



Universidad Pública de Navarra
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

Facultad de Ciencias de la Salud
Osasun Zientzien Fakultatea

Trabajo Fin de Grado

Grado en Enfermería

INTEGRACIÓN DE TÉCNICAS CONTINUAS DE DEPURACIÓN RENAL EN ECMO: ¿QUÉ DEBEMOS VIGILAR LAS ENFERMERAS EN CUIDADOS INTENSIVOS?

Autora :B. Mailén Moyano Berardo

Directora Leticia San Martín Rodríguez

Pamplona

Mayo, 2023

RESUMEN

Antecedentes: Actualmente, cada vez son más los centros hospitalarios que eligen integrar las técnicas continuas de reemplazo renal (TCRR) en el circuito de oxigenación por membrana extracorpórea (ECMO), en detrimento del uso del acceso venoso convencional. La complejidad de combinar ambas técnicas requiere un alto grado de especialización de las enfermeras, sin embargo, no existe consenso sobre cómo llevarlo a cabo por lo que existe gran variabilidad en la práctica clínica.

Objetivo: conocer cuáles son las complicaciones descritas en la literatura que la enfermera debe vigilar tras integrar la TCRR en ECMO.

Metodología: se llevó a cabo una revisión bibliográfica en las bases de datos de Medline, CINAHL, Cochrane Plus, Science Direct, Scopus, Dialnet, Web of Science, Cuiden y Scielo para identificar los estudios publicados en inglés y español entre los años 2017 y la actualidad. También se realizó una búsqueda manual en revistas especializadas y en libros de consulta.

Resultados: Se incluyeron 10 estudios en los que se extrajo información sobre dificultades en el paciente y en cada circuito extracorpóreo, identificando tres categorías: 1) Complicaciones tras la instauración de TCRR en ECMO; 2) Complicaciones durante la terapia combinada y 3) Complicaciones tras la retirada de TCRR.

Conclusiones: En relación a los circuitos, los mayores problemas parecen estar en relación con la elección del lugar de conexión de la TCRR en ECMO, pudiendo ocasionar problemas de presiones y flujo. Las complicaciones en el paciente se relacionan con trastornos en la coagulación y alteraciones sistémicas.

Palabras clave: oxigenación por membrana extracorpórea, técnicas continuas de reemplazo renal, complicaciones.

Número de palabras: 12918

ABSTRACT

Background: Currently, more and more hospitals are choosing to integrate continuous renal replacement techniques (RRCT) into the extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) circuit, to the detriment of the use of conventional venous access. The complexity of combining both techniques requires a high degree of specialization from nurses; however, there is no consensus on how to carry it out, so there is great substitution in clinical practice.

Objective: to know which are the complications described in the literature that the nurse should monitor after integrating RRCT in ECMO.

Methodology: a bibliographic search was carried out in the Medline, CINAHL, Cochrane Plus, Science Direct, Scopus, Dialnet, Web of Science, Cuiden and Scielo databases to identify studies published in English and Spanish between the years 2017 and present. A manual search was also carried out in specialized magazines and in reference books.

Results: Ten studies were included in which information on difficulties in the patient and in each extracorporeal circuit was extracted, identifying three categories: 1) Complications after the establishment of RRCT in ECMO; 2) Complications during combination therapy and 3) Complications after RRCT withdrawal.

Conclusions: Regarding the circuits, the biggest problems seem to be related to the choice of the RRCT connection site in ECMO, which can cause pressure and flow problems. Complications in the patient are related to coagulation disorders and systemic alterations.

Keywords: ECMO, continuous renal replacement therapy, complications

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	vi
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	viii
ÍNDICE DE ABREVIATURAS	ix
1. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN	1
2. OBJETIVO DEL ESTUDIO	4
3. MATERIAL Y MÉTODOS	4
3.1 Diseño.....	4
3.2. Estrategia de búsqueda.....	4
3.3 Criterios de selección	7
3.4 Extracción de datos	8
3.5. Análisis de los datos	10
3.6. Cronograma temporal.....	14
4. RESULTADOS	14
4.1. Descripción de los circuitos extracorpóreos	15
4.1.1. Oxigenación por membrana extracorpórea (ECMO)	15
4.1.2. Técnica Continua de Reemplazo Renal (TCRR)	20
4.2. Complicaciones durante la implantación de la TCRR en ECMO.....	24
4.2.1 En el circuito ECMO.....	24
4.2.2 En el circuito de depuración renal	24
4.2.3 En el paciente.....	27
4.3. Complicaciones durante la terapia simultánea.....	28
4.3.1 En el circuito ECMO.....	28
4.3.2 En el circuito de depuración renal	29
4.3.4 En el paciente	30
4.4. Complicaciones tras la retirada de la TCRR.....	31

4.4.1 En el circuito ECMO.....	31
4.4.2 En el circuito de depuración renal	32
4.4.3 En el paciente	32
5. DISCUSIÓN.....	34
5.1 Implicaciones para la práctica.....	37
6. CONCLUSIONES	42
7. BIBLIOGRAFÍA.....	43
8. ANEXOS	49
8.1. Componentes ECMO	49
8.2 Imágenes TCRR.....	53
8.3 Sistema integrado de TCRR en ECMO	54
8.4 ESCALA RASS	55
8.5 Escala MRC.....	56
8.6 Escala CPOT	57
8.7 Documento antiplagio.....	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estrategia de búsqueda	7
Figura 2. Resultados de la estrategia de búsqueda	9
Figura 3 Cronograma temporal del proceso de elaboración de TFG.....	14
Figura 4. Tipos de terapia ECMO	15
Figura 5. Principales diferencias entre ECMO VV y VA	15
Figura 6. Esquema circuito ECMO.....	19
Figura 7. Monitorización presiones circuito ECMO	19
Figura 8. Esquema circuito TDEC	22
Figura 9. Monitorización presiones circuito TDEC.....	23

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Descripción de la estrategia PIO	6
Tabla 2. Criterios de selección	8
Tabla 3. Tabla resumen de artículos seleccionados	11
Tabla 4. Tabla resumen de resultados.....	33
Tabla 5. Cuidados de Enfermería por sistemas.....	39

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Componentes circuito ECMO con bomba de sangre Levitronix	49
Ilustración 2. Partes consola Centrimag Levitronix	49
Ilustración 3. Sistema integrado de bomba Levitronix + oxigenador + consola Centrimag ..	50
Ilustración 4. Componentes circuito ECMO con bomba de sangre Rotaflow de Maquet.....	51
Ilustración 5. Partes consola Cardiohelp de Maquet	51
Ilustración 6. Sistema integrado de bomba Rotaflow + Consola Cardiohelp de Maquet	52
Ilustración 7. Circuito TCRR de Prismaflex.....	53
Ilustración 8. Registro de presiones en Monitor Prismaflex cuando líneas hemáticas están conectadas a CVC.....	53
Ilustración 9. Sistema integrado de TCRR en ECMO.....	54
Ilustración 10. Lugar de conexión de TCRR en ECMO (línea de entrada en postmembrana, línea de retorno en premembrana)	54
Ilustración 11. Escala RASS	55
Ilustración 12. Escala MRC.....	56
Ilustración 13. Escala CPOT.....	57

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ACT: Tiempo de coagulación activado

AF: Arteria femoral

Ao: Aorta ascendente.

BIS: Índice biespectral

ECG: Electrocardiograma

CRRT: Continuous renal replacement therapy

CKRT: Continuous kidney replacement therapy

CPOOT: Critical-Care Pain Observation Tool

CVVH: Hemofiltración venovenosa continua

CVVHD: hemodiálisis venvenosa continua

CVVHDF: hemodiafiltración venovenosacontinua

ECMO: Extracorporeal membrane oxygenation

ECLS: Extracorporeal life support

FF: Fracción de filtración

Fio2: Fracción inspiratoria de oxígeno

Fr: French

GC: Gasto cardíaco

HNF: Heparina no fraccionada

MeSH: *Medical Subject Headings*

MRC: Medical Research Council

PTM: Presión transmembrana

PVC: presión venosa central

RASS: Richmond Agitation-Sedation Scale

RPM: Revoluciones por minuto

SCUF: ultrafiltración continua lenta

SDRA: Síndromes de distrés de respiratorio agudo

TAM: Tensión arterial media

TFG: Trabajo Fin de Grado

TCRR: Técnica continua de reemplazo renal

TDEC: Técnicas de depuración extrarrenal continua

TTPA: Tiempo de tromboplastina parcial activada

UCI: Unidad de Cuidados Intensivos

VV: Venovenosa

VA: Venoarterial

VF: Vena femoral

VY: Vena yugular

VCS: Vena cava superior

1. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

La oxigenación por membrana extracorpórea (ECMO, *Extracorporeal membrane oxygenation*) es una técnica invasiva de amplio uso en las Unidades de Cuidados Intensivos (UCI) como tratamiento para la insuficiencia respiratoria y/o circulatoria grave en pacientes en los que las terapias convencionales han fracasado (Selewski y Wille, 2021; Song et al., 2021). A pesar de llevar más de 30 años en la práctica clínica, no ha sido hasta el año 2009 cuando ha experimentado una expansión significativa en su uso a raíz de la publicación del estudio CESAR (Peek et al., 2009). Esta investigación evidenció la mejoría en la supervivencia en pacientes con síndromes de distrés respiratorio agudo (SDRA) tratados con ECMO durante la pandemia de gripe H1N1 (Peek et al., 2009).

Dentro de las múltiples complicaciones que pueden desarrollar los pacientes sometidos a ECMO, el fallo renal es una de las más comunes (Poveda et al., 2018). El fracaso renal incrementa el riesgo de mortalidad en los pacientes portadores de ECMO y las causas que favorecen su instauración son hipoxia, hipoperfusión, sepsis, hemólisis, uso de agentes nefrotóxicos, requerimientos de vasopresores y liberación de citoquinas inflamatorias (Giani et al., 2020; Hamdi y Palmer, 2017; Martins Costa et al., 2022; Van Dyk, 2018; Zeidman, 2021). Por todo esto, se estima que entre el 70-95% de los pacientes sometidos a ECMO van a necesitar terapia continua de reemplazo renal (TCRR), para ayudar a la eliminación de líquidos, solutos y mediadores de inflamación, mientras el riñón se recupera (Martins Costa et al., 2022; Zeidman, 2021).

De manera tradicional, las técnicas de reemplazo renal en pacientes sometidos a ECMO se empleaban en paralelo, es decir, utilizando un acceso venoso convencional que se conectaba la máquina de depuración renal para realizar la técnica (Giani et al., 2020; Martins Costa et al., 2022; Van Dyk, 2018; Zeidman, 2021). Una alternativa eficaz y avalada por la evidencia es la asociación de TCRR al propio circuito ECMO, hecho que la literatura refleja como una técnica cada vez más frecuente en los centros hospitalarios en los que se implanta la ECMO. Las ventajas descritas son diversas. En primer lugar, permite un inicio precoz de la TCRR para mejor control de

la volemia y tratamiento de la sobrecarga, la cual se asocia con una mejor función pulmonar y cardíaca, disminuyendo el edema, la respuesta inflamatoria sistémica y el tiempo para el destete de ECMO (Hamdi y Palmer, 2017; Van Dyk, 2018; Zeidman, 2021). En segundo lugar, se aumenta la efectividad de la TCRR, ya que se alarga la vida media del filtro por la anticoagulación ECMO y por la disminución de las interrupciones asociadas a los problemas de flujos de catéter venoso (Van Dyk, 2018; Zeidman, 2021). Además, se evitan las pérdidas hemáticas relacionadas con la canulación de vías en pacientes anticoagulados y la necesidad de cambio del circuito de depuración renal por coagulación del mismo (Giani et al., 2020; Martins Costa et al., 2022).

Dentro del conjunto de acciones que hacen que ambas terapias funcionen, las enfermeras¹ responsables del cuidado de pacientes sometidos a técnicas extracorpóreas son una pieza fundamental, debido tanto a su labor asistencial a pie de cama, como a las funciones que realiza de monitorización constante del estado hemodinámico y del equilibrio hídrico del paciente (Askenazi et al., 2012; Chen et al., 2014; Hamdi y Palmer, 2017). La ECMO es un sistema complejo, que requiere coordinación entre los distintos miembros del equipo asistencial, ya que son pacientes los cuales se encuentran en situación de grave compromiso vital y requieren unos cuidados determinados (Wrisinger y Thompson, 2022). Llevar a cabo procesos cruentos ponen en riesgo la vida del paciente, lo que hace necesario que los profesionales encargados de su manejo tengan los conocimientos necesarios tanto de los sistemas como de los cuidados específicos asociados a su uso, así como la prevención de complicaciones. La enfermera en la UCI es un agente activo en todas las fases de la terapia, colaborando en su instauración, evaluando de forma continuada e integral las respuestas del paciente al tratamiento y proporcionando los cuidados necesarios para favorecer la recuperación tras la retirada (Van Kiersbilck et al., 2016). Además de ello, es la responsable del inicio, mantenimiento y finalización de las técnicas de reemplazo renal en el paciente crítico, así como del control de la eficiencia del filtro y de las posibles complicaciones del tratamiento

¹ En adelante se utilizará el término *enfermeras* en femenino para aligerar la lectura del texto, incluyendo de manera implícita en el uso de la palabra el término masculino *enfermeros*.

(Berrocal-Tomé et al., 2022; Romero García et al., 2013b). Integrar la técnica de reemplazo renal en el circuito ECMO aumenta considerablemente la complejidad del tratamiento, y necesita, aún más si cabe, de una presencia continua para llevar a cabo una vigilancia exhaustiva del paciente. Por el contacto directo que practican, las enfermeras son las personas idóneas para brindar al paciente crítico no solo las intervenciones derivadas del uso de ambos circuitos, sino que también proporcionan cuidados extendidos a todas las dimensiones de la persona. Pese a ello, no hay documentos para las enfermeras que recojan cómo realizar la terapia combinada de ambas técnicas extracorpóreas los cuales permitan ejecutar el procedimiento con seguridad, mientras que sí se realizan manera aislada, sí disponemos de una bibliografía extensa al respecto.

Todo lo expuesto anteriormente pone de manifiesto la necesidad de conocer los cuidados de enfermería propios de los pacientes en los que fusionan ambas terapias, y en concreto, cuáles son las complicaciones que se han descrito al realizar ambas técnicas de manera paralela para así poder anticiparnos a los posibles efectos adversos de la terapia combinada, individualizar el tratamiento acorde a las características propias, y de esta manera proporcionar los cuidados óptimos que el paciente necesita.

2. OBJETIVO DEL ESTUDIO

El objetivo principal de este Trabajo Fin de Grado (TFG) es conocer cuáles son las complicaciones descritas en la literatura, que la enfermera debe conocer y vigilar tras integrar la técnica continua de reemplazo renal (TCRR) en el circuito de membrana extracorpórea (ECMO) en pacientes adultos ingresados en Unidades de Cuidados Intensivos.

Como objetivos secundarios se han planteado los siguientes:

- 1) Descripción de los rasgos distintivos de cada circuito extracorpóreo.
- 2) Clasificar temáticamente las complicaciones de integrar la TCRR en ECMO.
- 3) Elaborar un listado de las actividades de enfermería en un paciente sometido a terapia combinada.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

En este apartado se expondrá primero el diseño del estudio. Posteriormente, se abordará la estrategia de búsqueda y el proceso de selección de artículos. Por último, se presentan la extracción y análisis de los datos.

3.1 Diseño

Con el objetivo de localizar artículos de interés sobre el área de estudio se realizó una revisión narrativa con metodología sistemática. Este tipo de revisión, tiene una naturaleza amplia, e incluye diferentes tipos de enfoques, cualitativos y cuantitativos, no siendo esencial la valoración de la calidad de la evidencia, ya que va dirigida a recopilar la información relevante que proporciona el contexto y la esencia del tema de interés (Guirao Goris, 2015) y poder incluir estudios con diferentes diseños, aportando un análisis amplio del conocimiento actual sobre la materia de estudio.

3.2. Estrategia de búsqueda

En primer lugar, de manera previa a la revisión bibliográfica, se realizó una búsqueda documental sobre las técnicas de manera aislada ya que, dada la complejidad de las mismas, se ha considerado que dicha fase de exploración podría contribuir a comprender mejor los hallazgos obtenidos al fusionar ambos procedimientos.

A continuación, se realizó una búsqueda en la literatura científica en bases de datos nacionales e internacionales. Las bases de datos electrónicas consultadas fueron: PubMed, CINAHL, Cochrane, Cuiden, Web of Science, Scopus, Dialnet, Scielo y Science Direct., ya que, por su relación con el campo de la salud, pueden dar respuesta al objetivo del trabajo. Se incluyeron los estudios primarios y revisiones publicadas en inglés o español, desde enero de 2017 hasta la actualidad.

Se realizó la formulación de la siguiente pregunta PIO: ¿cuáles son las complicaciones que pueden surgir en el paciente adulto y en los dispositivos tras integrar modalidades continuas de reemplazo renal en el circuito de ECMO? Los términos de búsqueda utilizados fueron aquellos relacionadas con el grupo de población adulta, la técnica continua de reemplazo renal, circuito de membrana extracorpórea y complicaciones, utilizando sinónimos de terminología libre y palabras MeSH, estructurándose como se muestra en la tabla 1:

Tabla 1. Descripción de la estrategia PIO (elaboración propia)

	COMPONENTE	OBJETO DE ESTUDIO	TÉRMINOS DE BÚSQUEDA	
			Lenguaje natural	Términos Mesh
P	Población	Paciente NO pediátrico (población adulta)	“children” “neonatal”	“pediatrics” [Mesh] “child” [Mesh]
I	Intervención (factor de estudio o variable independiente)	Integrar modalidades continuas de reemplazo renal en circuito de oxigenación extracorpórea	ECMO ECLS “ECMO therapy” “Extracorporeal life support”	“Extracorporeal Membrane Oxygenation” [Mesh]
			CRRT CKRT, “continuous kidney replacement therapy” “renal replacement therapy”	“Continuous Renal Replacement Therapy” [Mesh]
O	Outcome/ Resultado (criterio de evaluación o variable dependiente)	Complicaciones de la fusión en los dispositivos y en el paciente	“troubles” “problems” “difficulties” “disadvantages” “drawbacks” “risks” “adverse outcomes”	“Complications” [Subheading]

A continuación, queda reflejada en la Figura 1 la estrategia de búsqueda definitiva utilizada en PubMed en la que se detallan la manera en la que se combinaron los términos utilizando los operadores booleanos “AND”, “OR” y “NOT”. Cabe mencionar que, aunque la población objeto de estudio es la población adulta, se han empleado los términos para restringir el acceso a estudios que incluyan población pediátrica y acceder únicamente a los estudios llevados a cabo en adultos. La misma estrategia se ha adaptado a las distintas bases de datos utilizadas en la revisión.

AND	AND	AND	NOT
ECMO	"CRRT"	complications	pediatric
OR	OR	OR	OR
"Extracorporeal life support"	"continuous renal replacement therapy"	troubles	child
OR	OR	OR	OR
ECLS	"continuous kidney replacement therapy"	problems	children
OR	OR	OR	OR
"Extracorporeal membrane oxygenation"	OR	difficulties	neonatal
OR	"renal replacement therapy"	OR	
"ECMO therapy"	OR	disadvantages	
	CKRT	OR	
		drawbacks	
		OR	
		risks	
		OR	
		"adverse outcomes"	

Figura 1. Estrategia de búsqueda

Los límites de la estrategia de búsqueda fueron: idioma (inglés o español), edad (adultos), especie (humanos) y tiempo (artículos publicados en los últimos 5 años). Además de la técnica de "bola de nieve", con el objetivo de no perder investigaciones que pudieran ser relevantes se realizó una búsqueda manual en revistas especializadas en el campo de la circulación extracorpórea tales como Revista Española de Perfusión, Enfermería en Cardiología, Enfermería Intensiva y Medicina Intensiva, así como la consulta de libros especializados en el tema.

3.3 Criterios de selección

Los criterios de inclusión establecidos (véase tabla 2) fueron estudios y revisiones que describieran complicaciones según lugar de combinación de ambas terapias, aquellos que reflejaran efectos adversos clínicos en el paciente mientras se lleva a cabo terapia combinada y estudios y revisiones que manifestaran problemas en alguno de los circuitos mientras se lleva a cabo la terapia simultánea.

Se han excluido todos aquellos estudios que evaluaran supervivencia, pronóstico o días de estancia al combinar ambas técnicas, estudios que valoraran complicaciones de alguna de las técnicas cuando se usan de manera aislada, estudios que no

contemplaran complicaciones pese a estar combinados ambos circuitos y las publicaciones que hablaran sobre la eficacia de medicamentos sometidos a ambos tratamientos, además de la literatura gris.

Tabla 2. *Criterios de selección* (elaboración propia)

Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
<ul style="list-style-type: none"> • Estudios y revisiones que describan complicaciones en el lugar de combinación de ambas terapias • Estudios y revisiones que reflejen efectos adversos en el paciente mientras se lleva a cabo terapia combinada • Estudios y revisiones relativos a problemas en alguno de los circuitos cuando se lleva a cabo la fusión de ambas técnicas 	<ul style="list-style-type: none"> • Estudios que evalúan supervivencia, pronóstico o días de estancia al combinar ambas técnicas • Estudios que valoran complicaciones en alguna de las técnicas cuando se utilizan de manera aislada • Estudios en los que se lleve a cabo terapia combinada pero que no contemplen complicaciones • Estudios que hablen sobre la eficacia de medicamentos al estar sometidos a procesos de circulación extracorpórea • Literatura gris

3.4 Extracción de datos

Tras la búsqueda inicial se localizaron 680 artículos, pudiendo eliminarse 320 documentos tras la aplicación de los límites de idioma y año. Después de obtener 360 documentos, en una siguiente fase se revisaron todos los registros identificados por título y abstract, de los cuales se obtuvo un total de 112 artículos posibles de ser evaluados. A su vez, 80 de ellos se descartaron por estar duplicados y 23 se eliminaron por no corresponderse con el objetivo y/o no cumplir alguno de los criterios de inclusión, eligiendo así 9 documentos para su lectura crítica por estar específicamente relacionados con el tema.

Del mismo modo, para evitar la omisión de estudios relevantes se realizó una revisión de las listas de referencias de los mismos y la comprobación manual de revistas de interés, de las cuales se obtuvo 1 estudio. Así, finalmente se seleccionaron para esta revisión 10 artículos.

Seguidamente, queda reflejado en la Figura 2, el esquema correspondiente a los resultados obtenidos tras haber llevado a cabo la estrategia de búsqueda.

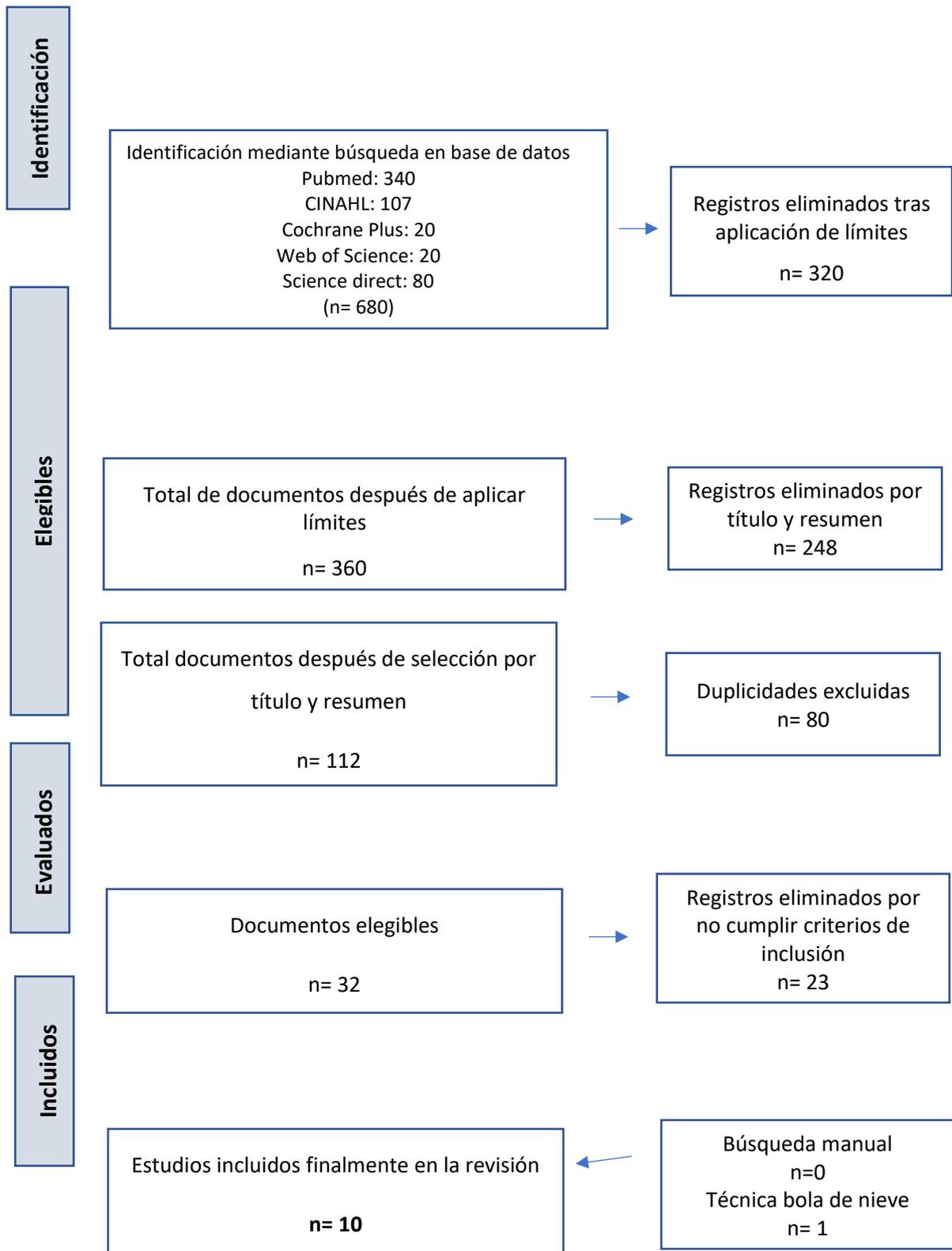


Figura 2. Resultados de la estrategia de búsqueda

3.5. Análisis de los datos

En primer lugar, para cada artículo, se ha extraído la información relativa a los autores, el diseño del estudio y los principales resultados, tal y como se muestra en la tabla 3. Del total de estudios incluidos en esta revisión, se han hallado 6 estudios de revisión, 3 observacionales retrospectivos y uno prospectivo, siendo todos ellos trabajos realizados fuera de España. Respecto a la calidad metodológica de los estudios revisados, se observa mayor nivel de evidencia en las revisiones narrativas, pero cabe destacar que ninguna de ellas detalla con precisión el proceso por el que se ha llevado a cabo la inclusión de artículos.

En segundo lugar, al ser este trabajo una revisión narrativa de la literatura, los hallazgos principales se han agrupado bajo tres áreas temáticas para facilitar su lectura. Estos hallazgos giran en torno a los siguientes apartados: “complicaciones durante la implantación de la TCRR en el ECMO”, “complicaciones durante el tratamiento combinado” y “complicaciones tras la retirada de la TCRR”. Del conjunto de estudios analizado, se extrajo información sobre complicaciones descritas en el paciente y en cada circuito extracorpóreo.

Tabla 3. *Tabla resumen de artículos seleccionados* (elaboración propia)

ESTUDIO, Autor, año	DISEÑO	OBJETIVO	RESULTADOS
<p>Zeidman, AD 2021</p>	<p>Revisión narrativa</p>	<p>Revisión sobre la historia, tecnología, indicaciones y resultados de sincronizar TCRR en ECMO.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Describen aspectos técnicos de configuración VA y VV, canulación periférica y canulación central. - Describe diferentes formas de integrar ambos circuitos, con ventajas e inconvenientes. - Describe complicaciones a nivel de ECMO, TCRR y de anticoagulación.
<p>Giani et al, 2020</p>	<p>Estudio retrospectivo</p>	<p>Evaluar la eficacia y la seguridad de la anticoagulación con citrato en pacientes con terapia combinada en comparación con pacientes anticoagulados con heparina sistémica</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Mayor vida útil del filtro por menos coagulación del circuito de diálisis en pacientes anticoagulados con citrato. - No complicaciones asociadas a la anticoagulación con citrato. - Técnica factible, segura y efectiva.
<p>Subbarayan B et al., 2021</p>	<p>Estudio de revisión</p>	<p>Indicaciones TCRR, aspectos técnicos y dificultades de combinar ambas terapias. Resultados clínicos de una serie de casos de 178 pacientes en terapia combinada.</p>	<p>Métodos de combinar ECMO y TCRR, ventajas y desventajas según lugar de conexión.</p>
<p>Van Dyk, M 2018</p>	<p>Revisión</p>	<p>Revisa las ventajas e inconvenientes de integrar la máquina de TCRR en ECMO y el uso del acceso venoso.</p>	<p>Se describen 5 formas de integrar ambos circuitos con las posibles complicaciones que pueden ocurrir.</p>

ESTUDIO, Autor, año	DISEÑO	OBJETIVO	RESULTADOS
Martins Costa et al.,	Revisión	Revisión sobre aspectos técnicos de ECMO y fallo renal, las complicaciones de combinar ambas técnicas y realizarlas de forma paralela y retos para el futuro en el desarrollo de un único dispositivo	<ul style="list-style-type: none"> - Repaso teórico de dispositivo ECMO y TCRR con las características técnicas de sus circuitos y membranas. - Explica ventajas y desventajas de combinar ambas terapias
Poveda et al., 2018	Revisión de la literatura	Explicar los aspectos más importantes de integrar la TCRR en ECMO.	Definición, tipos de ECMO, fisiopatología del fallo renal, técnicas de TCRR y métodos de combinación, ventajas, desventajas y riesgos.
Ostermann et al., 2018	Revisión de la literatura	Describir las distintas estrategias de combinar TCRR con ECMO y exponer sus ventajas y desventajas	Indicaciones y modalidades de TCRR en ECMO, descripción de métodos integrados y paralelos.
Liu M et al., 2021	Estudio retrospectivo	Evaluar si los diferentes modos de conexión de ECMO y TCRR tienen repercusión clínica en el paciente.	<ul style="list-style-type: none"> - Dos modos de conexión: A (conexión premembrana prebomba) y B (conexión postmembrana postbomba). - No diferencias en duración o flujo de ECMO - No diferencias en duración o flujo de TCRR - No diferencias en vida del filtro de TCRR - No se necesitó más anticoagulación en un modo u otro - Diferencias significativas en un parámetro analítico (NT- Pro BNP)

ESTUDIO, Autor, año	DISEÑO	OBJETIVO	RESULTADOS
<p>De Tywoski C et al 2018</p>	<p>Estudio prospectivo</p>	<p>Evaluar la vida del circuito de diálisis en pacientes conectados a ECMO y en pacientes conectados a catéter venoso central (CVC).</p>	<ul style="list-style-type: none"> - La vida media del filtro está más relacionada con la frecuencia de episodios de flujo reducido que con el nivel de anticoagulación. - Los episodios de reducción de flujo están determinados por las características intrínsecas del acceso vascular. - Mayor necesidad de transfusión en pacientes en ECMO, parece más en relación con la técnica ECMO que por la fusión de ambas terapias.
<p>Wu et al 2023 Article in press</p>	<p>Observacional retrospectivo</p>	<p>Comparar la seguridad y la eficacia de diferentes métodos de conexión de oxigenación por membrana extracorpórea (ECMO) y terapia de reemplazo renal continuo (TRRC).</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Conectar el dispositivo CRRT a ECMO como un sistema integrado podría acelerar el inicio de CRRT. - Evita el sangrado local - Prolonga la vida útil del filtro en comparación con el sistema paralelo

3.6. Cronograma temporal

La realización de este trabajo empezó en septiembre de 2022 una vez publicado el listado definitivo de los directores asignados. Tras una primera cita presencial en la que se decidió el tema del trabajo, el desarrollo del mismo se ha completado a través del envío del manuscrito por correo electrónico hasta conseguir la versión final. Al finalizar el trabajo, se acordó nuevamente una cita presencial para comentar últimas modificaciones y abordar la preparación para la defensa. En la figura 3 que se muestra a continuación se detalla el proceso de elaboración del TFG.

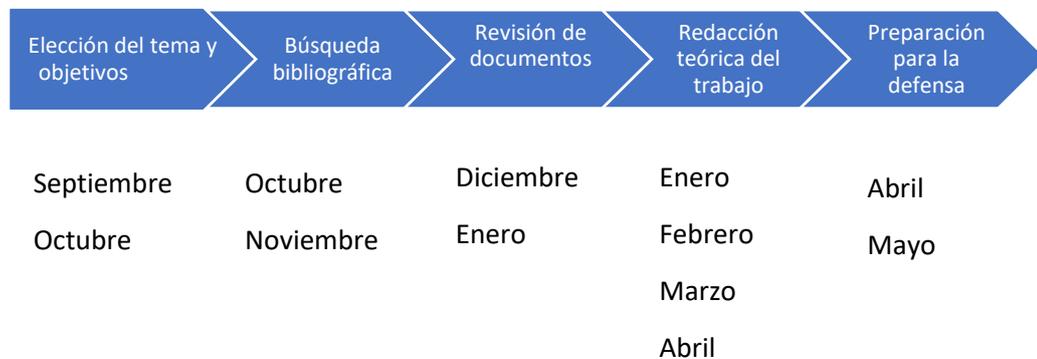


Figura 3 Cronograma temporal del proceso de elaboración de TFG (elaboración propia)

4. RESULTADOS

De la revisión de la evidencia científica se destacan 10 estudios con diseños descriptivos. Previo al desarrollo de los hallazgos obtenidos, en primer lugar, se van a presentar de manera breve los rasgos distintivos de cada circuito extracorpóreo los cuales contribuirán a facilitar la comprensión de los resultados del trabajo. Posteriormente, se presentarán las complicaciones encontradas en la revisión de la literatura, separadas en tres apartados diferenciados: “complicaciones durante la implantación de la TCRR en ECMO”, “complicaciones durante la terapia simultánea” y “complicaciones durante la retirada de la TCRR”. A su vez, cada apartado principal, se ha subdividido en los subapartados “en el circuito de ECMO”, “en el circuito de TCRR” y “en el paciente”, respectivamente, para detallar los efectos adversos encontrados en cada uno de ellos. Tras el desarrollo de los resultados, se ha incluido

una tabla resumen que enumera de manera breve los efectos adversos encontrados (Véase Tabla 4).

4.1. Descripción de los circuitos extracorpóreos

4.1.1. Oxigenación por membrana extracorpórea (ECMO)

La oxigenación por membrana extracorpórea (ECMO) es un dispositivo de soporte vital capaz de sustituir la función respiratoria y/o cardíaca en pacientes con patologías cardiorespiratorias graves en los que el tratamiento convencional ha fracasado (Askenazi et al., 2012; Chen et al., 2014; García-Asenjo y Eiguren Goitiz, 2017; Medina Ríos et al, 2014; Seczyńska et al., 2014). Puede emplearse como puente a la recuperación, a una decisión, al trasplante o a la asistencia de larga duración (García-Asenjo y Eiguren Goitiz, 2017; Medina Ríos et al, 2014).

Se distinguen dos tipos de terapias: veno-venosa (VV, Figura 4A) o veno-arterial (VA, Figura 4B), ambas proporcionan soporte respiratorio, pero solo la ECMO VA suministra soporte hemodinámico. En la figura 5 se detallan las principales diferencias entre ambas.

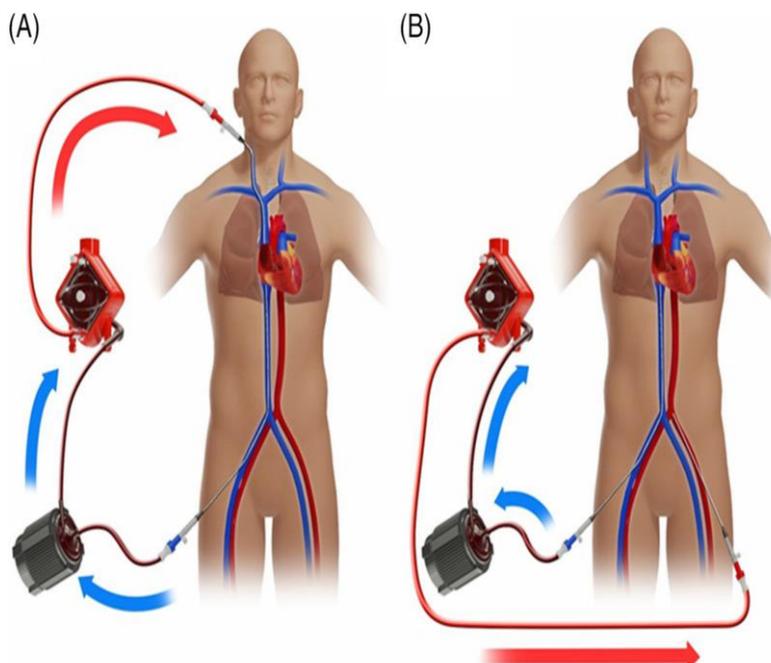


Figura 4. Tipos de terapia ECMO

Nota. Adaptado de "Optimization of extracorporeal membrane oxygenation therapy using near-infrared spectroscopy to assess changes in peripheral circulation: A pilot study" (p.10), por H.H Chang, 2020, *Journal of Biophotonics*, 13. Todos los derechos reservados [2020] por The Authors. *Journal of Biophotonics* published by WILEY-VCH GmbH.

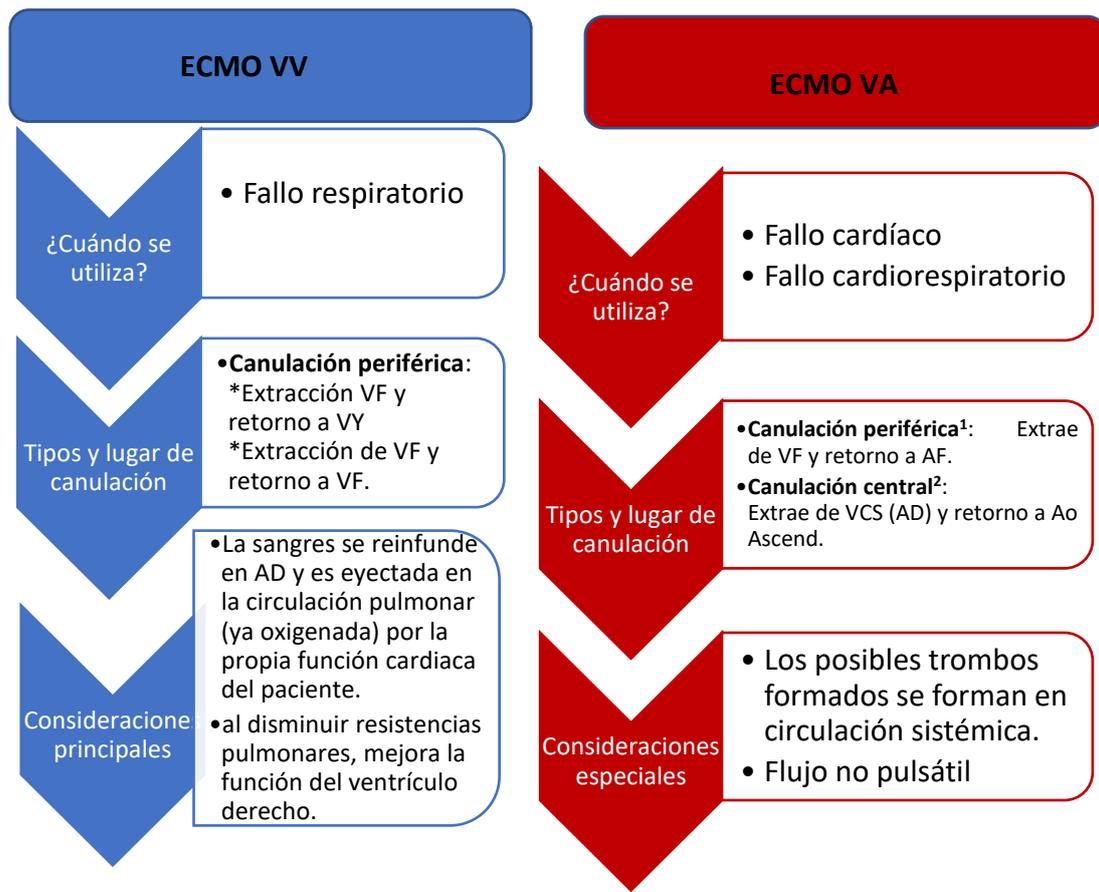


Figura 5. Principales diferencias en ECMO VV y ECMO VA

VF: Vena femoral; VY: Vena yugular; AF: Arteria femoral; VCS: Vena cava superior; Ao: Aorta ascendente; AD: Aurícula derecha

¹Canulación periférica: es la más rápida, indicada en pacientes inestables que presentan dificultades para el traslado a quirófano, por lo que puede realizarse en UCI. (García-Asenjo y Eiguren Goitiz, 2017; Medina Ríos et al, 2014).

²Canulación central: se utiliza con mayor frecuencia en pacientes postcardiotomía en lo que no pueden desconectarse de la circulación extracorpórea, permitiendo un drenaje más eficaz y una mejor oxigenación de la parte superior del cuerpo. Requiere tanto para la implantación como para la retirada la realización de esternotomía, lo que aumenta considerablemente el riesgo de complicaciones tales como hemorragia y mediastinitis (García-Asenjo y Eiguren Goitiz, 2017; Medina Ríos et al, 2014).

La ECMO se compone de varios elementos ensamblados en serie en el siguiente orden: una cánula de drenaje venoso, una línea venosa, una bomba centrífuga, un

oxigenador, una línea arterial y una cánula de retorno que puede estar insertada en una vena (si hablamos de ECMO VV) o en una arteria (ECMO VA) (Chaves et al., 2019; García-Asenjo y Eiguren Goitiz, 2017; Poveda et al., 2018; Wrisinger y Thompson, 2022).

- **Cánulas:** se introducen en el sistema vascular del paciente.
Cánula venosa/ de drenaje/ de extracción: es la que, unida a la línea venosa, succiona la sangre del paciente y la lleva al circuito.
Cánula arterial/ de retorno: es la que se conecta a la línea arterial de la ECMO y devuelve sangre oxigenada al paciente. Se denomina cánula arterial, pero puede estar insertada en una vena si la configuración de ECMO es VV o en una arteria si es ECMO VA. Siempre va a ser sangre oxigenada.
- **Líneas venosa y arterial:**
Línea venosa: Transporta sangre venosa (desoxigenada) desde la cánula venosa hasta la bomba centrífuga, y de ahí, al oxigenador. Es la zona que se denomina P1: presión negativa de succión venosa. Los valores se sitúan en un rango entre -30 a -100 mmHg.
Línea arterial: transporta la sangre oxigenada desde la salida del oxigenador hasta la cánula de retorno que, según el tipo de configuración del circuito, será un ECMO VV o ECMO VA. Se trata de la zona P3 (presión entre el oxigenador y la cánula arterial), de carácter positivo (< 200mmHg).
- **Bomba centrífuga:** proporciona la energía cinética que impulsa la sangre desde el paciente, mediante la rotación de unas aspas giratorias o conos. Cada modelo funciona con su consola, en la cual se puede regular la velocidad de la bomba medido en revoluciones por minuto (RPM) y también traduce la información captada por los sensores de flujo en forma de gasto cardíaco (GC). Entre la bomba y el oxigenador, en la zona premembrana, es donde se encuentran las presiones más altas del circuito (P2: 250-300mmHg). Su valor va a depender de las revoluciones, del flujo y de la poscarga del paciente. P2 siempre es 40-60 mmHg mayor a P3 debido a la resistencia al flujo que ofrece el oxigenador.

- **Oxigenador:** formado por una membrana impermeable al plasma. Se encarga del intercambio de gases y mantener la temperatura de la sangre que pasa por la membrana.
- **Mezclador de gases:** regula la proporción de oxígeno/aire y un caudalímetro que regula el flujo de esta mezcla que entra en el oxigenador.
- **Intercambiador de calor:** encargado de mantener la temperatura de la sangre entre 33-36°C a través de un serpentín con agua en tránsito, evitando así los inconvenientes que pueden surgir a causa de la circulación externa de sangre del paciente.

En el anexo 8.1 se reflejan los elementos que constituyen el circuito ECMO tanto con bomba de sangre Levitronix de Centrimag como con bomba de sangre Rotaflow de Maquet, las dos casas comerciales más utilizadas en nuestro medio.

Todos los componentes están revestidos de heparina en su superficie interna con el fin de reducir las complicaciones tromboembólicas, los requerimientos de anticoagulación, las complicaciones hemorrágicas y la reacción inflamatoria (Askenazi et al., 2012; Chen et al., 2014; García-Asenjo y Eiguren Goitiz, 2017; Seczyńska et al., 2014; Van Kiersbilck et al., 2016).

Para aportar una perspectiva más sintética de los distintos elementos que lo forman, se muestra en las siguientes imágenes el esquema que sigue el dispositivo ECMO y la monitorización de las presiones en las distintas regiones del circuito.

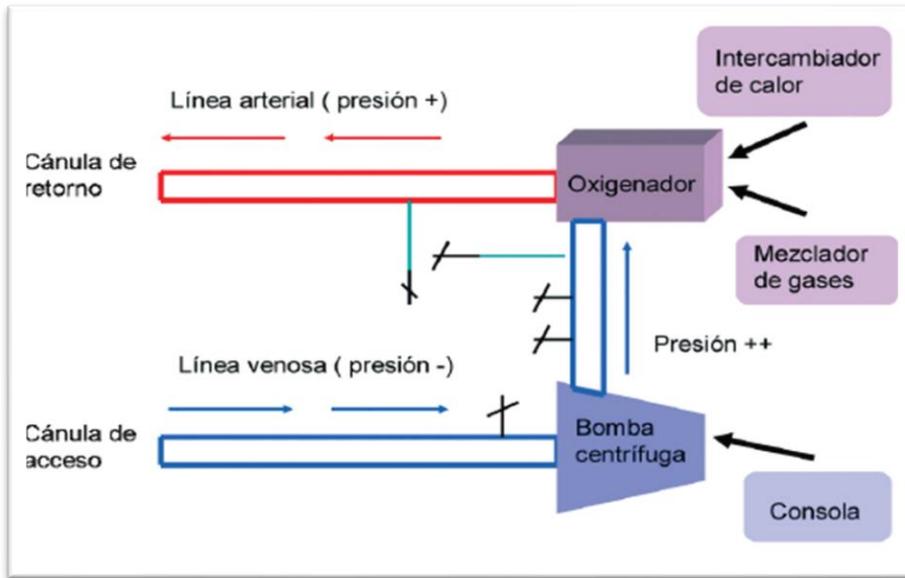


Figura 6. Esquema circuito ECMO

Nota. Adaptado de "Cuidados enfermeros en el paciente adulto con terapia ECMO" (p.27), por A Medina Ríos y López-Hernández, 2014, Asociación Española de Perfusión, 57. Obra de dominio público.



Figura 7. Monitorización presiones circuito ECMO

Nota. Adaptado de "Soporte vital extracorpóreo. Oxigenación por membrana extracorpórea. ECMO" (p.18) por M. García Asenjo y K. Eiguren Goitiz, 2017, Revista Española de Perfusión, 62. Obra de dominio público.

4.1.2. Técnica Continua de Reemplazo Renal (TCRR)

Las técnicas continuas de reemplazo renal (TCRR) o también denominadas de depuración extrarrenal continua (TDEC), constituyen un tratamiento en el cual se intercambian agua y solutos entre dos soluciones de diferente composición a través de una membrana semipermeable (Mateos-Dávila et al, 2022a), permitiendo el intercambio de sustancias entre ambos compartimentos (sanguíneo y dializador)(Berrocal-Tomé et al., 2022; Muñoz Serapio, 2012; Neyra et al., 2021; Romero-García et al., 2013a; Romero García et al., 2013b).

El paso de la sangre a través del filtro pretende corregir las alteraciones presentes en el medio interno bien a través de la pérdida de volumen de agua plasmática o bien con la pérdida de sustancias de bajo o medio peso molecular (Mateos-Dávila, 2022a) (Mateos-Dávila, 2022b). Los distintos procesos depurativos buscan crear un gradiente de presiones favorable para que los solutos que se quieren depurar pasen del compartimento intracelular al intravascular, y del intravascular al dialítico (Muñoz Serapio, 2012; Romero-García et al., 2013a).

El circuito empleado para las TCDE está formado por una serie de elementos que hacen posible que la sangre salga del paciente, fluya por el sistema y retorne al mismo depurada. (Muñoz Serapio, 2012). Los elementos que lo componen son: las líneas hemáticas, las líneas de los líquidos, el filtro, los sensores para monitorizar las presiones en las distintas zonas del circuito extracorpóreo y los puntos de tomas de muestras (Muñoz Serapio, 2012; Romero-García et al., 2013b).

- **Líneas hemáticas**

Línea de entrada al filtro/arterial/aferente:

Es la línea que conduce la sangre desde el paciente hasta el filtro por medio de una bomba peristáltica llamada bomba de sangre. Genera una presión negativa (presión de entrada) al extraer la sangre del paciente (-50 a -150mmHg). Es la línea de color rojo.

Línea de salida del circuito/ venosa/ eferente/de retorno al paciente:

Conduce la sangre, ya depurada, desde el filtro hasta el paciente. Genera una presión positiva (presión de retorno) que varía entre +50 a +150mmHg. Es la línea de color azul.

- **Líneas de los líquidos**

Línea de diálisis

Es la línea de color verde y conecta el líquido de diálisis en el orificio lateral próximo al polo venoso del filtro (siempre en sentido contrario a la dirección de la sangre).

Línea de reposición/ reinyección/sustitución

Es la línea de color violeta y se encarga de transportar la solución de sustitución desde la bolsa de la báscula al circuito de sangre, para sustituir la cantidad de ultrafiltrado que se pauta en el paciente. A veces es necesaria la administración de iones en la solución.

Línea PBP (*Previous blood perfusion*)

Es la línea de color blanco, diseñada para la anticoagulación con citrato, o para reposición prebomba según la elección de la terapia.

Línea del anticoagulante

Es una línea conectada a una bomba de jeringa. En el caso de la terapia renal integrada a ECMO no se utiliza porque el paciente ya está sometido a perfusión continua de anticoagulante, normalmente heparina, por ECMO.

Línea de efluente

Es la suma de la solución de sustitución + extracción + líquido de diálisis. Es la línea de color amarillo e informa sobre la presión en el compartimento de efluente, la cual notifica cómo está funcionando el filtro. Puede ser positiva, negativa o cero.

- **Filtro:**

Está compuesto por miles de capilares porosos que conforman la membrana semipermeable. Es biocompatible, de alta permeabilidad y baja resistencia para el

paso de moléculas. La presión del filtro varía entre +100 a +250mmHg. Según la terapia que se vaya a utilizar² y el peso del paciente, se elegirá un tipo de filtro u otro.

La vigilancia de la presión transmembrana (PTM) y la fracción de filtración (FF) permiten hacer un seguimiento del estado del filtro (Romero-García et al., 2013b).

La PTM es la diferencia de presiones a ambos lados de la membrana, por lo que un aumento de su valor nos podría indicar un aumento del trabajo del filtro y la posibilidad de que se coagule (Berrocal-Tomé et al., 2022). La FF es la fracción de agua plasmática que se elimina de la sangre durante la ultrafiltración. Valores que superan 20-25% predicen la formación de coágulos y la degradación del estado del filtro (Berrocal-Tomé et al., 2022; Zeidman, 2021).

A lo largo del recorrido del circuito hemático hay seis puntos en los que pueden tomarse muestras de la sangre del paciente.

De manera semejante al circuito ECMO, se presentan a continuación ilustraciones tanto del recorrido del dispositivo de TDEC como los rangos de presiones que deben mantener las distintas áreas para su correcto funcionamiento.

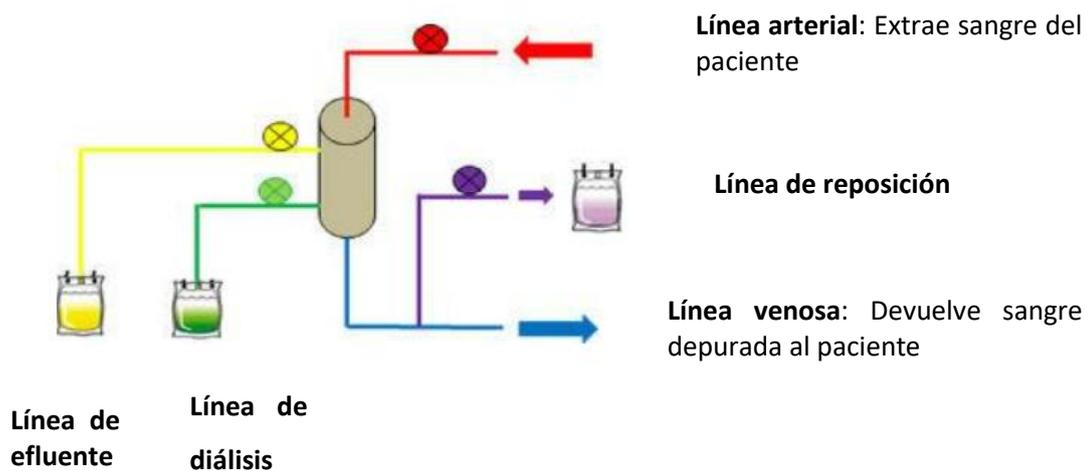


Figura 8. Esquema circuito TDEC

² Tipos de terapia en TDEC: Hemofiltración venovenosa continua (CVVH); hemodiálisis venovenosa continua (CVVHD), hemodiafiltración venovenosa continua (CVVHDF), ultrafiltración continua lenta (SCUF).

Adaptado de “Actualización en técnicas continuas de reemplazo renal” (p.115) por M. Romero-García y L. de la Cueva Ariza, 2013, *Enfermería Intensiva*, 24 (3). Todos los derechos reservados [2012] por Elsevier España, S.L. y SEEIUC.

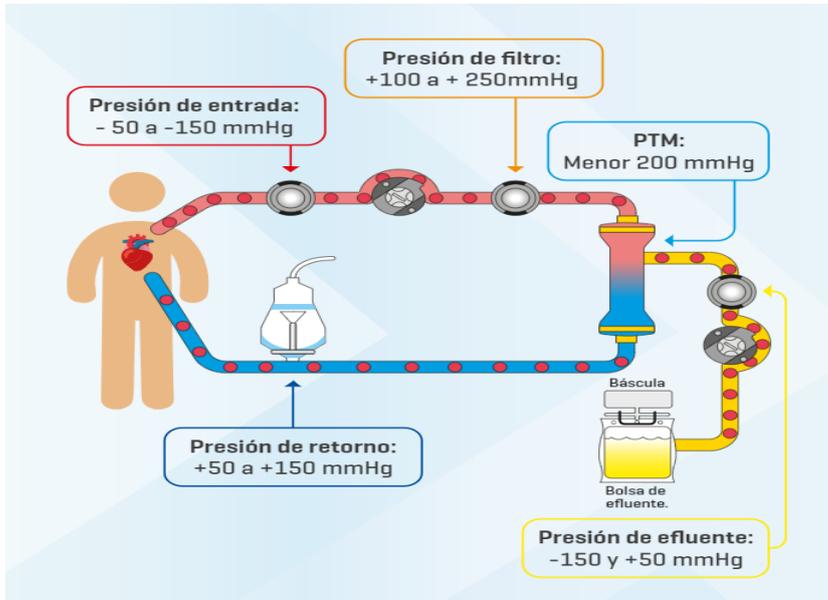


Figura 9. Monitorización presiones circuito TDEC

Adaptado de “Guía de alarmas y resolución de problemas con tecnología Prismaflex” por Baxter, (https://www.sc.pages06.net/lp/20962/200500/CL_Guia_alarmas_prismaflex_1.pdf). Obra de dominio público.

En el anexo 8.2 se incluyen ilustraciones sobre el circuito y las presiones monitorizadas.

Tras la descripción de los componentes y la configuración de cada dispositivo, seguidamente, se expondrán los resultados obtenidos de la búsqueda bibliográfica sobre los inconvenientes que pueden surgir al integrar el circuito de depuración renal en el de ECMO.

Todas las investigaciones incluidas se han desarrollado entre los años 2018 y la actualidad, por lo que se tratan de documentos de síntesis que recopilan la información anteriormente publicada. La información analizada se ha estructurado en tres subapartados: “complicaciones durante la implantación de la TCRR en ECMO”,

“complicaciones durante la terapia simultánea” y “complicaciones tras la retirada de TCRR”.

4.2. Complicaciones durante la implantación de la TCRR en ECMO

4.2.1 En el circuito ECMO

Los efectos adversos que pueden encontrarse en este dispositivo tras la conexión de ambas terapias tienen relación con la deficiente sujeción de las líneas. La evidencia reitera la importancia de asegurarlas bien para evitar tirones y desplazamientos de las cánulas, manteniéndolas visibles en todo momento para evitar así posibles desconexiones accidentales (Martins Costa et al., 2022; Ostermann et al., 2018; Van Dyk, 2018).

4.2.2 En el circuito de depuración renal

En la descripción que se ha realizado de cada dispositivo, se identifica la línea de entrada a la máquina de depuración renal como la línea roja, que, en caso de utilizar un catéter venoso, ejerce presión negativa para extraer la sangre del paciente. Al optar por la unión de ambos circuitos, dependiendo del lugar de ECMO que se escoja para conectar la línea de entrada, la presión puede ser negativa o positiva (Wu et al., 2023). Dicha elección va a ser la responsable de parte de las complicaciones que puedan surgir en el circuito de diálisis.

La inserción de la línea de entrada puede hacerse a la zona prebomba (identificada como P1, de presión negativa) (Van Dyk, 2018; Wu et al., 2023; Zeidman, 2021), postbomba o preoxigenador (P2, presión positiva) (Martins Costa et al., 2022; Poveda et al., 2018; Subbarayan et al., 2021; Van Dyk, 2018;) o postoxigenador (P3, presión positiva) de ECMO (de Tymowski et al., 2018; Liu et al., 2021; Poveda et al., 2018; Van Dyk, 2018).

Si la extracción se realiza en la zona P1, no hay conflicto de presiones (se extrae desde zonas negativas) pero sí podrían encontrarse problemas de flujo, ya que la máquina de diálisis está programada para manejar flujos menores que ECMO. El flujo de ECMO es impulsado por la velocidad de la bomba, el cual se ve influenciado también por las

características del acceso y del estado del volumen intravascular del paciente (de Tymowski et al., 2018), originando una presión prebomba muy negativa cuando las revoluciones son elevadas (Van Dyk, 2018).

Por otro lado, si la unión se produce en la región P2 o P3, el enfrentamiento de presiones puede generar que se disparen alarmas en el circuito de diálisis que podrían detener la terapia (de Tymowski et al., 2018; Poveda et al., 2018; Subbarayam et al., 2021; Van Dyk, 2018; Wu et al., 2023). La máquina de diálisis está programada para que la bomba de sangre que tiene incorporada realice succión negativa, extrayendo la sangre del paciente hacia el filtro y proceder a su depuración. Si la línea de entrada al circuito TCRR se integra en una de las zonas de presión positiva de la ECMO, la bomba de sangre de la máquina de diálisis podría exceder el rango de seguridad para el que está programada y producir interrupciones en el tratamiento dialítico seleccionado (Martins Costa et al., 2022; Poveda et al., 2018; Subbarayan et al., 2021; Van Dyk, 2018). Las detenciones de la terapia, aún de manera breve, generan el estancamiento de la sangre en superficies externas al paciente, y pueden favorecer la formación de coágulos en el filtro (Martins Costa et al., 2022; Poveda et al., 2018; Subbarayan et al., 2021; Van Dyk, 2018).

De igual forma, pueden ocurrir circunstancias similares con la línea de retorno. La bibliografía revisada expone que la fusión entre la línea de retorno y ECMO puede llevarse a cabo en la zona prebomba (P1) (Martins Costa et al., 2022; Poveda et al., 2018; Van Dyk, 2018; Zeidman, 2021) o postbomba (P2) (Martins Costa et al., 2022; Poveda et al., 2018; Van Dyk, 2018; Zeidman, 2021). Los sistemas de terapia renal están programados para retornar la sangre con presión positiva y si la línea de salida del circuito de TDEC se une en la zona prebomba, las presiones contrarias entre ambos dispositivos podrían ocasionar problemas de flujo (Van Dyk, 2018; Zeidman, 2021). Además de ello, la literatura revisada concluye que establecer el retorno en la zona de presión negativa aumenta considerablemente el riesgo de embolia aérea por fenómenos de cavitación y la formación de trombos próximos a la bomba centrífuga (Poveda et al., 2018; Van Dyk, 2018). Los métodos de elección en la línea de retorno no son uniformes, pero todos los estudios revisados se inclinan por hacerlo antes del oxigenador (P2), utilizando así la membrana para atrapar las posibles burbujas de aire

y evitar las consecuencias que podrían derivarse si se produce la embolia gaseosa tras al oxigenador (Giani et al., 2020; Martins Costa et al., 2022; Poveda et al., 2018; Subbarayan et al., 2021; Van Dyk, 2018; Zeidman, 2021).

Como se ha visto, los resultados encontrados revelan los problemas que pueden encontrarse tras integrar ambos circuitos en zonas de presión enfrentadas. No obstante, los autores concluyen que estos inconvenientes descritos parecen no manifestarse en aquellas máquinas de reemplazo renal en el que software está actualizado (Martins Costa et al., 2022; Ostermann et al., 2018; Poveda et al., 2018; Van Dyk, 2018). La actualización del sistema operativo permite reconocer instantáneamente que tanto la succión como el retorno se están produciendo con presiones contrarias para lo que inicialmente fueron programadas. Esto permite realizar la terapia seleccionada como si esta conexión se hiciera en un acceso venoso evitando así las alarmas de alta o baja presión que ocasionarían la interrupción del tratamiento (Martins Costa et al., 2022; Ostermann et al., 2018; Poveda et al., 2018; Van Dyk, 2018).

En los artículos revisados no hay un consenso sobre qué sector es el más apropiada para insertar la línea de entrada (P1, P2 o P3) y la de retorno (P1 o P2). Su elección parece tener relación con la experiencia del centro, la familiaridad con los dispositivos, la disponibilidad del personal y la tecnología utilizada (Zeidman, 2021). Sin embargo, a pesar de no tener recomendaciones claras sobre qué método ofrece menos efectos indeseables, la técnica de elección es, mientras el software de la máquina de diálisis esté actualizado, incluir la línea de entrada en la rama postoxigenador y la línea de salida en la unión con el preoxigenador. A pesar de ser el área de mayor presión, y por tanto de mayor riesgo de trombos en las regiones próximas, el oxigenador se encargaría de atrapar las burbujas de aire y el monitor de la máquina de diálisis podría servir para monitorizar las presiones pre y postoxigenador (Martins Costa et al., 2022; Poveda et al., 2018; Van Dyk, 2018; Zeidman, 2021). En el caso que este sea el método elegido para llevar a cabo la fusión de ambos circuitos, se debería tener presente el concepto de recirculación, ya que en esta opción hay un porcentaje de sangre ya oxigenada que vuelve a pasar por la membrana de ECMO.(Poveda et al., 2018) sin llegar al paciente. Esto podría afectar a

la oxigenación del paciente cuando el flujo de ECMO es elevado. Afortunadamente, tal y como indican Ostermann et al en su revisión, esta fracción que se deriva al circuito de TDEC es generalmente menor a un 5% por lo que es una cantidad poco notable (Flujo de ECMO ~ 4000 ml/min vs flujo de TCRR 200 ml/min) (Ostermann et al., 2018).

De manera previa a la fusión de ambos aparatos, varios autores ponen en relieve la trascendencia de asegurar la permeabilidad de las alargaderas del ECMO en las que va a integrarse el circuito de depuración renal (Martins Costa et al., 2022; Ostermann et al., 2018; Van Dyk, 2018). El dispositivo ECMO se trata de un circuito de alto flujo en comparación con el de reemplazo renal, sin embargo, si el acceso en el que van a fusionarse los dispositivos no estuviera permeable, podrían generarse problemas de flujo que ocasionarían dificultades tanto en la línea de entrada al circuito de TCRR como en la línea de retorno. Asimismo, hay que tener presente que los problemas de presiones que se han descrito con anterioridad (si el software no está actualizado) igualmente originarían problemas para conseguir el flujo pautado (Martins Costa et al., 2022; Ostermann et al., 2018; Subbarayan et al., 2021; Van Dyk, 2018; Zeidman, 2021).

Una vez que se han integrado de manera estéril ambas líneas al circuito ECMO hay que seleccionar en la máquina de diálisis los flujos de tratamiento. Es conveniente que, en el inicio del mismo, poner el flujo de sangre a 100 ml/min y el resto de los flujos a 0 ml/h para poder observar el comportamiento del filtro y el resto de las presiones. Previamente es preciso comprobar que todas las líneas que vayan a utilizarse estén despinzadas y las que no, pinzadas. Pulsar el botón de inicio y en el momento que la sangre haya impregnado todo el circuito, si los accesos se mantienen permeables y no hay problemas de flujo, se pueden establecer en ajustes los parámetros de tratamiento (Muñoz Serapio, 2012).

4.2.3 En el paciente

Las inconvenientes que pueden afectar al paciente son aquellos relacionados con los problemas de flujo que ocasionan dificultades en la circulación de la sangre.

Ante la existencia de flujos altos, los autores hablan de la existencia de turbulencias que pueden interferir con el riego sanguíneo produciendo hemólisis y repercusiones hemodinámicas en un paciente previamente inestable. (Martins Costa et al., 2022; Ostermann et al., 2018; Zeidman, 2021). La hemólisis es la liberación al plasma sanguíneo de la rotura de eritrocitos sometidos a fricción o succión excesiva (Mateos-Dávila et al., 2022) por lo que la monitorización cardíaca resulta imprescindible para detectar de manera precoz cualquier alteración relacionada con el desequilibrio de iones.

En el caso de que el software no esté actualizado, las interrupciones en el tratamiento continuo son frecuentes, prolongando así las causas por las que se inició la TCRR y disminuyendo la eficiencia del tratamiento (de Tymowski et al., 2018; Martins Costa et al., 2022; Ostermann et al., 2018).

4.3. Complicaciones durante la terapia simultánea

4.3.1 En el circuito ECMO

Mientras la unión de ambos circuitos se prolongue en el tiempo, los problemas descritos tienen relación con la aparición de fenómenos trombóticos y las dificultades que pueden aparecer en las presiones y, en consecuencia, en el flujo programado en el circuito.

La observación de las variaciones de las presiones de las distintas partes del circuito puede servir para anticiparse y recambiar los elementos necesarios antes de que se conviertan en un obstáculo para continuar con la terapia. Los autores reflejan que la formación de coágulos puede darse tanto en la línea venosa, en la línea arterial y el oxigenador. Varios de ellos recomiendan una observación meticulosa de todas las líneas mínimo una de una vez por turno (de Tymowski et al., 2018; Liu et al., 2021; Wu et al., 2023). Además, si las cánulas no están bien fijadas, las variaciones también pueden servir para valorar posibles desplazamientos cuando la sobrecarga de líquidos va resolviéndose y el edema disminuye (Martins Costa et al., 2022; Ostermann et al., 2018; Zeidman, 2021). Consecuencia de ello, en la literatura revisada también se describe la aparición de un fenómeno de balanceo de las cánulas,

cuando las revoluciones son elevadas y la presión de succión resulta demasiado alta para el estado volémico del paciente, pudiendo ocasionar hemólisis (Martins Costa et al., 2022; Poveda et al., 2018; Van Dyk, 2018; Zeidman, 2021).

La entrada de aire es otra complicación que puede presentarse en aquellas manipulaciones deficientes de las líneas en las que no hay un manejo correcto de las llaves de tres vías, o en aquellas elecciones en las que la línea de retorno de diálisis está conectada a la zona prebomba (P1, presión negativa) (Wu et al., 2023). Para evitar los efectos de estos fenómenos de cavitación, los autores coinciden en establecer el retorno de la sangre depurada en la zona preoxigenador, con especial insistencia en las configuraciones de ECMO VA en las que se salta la circulación pulmonar y se infunde directamente en territorio arterial (Giani et al., 2020; Martins Costa et al., 2022; Poveda et al., 2018; Subbarayan et al., 2021; Van Dyk, 2018, Zeidman, 2021).

4.3.2 En el circuito de depuración renal

Las complicaciones que pueden darse en el dispositivo de terapia renal son la formación de coágulos en el filtro y en la línea de retorno, ocasionando problemas en las presiones y en consecuencia, en el flujo pautado (Wu et al., 2023).

Como ya se indicó en la descripción de los componentes de las TCRR, vigilar la tendencia de la PTM, la FF y el registro de presiones, anticipan a una posible coagulación del circuito de diálisis y facilitan la devolución al paciente de la sangre presente en las líneas del circuito (de Tymowski et al., 2018; Wu et al., 2023).

Cuando el flujo es mayor a la extracción bien sea por incapacidad del punto de drenaje o por oclusión del filtro, como ya se ha comentado, hay elevado riesgo de hemólisis en el paciente. La aparición del líquido de efluente teñido de ropa puede anticiparnos a resolver esta complicación de manera precoz.

Mantener las líneas visibles, bien fijadas y evitando su acodamiento facilita el funcionamiento de la terapia programada en el dispositivo sin interrupciones (Martins Costa et al., 2022; Poveda et al., 2018; Van Dyk, 2018; Zeidman, 2021).

4.3.4 En el paciente

La combinación de ambas terapias se dirige a resolver el fracaso multiorgánico en un paciente que tiene un deterioro en órganos fundamentales como son el corazón, el pulmón y el riñón. Las complicaciones referidas en la evidencia tienen relación con la coagulación y con los efectos a nivel sistémico en el paciente.

Uno de los puntos más importantes es el equilibrio entre hemostasia y trombosis. En relación a la coagulación, las complicaciones descritas son las pérdidas sanguíneas secundarias a la anticoagulación sistémica por la terapia ECMO, disfunción de plaquetas por el contacto de la sangre con superficies externas, trombocitopenia inducida por heparina y hemólisis (de Tymowski et al., 2018; Martins Costa et al., 2022; Poveda et al., 2018; Van Dyk, 2018; Wu et al., 2023; Zeidman, 2021).

Los efectos adversos encontrados a nivel sistémico son los siguientes: infección, hipotermia y problemas neurológicos y hemodinámicos (de Tymowski et al., 2018; Wu et al., 2023).

El manejo deficiente de las conexiones, tanto para la conexión de la técnica, como en la manipulación de las líneas hemáticas del circuito de TDEC o la extracción de muestras, aumentan el riesgo de infección en un paciente crítico que ya de por sí, se encuentra en situación de vulnerabilidad (Wu et al., 2023). A esto se suma, que para evitar la hipotermia que produce la derivación de la sangre a ambos circuitos extracorpóreos, se tenga que utilizar el intercambiar de calor. Mantener la temperatura de la sangre dentro de un rango seleccionado puede producir una pérdida de información respecto a las variaciones de temperatura como manifestación de un proceso infeccioso. La desinfección de los puertos de entrada y salida previo a cualquier manejo del dispositivo contribuye a evitar la colonización de microorganismos patógenos a través de las líneas. El mantenimiento de las medidas de asepsia resulta indispensable en las intervenciones llevadas a cabo en el paciente (lavado de manos, técnicas estériles en la manipulación de las vías, aspiración de secreciones...)(Martins Costa et al., 2022; Poveda et al., 2018; Van Dyk, 2018; Zeidman, 2021) junto con la vigilancia de la aparición parámetros analíticos de infección. Las medidas utilizadas siguen las recomendaciones recogidas en los protocolos denominados Neumonía Zero y Bacteriemia Zero, informes elaborados

por el Ministerio de Sanidad, en colaboración con sociedades científicas, instaurados en las UCIs españolas.

Los elevados volúmenes de intercambio y la exposición de la sangre del paciente en superficies artificiales facilitan la aparición de fenómenos tromboticos y disminución de temperatura corporal. La pérdida de calor empeora los trastornos de coagulación si existieran, por lo que graduar la temperatura del intercambiador de calor y mantener el circuito de agua es un cuidado importante a tener en cuenta (Martins Costa et al., 2022; Poveda et al., 2018; Van Dyk, 2018; Zeidman, 2021).

En relación a las complicaciones neurológicas, la aparición de coágulos, tanto en alguno de los circuitos como en la circulación sistémica del paciente, pueden provocar graves efectos adversos si llegaran a desplazarse. Resulta de vital importancia realizar ventanas de sedación cada 24h si es posible, valoración pupilar cada hora, monitorización del índice BIS y control de los tiempos de ACT o TTPA de la perfusión de anticoagulante (Martins Costa et al., 2022; Poveda et al., 2018; Van Dyk, 2018; Zeidman, 2021).

Los problemas hemodinámicos están en relación con la disfunción plaquetaria, hipoperfusión tisular, hipovolemia, hemorragia y arritmias (Martins Costa et al., 2022; Zeidman, 2021).

En el anexo 8.3 pueden verse imágenes de ambos circuitos integrados.

4.4. Complicaciones tras la retirada de la TCRR

4.4.1 En el circuito ECMO

Al finalizar el tratamiento, hay que cerrar correctamente las llaves utilizadas para evitar pérdidas sanguíneas. Las alargaderas utilizadas deben sellarse con presión positiva para evitar la obstrucción de las líneas y poder disponer de aquellos accesos en el caso de que fuera necesario (Martins Costa et al., 2022; Zeidman, 2021). Salinizar de manera lenta si se realiza en los puertos de acceso próximos al oxigenador evita la rotura de capilares de la membrana evitando así la formación de microtrombos en las líneas (Poveda et al., 2018).

4.4.2 En el circuito de depuración renal

La desconexión de la TCRR del ECMO puede llevarse a cabo o bien porque el motivo por el que fue instaurado se ha resuelto, bien porque el filtro se ha coagulado o porque se han superado las 72 horas de tratamiento y el fabricante recomienda el cambio de filtro (Martins Costa et al., 2022) .

La vigilancia de las presiones que reflejan un deterioro en el estado del filtro debe instar al profesional a una retirada precoz del mismo para poder retornar la sangre acumulada en las líneas del circuito, antes de que los límites de seguridad de la máquina impidan el retorno.

4.4.3 En el paciente

Tal y como se ha indicado en el apartado de mantenimiento de la terapia combinada, la retirada de la TCRR aparte de la manifestación de signos de infección, aparición de fenómenos trombóticos y complicaciones neurológicas, puede poner de manifiesto en el paciente una anemización añadidas en el caso de que la sangre presente en las líneas no haya podido devolverse al sistema vascular (Martins Costa et al., 2022; Poveda et al., 2018; Van Dyk, 2018; Zeidman, 2021).

Tabla 4. Tabla resumen de resultados (elaboración propia)

	ECMO	TCRR	PACIENTE
Complicaciones durante la <u>implantación</u> de TCRR	<ul style="list-style-type: none"> • Sujeción inadecuada de las cánulas: <ul style="list-style-type: none"> - Desplazamiento de cánulas - Desconexiones accidentales 	<ul style="list-style-type: none"> • Problemas de presiones según lugar de conexión de líneas de entrada y retorno: detenciones en la terapia que aumentan riesgo de formación de coágulos en el filtro. • Problemas de flujo: Si líneas no están permeables; si software no actualizado 	<ul style="list-style-type: none"> • Inestabilidad hemodinámica • Hemólisis en flujos altos • ↓ eficacia tratamiento sustitutivo renal si interrupciones en el tratamiento.
Complicaciones durante la <u>terapia combinada</u>	<ul style="list-style-type: none"> • Problemas de presiones y flujos por: <ul style="list-style-type: none"> - Coágulos y trombos en zonas de conexión de las líneas - Desplazamiento de las cánulas (por ↓ edema, cavitación) - Entrada de aire 	<ul style="list-style-type: none"> • Problemas de flujo si: <ul style="list-style-type: none"> - Coágulos en el filtro y en la línea de retorno. - Entrada de aire en las manipulaciones - Interrupciones del tratamiento si desplazamiento de líneas, pinzamiento accidental - Hemólisis en efluente: flujos ↑ o rotura de capilares en membrana del dializador 	<ul style="list-style-type: none"> • Coagulopatía (sangrado 2º a anticoagulación sistémica, plaquetopenia, hemólisis, trombocitopenia inducida por heparina) • Complicaciones sistémicas: infección, neurológicas, hipotermia y hemodinámicas
Complicaciones durante la <u>retirada de TCRR</u>	<ul style="list-style-type: none"> • Pérdidas hemáticas • Microtrombos y obstrucciones en lugares de conexión. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pérdida de la sangre presente en las líneas del circuito si las presiones PTM y FF son elevadas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Complicaciones sistémicas (infección, neurológicas, hipotermia, hemodinámicas). • Anemización añadida si no retorno de la sangre del circuito de TCRR.

5. DISCUSIÓN

A la vista de los resultados obtenidos, la presencia de complicaciones de combinar dos circuitos extracorpóreos pasa por efectos adversos tanto en el dispositivo ECMO, como en la máquina de reemplazo renal como en el paciente.

Independientemente de la indicación, las enfermeras están presentes en todos los momentos en los que está instalado el dispositivo tanto de oxigenación extracorpórea como de depuración renal, desde su instauración, pasando por la asistencia ininterrumpida mientras continúa funcionando hasta la finalización del tratamiento seleccionado. Por el papel fundamental que ostentan, resulta de vital importancia que las enfermeras conozcan los cuidados específicos y las posibles complicaciones que se pueden derivar de su uso, para poder reaccionar a la mayor brevedad ante dichos eventos.

Los documentos revisados muestran que las mayores dificultades parecen estar en relación con la elección del lugar de conexión de la TCRR en el circuito ECMO. La implementación de ambas terapias se puede lograr de múltiples formas, sin embargo, ninguna de ellas parece tener un mejor resultado sobre otra y la decisión se basa en la experiencia y los conocimientos del centro (Zeidman, 2021), lo que da como resultado una práctica muy heterogénea. Cabe destacar que solo se ha encontrado unificación de criterios a la hora de elegir el lugar de conexión de la línea de retorno, la cual todos los autores coinciden en colocarla siempre antes del oxigenador (Giani et al., 2020; Martins Costa et al., 2022; Ostermann et al., 2018; Poveda et al., 2018; Subbarayan et al., 2021; Vay Dyk, 2018, Zeidman, 2021). A pesar de no tener datos que avalen la forma más adecuada para llevar a cabo ambas terapias de manera simultánea, la opción que más se repite en los artículos revisados es aquella que conecta la línea de entrada en la rama postoxigenador y la de retorno en el acceso preoxigenador (Giani et al., 2020; Martins Costa et al., 2022; Ostermann et al., 2018; Poveda et al., 2018; Vay Dyk, 2018), evitando así problemas de embolia aérea en el paciente, utilizando el oxigenador como posible atrapador de burbujas. Ésta también es la opción que utilizamos en nuestro contexto, a pesar de no tener

estudios desarrollados en nuestro país. La descripción de otras alternativas para llevar a cabo la fusión de ambos circuitos podría tener relación con el sistema utilizado, dato que no se recoge en la mayoría de los estudios revisados. Estos hallazgos podrían justificarse porque actualmente, el sistema ECMO más utilizado es el sistema “Cardiohelp” de Maquet o el de Levitronix de Centrimag, los cuales utilizan la membrana de oxigenación HLS o la de Eurostar, con accesos en la región pre y postmembrana ya incorporados, sin necesidad de colocar de manera adicional ningún elemento. Como se ha contemplado en la literatura, existen formas de conexión que sí necesitan de alargaderas con llaves de tres vías para unir las líneas del circuito de diálisis a las cánulas de ECMO. La manipulación de las líneas del circuito, aparte de aumentar el riesgo de infección, aumenta la carga de trabajo de enfermería, al tener que vigilar aún más si cabe las líneas hemáticas de los circuitos ya que, a mayor superficie externa en contacto con la sangre, se eleva la probabilidad eventos trombóticos. Quizás éste sea uno de los motivos por lo que la mayoría de los autores eligen utilizar esos puertos de acceso que no necesitan añadir elementos para funcionar.

Por otro lado, las interferencias que pueden surgir al asociar ambos circuitos en zonas de presión enfrentadas (Giani et al., 2020; Martins Costa et al., 2022; Ostermann et al., 2018; Poveda et al., 2018; Subbarayan et al., 2021; Vay Dyk, 2018, Zeidman, 2021), no parecen ser un problema en nuestro contexto, ya que los dispositivos de depuración renal utilizados (Prismaflex de Baxter o Multifiltrate de Fresenius) están programados para identificar los rangos de presiones del circuito ECMO y poder llevar a cabo los flujos de tratamiento pautados.

Como fortalezas de esta revisión, cabe mencionar que se refleja la evidencia más actual en relación a la terapia combinada. Si bien la forma tradicional de poner en marcha las terapias de reemplazo renal se hacía a través de un acceso venoso, los hallazgos más recientes demuestran que cada vez son más los centros que eligen realizar una fusión de ambos circuitos. Conocer las complicaciones de integrar ambas terapias extracorpóreas nos lleva a anticiparnos a los efectos adversos que se pueden ocasionar, lo que nos permite poder tener mejores resultados clínicos en nuestros pacientes.

Dentro de las debilidades encontradas en esta revisión se ha visto que a pesar del crecimiento exponencial en el uso de ECMO en los últimos años, en los artículos seleccionados no hay datos que reflejen qué tipos de modalidades de TCRR o qué tipo de configuración ECMO presenta menos complicaciones en la terapia combinada ni cuáles son los cuidados de enfermería derivados del proceso. La búsqueda se ha llevado a cabo únicamente en pacientes adultos, en muestras pequeñas, lo cual podría justificar estos hallazgos. La realización de futuros estudios que contemplaran estas variables aportaría evidencia sobre qué pacientes podrían verse más beneficiados de la fusión de ambas técnicas.

Otro aspecto importante a tener en cuenta en el manejo del paciente sometidos a técnicas extracorpóreas es la anticoagulación. Desde el momento en que se pone en marcha el dispositivo y la sangre se pone en contacto con una superficie no endotelizada, el organismo desencadena una respuesta inflamatoria sistémica que implica la activación de la cascada de coagulación con gran tendencia a la trombosis (Poveda et al., 2018). El tratamiento de anticoagulación estándar en las técnicas extracorpóreas, cuando se utilizan de manera aislada, consiste en la administración de heparina sódica sistémica para los pacientes bajo ECMO y la infusión del mismo fármaco mientras se haga uso de TCRR a través de la línea de jeringa de la propia máquina. Cuando se fusionan ambas técnicas, es suficiente la infusión sistémica para conseguir la anticoagulación de ambos, manteniendo un control estricto de los valores para estimar la dosis mínima requerida y conseguir el tiempo de coagulación diana (Martins Costa et al., 2022; Ostermann et al., 2018; Poveda et al., 2018). Como se ha reflejado en los resultados, una de las complicaciones que puede presentar el paciente, aparte del sangrado y la aparición de trombos, es la aparición de trombocitopenia inducida por heparina (Martins Costa et al., 2022; Poveda et al., 2018), siendo necesario en este caso la elección de otro fármaco para lograr el mismo efecto (normalmente otro inhibidor de la trombina como Argatroban o Bivalirudina). Encontrar el equilibrio entre sangrado y trombosis resulta complicado por lo que, siendo un aspecto tan importante, llama la atención que no haya estudios que evalúen los efectos de la anticoagulación en la terapia combinada. En los artículos seleccionados, únicamente se ha localizado un estudio que valora el efecto de la

anticoagulación regional con citrato en el circuito de reemplazo renal mientras están combinados (Giani et al., 2020). Este método utiliza el citrato para inactivar el calcio iónico e impedir que se inicie la cascada de la coagulación. Se administra a la entrada del circuito de TCRR y se invierte su acción antes de llegar al paciente, administrando calcio. Por eso se conoce como método regional y no sistémico. (Muñoz Serapio, 2012). Los beneficios encontrados por Giani et al muestran que la anticoagulación con citrato puede llevarse a cabo con seguridad en la terapia combinada, pero hasta el momento, no es una práctica muy extendida debido a la complejidad de su uso. La elección de este método en la asociación de ambos circuitos, podría servir para individualizar con mayor precisión los requerimientos de anticoagulación en cada dispositivo, reduciendo quizás en parte los efectos secundarios derivados de su administración. De cualquier modo, ejecutar esta práctica necesitaría de una formación extra en las enfermeras que desarrollan labor asistencial en Cuidados Intensivos, además de mayor investigación en este campo para poder llevarlo a cabo con garantías de seguridad.

Dada la complejidad de los sistemas y su manejo, la formación y competencia de las enfermeras son indispensables para el éxito de la terapia. Con este trabajo se pretende aportar evidencia para mejorar la práctica clínica diaria en las UCIs que llevan a cabo tratamientos tanto de oxigenación como de depuración extracorpórea, aumentando la seguridad de los pacientes y el de los propios profesionales al poder prevenir las posibles complicaciones asociadas a la fusión de ambos elementos en uno.

5.1 Implicaciones para la práctica

En esta revisión se han expuesto los inconvenientes encontrados una vez integradas ambas terapias, no obstante, es preciso tener presente que el manejo de las terapias extracorpóreas es un elemento más dentro de la atención integral que precisa el paciente crítico. Aparte de las complicaciones asociadas a la propia técnica en sí, el manejo global del paciente requiere la vigilancia del resto de aparatos y sistemas, las cuales no se han contemplado en esta revisión al no ser exclusivas de la fusión de ambos circuitos.

Por eso mismo, se presenta en la tabla 5 un listado de cuidados de enfermería dividido por sistemas, el cual podría servir para tener como referencia para el cuidado de pacientes críticos en los que se necesita realización terapia continua de reemplazo renal de manera simultánea con la oxigenación extracorpórea.

Tabla 5. Cuidados de Enfermería por sistemas (elaboración propia)

Sistemas	Pre- conexión	Durante el tratamiento	Retirada de TCRR
Sistema Neurológico	<ul style="list-style-type: none"> - Vigilancia cambios a nivel neurológico o déficits focales. - Tamaño, simetría y reactividad pupilar. - Movimientos anormales y reflejos. - Escala de RASS (véase Anexo 8.4) - Registrar valores del BIS bilateral. 		
Sistema Respiratorio	<ul style="list-style-type: none"> - Control y registro de patrón respiratorio, saturación, parámetros respirador, capnografía, auscultación. - Cuidados del paciente intubado (Guía protocolo Neumonía Zero) - Valoración de secreciones. - Gasometrías seriadas y radiografía de tórax. - Valoración diaria de proceso de destete. 		
Sistema Cardiovascular	<ul style="list-style-type: none"> - Vigilar cambios en el ECG y arritmias - Registro y tendencia de frecuencia cardiaca, tensión arterial y PVC - Registro y vigilancia de gasto cardiaco (GC) y revoluciones/min (RPM) de la bomba centrífuga en la consola (Véase Anexo 8.2) - Registro y vigilancia de flujos y FiO₂ del oxigenador extracorpóreo. - Vigilar “bamboleo” de cánulas del ECMO. - Vigilar perfusión distal (coloración, perfusión tisular periférica, pulsos distales) - Controles periódicos tiempo de tromboplastina parcial activado (TPA) y según resultados, ajustar velocidad de heparina no fraccionada. - Vigilar posibles puntos de sangrado y transfusiones de hemoderivados según analítica. - Cuidados propios de catéteres venosos y arteriales (Guía protocolo Bacteriemia Zero) 		

Sistemas	Pre- conexión	Durante el tratamiento	Retirada de TCRR
Dispositivo: ECMO	<ul style="list-style-type: none"> - Vigilar punto de entrada y salida de las cánulas y asegurar su adecuada fijación. - Vigilar la formación de coágulos en cánulas arterial y venosa y en oxigenador. - Desinfección c/24h con clorhexidina no alcohólica y protección zonas de apoyo. - Medición de las cánulas cada turno. 		
	<p>Asegurar la permeabilidad de las alargaderas pre y post oxigenador.</p>		<p>Salinizar con presión positiva alargaderas del oxigenador lentamente para evitar rotura de capilares. Desinfección de las conexiones Luer-lock y asegurar correcto cierre de las llaves de tres vías.</p>
Sistema Digestivo	<ul style="list-style-type: none"> - Valorar abdomen: palpación, percusión y auscultación. - Favorecer un adecuado estado nutricional y control de glucemias. - Cuidados derivados de nutrición enteral y sonda nasogástrica. - Vigilancia ritmo y características de deposiciones 		
Sistema Nefrouinario	<ul style="list-style-type: none"> - Valorar ritmo y características de diuresis y extracción en TCDE. - Valorar medio interno. - Balance hídrico y peso diario. - Valorar síntomas urinarios y genitales. - Cuidados derivados de la sonda vesical (Guía protocolo ITU Zero) 		

Sistemas	Pre- conexión	Durante el tratamiento	Retirada de TCRR
Dispositivo: TCRR (Véase anexo 8.3)	Asegurar límites de presiones Conexión línea entrada postoxigenador y línea de salida preoxigenador. Técnica de conexión estéril. Vigilar presiones TCRR Ajustar parámetros de tratamiento y valorar fracción de filtración.	Controlar las conexiones y acodamientos de las líneas. Líneas siempre visibles. Vigilar y registrar las presiones y su tendencia. Vigilar características de líquido efluente Registrar balance de la TCDE al final de cada turno. No es necesario uso de calentador.	Si presión transmembrana (PTM) elevada devolver sangre para evitar pérdidas hemáticas. Vigilar la presencia de trombos/émbolos en la línea de retorno del dispositivo de TCRR durante la devolución de la sangre
Sistema Tegumentario	<ul style="list-style-type: none"> - Vigilar temperatura corporal. - Vigilar signos infección local. - Valorar grado de edemas. - Cuidados de la piel y protección de zonas de apoyo 		
Sistema Musculo-esquelético	<ul style="list-style-type: none"> - Valorar tono muscular y fuerza. (Escala MRC, véase Anexo 8.5) - Realizar cambios posturales y movilizaciones pasivas. 		
	Paciente en posición semi fowler.	Vigilar acodamientos o “tirones” durante los cambios posturales y asegurar su sujeción al finalizar.	
Dolor	Valorar Escala CPOT cada turno (Véase Anexo 8.6)		

6. CONCLUSIONES

- ✓ Integrar el circuito de TCRR en ECMO puede generar complicaciones tanto en los dispositivos como en el paciente.
- ✓ Los problemas de presiones y flujo descritos en ECMO guardan relación con la deficiente sujeción de las cánulas, la formación de trombos en las zonas de conexión y las pérdidas hemáticas en manipulaciones deficientes de las conexiones.
- ✓ En relación al circuito de TCRR, las mayores dificultades parecen corresponderse con la elección del lugar de conexión de la TCRR en el circuito ECMO cuando el software no está actualizado.
- ✓ Referente a las complicaciones descritas en el paciente, se han encontrado las relacionadas con trastornos en la coagulación y con alteraciones sistémicas, tales como infección, hipotermia y problemas neurológicos y hemodinámicos.
- ✓ No hay datos sobre cuál es el mejor método para integrar ambos dispositivos por lo que la elección depende en gran medida del profesional responsable, lo que origina gran variabilidad en la práctica clínica.
- ✓ No hay consenso sobre qué lugar de conexión es el más adecuado, sin embargo, la mayoría de los autores consultados están de acuerdo en que el establecimiento de la línea de entrada debe colocarse en la rama postoxigenador y la de retorno debe situarse siempre antes del oxigenador.
- ✓ No hay datos sobre qué tipo de modalidad de TCRR, qué tipo de configuración ECMO o qué método de anticoagulación ofrece menos complicaciones mientras se realiza terapia combinada, por lo que sería interesante establecer nuevas líneas de investigación alrededor de estas variables.
- ✓ La formación continua y actualizada y el mantenimiento de las competencias de las enfermeras son indispensables para el éxito de la terapia.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez Méndez, B; Iglesias Fraga, B; Santín Piñan, MI. Guia de manejo y cuidados de enfermería al paciente portador de ECMO. Hospital Universitario Central de Asturias, Dirección de Enfermería. Asturias; 2021: 1-30
- Askenazi, D. J., Selewski, D. T., Paden, M. L., Cooper, D. S., Bridges, B. C., Zappitelli, M., & Fleming, G. M. (2012). Renal Replacement Therapy in Critically Ill Patients Receiving Extracorporeal Membrane Oxygenation. *Clinical journal of the American Society of Nephrology: CJASN*, 7(8), 1328-1336. <https://doi.org/10.2215/CJN.12731211>
- Berrocal-Tomé, F. J., Guix-Comellas, E. M., & Mateos-Dávila, A. (s. f.). Seguridad en el manejo de los sensores de presión en terapia renal depurativa continua. *Enfermería Intensiva*. <https://doi.org/10.1016/j.enfi.2022.01.001>
- Chang, H.-H., Chen, Y.-C., Huang, C.-J., Kuo, C.-C., Wang, Y.-M., & Sun, C.-W. (2020). Optimization of extracorporeal membrane oxygenation therapy using near-infrared spectroscopy to assess changes in peripheral circulation: A pilot study. *Journal of Biophotonics*, 13(10), e202000116. <https://doi.org/10.1002/jbio.202000116>
- Chen, H., Yu, R.-G., Yin, N.-N., & Zhou, J.-X. (2014). Combination of extracorporeal membrane oxygenation and continuous renal replacement therapy in critically ill patients: A systematic review. *Critical Care (London, England)*, 18(6), 675. <https://doi.org/10.1186/s13054-014-0675-x>
- de Tymowski, C., Desmard, M., Lortat-Jacob, B., Pellenc, Q., Alkhoder, S., Alouache, A., Fritz, B., Montravers, P., & Augustin, P. (2018). Impact of connecting

continuous renal replacement therapy to the extracorporeal membrane oxygenation circuit. *Anaesthesia Critical Care & Pain Medicine*, 37(6), 557-564. <https://doi.org/10.1016/j.accpm.2018.02.024>

Frade Mera, M. J., Guirao Moya, A., Esteban Sánchez, M. E., Rivera Álvarez, J., Cruz Ramos, A. M., Bretones Chorro, B., Viñas Sánchez, S., Jacue Izquierdo, S., & Montane López, M. (2009). Análisis de 4 escalas de valoración de la sedación en el paciente crítico. *Enfermería Intensiva*, 20(3), 88-94. [https://doi.org/10.1016/S1130-2399\(09\)72588-X](https://doi.org/10.1016/S1130-2399(09)72588-X)

Giani, M., Scaravilli, V., Stefanini, F., Valsecchi, G., Rona, R., Grasselli, G., Bellani, G., Pesenti, A. M., & Foti, G. (2020). Continuous Renal Replacement Therapy in Venovenous Extracorporeal Membrane Oxygenation: A Retrospective Study on Regional Citrate Anticoagulation. *ASAIO Journal*, 66(3), 332-338. <https://doi.org/10.1097/MAT.0000000000001003>

Guirao Goris, S. J. A. (2015). Utilidad y tipos de revisión de literatura. *Ene*, 9(2), 0-0. <https://doi.org/10.4321/S1988-348X2015000200002>

Hamdi, T., & Palmer, B. F. (2017). Review of Extracorporeal Membrane Oxygenation and Dialysis-Based Liver Support Devices for the Use of Nephrologists. *American Journal of Nephrology*, 46(2), 139-149. <https://doi.org/10.1159/000479342>

Illum, B., Odish, M., Minokadeh, A., Yi, C., Owens, R. L., Pollema, T., & LaBuzetta, J. N. (2021). Evaluation, Treatment, and Impact of Neurologic Injury in Adult Patients on Extracorporeal Membrane Oxygenation: A Review. *Current*

Treatment Options in Neurology, 23(5), 15. <https://doi.org/10.1007/s11940-021-00671-7>

J.Gómez [@JorGomGom2]. (21 de febrero de 2021). Cosas que DEBEMOS controlar a pie de cama para controlar el estado de “salud” de un oxigenador [Tweet]. Twitter <https://twitter.com/JorGomGom2/status/1363371935820898305>

Martins Costa, A., Halfwerk, F., Wiegmann, B., Neidlin, M., & Arens, J. (2022). Trends, Advantages and Disadvantages in Combined Extracorporeal Lung and Kidney Support From a Technical Point of View. *Frontiers in Medical Technology*, 4, 909990. <https://doi.org/10.3389/fmedt.2022.909990>

Mateos-Dávila, A., Betbesé, A. J., & Guix-Comellas, E. M. (2022). Conceptos fundamentales para el manejo de las terapias de tratamiento sustitutivo continuo. *Enfermería Intensiva*, 33, S1-S9. <https://doi.org/10.1016/j.enfi.2021.06.003>

Mateos-Dávila, A., Prieto-Arriba, M. E., Martínez-Pérez, J., González-Ybarra, A., Fabrellas Padres, N., & Guix-Comellas, E. M. (2022). Complicaciones de las terapias continuas de reemplazo renal en pacientes graves. *Enfermería Intensiva*, 33, S28-S34. <https://doi.org/10.1016/j.enfi.2022.07.002>

Ministerio de Sanidad. 2021. *Neumonía Zero*. <https://seguridaddelpaciente.sanidad.gob.es/proyectos/financiacionEstudios/colaboracionSSCC/semicyuc/neumoniaZero.htm>

Ministerio de Sanidad. 2021. *Bacteriemia Zero*. <https://seguridaddelpaciente.sanidad.gob.es/proyectos/financiacionEstudios/colaboracionSSCC/semicyuc/bacteriemiaZero.htm>

Ostermann, M., Connor, M., & Kashani, K. (2018). Continuous renal replacement therapy during extracorporeal membrane oxygenation: Why, when and how? *Current Opinion in Critical Care*, 24(6), 493-503. <https://doi.org/10.1097/MCC.0000000000000559>

Peek, G. J., Mugford, M., Tiruvoipati, R., Wilson, A., Allen, E., Thalanany, M. M., Hibbert, C. L., Truesdale, A., Clemens, F., Cooper, N., Firmin, R. K., & Elbourne, D. (2009). Efficacy and economic assessment of conventional ventilatory support versus extracorporeal membrane oxygenation for severe adult respiratory failure (CESAR): A multicentre randomised controlled trial. *The Lancet*, 374(9698), 1351-1363. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(09\)61069-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(09)61069-2)

Poveda, R., Fajardo, C., Agliati, R., & Díaz, R. (2018). Terapia de reemplazo renal continua en el paciente con oxigenación por membrana extracorpórea: Consideraciones para la combinación de ambas terapias. *Revista médica de Chile*, 146(1), 78-90. <https://doi.org/10.4067/s0034-98872018000100078>

Romero García, M., Delgado Hito, P., & de la Cueva Ariza, L. (2013). Revisión de conocimientos sobre el fracaso renal agudo en el contexto del paciente crítico. *Enfermería Intensiva*, 24(3), 120-130. <https://doi.org/10.1016/j.enfi.2013.02.001>

Romero-García, M., de la Cueva-Ariza, L., & Delgado-Hito, P. (2013). Actualización en técnicas continuas de reemplazo renal. *Enfermería Intensiva*, 24(3), 113-119. <https://doi.org/10.1016/j.enfi.2013.01.004>

- Seczyńska, B., Królikowski, W., Nowak, I., Jankowski, M., Szufdrzyński, K., & Szczeklik, W. (2014). Continuous Renal Replacement Therapy During Extracorporeal Membrane Oxygenation in Patients Treated in Medical Intensive Care Unit: Technical Considerations. *Therapeutic Apheresis and Dialysis*, *18*(6), 523-534. <https://doi.org/10.1111/1744-9987.12188>
- Selewski, D. T., & Wille, K. M. (2021). Continuous renal replacement therapy in patients treated with extracorporeal membrane oxygenation. *Seminars in Dialysis*, *34*(6), 537-549. <https://doi.org/10.1111/sdi.12965>
- Song, H., Yuan, Z., Peng, Y., & Luo, G. (2021). Extracorporeal membrane oxygenation combined with continuous renal replacement therapy for the treatment of severe burns: Current status and challenges. *Burns & Trauma*, *9*, tkab017. <https://doi.org/10.1093/burnst/tkab017>
- Van Dyk, M. (2018). The use of CRRT in ECMO patients. *The Egyptian Journal of Critical Care Medicine*, *6*(3), 95-100. <https://doi.org/10.1016/j.ejccm.2018.12.006>
- Van Kiersbilck, C., Gordon, E., & Morris, D. (2016). Ten things that nurses should know about ECMO. *Intensive Care Medicine*, *42*(5), 753-755. <https://doi.org/10.1007/s00134-016-4293-8>
- Vázquez Calatayud, M., Pardavila Belio, M. I., Lucia Maldonado, M., Aguado Lizaldre, Y., Coscojuela, M. A., & Asiain Erro, M. C. (2009). Valoración del dolor durante el cambio postural en pacientes con ventilación mecánica invasiva. *Enfermería Intensiva*, *20*(1), 2-9. [https://doi.org/10.1016/S1130-2399\(09\)70661-3](https://doi.org/10.1016/S1130-2399(09)70661-3)

- Wrisinger, W. C., & Thompson, S. L. (2022). Basics of Extracorporeal Membrane Oxygenation. *The Surgical Clinics of North America*, 102(1), 23-35.
<https://doi.org/10.1016/j.suc.2021.09.001>
- Wu, J., Huang, X., Mei, Y., Lv, J., Li, W., Hu, D., Zhang, G., Zhang, H., Gao, Y., Zhang, H., Chen, X., & Sun, F. (2023). Impact of connecting methods of continuous renal replacement therapy device on patients underwent extracorporeal membrane oxygenation: A retrospectively observational study. *Australian Critical Care*, S1036731422002387.
<https://doi.org/10.1016/j.aucc.2022.11.005>
- Zeidman, A. D. (2021). Extracorporeal Membrane Oxygenation and Continuous Kidney Replacement Therapy: Technology and Outcomes – A Narrative Review. *Advances in Chronic Kidney Disease*, 28(1), 29-36.
<https://doi.org/10.1053/j.ackd.2021.04.004>

8. ANEXOS

8.1. Componentes ECMO



Bomba de sangre Levitronix con motor (levitación magnética) + consola Centrimag + Oxigenador (en la imagen, Oxigenador Eurosets)

Ilustración 1. Componentes circuito ECMO con bomba de sangre Levitronix

Nota. Adaptado de Google Imágenes, [Fotografía], <https://artimedica.com.mx/product/oxigenador-ecmo-adulto/>

Consola: En ella ajustaremos las RPM para alcanzar el GC deseado

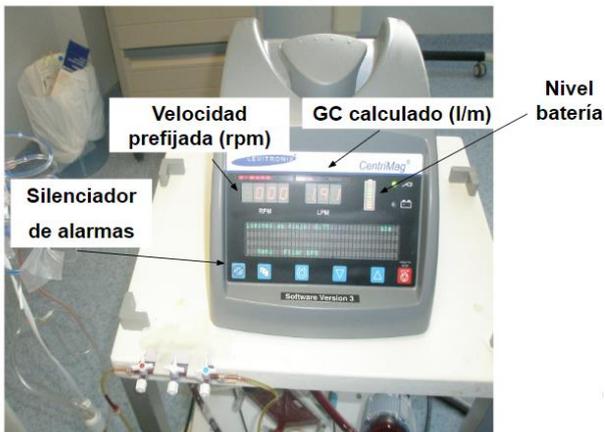


Ilustración 2. Partes consola Centrimag Levitronix (Imagen propia)



Ilustración 3. Sistema integrado de bomba Levitronix + oxigenador + consola Centrimag (Imagen propia)

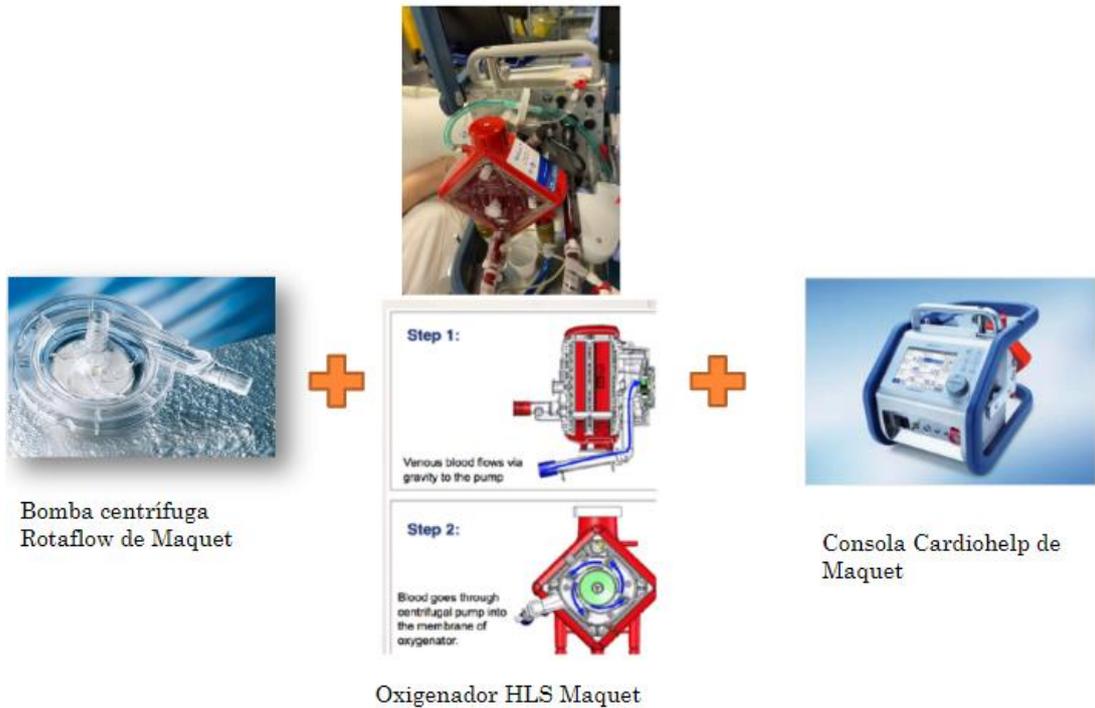


Ilustración 4. Componentes circuito ECMO con bomba de sangre Rotaflow de Maquet

Nota. Adaptado de Google imágenes, <https://www2.getinge.com/es/>



Ilustración 5. Partes consola Cardiohelp de Maquet

Nota. Adaptado de J.Gómez [@JorGomGom2]. (21 de febrero de 2021). Cosas que DEBEMOS controlar a pie de cama para controlar el estado de “salud” de un oxigenador [Tweet]. Twitter <https://twitter.com/JorGomGom2/status/1363371935820898305>



Ilustración 6. *Sistema integrado de bomba Rotaflow + Consola Cardiohelp de Maquet*

Nota. Adaptado de Google imágenes, <https://www2.getinge.com/es/>

8.2 Imágenes TCRR



Ilustración 7. Circuito TCRR de Prismaflex (Imagen propia)



Ilustración 8. Registro de presiones en Monitor Prismaflex cuando líneas hemáticas están conectadas a CVC (Imagen propia)

8.3 Sistema integrado de TCRR en ECMO



Ilustración 9. Sistema integrado de TCRR en ECMO (Imagen propia)

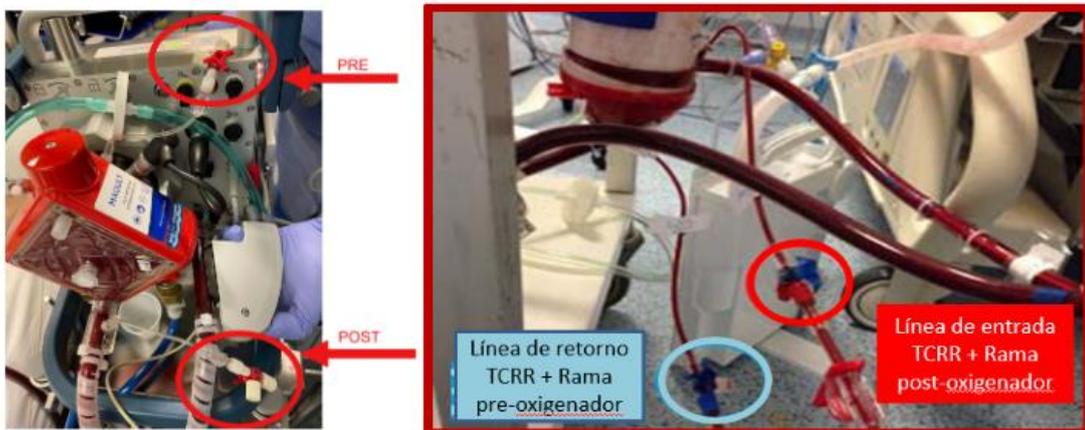


Ilustración 10. Lugar de conexión de TCRR en ECMO (línea de entrada en postmembrana, línea de retorno en premembrana)

Nota. Imagen izquierda adaptada de "Guía de manejo y cuidados de enfermería al paciente portador de ECMO" (p.26) por B. Álvarez Méndez, 2021, Hospital Universitario Central de Asturias, Dirección de Enfermería. Imagen derecha de elaboración propia.

8.4 ESCALA RASS

ESCALA DE RASS		
-5	No despertable	No responde a voz ni estímulos físicos
-4	Sedación profunda	Se mueve o abre los ojos a estimulación física, no a la voz
-3	Sedación moderada	Movimientos de apertura ocular a la voz, no dirige mirada
-2	Sedación ligera	Despierta a la voz, mantiene contacto visual menos de 10 segundos
-1	Somnolencia	No completamente alerta, se mantiene despierto más de 10 segundos
0	Despierto y tranquilo	
1	Inquieto	Ansioso, sin movimientos desordenados, agresivo ni violento
2	Agitado	Se mueve de forma desordenada, lucha con el respirador
3	Muy agitado	Agresivo, se intenta arrancar tubos y catéteres
4	Combativo	Violento, representa un riesgo inmediato para el personal

Ilustración 11. Escala RASS

Nota. Imagen adaptada de “Análisis de las cuatro escalas de valoración de la sedación en el paciente crítico” por M.J. Frade Mera y A. Guirao Moya, 2009, *Enfermería Intensiva*, 20 (3), 94.

8.5 Escala MRC

Medical Research Council	
0	Ausente: parálisis total.
1	Mínima: contracción muscular visible sin movimiento
2	Escasa: movimiento eliminada la gravedad.
3	Regular: movimiento parcial sólo contra gravedad.
3+	Regular +: movimiento completo sólo contra gravedad.
4-	Buena -: movimiento completo contra gravedad y resistencia mínima. Buena: movimiento completo contra gravedad y resistencia moderada.
4+	Buena +: movimiento completo contra gravedad y fuerte resistencia
5	Normal: movimiento completo contra resistencia total.

Ilustración 12. *Escala MRC*

Nota. Adaptado de Ministerio de Salud, por Instituto Nacional de Rehabilitación Psicofísica del Sur, 2013, <https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/inareps-lesion-medular-anexo-8-escala-medical-research-council.pdf>

8.6 Escala CPOT

CPOT (Critical-Care Pain Observation Tool)		
Indicador		Descripción
Expresión facial	0	Relajado, neutro (no tensión muscular)
	1	Tenso (ceño fruncido, cejas bajadas, órbitas de ojos contraídas)
	2	Muecas (movimientos anteriores + párpados fuertemente cerrados)
Movimientos del cuerpo	0	Ausencia de movimientos
	1	Protección (mov. lentos, se toca donde le duele, busca atención a través de movimientos)
	2	Agitado (empuja el tubo, no obedece órdenes)
Tensión muscular	0	Relajado (no resistencia a mov. pasivos)
	1	Tenso, rígido (Resistencia a mov. pasivos)
	2	Muy tenso o muy rígido (Fuerte resistencia)
Adaptación al ventilador	0	Bien adaptado (no alarmas, fácil ventilación)
	1	Tose pero se adapta
	2	Lucha con el ventilador (asincronía, activación alarmas)
Rango total	0 - 8	

Ilustración 13. Escala CPOT

Nota. Adaptado de "Valoración del dolor durante el cambio postural en pacientes con ventilación mecánica invasiva" (p.6) por M. Vázquez Calatayud y M.I. Pardavila Belio, 2009, *Enfermería Intensiva*. 20 (1)

8.7 Documento antiplagio



Document Information

Analyzed document	TFG_19_04_MM_Version final(1).docx (D165242542)
Submitted	2023-04-27 13:41:00
Submitted by	Leticia Sanmartin
Submitter email	leticia.sanmartin@unavarra.es
Similarity	0%
Analysis address	leticia.sanmartin.upna@analysis.urkund.com

Sources included in the report

SA	Presentación TFM_Neus_Castells_Viñoles.pptx Document Presentación TFM_Neus_Castells_Viñoles.pptx (D111992721)
-----------	---