomana valorar l'inici de l'ECMO-RCP a aquells pacients que no responden al tractament convencional i que el seu maneig es faci a ECMO-centers. Actualment HUVH i HCB tenen disponibilitat per a rebre malalts en ACR i fer connexió a ECMO.

2. Justificació

Per tal complir amb aquestes recomanacions i fins a disposar d'un procediment avalat per les entitats reguladores us facilitem aquestes recomanacions per l'ús nostre àmbit d'actuació.

3. Descripció

Davant un possible 3.0 adult menor de 70a, la unitat ECO-0 s'autoactivarà com a suport operatiu de les unitats activades per CECOS.

Alertarem a centre receptor d'ECMO-RCP si l'ACR abans dels 10 minuts o 4DF compleix:

1. Edat > 18a i < 70 anys
2. ACR presenciada per l'equip SEM o per testimonis de probable causa reversible.
3. Temps ACR fins inici de RCP menor a 10 minuts.
4. Ritme elèctric inicial (FV/TV/AESP)
5. Arribada a l'hospital en un temps inferior a 40min des de l'ACR (aquests 40min són el límit màxim, quant menor sigui el temps d'arribada a l'hospital, millor serà el pronòstic dels pacients).
6. Cap contraindicació de:
 - a. Futilitat (contraindicació de RCP, no comorbiditats importants)
 - b. RCE sostinguda en qualsevol moment prèvia a l'activació del codi (si es posterior a l'activació del codi ho mantindrem activat)

S'activarà la recepció de Codi 3.05 subsidiari de ECMO-RCP a HUVH (telf. CdG 638 688 504) o HCB (telf. CdG 607 365 924) mitjançant trucada a tres (ECO0-CdT-Hospital).

10.4. Anexo 4: Presentaciones en Congresos

10.4.1. Congreso Europeo de RCP – Resuscitation 2023

Torrella P, Moreno J, Argudo E, Mera A, Bonilla C, Pacheco A, et al. 447 One-Year Outcomes in an ECPR Program. *Resuscitation*. 2023 Nov 1;192:S170–0

S170

Poster presentation / *Resuscitation* 192S1 (2023) S8–S179

Methodology: Four databases were searched PubMed, Embase, Ovid Medline and Web of Science. Reference mining was also conducted. A total of fourteen studies were selected for the final review. Of these studies, three were in South America, three in South Asia and eight in Sub-Saharan Africa.

Results: All interventions were educational in nature. None of the fourteen studies reported the primary outcomes of mortality and morbidity. Secondary outcomes of knowledge, skill confidence and skill utilisation were shown to improve post-intervention. Only four studies included a cost component.

Conclusion: Educating bystanders has been shown to be effective in the short term in low- and middle-income countries. However, there are knowledge gaps concerning long-term effectiveness especially in terms of mortality and morbidity.

References

1. Vos T, Lim SS, Abafati C, Abbas KM, Abbasi M, Abbasifard M, et al. Global burden of 369 diseases and injuries in 204 countries and territories, 1990–2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. *The Lancet*. 2020;396(10258):1204–22.
2. Whitaker J, O'Donohoe N, Denning M, Poenaru D, Guadagno E, Leather AJ, et al. Assessing trauma care systems in low-income and middle-income countries: a systematic review and evidence synthesis mapping the Three Delays framework to injury health system assessments. *BMJ Global Health*. 2021;6(5):e004324.
3. World Health Organization. Global Plan for the Decade of Action For Road Safety 2021–2030. 2020.

447

One-Year Outcomes in an ECPR Program

Pau Torrella¹, Maria Martínez¹, Eduard Argudo¹, Abraham Mera¹, Camilo Bonilla¹, Andrés Pacheco¹, Luis Chiscano¹, Josep Domènech¹, Fernando Fuentes¹, Sara Martín¹, María Vidal², Aitor Uriarriz², Laia Milà², Elisabet Gallart¹, Álvaro Fernández¹, Albert Vilanova¹, Remedios Ríos³, Carlota Vigil-Escalera³, Xavier Nuvials¹, Juan Carlos Ruiz¹, Ricard Ferrer¹, Jordi Riera¹

¹Hospital Universitari Vall d'Hebron, Intensive Care, Barcelona, Spain;

²Hospital Universitari Vall d'Hebron, Cardiac Intensive Care, Barcelona, Spain;

³Hospital Universitari Vall d'Hebron, Cardiac Surgery, Barcelona, Spain

Purpose of the study: To evaluate one-year results of an extracorporeal cardiopulmonary resuscitation (ECPR) program and find predictors for mortality.

Materials and methods: Observational retrospective analysis of all ECPR patients in 2022 in hospital and out of hospital cardiac arrest (IHCA and OHCA) with a follow up of 28 days after cannulation. Variables are described using value and percentage, mean and standard deviation or median and interquartile range as appropriate. In the univariate analysis, Chi2 test, Fisher exact test, Mann-Whitney U Test or Student's T Test were used.

Results: ECPR was indicated in 26 patients. Mean age was 48.7 (SD 13.8) years and 20 (76.9%) were male, with low comorbidity burden. 12 suffered OHCA and 14 IHCA. Table 1 provides details on cardiac arrest characteristics and ECMO cannulation. Ten (38.5%) patients (survived to 28 day follow up with good neurological outcome (cerebral performance category 1–2) and 2 (8.7%) patients became multiorgan donors. We found difference in survival between the patients with initial ventricular fibrillation (VF) that continued in VF until ECMO initiation and those in which the VF degenerated to non shockable rhythm at ECMO initiation (71.4% vs. 12.5% survival, p-value = 0.02).

	All (n = 26) %	Non-survivors (n = 16) %	Survivors (n = 10) %	p- value
No flow time	4 (13.9)	6.7(17.7)	0	0.234
Low flow time	45 (29–66)	49 (24–80)	42.5 (30–61)	0.547
Initial rhythm (shockable)	15 (55.6)	9 (52.9)	6 (60)	0.722

Conclusions: Survival with good neurological outcomes after prolonged ECPR is feasible. Initial and ECMO initiation rhythm could be related to survival.

448

Promoting Patient Safety: A Review in Critical and Emergency Care

Ana Catarina Godinho^{1,2}, Maria do Rosário Pinto²

¹Centro Hospitalar de Lisboa Ocidental, Lisbon, Portugal;

²Escola Superior de Enfermagem de Lisboa, Lisbon, Portugal

Emergency situations have high risk for compromising patient safety (World Health Organization, 2021). Early recognition and timely measures' escalation are essential to prevent adverse events, such as cardiorespiratory arrest (Hosking et al., 2014). The aim of this study is to identify interventions that promote critically ill patients' safety in emergency situations.

Methods: Integrative literature review, performed through CINAHL, MEDLINE and SCOPUS databases, following Joanna Briggs Institute methodology (submitted to the International Prospective Register of Systematic Reviews). Two independent reviewers analyzed key words (title, abstract and full text sequentially); Data was extracted through Rayyan.

Results: 26 articles were analysed. Outcomes included: Checklists (material, handover, debriefing); Tools to analyze skills (communication, leadership, teamwork); Team simulation training; Use of feedback devices during cardiopulmonary resuscitation; Code team organization/models and rapid response systems.

Conclusions: To promote critically ill patients' safety during emergency situations there are several interventions focused on team performance and training through simulation. These results may contribute to future studies, supporting the development of frameworks to safety promotion training programs.

References

- Dewolf P, Vanneste M, Desruelles D, Wauters L. (2021). Measuring non-technical skills during prehospital advanced cardiac life support: A pilot study. *Resuscitation Plus*, 8, 1–6.
- Hosking J, Considine J, & Sands N. (2014). Recognising clinical deterioration in emergency department patients. *Australasian Emergency Nursing Journal*, 17(2), 59–67.
- Sollid J, Dieckman P, Aase K, Soreide E, Ringsted C, Ostergaard D. (2019). Five Topics Health Care Simulation Can Address to Improve Patient Safety: Results From a Consensus Process. *Journal of Patient Safety*, 15(2), 111–120.
- Spitzer C, Evans K, Buehler J, Ali N, Besecker B. (2019). Code blue pit crew model: A novel approach to in-hospital cardiac arrest resuscitation. *Resuscitation*, 143, 158–164.
- World Health Organization. (2021). Global Patient Safety action Plan 2021–2030 towards eliminating avoidable harm in health care.

10.4.2. Congreso Español de la salud cardiovascular - SEC 2023

Vidal M, Argudo E, Cambor A, Martínez Martínez M, Milà L, Torrella P, et al. 2 - Experiencia en la atención a la parada cardíaca extrahospitalaria refractaria con ECMO-VA. Rev Esp Cardiol. 2023;76(Supl 1):341.



2 - EXPERIENCIA EN LA ATENCIÓN A LA PARADA CARDIACA EXTRAHOSPITALARIA REFRACTARIA CON ECMO-VA

Maria Vidal Burdeus, Eduard Argudo Serra, Andrea Cambor Blasco, María Martínez Martínez, Laia Milà Pascual, Pau Torrella Llauger, Carlota Vigil-Escalera López, Remedios Ríos Barrera, Jordi Riera del Brio, José A. Barrabés Riu, Ignacio Ferreira González y Aitor Uribarri González

Hospital Universitari Vall d'Hebron, Barcelona, España.

Resumen

Introducción y objetivos: En los últimos años se han desarrollado programas de reanimación cardiopulmonar extracorpórea (eRCP) para la atención de la parada cardiorrespiratoria extrahospitalaria (PCRE). En enero de 2021 arrancamos en nuestro coordinados con el servicio de emergencias extrahospitalarias. Los pacientes son trasladados al hospital bajo compresiones torácicas llevadas a cabo por dispositivos automáticos. Al llegar se comprueban características de la PCR y si son adecuadas se procede al implante de sistema de oxigenación con membrana extracorpórea venoarterial (ECMO-VA) percutáneamente.

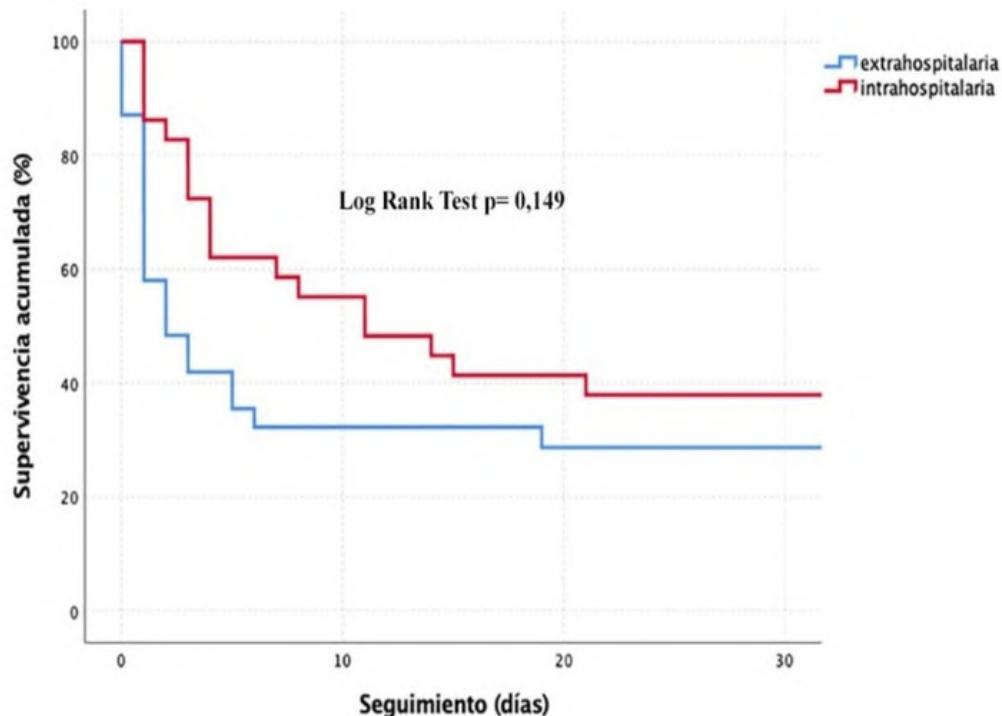
Métodos: Estudio observacional, prospectivo y unicéntrico realizado en un centro terciario. Se introdujeron consecutivamente los pacientes con PCRE incluidos en el programa de eRCP desde el 1 de enero de 2022 hasta el 1 de mayo de 2023, 31 pacientes. Se estratificó la muestra en dos cohortes en función del primer ritmo objetivado durante la PCRE (desfibrilable vs no desfibrilable). Se analizaron los tiempos de atención durante la PCRE y el tiempo de implante del ECMO-VA, la etiología de la PCRE y el pronóstico intrahospitalario. El objetivo primario fue la supervivencia hospitalaria libre de daño neurológico incapacitante (CPC 1-2). Además, se calculó el número de órganos generados por los pacientes fallecidos.

Resultados: La edad media fue de 53 ± 12 años (71% varones), sin diferencias entre ambos grupos. Tampoco existieron diferencias en las comorbilidades previas (diabetes mellitus, cardiopatía isquémica crónica, enfermedad vascular, enfermedad pulmonar o proceso tumoral previo). Los tiempos de atención a la PCRE se pueden observar en la tabla. La etiología cardiovascular de la PCRE fue más frecuente en el grupo de ritmo desfibrilable (73,7 vs 58,3%, $p = 0,683$). El objetivo primario se cumplió en un 36,8% del grupo de ritmo desfibrilable vs 8,3% no desfibrilable ($p = 0,077$). En la figura se muestra la curva de supervivencia a 30 días. De los 23 pacientes que fallecieron, 8 (34,8%) fueron donantes de órganos, generando un total de 14 riñones, 6 hígados y 4 pulmones.

Características de la PCRE y tiempos de reanimación

Cohorte total (N = 31)	Ritmo desfibrilable (N = 19)	Ritmo no desfibrilable (N = 12) p
------------------------	------------------------------	-------------------------------------

PCR presenciada (%)	83,9 (26)	84,2 (16)	10 (83,3)	0,948
RCP iniciada por testigos (%)	61,3 (19)	77,8 (14)	5 (45,5)	0,076
Tiempo desde colapso hasta inicio RCP básica (min)	3 ± 7	1 ± 3	6 ± 11	0,047
Tiempo desde colapso hasta inicio RCP avanzada (min)	8 ± 8	8 ± 6	8 ± 12	0,319
Tiempo desde colapso hasta llegada al hospital (min)	60 ± 32	59 ± 20	63 ± 50	0,114
Tiempo puerta hospital hasta inicio ECMO-VA (min)	26 ± 14	28 ± 17	21 ± 5	0,035
Tiempo de canulación (min)	13 ± 4	13 ± 5	14 ± 4	0,057
Tiempo desde colapso hasta ROSC (ECMO)	80 ± 37	82 ± 28	77 ± 51	0,278
Ritmo eléctrico inicial (%)				
FV/TV	61,3 (19)	100 (-
AESP	16,1 (5)	0 (0)	5 (16,1)	
Asistolia	22,6 (7)	0 (0)	7 (22,6)	
Causa PCR				
Cardiovascular	67,7 (21)	73,7 (14)	58,3 (7)	0,673
No cardiovascular	25,8 (8)	21,1 (4)	33,3 (4)	
Desconocida	6,5 (2)	5,3 (1)	8,3 (1)	
Tiempo soporte ECMO (días)	3 ± 6	3 ± 2	4 ± 9	0,086
Tiempo de estancia intrahospitalaria (días)	8 ± 13	10 ± 14	5 ± 9	0,354
Muerte intrahospitalaria (%)	74,2 (23)	63,2 (12)	91,7 (11)	0,077



Supervivencia a 30 días PCRE.

Conclusiones: La atención a la PCRE mediante ERCP es una opción factible en centros con alta experiencia en el uso de ECMO. En pacientes con ritmo desfibrilable se obtiene una supervivencia significativa a pesar de tiempos de RCP prolongados. Además, los pacientes que no sobreviven suponen una potencial fuente de órganos.

Vidal M, Torrella P, Milà L, Argudo E, Ríos R, Martínez Martínez M, et al. 9 - Reanimación cardiopulmonar con ecmo-va: una nueva oportunidad para los pacientes con parada cardiaca refractaria. Rev Esp Cardiol. 2023;76(Supl 1):348.



9 - REANIMACIÓN CARDIOPULMONAR CON ECMO-VA: UNA NUEVA OPORTUNIDAD PARA LOS PACIENTES CON PARADA CARDIACA REFRACTARIA

Maria Vidal Burdeus, Pau Torrella Llauger, Laia Milà Pascual, Eduard Argudo Serra, Remedios Ríos Barrera, María Martínez Martínez, Carlota Vigil-Escalera López, Irene Buera Surribas, Jordi Riera del Brio, Ignacio Ferreira González y Aitor Uribarri González

Hospital Universitari Vall d'Hebron, Barcelona, España.

Resumen

Introducción y objetivos: El uso de oxigenación por membrana extracorpórea (ECMO) en la parada cardiaca respiratoria (PCR) refractaria (eRCP) es cada vez más frecuente. Esta técnica restablece la perfusión, limita el daño orgánico y permite el estudio etiológico y tratamiento de la PCR. La eRCP es segura y aumenta supervivencia en casos seleccionados de PCR.

Métodos: Estudio observacional, prospectivo y unicéntrico realizado en un centro terciario. Se introdujeron consecutivamente los pacientes que recibieron eRCP desde el 1 de enero de 2018 hasta el 1 de mayo de 2023, 60 pacientes. Se estratificó la muestra en dos cohortes en función de si la PCR fue intrahospitalaria (PCRI) o extrahospitalaria (PCRE). Se analizaron los tiempos de atención durante la PCR, el de implante de ECMO-VA y la etiología de la PCR. El objetivo primario fue la supervivencia hospitalaria libre de daño neurológico incapacitante (CPC 1-2). Se calculó el número de órganos generados por paciente fallecido.

Resultados: La edad media fue 51 ± 13 años (75% varones), sin diferencias entre grupos. Tampoco existieron diferencias en las comorbilidades (diabetes mellitus, cardiopatía isquémica crónica, enfermedad vascular o pulmonar, o proceso tumoral previo). Los tiempos de atención a la PCR se muestran en la tabla. La etiología cardiovascular fue la más frecuente en ambos grupos sin encontrar diferencias (67,7 vs 72,4%, $p = 0,380$). Existió un mayor porcentaje de pacientes con ritmo desfibrilable en la PCRE (61,3 vs 31,0%; $p = 0,019$). No encontramos diferencias en el objetivo primario (25,8% PCRE vs 31,0% PCRI, $p = 0,653$). La figura muestra la curva de supervivencia a 30 días. Cuando analizamos los resultados en función del ritmo inicial observamos una tendencia a mayor supervivencia en ritmos desfibrilables (35,7 vs 21,9%, $p = 0,235$). De los 43 fallecidos, 11 (25,6%) fueron donantes de órganos, generando un total de 20 riñones, 9 hígados y 4 pulmones, siendo más frecuente la donación en la PCRE. Con respecto a las causas de mortalidad en la cohorte global, la encefalopatía anóxica fue la más frecuente (48,8%), seguida de mortalidad relacionada con problemas durante la canulación (18,6%).

Características de PCR y tiempos de reanimación

Cohorte total (N = 60)	PCRE (N = 31)	PCRI (N = 29)	p
---------------------------	---------------	---------------	-----

Edad (años)	51,5 ± 12,6	52,7 ± 12,5	50,2 ± 12,7	0,928
Tiempo desde colapso hasta inicio RCP básica (min)	2 ± 5	3 ± 7	0	0,003
Tiempo desde colapso hasta inicio RCP avanzada (min)	5 ± 9	8 ± 8	2 ± 9	0,210
Tiempo puerta hospital/activación hasta inicio ECMO-VA (min)	25 ± 13	26 ± 14	23 ± 9	0,382
Tiempo de canulación (min)	14 ± 5	13 ± 4	16 ± 5	0,396
Tiempo desde colapso hasta ROSC (ECMO)	59 ± 35	82 ± 28	77 ± 51	0,052
Ritmo eléctrico inicial (%)				
Desfibrilable	46,7 (28)	61,3 (19)	31,0 (9)	0,019
No desfibrilable	53,3 (32)	38,7 (12)	69,0 (20)	
Causa PCR				
Cardiovascular	70,0 (42)	67,7 (21)	72,4 (21)	0,380
No cardiovascular	26,7 (16)	25,8 (8)	27,6 (8)	
Desconocida	3,3 (2)	6,5 (2)	0,0 (0)	
Arteria culpable (%)	50,0 (30)	58,0 (18)	41,4 (12)	0,435
Tiempo soporte ECMO (días)	3 ± 5	3 ± 6	3 ± 3	0,918
Tiempo de estancia intrahospitalaria (días)	25 ± 50	8 ± 13	42 ± 67	< 0,001
Muerte intrahospitalaria (%)	71,7 (43)	74,2 (23)	69,0 (20)	0,653
Donante (%)	25,6 (11)	34,8 (8)	15,0 (3)	0,138

Conclusiones: La eRCP es una técnica factible con buenos resultados en pacientes con PCR, aunque se asocia a complicaciones potencialmente mortales. No observamos diferencias en la aplicación de un programa de eRCP en pacientes con PCRE vs PCRI.

