

Aplicaciones de la membrana de circulación extracorpórea (ECMO) en cirugía torácica no cardíaca

Applications of Extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) in non-cardiac thoracic surgery

TRABAJO DE FIN DE GRADO

GRADO DE MEDICINA

2019-2020



Universidad Zaragoza

Tutor: Dr. García Tirado

Autor: Kelie Margarita Cadena Chuquimarca

*El médico no cura,
solo acondiciona favorablemente las circunstancias para que el cuerpo sane.*

“Corpus hippocraticum”

Índice

Abstract	1
Introducción	2
Objetivos.....	13
Material y métodos.....	13
Resultados.....	14
Discusión.....	16
Conclusiones	25
Bibliografía	26
Anexos.....	34

Abstract

Resumen:

Objetivos. Ante el auge de la utilización de la membrana de circulación extracorpórea (ECMO) y la notable importancia de la cirugía no cardiaca en tórax, se realiza esta revisión con el fin de conocer la evidencia científica de las indicaciones para aplicar ECMO en cirugía torácica no cardíaca.

Material y métodos: la búsqueda bibliográfica se realizó en abril de 2020, en las siguientes bases de datos: Pubmed, Scopus, Web of Science, Cochrane Library, Tripdatabase y Google Scholar. Fueron filtrados por artículos publicados en los “últimos 5 años”.

Resultados: Se hallaron un total de 3226 artículos. Se restringió su inclusión al uso perioperatorio de ECMO en adultos. Finalmente se analizaron extensamente 86 artículos.

Conclusiones: el nivel de evidencia del empleo de ECMO es moderado-bajo para las distintas aplicaciones en cirugía torácica no cardiaca. Entre las indicaciones destacan el trasplante de pulmón, la resección y reconstrucción de la vía traqueobronquial, la segmentectomía en el paciente neumonectomizado, la bullectomía y la resección de masas mediastínicas.

Palabras clave: ECMO, cirugía torácica

Abstract

Objectives: the rise in the use of ECMO and the remarkable importance of non-cardiac surgery in the thorax have led to the development of this review, whose specific aim is finding scientific evidence of the ECMO indications in non-cardiac thoracic surgery.

Material and methods: the bibliographic research was carried out in April 2020, in the following databases: Pubmed, Scopus, Web of Science, Cochrane Library, Tripdatabase and Google Scholar. Articles published in the last 5 years have been selected.

Results: A total of 3226 articles were found. Their inclusion was restricted to perioperative use of ECMO in adults. Finally, 86 articles were extensively analyzed.

Conclusions: the level of evidence of the use of ECMO is moderate-low for the different applications in non-cardiac thoracic surgery. Indications include lung transplantation, resection and reconstruction of the tracheobronchial tract, segmentectomy in the pneumonectomized patient, bullectomy, and resection of mediastinal masses.

Keywords: ECMO, thoracic surgery

Introducción

La ECMO o membrana de oxigenación extracorpórea, forma parte de las técnicas de soporte vital extracorpóreo (ECLS). El objetivo principal de las ECLS es proporcionar un soporte cardiorrespiratorio, mientras que la ECMO se limita solamente al soporte respiratorio. (1) Los componentes básicos de un circuito ECMO son una cánula de entrada que drena la sangre desoxigenada del paciente y una cánula de salida que devuelve la sangre oxigenada al paciente, una bomba centrífuga que se encarga de la circulación de la sangre hacia y desde el paciente y una membrana semipermeable (también referida como "pulmón de membrana" u "oxigenador"), en el que se produce la oxigenación y la descarboxilación. Por tanto, la ECMO es un sistema que oxigena y descarboxila externamente la sangre venosa central a través de un pulmón de membrana artificial.

La indicación principal de la ECMO es el tratamiento de soporte respiratorio. Especialmente la ventilación de protección pulmonar, la cual, con un volumen corriente por debajo de los niveles fisiológicos, evita la lesión pulmonar inducida por el ventilador. Además, reduce la hipercapnia sistémica y la hipoxemia, proporcionando tiempo para permitir que los pulmones de los pacientes sanen. (2) Por tanto, sirve como tratamiento hacia la recuperación, sin embargo, también se utiliza para el tratamiento como puente hacia un trasplante pulmonar, o como una estrategia de mantenimiento para tomar una decisión posterior, es decir, su uso se está ampliando cada vez más. Este aumento se ha visto facilitado por las mejoras en la facilidad de uso, portabilidad, biocompatibilidad, rendimiento y perfil de seguridad de ECMO. (1)

Por otra parte, se debe tener en cuenta que la cirugía torácica no cardiaca también está adquiriendo importancia. En un estudio retrospectivo dentro de la Unidad de Cirugía Cardiotorácica del Hospital Royal Adelaide, que examinó todas las operaciones entre 2006 y 2014, mostró que el 83% de pacientes que requirieron soporte extracorpóreo con ECMO o con bypass cardiopulmonar se realizó para una cirugía torácica. (3)

Dadas las indicaciones en expansión, el uso cada vez mayor de la ECMO y la importancia de la cirugía torácica no cardíaca que necesita un apoyo extracorpóreo, esta situación probablemente continuará aumentando, por todo ello esta revisión se centrará en las indicaciones potenciales de ECMO que existen para la cirugía torácica no cardiaca.

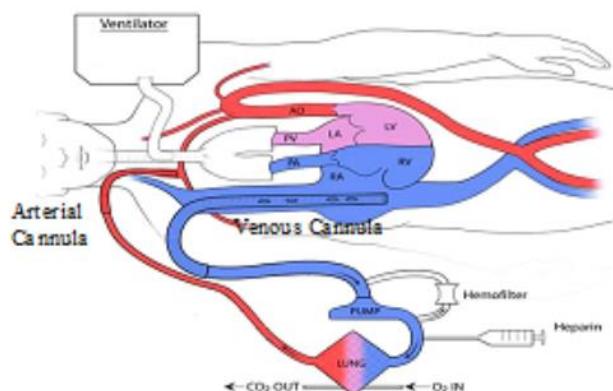


Fig.1. Este diagrama muestra un circuito ECMO típico con sangre azul (sin oxígeno) que se vuelve roja (oxigenada) por el pulmón artificial fuera del cuerpo. Imagen tomada de la página oficial de la ELSO. Disponible en: <https://www.elso.org/Resources/HowDoesECMOWork.aspx>

Historia de la ECMO

En 1939 el cirujano cardiaco John Gibbon diseñó la primera máquina de circulación extracorpórea, hasta que en 1954 se pudo realizar la primera cirugía cardiaca exitosa con esta técnica. Al cabo de 2 o 3 horas se observaban daño en las células sanguíneas y alteración de los fluidos. Para solucionarlo, desarrollaron nuevos materiales para las membranas que permitía la circulación extracorpórea durante días, como es en el primer caso exitoso en 1971 en un joven con un síndrome de dificultad respiratoria aguda (SDRA). A partir de entonces se publicaban casos favorables en niños y adultos con SDRA y con insuficiencia cardiaca grave. En 1975 el National Institutes of Health impulsó el desarrollo de un ensayo clínico multicéntrico dirigido por **Zapol** sobre ECMO prolongada en adultos con SDRA, en cuyos resultados no mejoraba la supervivencia frente al tratamiento convencional. (4) Esto supuso la paralización de su uso. En la misma época **Bartlett** comunicó el primer caso de ECMO exitosa en un neonato con insuficiencia respiratoria lo que impulsó la investigación y la mejora de los componentes, estableciéndose en 1986 varios centros en EEUU que realizaban ECMO en neonatos con éxito. (5) Se sucedieron varios estudios en neonatos de forma exitosa como **O'Rourke** o el estudio multicéntrico de Gran Bretaña durante los años 90. (6) En 1989 se creó la Organización Extracorpórea de Soporte Vital (ELSO).

Este éxito en neonatos hizo reevaluar su aplicabilidad en adultos. Además, se empezaba a conocer que las altas presiones de ventilación mecánica con alta presión inspiratoria y elevada concentración de oxígeno podían causar daño pulmonar. **Gattinoni** retomó la investigación con ECMO y reduciendo el volumen corriente, presión inspiratoria y la presión de oxígeno mejorando la supervivencia de los pacientes, lo cual impulsó su uso y asentó las bases de las pautas actuales. (7) Sin embargo, el estudio de **Morris** intentando aplicar unos protocolos estrictos sobre la forma de mantener la oxigenación y el cuidado de los enfermos con ECMO o con el tratamiento convencional, mostraron una supervivencia no estadísticamente significativa, desaconsejándose el uso de la ECMO en SDRA. (8)

No fue hasta que un grupo de **Michigan** en 2004 en su revisión de 14 años de experiencia con 255 pacientes adultos que recibieron ECMO de un total de 405 enfermos con SDRA con una $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 < 100\text{mmHg}$ con una mortalidad esperada de 80-100%, mostraron una supervivencia del 52%. Además, se identificaron variables pre ECMO que conferían peor pronóstico (edad, $\text{Ph} < 7.10$, $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ y el número de días previos en ventilación mecánica). (9)

El estudio CESAR y la pandemia de gripe A (H1N1) revolucionaron su uso. El ensayo **CESAR** (conventional ventilatory support versus extracorporeal membrane oxygenation for severe adult respiratory failure) en 2009 en el Sistema de salud británico que hacía hincapié en la centralización de los procesos en cuatro hospitales de referencia, confiriéndoles una gran experiencia. El objetivo del ensayo era evaluar la seguridad, eficacia y coste-efectividad de la ECMO como tratamiento del fallo respiratorio severo frente al tratamiento convencional. El ensayo se dirigió desde el hospital Greenfield, que recibía enfermos de otros 103 hospitales, que tenían fallo respiratorio grave y reversible, in contraindicaciones para la anticoagulación y con una semana o menos de ventilación mecánica con presiones o concentraciones de oxígeno elevadas. Se aleatorizaba los pacientes 1:1, de modo que la mitad de los enfermos se trasladaban al hospital de Greenfield y la otra mitad se mantenían en su hospital de origen sin posibilidad de ECMO, manteniendo su práctica habitual con este tipo de enfermos. El resultado fue que el grupo ECMO presentó una mayor supervivencia (63% $p=0.01$, frente a un 47% de no-ECMO) y una mejor calidad de vida en los supervivientes a los 6 meses. (10)

En cuanto al coste-efectividad se estimó que el tratamiento con ECMO aportaba una mejora moderada de los años de vida ajustado por calidad (AVAC) a los 6 meses de seguimiento. Aproximadamente un precio por AVAC de 19.200 libras esterlinas (IC 95% 7.600- 59.200), que al cambio el IC 95% unos 8.500 -70.000 euros. Este intervalo tan amplio demuestra que el coste por paciente fue muy variable, pero que el precio del AVAC está dentro de los márgenes

que las agencias de evaluación de tecnología sanitarias consideran aceptable. Teniendo en cuenta que el número de enfermos que necesitan ECMO es muy reducido, no supone un cargo inasumible para un sistema sanitario occidental. En España los estudios coste efectividad son escasos, pero se recomendó por 20 evaluaciones económicas la adopción de una intervención sanitaria cuando el coste por AVAC era inferior a 30.000 euros. Y un solo estudio que negaba la intervención cuando esta superaba los 120.000 euros. Por tanto, extrapolando los resultados del ensayo CESAR, la ECMO sería una intervención coste-eficiente desde el punto de vista sociosanitario. (11)

Poco después de esta publicación, la pandemia de gripe A (H1N1) provocó que un pequeño número de pacientes desarrollara SDRA tan grave que requirió el uso de la ECMO. El hospital **Greenfield** desarrolló el estudio en el que comparaban sus pacientes tratados con ECMO frente a los pacientes del grupo Swine Flu Triage Study de pacientes con gripe A que requerían cuidados intensivos en Gran Bretaña. Los resultados mostraron que dentro del grupo de ECMO hubo un 24% de mortalidad, frente al grupo de no-ECMO con 53% (RR 0'45 IC95% 0'26-0'79). De esta forma reforzaban los resultados del estudio CESAR, apoyando el tratamiento de adulto con SDRA en centros capaces de proporcionar ECMO. (12) En la Fig. se registraron un aumento de los casos en los que se usaba ECMO como tratamiento. (13)

Utilization of ECMO

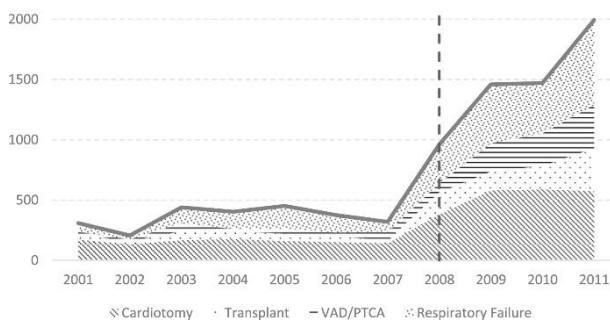


Fig 2. Aumento del uso de ECMO entre 2001 y 2011. Imagen tomada de J Mao et al. (13)

Más recientemente el ensayo de Oxigenación de membrana extracorpórea en curso para el Síndrome de dificultad respiratoria aguda grave (**EOLIA**), que asigna al azar a pacientes con SDRA grave a ECMO o terapia convencional, permitiendo el cruce a ECMO en el grupo de control cuando SpO₂ permanece por debajo del 80% durante más de 6 h, con la intención de realizar un ensayo clínico con menos sesgos que los anteriores. Los resultados muestran que el uso de ECMO precoz en SDRA muy grave reduce la mortalidad a los 60 días, pero no de manera significativa respecto a un abordaje convencional que incluye la ECMO como terapia de rescate (35% versus 46%; p=0,09). (14)

Fisiología y componentes de los circuitos ECLS

La fisiología del soporte vital extracorpóreo (ECLS) se basa en la oxigenación que depende del flujo sanguíneo del ECLS y la eliminación de CO₂ que depende del flujo de gas a través de la membrana (flujo de gas de barrido) permitiendo mantener una oxigenación óptima a los órganos vitales (cerebro, corazón y pulmones). Teniendo en cuenta que el gasto cardíaco (GC) en condiciones normales es aproximadamente de 4,5-6 litros por minuto (GC = volumen sistólico de eyeción x frecuencia cardíaca; GC = 60-80 ml/latido x 75 latidos/min ≈ 4.5-6 L/min), la eliminación adecuada de CO₂ se puede realizar a bajo flujo (aproximadamente 1.0 L / minuto) a través de una cánula de pequeño tamaño 3 a 6 litros / minuto para mantener una oxigenación aceptable en pacientes con lesión pulmonar grave. Se requieren flujos de ECMO del 60% del gasto cardíaco para mantener una saturación de oxígeno arterial superior al 90%

Como se había mencionado antes, el circuito está formado por oxigenador (membrana), bomba, y catéteres vasculares.

Los oxigenadores modernos tienen un diseño de fibra hueca muy compacta, con aire enriquecido con oxígeno que circula dentro del tubo y sangre fuera del tubo. Esta estructura proporciona un área de membrana alta para una vía de difusión corta y una resistencia muy baja al flujo, lo que reduce al mínimo el trauma al elemento celular de la sangre. Están hechas de polimetilpenteno (PMP) que es más resistente a la fuga de plasma. Este avance en la tecnología de membrana ha resultado en un intercambio de gases a largo plazo muy mejorado y una tasa reducida de falla del oxigenador.

La oxigenación varía principalmente con el flujo sanguíneo a través del oxigenador de membrana, mientras que la eliminación de CO₂ depende del barrido de gas a través de la membrana.

Las bombas centrífugas causan menos hemólisis en el uso a largo plazo. Una bomba centrífuga se compone de un cono desechable que se encuentra en la parte superior de un imán giratorio y gira mediante un acoplamiento magnético. La fuerza centrífuga generada por esta rotación crea un diferencial de presión a través del cono, que impulsa el flujo sanguíneo. El flujo de la bomba está determinado por esta diferencia de presión, así como por la precarga y la poscarga, de manera no lineal. Existe un potencial limitado para aumentar el gasto cardíaco al aumentar las revoluciones por minuto, ya que puede producirse un desacoplamiento de los imanes.

Los catéteres de acceso vascular y los tubos del circuito ahora están recubiertos de heparina. Como no se usa un reservorio venoso se elimina la acumulación potencial de sangre estática y cualquier interfaz aire / sangre, lo que resulta en una disminución dramática en el requerimiento de anticoagulación (tiempos de coagulación activados de 160 a 200 segundos en comparación con > 480 segundos para el bypass cardiopulmonar). Como el circuito ECLS está completamente cerrado, el riesgo de entrada accidental de aire se reduce mucho. Todos

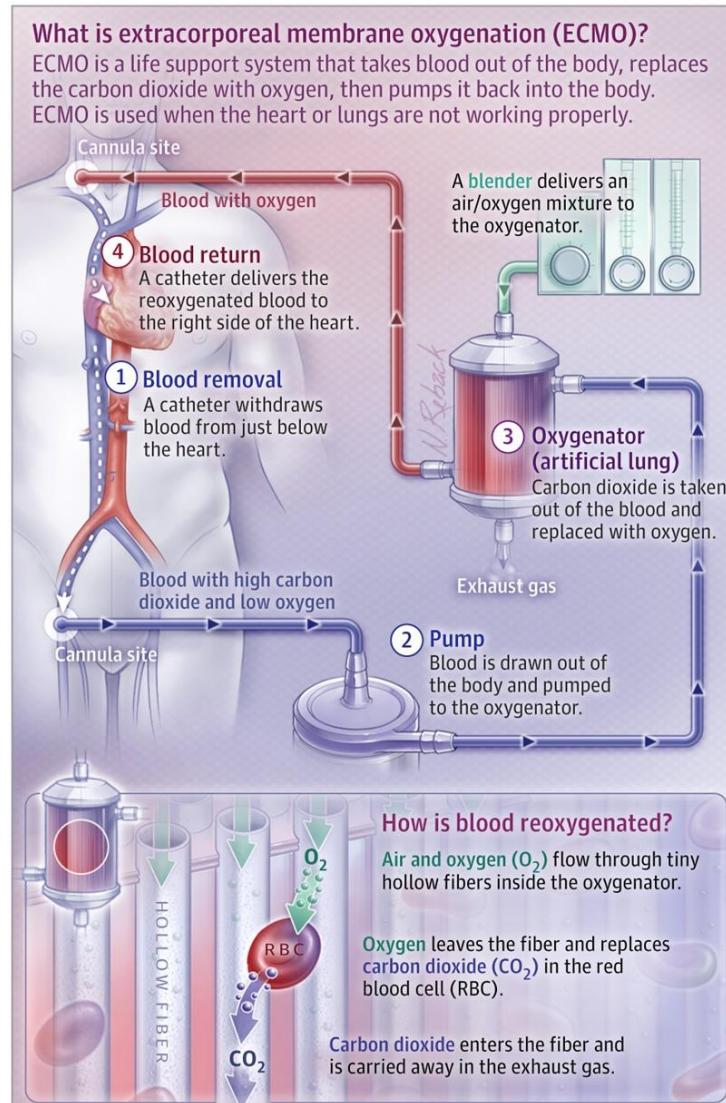


Fig3. Esquema sobre los componentes y el funcionamiento de ECMO. Tomada de Hadaya J et al. (15)

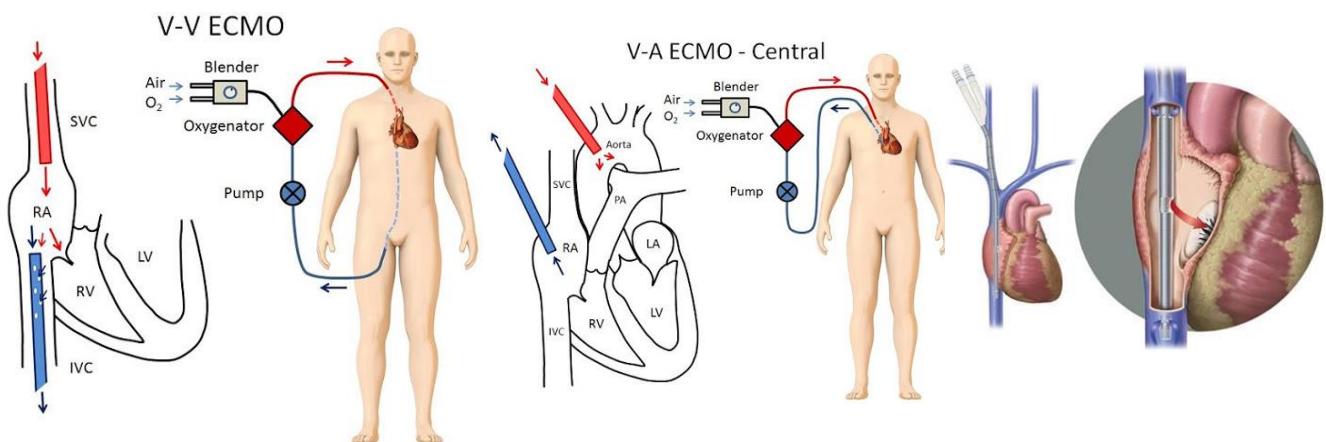
los medicamentos, productos sanguíneos y el reemplazo del volumen intravascular deben administrarse mediante acceso intravenoso directo al paciente. (1)

Tipos de ECMO

Hay dos tipos de ECMO. La ECMO venoarterial (VA-ECMO) se puede usar para el apoyo cardíaco y pulmonar, mientras que la ECMO venovenosa (VV-ECMO) se usa solo para el apoyo pulmonar.

La VA-ECMO proporciona soporte para el corazón y los pulmones del paciente al permitir que la mayor parte de la sangre del paciente se mueva a través del circuito sin pasar por el corazón del paciente. Este tipo de ECMO extrae sangre de una vena de gran calibre y la devuelve a una arteria de gran calibre, permitiendo que la sangre rica en oxígeno circule por el cuerpo incluso si el corazón es demasiado débil para bombearla. Por lo tanto, se deben colocar dos cánulas en el cuello o la ingle.

La VV-ECMO solo proporciona soporte pulmonar, en un paciente con una suficiente función cardíaca, por ello la sangre del sistema ECMO regresa al cuerpo antes del corazón, y es el corazón del paciente el que bombea la sangre por todo el cuerpo. Se colocan dos cánulas en las venas en puntos cercanos o dentro del corazón. Existe un tipo especial de cánula con dos lúmenes (vías dentro del tubo) que permite que la sangre salga y regrese al cuerpo en un solo lugar que es capaz de proporcionar mayor flujo sanguíneo y, en consecuencia, permite satisfacer las más altas demandas de oxígeno, además mantiene las ingles libres. Es necesario su colocación con ecocardiografía para la prevención de lesiones ventriculares derechas y funcionamiento óptimo. (16)



De Izquierda a derecha. Fig. 4 y 5 Tipos de ECMO: venovenosa (VV-ECMO) y venoarterial (VA-ECMO). Muestra la disposición de las cánulas. Tomada de la página icuECMO Quick Reference for Post-graduate Trainees in Intensive Care. (17-18). Fig. 6 Cánula de doble luz. Tomada de Fierro et al. (2)

Oxigenación por membrana extracorpórea (ECMO) versus bypass cardiopulmonar (CPB)

El CPB convencional ha sido la forma más típica de soporte mecánico extracorpóreo de intercambio de gases para la cirugía torácica compleja. Requiere heparinización completa, lo que puede aumentar los requisitos de transfusión, y puede conducir a una respuesta

inflamatoria con riesgo de lesión pulmonar. Sin embargo, la ECMO requiere una cantidad mínima de heparinización, además sus circuitos requieren volúmenes de cebado más bajos, tienen un contacto limitado de aire / sangre porque son circuitos cerrados sin depósito de cardiotomía y tienen una biocompatibilidad mejorada del material utilizado en sus componentes, lo que los hace adecuados para el uso a largo plazo. (19)

Table 1 Differences between cardiopulmonary bypass (CPB) and extracorporeal membrane oxygenator (ECMO)

Characteristics	CPB	ECMO
Priming volume	Large	Small
Type of oxygenator	Short term use	Short or Long-term use
Pump	Roller or centrifugal	Centrifugal
Reservoir	Present	No reservoir
Cooling possibility	Yes	Limited
Initial heparin bolus	300–400 U/kg	50–100 U/kg
Target ACT	>480	160–200

Tabla 1: Diferencias entre CPB y ECMO. Tomado de McRae et al. (19)

Complicaciones de ECLS

Las principales complicaciones de ECLS son sangrado como **hemorragia cerebral o accidente cerebrovascular o hemorragia en el sitio quirúrgico**. En un análisis retrospectivo de un solo centro, sobre todos los pacientes que requirieron VV-ECMO entre diciembre de 2010 y diciembre de 2016 se observaron complicaciones hemorrágicas torácicas en el 9.6% de los pacientes y representaron la complicación hemorrágica más frecuente durante el tratamiento con VV-ECMO. (20)

Las complicaciones técnicas asociadas con ECLS pueden ser falla de la bomba o de la membrana, embolia gaseosa, coagulación de circuitos, hemólisis y otras.

Las complicaciones relacionadas con la canulación son: **riesgo de sangrado, daño a los vasos y émbolos de aire**. Son más frecuentes con la canulación arterial periférica debido al pequeño tamaño del vaso y también está relacionada con la **isquemia de extremidades**. Por ello es necesario estimar por ecografía el tamaño de la arteria para elegir un tamaño de cánula adecuado.

La **embolia aérea fatal** se ha asociado con el desempeño de la traqueotomía mientras se realiza una VV-ECMO de alto flujo con drenaje a través de un catéter yugular bicaval de doble luz. La ruptura inadvertida de las venas del cuello permitió que la presión negativa en el sistema venoso central aspirara aire al circuito ECMO. Las medidas sugeridas para evitar esta complicación incluyen la reducción temporal de los flujos de ECMO, el desempeño de la traqueotomía con el paciente en posición de cabeza baja y la cobertura de los sitios de punción con compresas húmedas. El riesgo de embolia aérea por un mecanismo similar podría ocurrir durante la colocación de las líneas venosas centrales de la parte superior del cuerpo.

Los riesgos asociados con el uso a largo plazo de ECMO son: **infección, insuficiencia renal, hemólisis y trastornos de la coagulación, trombocitopenia inducida por heparina o hemorragia gastrointestinal**.

Las complicaciones **neurológicas** como sangrado intracraneal, accidente cerebrovascular isquémico, edema cerebral y convulsiones pueden ocurrir en 10% a 20% de los pacientes en

ECLS durante el uso a largo plazo. La fisiopatología de la lesión cerebral en pacientes con ECMO no está completamente aclarada. Los factores que aumentan el riesgo están relacionados con complicaciones previas a la ECMO, tales como hipotensión e hipoxemia, lesión por reperfusión en la implantación de ECMO, riesgo embólico y trastornos hemostáticos relacionados con las cánulas y el uso de heparina. El paro cardíaco, la insuficiencia renal que requiere hemofiltración y la hiperbilirrubinemia pueden asociarse con un mayor riesgo de lesión neurológica. (19)

Manejo de la hipoxemia, hipercapnia y recirculación

Las recomendaciones y la resolución de problemas durante el ECLS intraoperatorio dependen de la situación clínica, es decir, en la práctica clínica se individualiza en cada paciente. La situación más frecuente es la hipoxemia, que puede deberse al sangrado o la pérdida de líquido por evaporación durante la cirugía porque pueden reducir los flujos de ECMO, produciendo hipoxemia. El suministro de oxígeno (DO_2) depende de la presión de oxígeno (pO_2), la concentración de hemoglobina, el gasto cardíaco, la saturación venosa de oxígeno y la demanda de oxígeno. Atendiendo a estos parámetros el manejo de la ECMO en hipoxemia se puede realizar aumentando el flujo de la bomba hasta $> 2/3$ del gasto cardíaco, establecer 100% de O_2 en el oxigenador y verificar la pO_2 en el oxigenador (> 150 mmHg). Para reducir la demanda de oxígeno se puede tener en cuenta la sedación y la relajación muscular. La transfusión de sangre aumenta la capacidad de transporte de oxígeno y DO_2 sin afectar directamente a PaO_2 y puede considerarse cuando hay hipoxemia a pesar de la maximización de los flujos de la bomba. La recomendación de la Organización Extracorpórea de Soporte Vital (ELSO) es mantener los hematocritos entre 35 y 40%.

Intervention	Increases SpO_2	Increases DO_2	Decreases $\dot{V}O_2$
Blood transfusion	No	Yes	No
Muscle relaxation, sedation, cooling, controlled ventilation	Yes, indirectly	Yes, indirectly	Yes
Increasing ventilator FIO_2	Yes	Yes	No
Increasing ventilator PEEP	Yes	Yes	No
Increasing cardiac output	No	Yes	No
Increasing oxygen flow to membrane lung	Yes	Yes	No

DO_2 = systemic delivery of oxygen; FIO_2 = inspired concentration of oxygen; PEEP = Positive end-expiratory pressure; SpO_2 = peripheral oxygen saturation; $\dot{V}O_2$ = metabolic uptake of oxygen.

Otras opciones de manejos se pueden ver en la tabla 2. Tomada de M. A. Fierro et al. (2)

Para la evaluación de una adecuada oxigenación se tiene en cuenta la combinación de la monitorización hemodinámica, la interpretación de los marcadores séricos para la perfusión tisular y la evaluación clínica de la función del órgano terminal a través de evaluaciones del estado mental, la producción de orina, la creatinina sérica, la función cardíaca y la función hepática.

Otra situación frecuente es la hipercapnia, por ejemplo, durante una cirugía laparoscópica que produce un aumento de CO_2 . Para esta situación se puede realizar un aumento en el flujo de gas de barrido para normalizar el pH. Es aconsejable utilizar la menor cantidad de flujo para cumplir con el objetivo clínico, ya que el aumento de volumen tidal (VT) aumentará el riesgo de lesión pulmonar inducida por la ventilación mecánica (VILI), a esto se le conoce como la “ventilación pulmonar ultraprotectora”, que mantiene VT de menos de 4 ml / kg de peso corporal predicho cuando en condiciones normales el valor es de 7 ml/kg de peso corporal. Es útil para reducir el edema pulmonar, la presencia de marcadores inflamatorios, y VILI en pacientes con ECMO.

Intervention	Increases CO ₂ Elimination	Decreases CO ₂ Production	Decreases Paco ₂
Increasing fresh gas flow (sweep flow rate)	Yes	No	Yes
Increasing ECMO blood flow	No	No	No
Muscle relaxation, sedation, cooling, controlled ventilation	No	Yes	Yes
Increasing alveolar ventilation (increased mechanical ventilator minute ventilation)	Yes	No	Yes
Increasing ventilator PEEP	No	No	No

ECMO = extracorporeal membrane oxygenation; PEEP = positive end-expiratory pressure.

Otras opciones de manejos se pueden ver en la tabla 3. Tomada de M. A. Fierro et al. (2)

En la recirculación ocurre que la sangre que sale de la cánula de salida de la ECMO regresa inmediatamente al circuito a través de la cánula de entrada, evitando la circulación sistémica, generando un circuito cerrado, y que reduce efectivamente el flujo sanguíneo sistémico. Hasta un 15% es normal en las cánulas de doble luz, pero hay que sospechar un exceso cuando: no hay diferencia en el color de la sangre de la cánula de entrada y salida, el aumento de las saturaciones de oxígeno de entrada o la disminución de saturación periférica (Sp) de oxígeno. Esto puede deberse a un aumento de la velocidad del flujo de la bomba, a los cambios de posición del paciente, la migración de las cánulas durante el transporte y durante la laparoscopia.

Se debe tener en consideración que las variaciones del flujo en la ECMO producen varias alteraciones. En caso de aumentar la velocidad de la bomba la hemólisis y el daño plaquetario aumentan. Por el contrario, la reducción en el flujo de la bomba aumenta el tiempo de contacto entre la sangre circulante y las superficies artificiales dentro del circuito, lo que puede aumentar el riesgo de formación de trombos. La formación de un trombo se sospecha cuando el aumento de flujo no ha conseguido una mejora clínica en la oxigenación. Lo primero que se debe hacer es una inspección del oxigenador de forma visual con una linterna.

La única forma de descartar la disfunción del oxigenador, que puede ocurrir a pesar de una inspección visual normal, es comparar un gas sanguíneo premembrana con un gas sanguíneo postmembrana para definir cuantitativamente el grado de oxigenación y descarboxilación que ocurre. Si bien unos cuantos trombos pueden no suponer un problema (Fig. 7), si estos producen una caída de la presión de 70 mmHg a un flujo sanguíneo de 3 LPM a través del pulmón membrana se debe considerar el cambio de oxigenadores. (2)

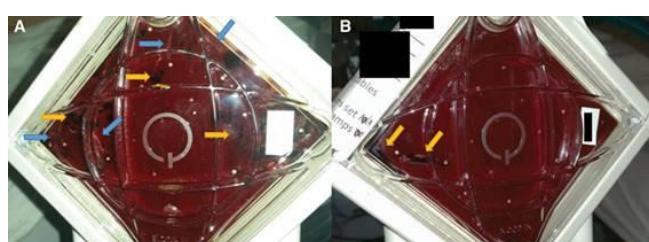


Fig. 7. Deposición de fibrina y coágulo dentro del oxigenador de ECMO. (A) Un oxigenador que funciona mal con una gran carga de trombo (flechas amarillas) y deposición de fibrina (flechas azules). (B) Un oxigenador con un menor grado de formación de trombos (flechas amarillas). Tomada de M. A. Fierro et al. (2)

Transporte de pacientes.

El transporte de pacientes en VV-ECMO representa un período de alto riesgo, pero en sí misma la ECMO no debe impedir el transporte, ya que se ha demostrado que es seguro. Las recomendaciones de ELSO enfatizan la experiencia del profesional y la presencia de un perfusionista dedicado a la gestión del circuito durante el transporte. Se debe prestar atención

a la batería para los sistemas, las alarmas, los medicamentos de emergencia disponibles y que los cilindros de oxígeno para el ventilador y el circuito ECMO estén llenos. (21)

Destete ECMO

El destete de VA-ECMO se realiza mediante la caída secuencial de los flujos en la bomba durante un período de 10-20 minutos, con los pulmones bien ventilados a volúmenes de flujo protectores. Se debe garantizar un llenado, una poscarga e inotropía adecuadas porque el corazón derecho está en riesgo de falla y la perfusión coronaria puede verse amenazada. Se pueden formar coágulos en el corazón relativamente vacío en ECMO por lo que es necesaria una evaluación exhaustiva de TEE antes y durante el destete ECMO. Una vez que los flujos se reducen a alrededor de 1 L / min, la bomba ECMO se detiene por completo y se cierra la línea arterial. Se puede producir hipotensión que requiera infusión de volumen y / o inotrópicos. Si el paciente se estabiliza y los gases en sangre arterial son adecuados, el paciente se puede decanular.

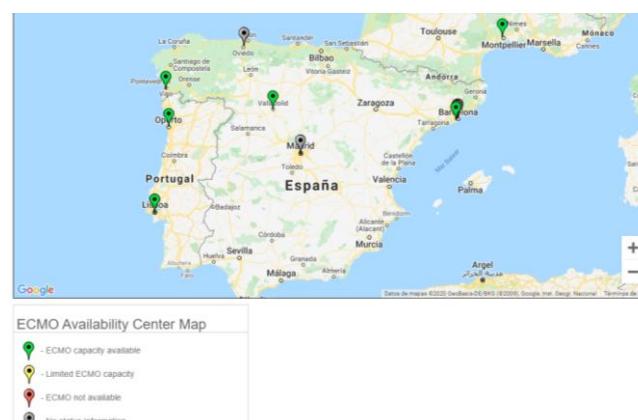
El destete VV-ECMO tiene lugar con flujos completos, y es la velocidad del gas de barrido y la FiO 2 las que se disminuyen lentamente. Esto reduce lentamente el gradiente de difusión de oxígeno y dióxido de carbono a través de la membrana del oxigenador hasta llegar a cero, permitiendo que los pulmones asuman un intercambio de gases por completo. Si los gases sanguíneos son adecuados en flujos de barrido bajos, la bomba se puede detener y se puede decanular. (19)

ELSO

La Organización Extracorpórea de Soporte Vital (ELSO) es un consorcio internacional sin fines de lucro de instituciones de atención médica que se dedica al desarrollo y evaluación de nuevas terapias para el apoyo de los sistemas de órganos con fallas. La misión principal de la Organización es apoyar a las instituciones que brindan soporte vital extracorpóreo mediante educación continua, desarrollo de pautas, investigación original, publicaciones y mantenimiento de un registro integral de datos de pacientes. Los datos de registro se utilizarán para respaldar la investigación clínica, las agencias reguladoras y los centros ELSO individuales. ELSO ofrece programas educativos para centros activos y para las comunidades médicas.

Cabe destacar que existen muchos más centros con ECLS que no aparecen en los registros oficiales de la ELSO, como por ejemplo el de Zaragoza.

Hospitales españoles con ECMO, según los registros ELSO: Hospital Universitario Álvaro Cunqueiro. (Vigo); Hospital Universitario Central de Asturias (Oviedo); Hospital Universitario Río Hortega (Valladolid); Hospital Gregorio Marañón (Madrid); Hospital Universitario Bellvitge (Barcelona); Hospital Sant Joan de Deu (Barcelona); Hospital Clinic (Barcelona); Hospital de la Santa Creu i Sant Pau (Barcelona); Hospital Vall D'Hebron (Barcelona).



Gripe H1N1, Covid19 en España

Durante la pandemia de gripe H1N1, se recurrió a la ECMO en pacientes con SDRA bastante grave causada por este virus. Se realizaron varios estudios, entre ellos se encuentra el estudio de Noah et al, en el que los pacientes remitidos al centro ECMO tienen un mejor resultado que los pacientes tratados en UCI convencional, en el Reino Unido. La supervivencia fue del 76% en el grupo de protocolo ECMO vs del 45% en el grupo control de pares emparejados. El emparejamiento se realizó de 3 maneras diferentes. (22)

Otro estudio de pares de ECMO en pacientes con influenza H1N1 en Francia (Tai Pham et al) mostró un 65% supervivencia en 103 pacientes con ECMO y 66% de supervivencia en 157 pacientes con tratamientos convencionales similares. Se emparejaron 52 pacientes con ECMO. La supervivencia fue del 50% (ECMO) y del 60% (convencional) en los 52 por análisis grupal. Cuando el emparejamiento se realizó utilizando el método de reemplazo para hacer 103 pares, la supervivencia fue 78% ECMO y 45% convencional. (23)

Ante la actual pandemia, la ECMO se está usando como soporte respiratorio para la SDRA que causa la enfermedad por coronavirus (COVID 19). En esta tabla 4 se pueden ver los casos COVID-19 sobre ECMO en el registro ELSO. (24)

	Total (n)	Still on ECMO	Completed ECMO	Discharged alive/dead	Transferred out on ECMO
All ELSO	1039	376	663	480	6
North America	699	282	417	307	3
Europe	261	60	148	148	3
Asia Pacific	24	6	18	10	0
Latin America	27	11	16	9	0
SWAAC	28	17	11	6	0

* not reporting cases where n < 5

Reports counts of ECMO-supported suspected or confirmed COVID-19 cases by ELSO Chapter (provided the chapter has at least 5 cases reported)

Tabla 4. Tomada de la página oficial de ELSO, disponible en: <https://www.elso.org/Registry/FullCOVID19RegistryDashboard.aspx>

Indicaciones actuales para Fallo respiratorio en adultos. (Guidelines for Adult Respiratory Failure August, 2017)

A. Indicaciones

1. En la insuficiencia respiratoria hipoxica por cualquier causa (primaria o secundaria), el ECLS debe considerarse cuando el riesgo de mortalidad es del 50% o mayor, y se indica cuando el riesgo de mortalidad es del 80% o mayor.
 - a. El riesgo de mortalidad del 50% está asociado con una PaO₂ / FiO₂ <150 en FiO₂ > 90% y / o puntuación de Murray 2-3, Puntaje AOI 60, o puntuación APSS.
 - b. El riesgo de mortalidad del 80% está asociado con una PaO₂ / FiO₂ <100 en FiO₂ > 90% y / o una puntuación de Murray 3-4, AOI > 80, APSS 8 a pesar de una atención óptima durante 6 horas o menos. El mejor resultado en ECMO

para la insuficiencia respiratoria en adultos ocurre cuando ECMO se instituye temprano después del inicio (1-2 días).

2. Retención de CO₂ en ventilación mecánica a pesar de Pplat alto (> 30 cm H₂O)
3. Síndromes severos de fuga de aire
4. Necesidad de intubación en un paciente en lista de trasplante pulmonar
5. Colapso cardíaco o respiratorio inmediato (EP, vía aérea bloqueada, no responde a cuidado óptimo)

B. Contraindicaciones

No hay contraindicaciones absolutas para ECLS, ya que cada paciente se considera individualmente con respecto a riesgos y beneficios. Hay condiciones, sin embargo, que están asociadas con un pobre resultado a pesar de ECLS, y puede considerarse contraindicaciones relativas.

1. Ventilación mecánica en configuraciones altas (FiO₂ > .9, P-plat > 30) durante 7 días o más.
2. Muchos centros no consideran que el tiempo de ventilación sea una contraindicación.
3. Inmunosupresión farmacológica mayor (recuento absoluto de neutrófilos <400 / mm³)
4. Hemorragia del SNC reciente o en expansión
5. Comorbilidad no recuperable, como daño importante del SNC o neoplasia maligna terminal
6. Edad: no hay contraindicación de edad específica, pero considere aumentar el riesgo con el aumento años

C. Consideraciones específicas del paciente

1. Causas primarias de insuficiencia respiratoria:

Infección: viral, bacteriana, hongos, PCP.

Enfermedad pulmonar primaria: fibrosis quística, enfermedades hemorrágicas autoinmunes. Fibrosis idiopática, crisis de células falciformes, hipertensión pulmonar primaria, Traumatismo torácico, post neumonectomía. Postrasplante: agudo, crónico (bronquiolitis obliterante).

Insuficiencia respiratoria crónica puente al trasplante

2. Causas secundarias de insuficiencia respiratoria:

SDRA debido a shock, trauma, sepsis, tejido isquémico, DIC, reacción de reinfusión, anafilaxia

Insuficiencia cardíaca con edema pulmonar.

3. Embolia pulmonar

4. Síndromes de retención de CO₂

Obstrucción aguda de las vías respiratorias, asma, EPOC en exacerbación. (24)

Objetivos

1. Principal: conocer la evidencia científica de las indicaciones para aplicar ECMO en cirugía torácica no cardíaca.
2. Secundarios: analizar los resultados esperables del empleo de ECMO en cirugía torácica no cardíaca; identificar las indicaciones concretas candidatas a la utilización de ECMO.

Material y métodos.

Las búsquedas de artículos están **descritas en el Anexo I**. Se realizaron en las siguientes bases de datos: Pubmed, Scopus, Web of Science, Cochrane Library, Tripdatabase y Google Scholar. Filtrado por artículos publicados en los “últimos 5 años”. Obteniendo un total de 3226 artículos. La búsqueda se realizó en abril de 2020.

En esta revisión se incluyeron estudios en los que se realizaban una cirugía torácica junto la ECMO de forma intraoperatoria. (Tabla 4) Se excluyeron procedimientos cardiacos, estudios sobre componentes específicos de la ECMO (cánulas, oxigenadores...), la ECMO usada como tratamiento de soporte o cirugías indicadas a raíz de complicaciones de la ECMO. Se excluyeron los estudios que usaron otras formas de soporte mecánico específicamente diseñadas para el mantenimiento de la función cardíaca, como los dispositivos de asistencia ventricular.

Los tipos de pacientes que se incluyeron fueron adultos mayores de 18 años que se sometieron a un proceso quirúrgico en el que concomitantemente se utilizó la ECMO. Se excluyeron, por tanto, recién nacidos, niños, adolescentes y embarazadas.

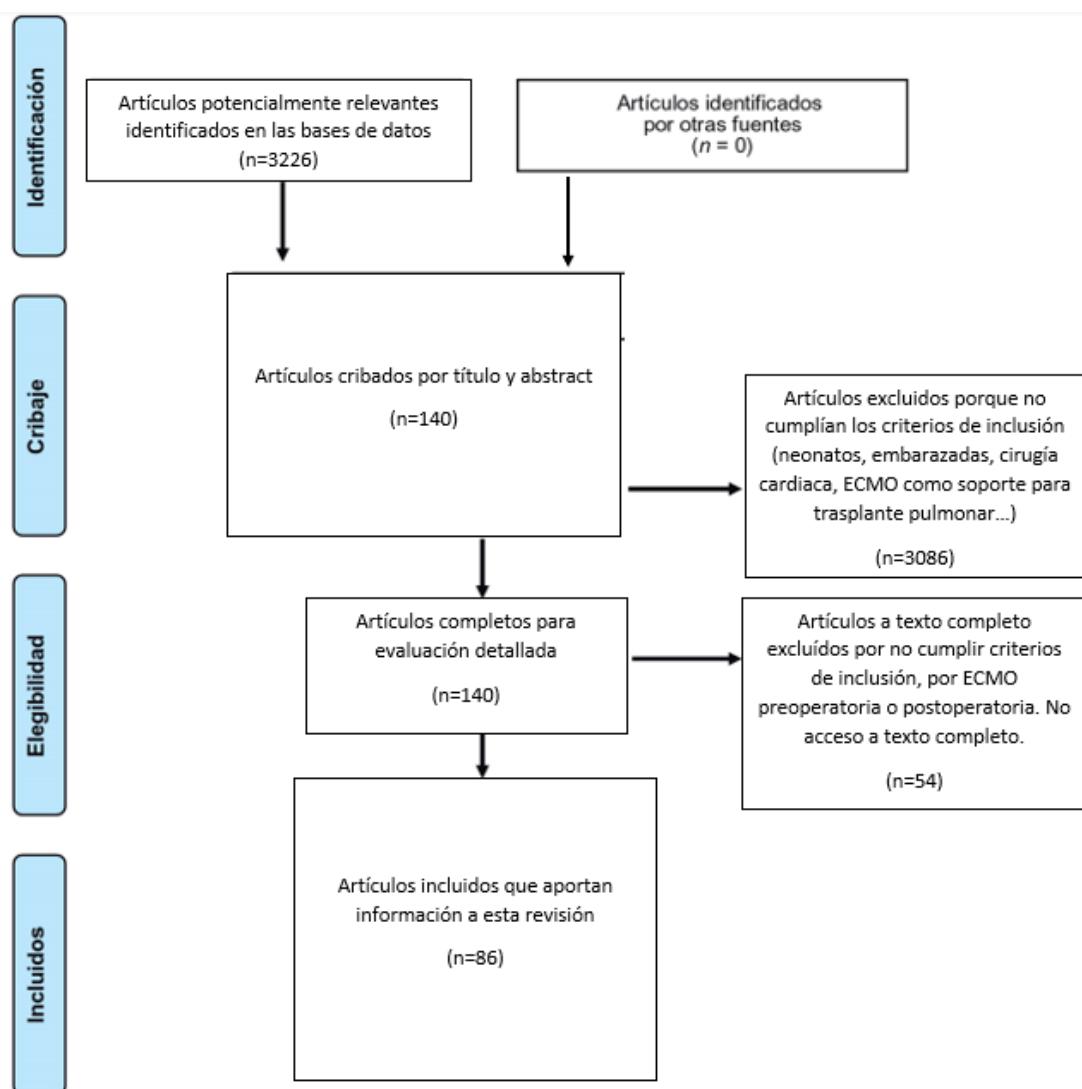
Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
<ul style="list-style-type: none">• Adultos• Relacionado con un tipo de técnica quirúrgica torácica en la que se usa ECMO perioperatoriamente	<ul style="list-style-type: none">• No relacionado con cirugía torácica• Solo aspectos técnicos de la ECMO• Neonatos, niños.• Relacionados con cirugía cardiaca• Uso pre o postoperatorio de la ECMO• Como tratamiento de soporte• Intervenciones en las que las complicaciones de la ECMO hayan sido la causa de la cirugía.

Tabla 4. Criterios utilizados para esta revisión.

Resultados

El proceso de selección de artículos se puede ver en la Fig. 9. De los 3226 artículos se analizó el abstract para saber si cumplían criterios de inclusión (adulto y cirugía torácica no cardíaca bajo ECMO). Se descartaron 3086 artículos porque: el paciente era neonato, niño, adolescente, mujer embarazada; se utilizó la ECMO como soporte pre o postoperatorio por ejemplo, usado como puente al trasplante, en SDRA, shock séptico, neumonía; eran cirugías que incluían cava, aorta o relacionado con la cirugía cardíaca (postmiocardiotomía, cirugía de las coronarias...); aspectos técnicos de la ECMO (diferente tipo de cánulas, de oxigenadores); se centraban en complicaciones de la ECMO; eran cirugías para complicaciones provocadas por el tratamiento de soporte de la ECMO.

Tras este cribaje se seleccionaron 140 artículos que cumplían criterios de inclusión y de exclusión para una lectura completa. Fueron descartados 6 por no tener acceso al texto completo. Cuando se analizaron en profundidad, fueron descartados 54 artículos por ECMO preoperatoria o postoperatoria; por considerar la utilización de la ECMO, pero no llevarla a cabo; por no analizar los resultados en los que influyó la ECMO, sino más bien la cirugía u otros tratamientos. Por lo tanto, se incluyeron finalmente 86 artículos.



Los estudios fueron de tipo: estudio de un caso, series de casos, estudios retrospectivos de un centro, revisiones, y metaanálisis. Se puede observar su distribución en la siguiente tabla 5. Estos 86 artículos se agrupaban en torno a estas indicaciones potenciales de cirugía torácica no cardíaca bajo la membrana de circulación extracorpórea:

- Trasplante pulmonar
- Traumatismo
- Árbol traqueobronquial
- Bulla
- Mediastino
- Resecciones pulmonares en pacientes con una resección previa.

	Estudio de un caso	Series de casos	Estudio retrospectivo o de un solo centro	Revisión	Metaanálisis	Total
Trasplante de pulmón	5	5	12	7	1	30
Traumatismo	4					4
A.Traqueobronquial	23	4	1	2		30
Bulla	3					3
Resección pulmonar	6	1				7
Mediastino	2	1				3
Revisiones				9		9
Total						86

Tabla 5 con la relación entre la indicación de cirugía torácica y el tipo de estudio.

Los resultados de cada uno de los grupos aparecen descritos en más detalle en **Anexo II**.

Discusión

TRASPLANTE DE PULMÓN

En cinco revisiones sistemáticas relacionadas con el uso de ECMO en el trasplante de pulmón, se encontró que la ECMO está suplantando a CPB como la forma preferida de soporte extracorpóreo para estabilizar a los pacientes. Entre pacientes que requirieron apoyo cardiopulmonar intraoperatorio, aquellos manejados con ECMO tuvieron mejores resultados tempranos, incluida la duración de la ventilación mecánica, la UCI y la duración de la hospitalización que el paciente que recibió CPB. El uso de productos sanguíneos fue significativamente menor en los pacientes con ECMO. Los pacientes que recibieron soporte de CPB tenían mayores requisitos de diálisis y una mayor mortalidad hospitalaria (39% vs.13%). Al finalizar el trasplante, la ECMO se destetará para evaluar la función del injerto. Si bien es deseable descanular al paciente, la función del aloinjerto dicta la retirada del soporte. Dentro de este escenario, la ECMO se requiere con frecuencia para la disfunción primaria del injerto, para apoyar los pulmones mientras la lesión por reperfusión disminuye. El volumen corriente y las tasas respiratorias se pueden reducir muy por debajo de lo que normalmente es factible. Una ventilación pulmonar protectora con frecuencias respiratorias disminuidas, bajos volúmenes de flujo y mantenimiento de presión positiva al final de la expiración es viable, particularmente si los pulmones han sufrido una lesión. (2, 19, 25) Además, se recoge que el uso de ECMO intraoperatoria con la posibilidad de prolongación en el postoperatorio conduce a una mejor supervivencia en comparación con los trasplantes de pulmón que no reciben ECMO. Las tasas de supervivencia post trasplante aumentan (50-80%) si se proporciona apoyo ECLS temprano (<48 h), mientras que la supervivencia a medio plazo y las pruebas de función pulmonar no se ven afectadas por el requisito inicial de ECLS. En cuanto a pacientes con hipertensión pulmonar, el objetivo es disminuir la precarga ventricular derecha por lo que se desaconseja el uso de VV-ECMO y se ha observado la aplicación exitosa de una variante con una cánula de entrada dirigido a través de un agujero oval permeable. (1,26) Cabe destacar que las estrategias que ayudan a maximizar el acondicionamiento previo al trasplante y a mejorar los resultados posteriores al trasplante en la ECMO incluyen: la minimización de sedación, evitación de la intubación endotraqueal y movilización temprana (facilitada por la configuración de canulación periférica). (27)

El tipo de artículos que se hallaron son, mayormente, estudios retrospectivos de centro único, como, por ejemplo, estos dos estudios que mostraban un uso preferible de la ECMO frente a la CPB porque la tasa de supervivencia es mayor con ECMO. (28,29) En un análisis retrospectivo de 55 trasplantes de pulmón describieron una supervivencia a 1 año de los receptores del 82,96%. (30)

En un análisis de un solo centro se realizaron todos los 159 trasplantes de pulmón de manera uniforme con soporte de ECMO venoarterial central, con la posibilidad de extender ECMO al período postoperatorio temprano cuando la función del injerto no cumplía con los criterios de calidad establecidos al final de la implantación. La mortalidad a los 90 días fue del 3,1% y la supervivencia a 2 años fue del 86%. (31) En un trabajo retrospectivo de centro único se dividió a los pacientes en: grupo I-sin ECMO (n = 116), grupo II-ECMO intraoperatorio (n = 343), y grupo III-ECMO posoperatorio prolongado e intraoperatorio (n = 123). El uso de ECMO intraoperatoria se asoció con una mejoría en la supervivencia a 1, 3 y 5 años en comparación con pacientes sin ECMO. (32) De la misma manera pacientes bajo el uso de ECMO tuvieron una

supervivencia significativamente mejor en comparación a pacientes transplantados sin ECMO. Tasas de supervivencia a 1, 3 y 5 años de 91 vs. 82%, 85 vs. 76% y 80 vs. 74%. Pero cuando la ECMO se aplicó selectivamente, otros centros informaron un peor resultado con el uso intraoperatorio de ECMO (tasas de supervivencia a 1 y 5 años de 84.2 vs. 90% y 52.8 vs. 70,5%). (33)

En el estudio de Zhang et al. de un solo centro 138 pacientes se sometieron a un trasplante de pulmón de los cuales 44 pacientes fueron tratados con ECMO venovenosa / venoarterial. De entre los pacientes, 32 fueron destetados de la ECMO con éxito después de la operación, 12 pacientes permanecen en ECMO después de la operación y 32 pacientes (62.74%) sobrevivieron hasta el alta hospitalaria. Se asociaron los siguientes factores con el apoyo intraoperatorio de ECMO: edad avanzada, duración de la ventilación mecánica antes de la operación, un APACHE II más alto y diagnóstico primario para trasplante. Las tasas de supervivencia global a 1, 3 y 12 meses fueron 90.91, 72.73 y 56.81% en el grupo ECMO, y 95.40, 82.76 y 73.56% en el grupo no ECMO, respectivamente ($p = 0.081$). (34)

Sin embargo, en un estudio de 595 pacientes, que recibieron un trasplante pulmonar, se dividieron en Grupo A que no recibió ECMO, Grupo B en los que la indicación de apoyo de ECMO se estableció a priori antes del comienzo de la operación y Grupo C los que se estableció la indicación de apoyo de ECMO durante el trasplante. Las complicaciones y la mortalidad hospitalaria fueron mayores en los pacientes que recibieron ECMO, la supervivencia fue similar entre los pacientes sometidos a trasplante con o sin ECMO. La supervivencia general al año fue del 93%, 83% y 82% y a los 4 años fue del 73%, 68% y 69% en los Grupos A, B y C, respectivamente ($p = 0.11$). (35)

También, en el estudio de Cosgun et al. 291 trasplantes de pulmón se dividieron en 2 grupos: los que necesitaban apoyo ECMO intraoperatorio (Grupo 1, $n = 134$) y los que no recibieron apoyo ECMO intraoperatorio (Grupo 2, $n = 157$). La supervivencia a 1 año fue del 84,2% en el Grupo 1 frente al 90,4% en el Grupo 2, y la supervivencia a 5 años fue del 52,8% en el Grupo 1 frente al 70,5% en el Grupo 2 ($p = 0,002$). El análisis multivariante indicó que la edad del receptor ($p = 0.001$), la terapia de reemplazo renal ($p = 0.001$) y el apoyo intraoperatorio de ECMO ($p = 0.03$) fueron factores de riesgo significativos para la supervivencia general. La tasa de complicaciones quirúrgicas tempranas postoperatorias fue comparable entre los dos grupos ($p = 0.09$). El número de pacientes que requirieron terapia de reemplazo renal y experimentaron complicaciones pulmonares tardías fue significativamente mayor en el Grupo 1 ($p = 0.02$). (36)

En cuanto a las complicaciones operatorias en el trasplante de pulmón bajo ECMO, se hallaron 2 estudios de un solo caso en donde se produjeron: una ruptura bronquial durante la bilobectomía; (37) y fugas de aire. (38) En una serie de 2 casos, un paciente con trombocitopenia inducida por heparina durante el apoyo con ECMO presentó un hematoma postoperatorio. (39)

HIPERTENSION PULMONAR (HTP)

De los artículos relacionados con trasplante pulmonar, 5 de ellos estaban centrados en unos pacientes con hipertensión arterial pulmonar severa (HTP). En una serie de dos pacientes con HTP con alto riesgo a la inducción de anestesia se puso la ECMO antes de la anestesia. La estrategia fue exitosa, y en ambos pacientes, la hemodinámica fue estable y no ocurrieron complicaciones relacionadas con la ECMO. (40) En una revisión retrospectiva en un solo centro, 41 pacientes sometidos a trasplante pulmonar bilateral por HTP idiopática tuvieron

unas tasas de supervivencia a los noventa días, 1, 3 y 5 años de 92.7%, 90.2%, 87.4% y 87.4%. (41) En un análisis retrospectivo de un solo centro con 38 pacientes sometidos a trasplante pulmonar secuencial bilateral con HTP (9 con CPB, 21 con ECMO) se asoció ECMO con mejores resultados postoperatorios y mejor supervivencia a largo plazo frente a la CPB. (42) Otro estudio con 8 pacientes con HTP mostraba unas tasas de supervivencia a 1 y 3 años de 87.5 y 75.0% (43) En el estudio de Martin et al. describía que la ECMO intraoperatoria y postoperatoria para pacientes con hipertensión pulmonar proporcionaba mejores resultados de la ECMO frente a la CPB. (44)

ECMO vs CPB

Como se había mencionado en la introducción, la ECMO es comparada con el tratamiento CPB también en los trasplantes pulmonares, como es el caso de estos 3 artículos. En la revisión retrospectiva de Hoechter et al. se realizaron los trasplantes pulmonares bajo ECMO (41 pacientes) o bajo CPB (41 pacientes). Los resultados de la ECMO fueron: menor tiempo operatorio, menos transfusiones de plasma, mismas complicaciones, mejores tasas de supervivencia a los 30 días (CPB 75,6%; ECMO 95,1%, P = 0,012). La supervivencia a 1 año mostró mejores tendencias en el grupo B, pero no fue significativa. (45) En este otro estudio retrospectivo de un solo centro los pacientes con trasplante pulmonar en CPB (n = 22) tuvieron requisitos de transfusión intraoperatoria significativamente mayores, los requisitos de soporte del ventilador y la duración de la estancia en la UCI fueron notablemente más largos en comparación con los pacientes con ECMO (n = 27). Sin embargo, no hubo diferencias en las tasas de mortalidad a 30 días y a 1 año. (46)

En este metaanálisis, también de Hoechter et al. se comparó ECMO vs CPB. Se consideró que todos tenían un sesgo grave causado por la heparinización como cointervención. Hubo una tendencia beneficiosa de la ECMO con respecto a las transfusiones de sangre. La duración de la estancia en la unidad de cuidados intensivos (UCI) fue con una diferencia media promedio de - 4.79 más corta en pacientes con ECMO. Además, la ECMO tendió a ser superior con respecto a la mortalidad a los 3 meses (odds ratio = 0.46, IC 95% = 0.21-1.02) y a la mortalidad a 1 año (odds ratio = 0.65, IC 95% = 0.37-1.13). Sin embargo, solo la duración de la estadía en la UCI alcanzó significación estadística. (47)

El uso de la ECMO en trasplante está justificado porque logra mantener la estabilidad hemodinámica y el intercambio de gases de forma adecuada en pacientes que suelen tener compromiso hemodinámico cuando se someten a tensiones adicionales, que incluyen inducción anestésica, ventilación unipulmonar, pinzamiento de la arteria pulmonar, la fase de reperfusión y durante la implantación del segundo pulmón. La reperfusión de un pulmón durante un trasplante doble produce lesión pulmonar por reperfusión cuando no se usa ECMO. Además, gracias a su empleo existe una exposición quirúrgica mejorada y reducción del tiempo operatorio. (48)

FIBROSIS QUÍSTICA (FQ)

En el estudio de Scaravilli et al. la ECMO durante el trasplante de pulmón para la FQ se asocia con resultados empeorados a corto plazo. En comparación con los pacientes sin ECMO, los pacientes con ECMO necesitaban una transfusión intraoperatoria de casi cinco veces (2227 ml frente a 570 ml, p <0,001) y tenían un grado de disfunción primaria del injerto > 0 a las 72 h con mayor frecuencia (16/57% frente a 12/28%, p = 0.017, OR 3.33 (1.22-9.09)). La ventilación mecánica, la duración de la estancia en la unidad de cuidados intensivos y en el hospital fueron significativamente más largos en pacientes con ECMO. (49)

A continuación 4 estudios de un caso que abordan diferentes temas. En el trasplante de pulmón único para pacientes con silicosis terminal, puede darse inestabilidad hemodinámica, en donde usando la ECMO se resolvió. Esto podría deberse a que la extracción del pulmón nativo puede ser extremadamente difícil debido a las adherencias pleurales densas y los ganglios linfáticos hiliares fibróticos. (50) Un paciente de 38 años con fibrosis pulmonar idiopática y pectus excavatum, tuvo buenos resultados tras el trasplante pulmonar bajo ECMO. La capacidad pulmonar total aumentó de 4.1 L preoperatoria a 5.8 L postoperatoria. (51) Estudio de un caso con un paciente sometido a VA-ECMO durante 107 minutos sin anticoagulación durante un trasplante pulmonar (52) En un paciente previamente trasplantado de un pulmón se aplicó la VV-ECMO intraoperatoria y que permitió la resección oncológica de forma precisa de la metástasis que se le había diagnosticado. (53)

TRAUMATISMOS

En una revisión sistemática se observó que la selección de la técnica ECLS depende del tipo de soporte requerido según sea un caso de politraumatismo o una lesión torácica aislada. Es importante el reconocimiento de una rotura bronquial traumática. (25) En caso de hemorragia o alto riesgo de sangrado, se puede usar ECLS sin heparina dentro de las 24–72 h del trauma sin afectar la supervivencia. Aunque está contraindicado en pacientes politraumatizados con shock hemorrágico, la reparación quirúrgica con la aplicación de ECMO puede ser factible si el sangrado está bien controlado. (1)

Este estudio de caso describe el uso exitoso de VV-ECMO en un hombre joven con síndrome del compartimento torácico luego de un traumatismo torácico cerrado grave sufrido en un accidente automovilístico de alta velocidad. Tras un breve paro circulatorio, el síndrome del compartimento torácico se alivió durante la toracotomía, pero volvió a aparecer al cerrar el tórax. El uso de VV-ECMO para la oxigenación permitió presiones ventilatorias más bajas, permitiendo el retorno venoso y el cierre primario de la toracotomía. Posteriormente, el paciente tuvo un excelente resultado funcional. (54) En otro accidente de tráfico, una mujer de 26 años politraumatizada con hemopneumotórax derecho con atelectasia del pulmón derecho y contusión severa del pulmón izquierdo. Bajo el apoyo de ECMO sin heparina, se realizó con éxito la lobectomía inferior derecha. La paciente fue dada de alta sin complicaciones significativas. (55) De la misma manera dos pacientes politraumatizados se les sometió a una lobectomía pulmonar utilizando ECMO. La infusión de heparina fue detenida seis horas antes de la cirugía sin producirse incidentes de sangrado. (56) En dos estudios de un caso clínico se recogen dos pacientes que sufrieron la ruptura de un bronquio principal por un traumatismo. Para la cirugía reparación bronquial se necesitó la ECMO. Los resultados fueron buenos. (57,58)

ÁRBOL TRAQUEOBRONQUIAL

Se han encontrado, especialmente, informes de casos que han tratado sobre el uso exitoso de la ECMO para procedimientos traqueales o de bronquios principales.

En un estudio retrospectivo de 10 años en un solo centro, tuvieron lugar 45 resecciones de carina, de las cuales solamente 4 pacientes necesitaron soporte con ECMO(n=1) o CPB(n=3) intraoperatoriamente sin producir mortalidad. (59)

En estas revisiones sobre la vía aérea, se consideraba a la VA-ECMO como una opción efectiva para procedimientos complejos como en las reconstrucciones carinales complejas durante los cuales se requiere retracción cardíaca. También en pacientes con alto riesgo de parada respiratoria con la inducción de anestesia, se prefiere la VV-ECMO puede instituirse antes de la

inducción. (1,60) El ECLS debe considerarse de manera preventiva en todos los pacientes con estenosis crítica de la vía aérea intratorácica, en pacientes que requieren una reconstrucción traqueal / carinal inferior compleja y en los casos en que se anticipa una oclusión completa de la vía aérea temporal. En pacientes con una oclusión cercana de las vías respiratorias intratorácicas por una masa mediastínica significativa, la ECMO debe iniciarse con anestesia local y sedación ligera, ya que el riesgo de colapso total de las vías respiratorias después de la parálisis no es insignificante. (61,62)

En pacientes con lesiones en los bronquios principales, por ejemplo, el bronquio principal izquierdo se establece un enfoque quirúrgico desde el lado derecho, acompañado de ECMO que permite una reconstrucción exitosa. (63-65) La ECMO permite evitar las lobectomías o neumonectomías, realizándose un tipo de resecciones más conservadoras, como la sleeve resection (resección en manga) permitiendo conservar mayor volumen de pulmón. (66,67)

En 5 informes de un caso, se realizó con éxito la resección con la ayuda de la ECMO de una masa tumoral intratraqueal, en tres casos incluía la carina. Los intentos de mejorar la oxigenación y la ventilación por métodos convencionales no tuvieron éxito. Los pacientes fueron sometidos a resección traqueal exitosa bajo la ECMO como soporte intraoperatorio. (68- 73) Se procedió de la misma manera con un paciente con un tumor glómico en carina, así como con otro paciente con un paraganglioma obstructivo.(74,75) En una serie de casos en pacientes con carcinoma de pulmón avanzado con afectación de la vía aérea proximal se utilizó VV- ECMO de forma segura durante la resección tumoral demostrando ser una opción segura para garantizar la oxigenación y ventilación del paciente, permitiendo la manipulación de las vías respiratorias y cambiando algunos casos complejos que son difícil de resecar en casos potencialmente curables. (76)

En una serie de casos 9 pacientes con estenosis traqueal (tráqueomalacia, tumor traqueal, compresión traqueal externa por masa mediastínica) se sometieron a una operación de vía aérea apoyada por ECMO. No se produjeron complicaciones relacionadas con la ECMO. La tasa de ausencia de reintervención fue del 71,4%; las tasas de supervivencia promedio durante 1 y 2 años fueron 76.2% y 63.5%. (77) En 15 pacientes con alto riesgo de bloqueo de las vías respiratorias fueron sometidos a ECMO por obstrucción de la vía aérea. ECMO es útil durante la anestesia y durante la cirugía torácica compleja. (78)

En la obstrucción severa de la vía aérea, la intervención guiada por broncoscopia con el apoyo de ECMO permitió una eliminación del tejido tumoral en la tráquea y los bronquios principales con una recuperación sin problemas. (79) Paciente con compresión de la vía aérea central se sometió con éxito a la resección quirúrgica de la masa mientras estaba en VV-ECMO. Sus síntomas se resolvieron rápidamente y recuperó su calidad de vida de referencia. (80)

En dos estudios de un caso hubo una grave obstrucción traqueal, uno debido a un bocio y el otro a un cáncer de tiroides. Se inició el uso de ECMO para la inducción de anestesia general para la tiroidectomía total demostrando que es un método seguro para mantener la oxigenación en pacientes con obstrucción traqueal severa cuando no se puede proporcionar ventilación adecuada durante la implantación de stent traqueal. (81,82)

Se hallaron 5 informes de caso relacionado con la cirugía de vías aéreas realizada bajo el apoyo de ECMO, en las siguientes situaciones: paciente quemadura química esofágica con lesiones en tráquea y carina en el que se realizó la reconstrucción traqueobronquial con buenos resultados; (83) paciente con traumatismo y quemaduras con una lesión traqueal iatrogénica posterior y una cricotirotomía que durante el intento de estabilización quirúrgica de la vía

aérea, se vio comprometida la ventilación gravemente y se utilizó la VV-ECMO intraoperatoria que permitió el rescate de la hipoxemia severa y una recuperación posterior sin secuelas neurológicas duraderas; (84) paciente con una perforación traqueal; (85) paciente con neurofibroma esofágico gigante con estenosis traqueal severa; (86) paciente con una fistula traqueoesofágica gigante se utilizó con éxito la VV-ECMO debido a que la ventilación mecánica en cualquier forma fue técnicamente imposible. (87)

Teniendo en cuenta que habitualmente en la cirugía de vía aérea el procedimiento estándar consiste en que las lesiones encima de la laringe se pueden tratar con intubación fibrobroncoscópica con el paciente despierto o traqueotomía bajo anestesia local. Sin embargo, como en los casos mencionados previamente, cuando se encuentra una obstrucción severa debajo de la laringe la ventilación puede ser imposible. En este tipo de escenarios la ECMO se plantea como una opción más adecuada que la CPB. En primer lugar, la imposibilidad de intubar el segmento traqueal distal impide obtener una vía aérea preoperatoria asegurada, mientras que una intubación de campo cruzado impide un campo quirúrgico claro en comparación con la canulación femorofemoral de la ECMO. En segundo lugar, el soporte de ECMO permite una anticoagulación retrasada incluso en el tiempo postoperatorio, mientras que CPB requiere una heparinización sistémica completa con un alto riesgo de sangrado. Además, el uso de CPB no permite una extubación temprana después de la cirugía, lo cual es obligatorio en la cirugía reconstructiva traqueal para prevenir la ventilación de alta presión postoperatoria y favorecer el proceso de curación de las vías respiratorias. Por tanto, la operación necesita una buena exposición del campo quirúrgico y un control rápido y efectivo de la ventilación y la oxigenación durante la resección y la reconstrucción de la vía aérea. En todos los casos en los que no se puede garantizar una ventilación efectiva o en casos muy difíciles, el apoyo de ECMO puede considerarse una herramienta muy útil que permite un intercambio de gases eficiente y previene los períodos de ventilación intermitente que pueden ser necesarios durante la cirugía. (19, 25, 88)

BULLAS PULMONARES

En dos revisiones sistemáticas la ECMO se usó para la cirugía de reducción de volumen pulmonar para pacientes con enfisema pulmonar severo y bullas. (25) También se la usó como apoyo en una intervención mediante cirugía toracoscópica asistida por video (VATS). (19) Así mismo, en dos estudios de un caso, el paciente fue sometido a una bullectomía mediante VATS junto con la ECMO, sin complicaciones en ambos casos. (89,90)

Un paciente EPOC con bullas pulmonares empezó con disnea, recibió ventilación mecánica pero las bullas se hicieron más grandes y comprimieron los pulmones. Se manejó con la ECMO para mantener la oxigenación de la sangre en del paciente, realizándose con éxito la cirugía de resección de bullas. (91)

Otro paciente con enfisema y bulla pulmonares, presentó insuficiencia respiratoria refractaria a ventilación mecánica, por lo que la cirugía de reducción de volumen pulmonar se consideró la única opción para controlar la hipercapnia potencialmente mortal, en donde la ECMO funcionó muy bien. (92)

Paciente con capacidad pulmonar limitada por bullas gigantes bilaterales (diámetro máximo de 16 cm) y un quiste infeccioso en su pulmón derecho. Se utilizó VV-ECMO para llevar a cabo la resección de las bullas del lado izquierdo. Se realizó con éxito. (93)

RESECCIÓN PULMONAR

La cirugía en pacientes con escasa reserva pulmonar que necesitan resección pulmonar y ventilación unipulmonar difícil o imposible rara vez se realiza y sigue siendo una tarea difícil para los cirujanos torácicos y anestesiólogos. (61) En la revisión de Slama et al. sobre 284 pacientes sometidos a trasplante de pulmón con antecedentes de una resección pulmonar previa. La resección pulmonar previa puede afectar significativamente los riesgos intraoperatorios y postoperatorios de trasplante pulmonar posterior. La selección y el momento cuidadosos del paciente y la elección de técnicas apropiadas, como la cirugía de reducción del volumen pulmonar mínimamente invasiva y el uso de ECMO como soporte extracorpóreo durante el trasplante, si es necesario, pueden minimizar esos riesgos, lo que en última instancia conduce a resultados postoperatorios muy buenos en términos de función pulmonar y supervivencia. (94)

En la revisión sistemática de McRae et al. se describe que la ECMO se ha utilizado para permitir que los pacientes con pérdida significativa de parénquima pulmonar toleren resecciones, como por ejemplo metastasectomía después de una resección pulmonar extensa previa. Se observó que una VV-ECMO de bajo flujo, en ocasiones, es suficiente en pacientes con riesgo de hipercapnia severa. También se comentaba que no existen pautas para determinar qué pacientes necesitarán apoyo extracorpóreo y quién tolerará el procedimiento sin él. (19)

Se incluyeron 4 estudios de un caso. Paciente con antecedente de neumonectomía por adenocarcinoma, se realiza resección pulmonar por tumor carcinoma neuroendocrino de células grandes. Su función pulmonar fue suficiente para permitir una segunda operación. Se sometió a una resección en cuña del lóbulo inferior del pulmón izquierdo con la ayuda de la oxigenación por membrana extracorpórea (ECMO). Su curso postoperatorio transcurrió sin incidentes. Su estado de rendimiento disminuyó ligeramente, pero no tuvo problemas asociados con las actividades de la vida diaria. (95)

El caso de un hombre de 66 años que se sometió a una segmentectomía asistida por VV- ECMO por un segundo cáncer primario de pulmón. La ventilación con un solo pulmón no fue factible debido a la lobectomía previa en el lado contralateral y la consiguiente falta de función respiratoria. (96)

Paciente neumonectomizado por cáncer pulmonar, se le realiza una segmentectomía por recidiva. La segmentectomía toracoscópica de incisión única se realizó utilizando ECMO de una sola cánula con doble luz. El enfoque ECMO mínimamente invasivo, el enfoque quirúrgico mínimamente invasivo dio lugar a un dolor postoperatorio mínimo y una estadía hospitalaria corta. La ECMO tiene el potencial de permitir procedimientos quirúrgicos torácicos que prolongan la vida en pacientes con cáncer de pulmón y en pacientes con metástasis pulmonar localizada que, de otro modo, no tolerarían la cirugía con ventilación convencional. (97)

Tras una neumonectomía izquierda por tumor pulmonar, el paciente presenta un cáncer de pulmón primario metacrónico. La segmentectomía fue un éxito bajo la ECMO. La recuperación postoperatoria transcurrió sin incidentes. Los resultados 5 meses más tarde de función pulmonar: FEV 1 1.3 L, FVC de 2.6 L y DLco de 54%. Caminó 600 m en una prueba de caminata, desaturando del 96% al 85%. Se redujo la función pulmonar en comparación con la preoperatoria. (98)

En una serie de casos formada por 9 pacientes que se sometieron a resecciones pulmonares bajo ECMO. Los procedimientos incluyeron segmentectomía (n = 3), lobectomía extendida con

anastomosis bronquiales y vasculares (n = 1), lobectomía VATS (n = 2), neumonectomía carinal izquierda extendida (n = 1), así como metastasectomía extendida (n = 2). La ECMO proporcionó suficiente apoyo pulmonar, sin complicaciones. (99)

MEDIASTINO

Las grandes masas que ocupan el mediastino anterior tienen el potencial de causar compresión de la tráquea, los grandes vasos y la aurícula derecha, por lo que hay que tener especial cuidado en la inducción de la anestesia general, debido a que un colapso vascular repentino, cardíaco u obstrucción de las vías respiratorias, puede ser mortal. (19, 61) Se incluyeron dos casos clínicos y una serie de casos. El primer paciente tiene un timoma invasivo con ruptura intrapulmonar e intratorácica. Dado el deterioro de su estado respiratorio y hemodinámico, la timectomía con extirpación de los tejidos involucrados se realizó con urgencia bajo la ECMO. El paciente sobrevivió, y no se ha observado recurrencia durante 2 años después de la operación. (100) El segundo paciente tenía un teratoma mediastínico maduro, roto y sobreinfectado. Tuvo una importante hemorragia que fue controlada con ECMO e inmediatamente se realizó la cirugía mediastínica. Sobre vivió, fue dada de alta y no presentó complicaciones. (101) La serie de casos incluye 3 pacientes con una gran masa tumoral torácica. Estos pacientes fueron operados perfectamente bajo el uso de la ECMO. Tuvieron una corta estancia en la UCI y sin complicaciones importantes. (102)

ASPECTOS RELEVANTES SOBRE LA ECMO

Teniendo en cuenta que el tratamiento gold estándar de la ECMO es el soporte respiratorio, por ejemplo, como puente al trasplante pulmonar, y que su principal función es estabilizar al paciente, no se puede negar que ante un paciente potencialmente crítico y con alto riesgo para una cirugía, la ECMO puede devolverles a unas condiciones lo suficientemente estables para que el paciente sea candidato a cirugía. Así mismo, tras una intervención agresiva, como por ejemplo puede serlo un trasplante pulmonar, la ECMO, con la ventilación de ultraprotección permite flujos bajos para que el injerto pueda sanar y estabilizarse. Por lo tanto, la ECMO puede facilitar la recuperación del aloinjerto en formas graves corrigiendo la hipoxemia refractaria y minimizando el potencial de lesión pulmonar asociada al ventilador. Esto también sucede con el síndrome de dificultad respiratoria aguda severa (SDRA). (1,24)

Una de las principales dificultades que se presentan con el uso de la ECMO es la selección de pacientes y el momento de comenzar el ECLS. Actualmente, no hay scores clínicos ni marcadores biofísicos o biológicos confiables para decidir si se debe usar o no una técnica ECLS. Se están desarrollando distintos protocolos hospitalarios, como por ejemplo el del **Grupo ECMO del Hospital Universitario Miguel Servet** que se ha aprobado este año. (105) Por lo tanto, la experiencia de un centro multidisciplinario, sigue siendo la mejor garantía para mejorar la supervivencia de estos pacientes críticos. (1,2,19,20, 103-105)

Se recomienda realizar ECLS en un centro médico terciario, ya que la complejidad a lo largo de todo su manejo, en un personal sanitario poco familiarizado con la técnica ha acabado en graves complicaciones, como por ejemplo a la hora de la canulación de la vía, llegar a perforar la pleura. (106,107) Se realizó un estudio en el que se observó que son necesarios más de 100 casos de experiencia con ECMO para un rendimiento y unos resultados aceptables. (108) También, en otro estudio, se vio que después de implementar un equipo multidisciplinario de ECMO, la tasa de supervivencia en pacientes tratados con ECMO por insuficiencia respiratoria aguda grave mejoró significativamente. (109) Aunque ECMO no está exento de riesgos, en el

contexto de un procedimiento electivo cuidadosamente planificado y ejecutado, es bien tolerado y proporciona un soporte pulmonar óptimo.

Es necesario recalcar, también, que hasta la fecha, no ha habido un ensayo controlado aleatorio para guiar aún más la elección de la estrategia ECMO. (110) Por ello, a pesar del aumento continuo en el uso de ECMO, su verdadero valor no se conocerá hasta que se obtenga más información de ensayos controlados aleatorios prospectivos. (111)

LIMITACIONES DE ESTE ESTUDIO.

El estudio es restrictivo en sus objetivos, ciñéndose al uso perioperatorio de ECMO en adultos, por lo que no se incluyen estudios en población neonatal y pediátrica, entre otros. A medida que se realizaba la inclusión, se fueron identificando varias intervenciones principales que incluían ECMO como soporte perioperatorio. No se pudo realizar metaanálisis, debido a la heterogeneidad de los estudios (tipo de estudio, tipo de paciente, número de paciente, tipo de ECMO, falta de un protocolo establecido). La principal inclusión de artículos provino de Pubmed y Scopus. La gran mayoría de estudios ya se habían incluido gracias a estas bases de datos, por lo que en las demás las inclusiones fueron escasas. Cabe destacar que, en Cochrane, es posible que no se hayan encontrado ensayos clínicos aleatorizados por razones éticas, ya que la aplicación de la ECMO, con la cantidad de riesgos que supone el usarla, no se puede aleatorizar y por ello su utilización reside en tratamiento de rescate como última opción cuando las anteriores medidas, como la ventilación mecánica, son insuficientes.

El tipo de estudios incluidos son de baja calidad, puesto que la mayoría son estudios de un caso. Esto no tiene tanta calidad como las revisiones o los ensayos clínicos aleatorizados, pero muestra unas nuevas vías de uso para le ECMO, es decir, muestran el desarrollo de la práctica clínica que ha hecho que sea necesaria la utilización de un tratamiento, con riesgos importantes, sea utilizado de forma satisfactoria en las distintas intervenciones que se describen en este trabajo. Llama mucho la atención la falta de publicaciones con resultados negativos para el empleo de ECMO, por lo que probablemente se esté incurriendo en un sesgo de publicación.

La falta de experiencia en este campo de investigación produce que haya también falta de bibliografía con un adecuado nivel de evidencia, lo que en última instancia radica en la necesidad de más investigación de calidad, con unos estudios multicéntricos, aleatorización, pacientes definidos por scores estandarizados y protocolos establecidos.

Conclusiones

- El nivel de evidencia del empleo de ECMO es moderado-bajo para las distintas aplicaciones en cirugía torácica no cardiaca.
- Las indicaciones de ECMO en cirugía torácica son especialmente
 - el trasplante de pulmón, incluido el paciente con hipertensión pulmonar,
 - la resección de vía aérea y su reconstrucción, en pacientes con enfermedades obstructivas del árbol traqueobronquial.
- Otras indicaciones más infrecuentes son la cirugía en pacientes con escasa reserva pulmonar y dificultad o imposibilidad de ventilación con un pulmón:
 - la segmentectomía en el paciente neumonectomizado.
 - Las bullas gigantes
 - Masas mediastínicas complejas que impiden la ventilación mecánica.
- La ECMO tiene un perfil más seguro que la CPB, a la hora del soporte extracirculatorio en una cirugía torácica.
- El manejo intraoperatorio de ECMO durante la cirugía torácica necesita experiencia profesional.
- El uso de ECLS para cirugía torácica es un tratamiento que requiere su realización en centros de alta especialización.
- Se necesita más investigación de calidad.

Agradecimientos

Al Dr. García Tirado.

Bibliografía

- (1) Reeb J, Olland A, Massard G, Falcoz PE. Extracorporeal life support in thoracic surgery. *Eur J Cardiothorac Surg* 2018 Mar 1;53(3):489-494.
- (2) Fierro MA, Daneshmand MA, Bartz RR. Perioperative Management of the Adult Patient on Venovenous Extracorporeal Membrane Oxygenation Requiring Noncardiac Surgery. *Anesthesiology* 2018 Jan;128(1):181-201.
- (3) Surman TL, Worthington MG, Nadal JM. Cardiopulmonary Bypass in Non-Cardiac Surgery. *Heart Lung Circ* 2019 Jun;28(6):959-969.
- (4) Zapol WM, Snider MT, Hill JD, Fallat RJ, Bartlett RH, Edmunds LH, et al. Extracorporeal membrane oxygenation in severe acute respiratory failure. A randomized prospective study. *JAMA* 1979 Nov 16;242(20):2193-2196.
- (5) Bartlett RH, Gazzaniga AB, Jefferies MR, Huxtable RF, Haiduc NJ, Fong SW. Extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) cardiopulmonary support in infancy. *Trans Am Soc Artif Intern Organs* 1976;22:80-93.
- (6) O'Rourke PP, Crone RK, Vacanti JP, Ware JH, Lillehei CW, Parad RB, et al. Extracorporeal membrane oxygenation and conventional medical therapy in neonates with persistent pulmonary hypertension of the newborn: a prospective randomized study. *Pediatrics* 1989 Dec;84(6):957-963.
- (7) Gattinoni L, Pesenti A, Mascheroni D, Marcolin R, Fumagalli R, Rossi F, et al. Low-frequency positive-pressure ventilation with extracorporeal CO₂ removal in severe acute respiratory failure. *JAMA* 1986 Aug 15;256(7):881-886
- (8) Morris AH, Wallace CJ, Menlove RL, Clemmer TP, Orme JF,Jr, Weaver LK, et al. Randomized clinical trial of pressure-controlled inverse ratio ventilation and extracorporeal CO₂ removal for adult respiratory distress syndrome. *Am J Respir Crit Care Med* 1994 Feb;149(2 Pt 1):295-305
- (9) Hemmila MR, Rowe SA, Boules TN, Miskulin J, McGillicuddy JW, Schuerer DJ, et al. Extracorporeal life support for severe acute respiratory distress syndrome in adults. *Ann Surg* 2004 Oct;240(4):595-605; discussion 605-7.
- (10) Peek GJ, Mugford M, Tiruvoipati R, Wilson A, Allen E, Thalanany MM, et al. Efficacy and economic assessment of conventional ventilatory support versus extracorporeal membrane oxygenation for severe adult respiratory failure (CESAR): a multicentre randomised controlled trial. *Lancet* 2009 Oct 17;374(9698):1351-1363
- (11) F. Muñoz González, C. Pérez De Oteyza, J. Guerrero Sanz. Oxigenador de membrana extracorpórea (ECMO) en adultos con insuficiencia respiratoria aguda grave Universidad Complutense de Madrid; 2014. Available from: <http://eprints.sim.ucm.es/25178/1/T35330.pdf>
- (12) Noah MA, Peek GJ, Finney SJ, et al. Referral to an Extracorporeal Membrane Oxygenation Center and Mortality Among Patients With Severe 2009 Influenza A(H1N1) *JAMA* 2011; 306:1659-1668.
- (13) Mao J, Paul S, Sedrakyan A. The evolving use of ECMO: The impact of the CESAR trial. *International Journal of Surgery* 2016 November 2016;35:95-99.

- (14) Combes A, Hajage D, Capellier G, Demoule A, Lavoue S, Guervilly C, et al. Extracorporeal Membrane Oxygenation for Severe Acute Respiratory Distress Syndrome. *N Engl J Med* 2018 May 24;378(21):1965-1975.
- (15) Hadaya J, Benharash P. Extracorporeal Membrane Oxygenation. *JAMA* [Internet]. 2020 May 28 [cited 2020 May 29]; Available from: <https://jamanetwork.com/journals/jama/fullarticle/2766774>
- (16) Extracorporeal Life Support Organization. Types of ECMO. Available at: <https://www.elso.org/Resources/TypesofECMO.aspx>, 2020.
- (17) icuECMO, Quick Reference for Post-graduate Trainees in Intensive Care. VV-ECMO. Available at: http://icuECMO.ca/icuECMO_content/icuECMO_ECMO_configuration_VV.html.
- (18) icuECMO, Quick Reference for Post-graduate Trainees in Intensive Care. VA ECMO. Available at: http://icuECMO.ca/icuECMO_content/icuECMO_ECMO_configuration_VA.html.
- (19) McRae K, de Perrot M. Principles and indications of extracorporeal life support in general thoracic surgery. *J Thorac Dis* 2018 Apr;10(Suppl 8):S931-S946.
- (20) Ried M, Sommerauer L, Lubnow M, Muller T, Philipp A, Lunz D, et al. Thoracic Bleeding Complications in Patients With Venovenous Extracorporeal Membrane Oxygenation. *Ann Thorac Surg* 2018 Dec;106(6):1668-1674.
- (21) Salna M, Chicotka S, Biscotti M, 3rd, Agerstrand C, Liou P, Ginsburg M, et al. Management of Surge in Extracorporeal Membrane Oxygenation Transport. *Ann Thorac Surg* 2018 Feb;105(2):528-534.
- (22) Noah MA, Peek GJ, Finney SJ, Griffiths MJ, Harrison DA, Grieve R, et al. Referral to an extracorporeal membrane oxygenation center and mortality among patients with severe 2009 influenza A(H1N1). *JAMA* 2011 Oct 19;306(15):1659-1668.
- (23) Pham T, Combes A, Rozé H, Chevret S, Mercat A, Roch A, et al. Extracorporeal membrane oxygenation for pandemic influenza A(H1N1)-induced acute respiratory distress syndrome: a cohort study and propensity-matched analysis. *Am J Respir Crit Care Med* 2013 Feb 1;187(3):276-285.
- (24) Extracorporeal Life Support Extracorporeal Life Support Organization. Arbor, A. Guidelines for Adult Respiratory Failure August, 2017. Version 1.4 Ann Arbor. August 2017; Available at: <https://www.elso.org/Portals/0/ELSO%20Guidelines%20For%20Adult%20Respiratory%20Failure%201.4.pdf>.
- (25) Makdisi G, Makdisi PB, Wang IW. New horizons of non-emergent use of extracorporeal membranous oxygenator support. *Ann Transl Med* 2016 Feb;4(4):76-5839.2016.02.04.
- (26) Kiziltug H, Falter F. Circulatory support during lung transplantation. *Curr Opin Anaesthesiol* 2020 Feb;33(1):37-42.
- (27) Abrams D, Brodie D, Arcasoy SM. Extracorporeal Life Support in Lung Transplantation. *Clin Chest Med* 2017 Dec;38(4):655-666.
- (28) Yang SM, Huang SC, Kuo SW, Huang PM, Hsiao PN, Chen KC, et al. Twenty-years of lung transplantation in Taiwan: Effects of cumulative institutional experience on early outcomes. *J Formos Med Assoc* 2017 Nov;116(11):862-868.

- (29) Song JH, Park JE, Lee JG, Lee CY, Nam KS, Suh JW, et al. Outcomes of perioperative extracorporeal membrane oxygenation use in patients undergoing lung transplantation. *J Thorac Dis* 2017 Dec;9(12):5075-5084.
- (30) Gieszer B, Radeczky P, Ghimessy A, Farkas A, Csende K, Bogyo L, et al. The start of the Hungarian lung transplantation program and the first results. *Orv Hetil* 2018 Nov;159(46):1859-1868.
- (31) Hoetzenrecker K, Benazzo A, Stork T, Sinn K, Schwarz S, Schweiger T, et al. Bilateral lung transplantation on intraoperative extracorporeal membrane oxygenator: An observational study. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2019 Nov 27.
- (32) Hoetzenrecker K, Schwarz S, Muckenhuber M, Benazzo A, Frommlet F, Schweiger T, et al. Intraoperative extracorporeal membrane oxygenation and the possibility of postoperative
- (33) Aigner C, Slama A, Valdivia D. Extracorporeal membrane oxygenation in Thoracic Surgery-Lung Transplantation. *Zentralbl Chir Z Allg Viszeral Gefasschirurgie* 2019;144(1):100-105.
- (34) Zhang R, Xu Y, Sang L, Chen S, Huang Y, Nong L, et al. Factors associated with intraoperative extracorporeal membrane oxygenation support during lung transplantation. *Respir Res* 2020 Apr 15;21(1):85-020-01355-7.
- (35) Ius F, Sommer W, Tudorache I, Avsar M, Siemeni T, Salman J, et al. Five-year experience with intraoperative extracorporeal membrane oxygenation in lung transplantation: Indications and midterm results. *J Heart Lung Transplant* 2016;35(1):49-58.
- (36) Cosgun T, Tomaszek S, Opitz I, Wilhelm M, Schuurmans MM, Weder W, et al. Single-center experience with intraoperative extracorporeal membrane oxygenation use in lung transplantation. *Int J Artif Organs* 2017 Oct 9:0.
- (37) Radakovic D, Lazarus M, Leyh RG, Aleksic I. Venovenous extracorporeal membrane oxygenation for the management of contralateral iatrogenic bronchus perforation during lower lobectomy. *Eur J Cardiothorac Surg* 2018 Feb 1;53(2):475-476.
- (38) Sun JY, Whitson B, Opat K, Elhassan A, Awad H, Essandoh M. Venoarterial Extracorporeal Membrane Oxygenation Use During Double-Lung Transplantation Complicated by Severe Bilateral Air Leaks: A Novel Strategy. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2019 Dec;33(12):3416-3417.
- (39) Lee SK, Cho WH, Kim DH, Yeo HJ. Lung transplantation using argatroban in severe heparin-induced thrombocytopenia during extracorporeal membrane oxygenation: a case series. *Gen Thorac Cardiovasc Surg* 2020 Apr 7.
- (40) Minqiang L, Hong G, Jingyu C, Yanjuan W, Bo X, Guilong W, et al. Pre-Anesthesia Extracorporeal Membrane Oxygenation in Two Lung Transplant Recipients with Severe Pulmonary Hypertension. *Case Rep Med* 2020;2020.
- (41) Moser B, Jaksch P, Taghavi S, Murakozy G, Lang G, Hager H, et al. Lung transplantation for idiopathic pulmonary arterial hypertension on intraoperative and postoperatively prolonged extracorporeal membrane oxygenation provides optimally controlled reperfusion and excellent outcome. *Eur J Cardiothorac Surg* 2018 Jan 1;53(1):178-185.
- (42) Dell'Amore A, Campisi A, Congiu S, Mazzarra S, Pastore S, Dolci G, et al. Extracorporeal life support during and after bilateral sequential lung transplantation in patients with pulmonary artery hypertension. *Artif Organs* 2019 Dec 30.

- (43) Poptsov VN, Spirina EA, Pashkov IV, Belikova AV, Oleshkevich DO, Latipov RA, et al. Lung transplantation for idiopathic pulmonary arterial hypertension: Perioperative features. *Vestn Transplantol Iskusstv Organov* 2018;20(4):30-37.
- (44) Martin AK, Fritz AV, Wilkey BJ. Anesthetic management of lung transplantation: Impact of presenting disease. *Curr Opin Anaesthesiol* 2020;33(1):43-49.
- (45) Yu WS, Paik HC, Haam SJ, Lee CY, Nam KS, Jung HS, et al. Transition to routine use of venoarterial extracorporeal oxygenation during lung transplantation could improve early outcomes. *J Thorac Dis* 2016 Jul;8(7):1712-1720.
- (46) Hoechter DJ, Von Dossow V, Winter H, Müller H-, Meiser B, Neurohr C, et al. The Munich Lung Transplant Group: Intraoperative Extracorporeal Circulation in Lung Transplantation. *Thorac Cardiovasc Surg* 2015;63(8):706-714.
- (47) Hoechter DJ, Shen Y-, Kammerer T, Günther S, Weig T, Schramm R, et al. Extracorporeal Circulation during Lung Transplantation Procedures: A Meta-Analysis. *ASAIO J* 2017;63(5):551-561.
- (48) Nazarnia S, Subramaniam K. Pro: Veno-arterial Extracorporeal Membrane Oxygenation (ECMO) Should Be Used Routinely for Bilateral Lung Transplantation. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2017 Aug;31(4):1505-1508.
- (49) Scaravilli V, Morlacchi LC, Merrino A, Piacentino E, Marasco D, Zanella A, et al. Intraoperative extracorporeal membrane oxygenation for lung transplantation in cystic fibrosis patients: Predictors and impact on outcome. *J Cyst Fibros* 2019 Oct 29.
- (50) Balci M, Vayvada M, Kutlu C. LUNG TRANSPLANTATION FOR SILICOSIS. *APR* 2017;8:155-159.
- (51) Valdivia D, Kamler M, Aigner C. Bilateral Lung Transplantation and Simultaneous Pectus Excavatum Correction Using the Nuss Technique. *Ann Thorac Surg* 2019 Apr;107(4):e275-e277.
- (52) Bharat A, DeCamp MM. Veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation without therapeutic anticoagulation for intra-operative cardiopulmonary support during lung transplantation. *J Thorac Dis* 2017 Jul;9(7):E629-E631.
- (53) Redwan B, Ziegeler S, Dickgreber N, Fischer S. Metastasectomy in a lung graft using high-flow venovenous extracorporeal lung support in a patient after single lung transplantation. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2015 Nov;150(5):e79-81.
- (54) Amos T, Yeung M, Gooi J, Fitzgerald M. Survival following traumatic thoracic compartment syndrome managed with VV-ECMO. *Trauma Case Rep* 2019 Nov 19;24:100249.
- (55) Moon SH, Kim KN, Jung JJ, Park JH, Byun JH. Heparin-free veno-venous ECMO applied to a patient with severe lung contusion and hypovolemic shock due to trauma. *Ulus Travma Acil Cerrahi Derg* 2018 Sep;24(5):497-500.
- (56) Faidherbe C, De Kock M, Simonet O, Vallot F, Ndjekembo Shango D. Pulmonary lobectomy in two multitrauma patients under extracorporeal circulation placed preoperatively in an intensive care unit: A case report. *Clin Case Rep* 2019 May 20;7(7):1297-1301.
- (57) Schumann M, Brandt M, Kohl T. Surprising combination of injuries after severe chest trauma. *Z Herz- Thorax- Gefasschir* 2019;33(6):405-407.

- (58) Carretta A, Ciriaco P, Bandiera A, Muriana P, Pappalardo F, Broman LM, et al. Veno-venous extracorporeal membrane oxygenation in the surgical management of post-traumatic intrathoracic tracheal transection. *J Thorac Dis* 2018 Dec;10(12):7045-7051.
- (59) Costantino CL, Geller AD, Wright CD, Ott HC, Muniappan A, Mathisen DJ, et al. Carinal surgery: A single-institution experience spanning 2 decades. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2019 May;157(5):2073-2083.e1.
- (60) Chitilian HV, Bao X, Mathisen DJ, Alfilie PH. Anesthesia for Airway Surgery. *Thorac Surg Clin* 2018 Aug;28(3):249-255.
- (61) Loop T, Kalbhenn J, Semmelmann A. The Role of Extracorporeal Life Support in Thoracic Surgery. *Curr Anesthesiol Rep* 2019;9(4):430-435.
- (62) Hoetzenegger K, Klepetko W, Keshavjee S, Cypel M. Extracorporeal support in airway surgery. *J Thorac Dis* 2017 Jul;9(7):2108-2117.
- (63) Kroepfl V, Ng C, Maier H, Lucciarini P, Scheidl S, Ofner D, et al. Right-Sided Approach for Segmental Resection of the Left Main Bronchus-Technical Considerations. *Innovations (Phila)* 2020 Apr 1:1556984520913292.
- (64) Biancosino C, Kruger M, Kuhn C, Zinne N, Wilhelmi M, Zeckey C, et al. First Successful Surgical Reconstruction of Bilateral Transected Main Bronchi With Extracorporeal Membrane Oxygenation Support. *Ann Thorac Surg* 2016 Aug;102(2):e135-7.
- (65) Park J, Lim J, Lee J, Lee HS. The Use of Extracorporeal Membrane Oxygenation in the Surgical Repair of Bronchial Rupture. *Korean Journal of Critical Care Medicine* 2016;31(1):54-57.
- (66) Kang MK, Kang DK, Hwang YH. Successful sleeve resection of bronchial carcinoid under veno-venous ECMO. *Thorac Cancer* 2019 Dec;10(12):2319-2321.
- (67) Chen C, Su Y, Tu C, Chao C, Fong Y. Traumatic transection of main stem bronchus with unexpected clinical presentation- A case report. *SEP* 2017;6(5):232-234.
- (68) Qiu Y, Chen Q, Wu W, Zhang S, Tang M, Chen Y, et al. Extracorporeal membrane oxygenation (ECMO)-assisted intratracheal tumor resection and carina reconstruction: A safer and more effective technique for resection and reconstruction. *Thorac Cancer* 2019 May;10(5):1297-1302.
- (69) Dunkman WJ, Nicoara A, Schroder J, Wahidi MM, El Manafi A, Bonadonna D, et al. Elective Venovenous Extracorporeal Membrane Oxygenation for Resection of Endotracheal Tumor: A Case Report. *A A Case Rep* 2017 Aug 15;9(4):97-100.
- (70) Fermin L, Arnold S, Nunez L, Yakoub D. Extracorporeal membrane oxygenation for repair of tracheal injury during transhiatal esophagectomy. *Ann Card Anaesth* 2017 Jan;20(Supplement):S67-S69.
- (71) Fung R, Stellios J, Bannon PG, Ananda A, Forrest P. Elective use of veno-venous extracorporeal membrane oxygenation and high-flow nasal oxygen for resection of subtotal malignant distal airway obstruction. *Anaesth Intensive Care* 2017 Jan;45(1):88-91.

- (72) Yuba T, Yamashita Y, Harada H, Tsubokawa N, Nagata H, Takasaki T, et al. Tracheal Resection and Primary Anastomosis for Adenoid Cystic Carcinoma Using an Extracorporeal Membrane Oxygenation. *Kyobu Geka*
- (73) Tian F, Li W, Liang X, Wang X, Zhou Y, Yan X, et al. Application of extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) in tracheal tumor resection. *Int J Clin Exp Med* 2017;10(4):7244-7249.
- (74) Bellier J, Sage E, Gonin F, Longchampt E, Chapelier A. Radical Carinal Resection for a Glomic Tumor. *Ann Thorac Surg* 2016 Aug;102(2):e143-5.
- (75) Wannaz L, Roumy A, Letovanec I, Lovis A, Beigelman C, Ris HB, et al. Non-circumferential membranous resection of the trachea for paraganglioma: A case report. *Int J Surg Case Rep* 2018;51:288-291.
- (76) Reis FPD, Costa AN, Lauricella LL, Terra RM, Pego-Fernandes PM. Intraoperative support with venovenous extracorporeal membrane oxygenation for complex thoracic oncologic resection. *J Bras Pneumol* 2020 Jan 20;46(1):e20180416-3713/e20180416.
- (77) Kim SH, Song S, Kim YD, I H, Cho JS, Ahn HY, et al. Outcomes of Extracorporeal Life Support During Surgery for the Critical Airway Stenosis. *ASAIO J* 2017 Jan/Feb;63(1):99-103.
- (78) Kim CW, Kim DH, Son BS, Cho JS, Kim YD, Hoseok I, et al. The feasibility of extracorporeal membrane oxygenation in the variant airway problems. *Ann Thorac Cardiovasc Surg* 2015;21(6):517-522.
- (79) Yu W, Zhou P, Chen K, Tang W, Xia Q, Ma J. Bronchoscopy-guided intervention therapy with extracorporeal membrane oxygenation support for advanced cancer metastasis to the central airway: A case report. *Medicine (Baltimore)* 2020 Mar;99(11):e19488.
- (80) Raza HA, Nokes BT, Jaroszewski D, Garrett A, Sista R, Ross J, et al. VV-ECMO for surgical cure of a critical central airway obstruction. *Respir Med Case Rep* 2019 Jul 2;28:100890.
- (81) Matsuoka Y, Tanaka S, Hirabayashi T, Kawamata M. Anesthetic Management with V-V ECMO in a Patient with Severe Tracheal Stenosis. *Masui* 2016 Feb;65(2):142-145.
- (82) Jeong YI, Jun IG, Ha SS, Kwon HJ, Lee YM. Extracorporeal membrane oxygenation for the anesthetic management of a patient with a massive intrathoracic goiter causing severe tracheal obstruction
- (83) Naamee A, Galvaing G, Chadeyras JB, Farhat M, Page JP, Bony-Collangettes E, et al. Tracheoplasty With Use of an Intercostal Muscle Flap for Caustic Necrosis. *Ann Thorac Surg* 2015 Nov;100(5):e103-5.
- (84) Davis CA, Paladino AD, Lassiter WB, Sharma A, Brady KM. Intraoperative Venovenous Extracorporeal Membrane Oxygenation as Rescue for a Patient With an Inhalational Burn and Iatrogenic Upper Airway Injury: A Case Report. *A A Pract* 2018 Sep 1;11(5):115-117.
- (85) Antonacci F, De Tisi C, Donadoni I, Maurelli M, Iotti G, Taccone FS, et al. Veno-venous ECMO during surgical repair of tracheal perforation: A case report. *Int J Surg Case Rep* 2018;42:64-66.

- (86) Booka E, Kitano M, Nakano Y, Mihara K, Nishiya S, Nishiyama R, et al. Life-threatening giant esophageal neurofibroma with severe tracheal stenosis: a case report. *Surg Case Rep* 2018 Sep 3;4(1):107-018-0517-1.
- (87) van Drumpt AS, Kroon HM, Grune F, van Thiel R, Spaander MCW, Wijnhoven BPL, et al. Surgery for a large tracheoesophageal fistula using extracorporeal membrane oxygenation. *J Thorac Dis* 2017 Sep;9(9):E735-E738.
- (88) Madurka I, Elek J, Kocsis A, Agocs L, Renyi-Vamos F. Experiences with venovenous (extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) support for thoracic surgery in Hungary. Retrospective clinical study. *Orv Hetil* 2019 Oct;160(42):1655-1662.
- (89) Huang J, Li H, Chen S, Lan C, Lin Q, Weng H. First successful combination of extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) with video-assisted thoracic surgery (VATS) of pulmonary bullae resection in the management of refractory pneumothorax in a critically ill patient with H7N9 pneumonia and acute respiratory distress syndrome: A case report. *Medicine (Baltimore)* 2019 May;98(20):e15661.
- (90) Yasuda S, Yatsuyanagi E, Sugawara Y, Taniguchi M. Two-staged Operation for Bilateral Giant Bullae Successfully Performed with Veno-venous Extracorporeal Membrane Oxygenation(V-V ECMO) for First Surgery. *Kyobu Geka* 2018
- (91) Li T, Zhang W, Zhan Q, He H, Li H, Hou S. Application of extracorporeal membrane oxygenation in giant bullae resection. *Ann Thorac Surg* 2015 Mar;99(3):e73-5.
- (92) Li X, He H, Sun B. Veno-venous extracorporeal membrane oxygenation support during lung volume reduction surgery for a severe respiratory failure patient with emphysema. *J Thorac Dis* 2016 Mar;8(3):E240-3.
- (93) Miyamoto Y, Nagamine Y, Goto T, Kurahashi K. Intraoperative Venovenous Extracorporeal Membrane Oxygenation During Thoracic Surgery That Requires 1-Lung Ventilation: A Case Report. *A A Pract* 2018 Feb 15;10(4):79-82.
- (94) Slama A, Taube C, Kamler M, Aigner C. Lung volume reduction followed by lung transplantation - Considerations on selection criteria and outcome. *J Thorac Dis* 2018;10:S3366-S3375.
- (95) Ohno T, Fukino S, Ota R, Kodama W, Nishimura K, Hamasaki T. Lung Cancer Treated with Wedge Resection of the Lower Lobe of the Left Lung with the Assistance of Extracorporeal Membrane Oxygenation(ECMO) after Right Pneumonectomy. *Kyobu Geka* 2015 May;68(5):334-338.
- (96) Grapatsas K, Schmid S, Haager B, Loop T, Passlick B. Short veno-venous extracorporeal membrane oxygenation assisted segmentectomy for second primary lung tumor in a patient with insufficient respiratory function for one lung ventilation. *Respir Med Case Rep* 2018 May 29;24:176-178.
- (97) Kocher GJ, Zehnder A, Erdoes G, Seidl C, Winkler B, Schmid RA. Single-cannula, single-incision thoracoscopic anatomic segmentectomy after pneumonectomy. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2017 Aug;154(2):e29-e31.

- (98) Heward E, Hayes T, Evison M, Booton R, Barnard J, Shah R. Extracorporeal Membrane Oxygenation Assisted Segmentectomy for Metachronous Lung Cancer After Pneumonectomy. *Ann Thorac Surg* 2016 Sep;102(3):e187-e189.
- (99) Redwan B, Ziegeler S, Freermann S, Nique L, Semik M, Lavae-Mokhtari M, et al. Intraoperative veno-venous extracorporeal lung support in thoracic surgery: a single-centre experience. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 2015 Dec;21(6):766-772.
- (100) Yoshiyasu N, Kojima F, Ishikawa Y, Bando T. Lifesaving surgery for a ruptured invasive thymoma using the hemi-clamshell approach: a case report. *Surg Case Rep* 2019 Feb 19;5(1):35-019-0594-9.
- (101) Acharya MN, De Robertis F, Popov AF, Anastasiou N. Surgical resection of a huge ruptured mature mediastinal teratoma. *Asian Cardiovasc Thorac Ann* 2016 Sep;24(7):726-728.
- (102) Jahangirifard A, Ahmadi ZH, Daneshvar Kakhaki A, Farzanegan B, Sheikhy K. ECMO-assisted resection of huge thoracic mass. *J Cardiovasc Thorac Res* 2018;10(3):174-176.
- (103) Halpern AL, Kohtz PD, Helmkamp L, Eldeiry M, Hodges MM, Scott CD, et al. Improved Mortality Associated With the Use of Extracorporeal Membrane Oxygenation. *Ann Thorac Surg* 2019 Aug;108(2):350-357.
- (104) Brunet J, Valette X, Buklas D, Lehoux P, Verrier P, Sauneuf B, et al. Predicting Survival After Extracorporeal Membrane Oxygenation for ARDS: An External Validation of RESP and PRESERVE Scores. *Respir Care* 2017 Jul;62(7):912-919.
- (105) Ruíz de Gopegui P, Claraco L, García C, Araujo P, Ibañez J. Protocolo para la indicación y seguimiento del oxigenador de membrana extracorpórea (ECMO) en la insuficiencia respiratoria. ECMO venoso. Zaragoza: Hospital Universitario Miguel Servet; 2020.
- (106) Geyer M, Gohrbandt B, Sagoschen I, Hartmann T, Post F, Vahl CF, et al. Pitfalls of cannulation for extracorporeal life support: review of the literature and illustrative case presentation. *J Artif Organs* 2018 Mar;21(1):8-16.
- (107) Brunet J, Valette X, Buklas D, Lehoux P, Verrier P, Sauneuf B, et al. Predicting Survival After Extracorporeal Membrane Oxygenation for ARDS: An External Validation of RESP and PRESERVE Scores. *Respir Care* 2017 Jul;62(7):912-919.
- (108) Yeo HJ, Cho WH, Kim D. Learning curve for multidisciplinary team setup in veno-venous extracorporeal membrane oxygenation for acute respiratory failure. *Perfusion* 2019 Apr;34(1_suppl):30-38.
- (109) Na SJ, Chung CR, Choi HJ, Cho YH, Sung K, Yang JH, et al. The effect of multidisciplinary extracorporeal membrane oxygenation team on clinical outcomes in patients with severe acute respiratory failure. *Ann Intensive Care* 2018 Feb 27;8(1):31-018-0375-9.
- (110) Combes A, Pesenti A, Brodie D. Do we need randomized clinical trials in extracorporeal respiratory support? Yes. *Intensive Care Med* 2017 Dec;43(12):1862-1865.
- (111) Abrams D, Bacchetta M, Brodie D. When the momentum has gone: what will be the role of extracorporeal lung support in the future? *Curr Opin Crit Care* 2018 Feb;24(1):23-28.

Anexo I: Estrategias de búsqueda

Base de datos	Estrategia de búsqueda	Filtros	Total artículos	Incluidos por el abstract	Incluidos en la revisión
Pubmed	((Extracorporeal Membrane Oxygenation) OR ECMO) AND thoracic surgery) NOT cardiac	5 últimos años	502	85	69
	((ECMO) AND intraoperative) NOT cardiac	5 últimos años	96	9	
	((ecmo) AND - Airway surgery) NOT cardiac	5 últimos años	100	3	
	(ecmo) AND Mediasti*	5 últimos años	61	3	
	((ecmo) AND pneumonectomy) NOT cardiac	5 últimos años	17		
	((ecmo) AND bullectomy)	5 últimos años	1		
	(ECMO) AND esophagectomy	5 últimos años	4		
	(ecmo) AND thoracic trauma	5 últimos años	100	2	
	(ecmo) AND noncardiac thoracic	5 últimos años	6		
	(ecmo) AND tracheal	5 últimos años	109	2	
	(ecmo) AND fistula	5 últimos años	37	1	
	((ecmo) AND lung transplant) NOT cardiac	5 últimos años	286	1	
Scopus	(ALL (ecmo) AND ALL (thoracic AND surgery) AND NOT ALL (cardiac) AND NOT ALL (infant)) AND ACCESSTYPE (OA) AND PUBYEAR > 2014	5 últimos años	253	9	17
	(TITLE-ABS-KEY (ecmo) AND	5 últimos años	84	10	

	TITLE-ABS-KEY (intraoperative) AND NOT TITLE-ABS-KEY (cardiac)) AND PUBYEAR > 2014				
	(TITLE-ABS-KEY (ecmo) AND TITLE-ABS-KEY (airway AND surgery)) AND PUBYEAR > 2014	5 últimos años	52	7	
	(TITLE-ABS-KEY (ecmo) AND TITLE-ABS-KEY (pneumonectomy)) AND PUBYEAR > 2014	5 últimos años	12		
	(TITLE-ABS-KEY (ecmo) AND TITLE-ABS-KEY (thoracic AND trauma)) AND PUBYEAR > 2014:	5 últimos años	32	1	
	(TITLE-ABS-KEY (ecmo) AND TITLE-ABS-KEY (bullectomy)) AND PUBYEAR > 2014	5 últimos años	1		
	(TITLE-ABS-KEY (ecmo) AND TITLE-ABS-KEY (esophagectomy)) AND PUBYEAR > 2014	5 últimos años	0		
	(TITLE-ABS-KEY (ecmo) AND TITLE-ABS-KEY (noncardiac AND thoracic)) AND PUBYEAR > 2014	5 últimos años	3		
	(TITLE-ABS-KEY (ecmo) AND TITLE-ABS-KEY (tracheal)) AND PUBYEAR > 2014 (ecmo) AND fistula	5 últimos años	72		
	(TITLE-ABS-KEY (ecmo) AND	5 últimos años	144	2	

	TITLE-ABS-KEY (transplant) AND TITLE-ABS-KEY (lung) AND NOT TITLE-ABS-KEY (cardiac)) AND PUBYEAR > 2014				
Cochrane Library	"ECMO" in All Text AND "surgery" in All Text - (Word variations have been searched)		98		
	"ECMO" in All Text AND air way in All Text - (Word variations have been searched)		2		
	"ECMO" in All Text AND lung transplant in All Text - (Word variations have been searched)	Review	0		
	"ECMO" in All Text AND tracheal in All Text - (Word variations have been searched)		13		
	"ECMO" in All Text AND trauma in All Text - (Word variations have been searched)		10		
WEB OF SCIENCE	TODOS LOS CAMPOS: (ECMO) AND TODOS LOS CAMPOS: (surgery) NOT TODOS LOS CAMPOS: (cardiac) NOT TODOS LOS CAMPOS: (infant)	Acceso Abierto: (OPEN ACCESS) AND [excluyendo] CATEGORÍAS DE WEB OF SCIENCE: (CARDIAC CARDIOVASCULAR SYSTEMS OR PEDIATRICS) Últimos 5 años.	235	3	
TRIPDATABASE	ECMO and thoracic surgery.	5 últimos años	492	1	
Google Scholar	Applications of ECMO in thoracic surgery -cardiac	5 últimos años	403	1	
TOTAL			3226	140	86

BUSQUEDA EN PUBMED

1. (((Extracorporeal Membrane Oxygenation) OR ECMO) AND thoracic surgery) NOT cardiac
 - a. Filtro: 5 últimos años: 502 artículos
 - b. Se incluyen 93
 - c. No se ha usado el Filtro humano: porque muchos no estaban clasificados correctamente y aparecían 365 artículos.
2. ((ECMO) AND intraoperative) NOT cardiac
 - a. Filtro: 5 últimos años: 96 artículos
 - b. Se incluyen 9
3. ((ecmo) AND - Airway surgery) NOT cardiac
 - a. Filtro: 5 últimos años: 100 artículos
 - b. Se incluyen 3
4. (ecmo) AND Mediasti*
 - a. Filtro: 5 últimos años: 61 artículos
 - b. Se incluyen 3
5. ((ecmo) AND pneumonectomy) NOT cardiac
 - a. Filtro: 5 últimos años: 17 artículos
 - b. Ningún artículo incluido
6. ((ecmo) AND bullectomy)
 - a. Filtro: 5 últimos años: 1 artículo
 - b. Artículo ya incluido
7. (ECMO) AND esophagectomy
 - a. Filtro: 5 últimos años: 4 artículos
 - b. Los 4 artículos ya incluidos
8. (ecmo) AND thoracic trauma
 - a. Filtro: 5 últimos años: 100 artículos
 - b. Se incluyen 2
9. (ecmo) AND noncardiac thoracic
 - a. Filtro: 5 últimos años: 6 artículos
 - b. Ningún artículo incluido
10. (ecmo) AND tracheal
 - a. Filtro: 5 últimos años: 109 artículos
 - b. Se incluyen 2
11. (ecmo) AND fistula
 - a. Filtro: 5 últimos años: 37 artículos
 - b. Se incluyen 1
12. ((ecmo) AND lung transplant) NOT cardiac
 - a. Filtro: 5 últimos años: 286 artículos
 - b. Se incluyen 1

La mayoría de búsquedas secundarias incluyen pocos artículos, porque su gran parte ya estaban revisados en la búsqueda principal. Y eso mismo sucede con las siguientes bases de datos usadas.

BUSQUEDA EN SCOPUS

1. (ALL (ecmo) AND ALL (thoracic AND surgery) AND NOT ALL (cardiac) AND NOT ALL (infant)) AND ACESSTYPE (OA) AND PUBYEAR > 2014
 - a. 253 artículos
 - b. Se incluyeron 9
2. (TITLE-ABS-KEY (ecmo) AND TITLE-ABS-KEY (intraoperative) AND NOT TITLE-ABS-KEY (cardiac)) AND PUBYEAR > 2014
 - a. 84 artículos
 - b. Se incluyeron 10
3. (TITLE-ABS-KEY (ecmo) AND TITLE-ABS-KEY (airway AND surgery)) AND PUBYEAR > 2014
 - a. 52 artículos
 - b. Se incluyeron 7
4. (TITLE-ABS-KEY (ecmo) AND TITLE-ABS-KEY (pneumonectomy)) AND PUBYEAR > 2014
 - a. 12 artículos
 - b. Ninguno incluido.
5. (TITLE-ABS-KEY (ecmo) AND TITLE-ABS-KEY (thoracic AND trauma)) AND PUBYEAR > 2014:
 - a. 32 artículos
 - b. Se incluye 1
6. (TITLE-ABS-KEY (ecmo) AND TITLE-ABS-KEY (bullectomy)) AND PUBYEAR > 2014
 - a. 1 resultado
 - b. No se incluye
7. (TITLE-ABS-KEY (ecmo) AND TITLE-ABS-KEY (esophagectomy)) AND PUBYEAR > 2014
 - a. No documents were found.
8. (TITLE-ABS-KEY (ecmo) AND TITLE-ABS-KEY (noncardiac AND thoracic)) AND PUBYEAR > 2014
 - a. 3 artículos.
 - b. No incluido ninguno.
9. (TITLE-ABS-KEY (ecmo) AND TITLE-ABS-KEY (tracheal)) AND PUBYEAR > 2014 (ecmo) AND fistula
 - a. 72 artículos
 - b. No incluido ninguno.
10. (TITLE-ABS-KEY (ecmo) AND TITLE-ABS-KEY (transplant) AND TITLE-ABS-KEY (lung)) AND NOT TITLE-ABS-KEY (cardiac)) AND PUBYEAR > 2014
 - a. 144 artículos

BUSQUEDA EN COCHRANE LIBRARY

En Cochrane Central Register of Controlled Trials

1. "ECMO" in All Text AND "surgery" in All Text - (Word variations have been searched)
 - a. 98 Trials matching
 - b. No se incluyeron por no cumplir criterios: artículos relacionados con niños o cirugía cardiaca.

- c. Es posible que no haya artículos en los TRIALS de Cochrane porque la aplicación de la ECMO, debido a la cantidad de riesgos que supone el usarla, no se puede aleatorizar y su utilización reside en tratamiento de rescate como última opción cuando las anteriores medidas, como la ventilación mecánica, son insuficientes.
- 2. "ECMO" in All Text AND air way in All Text - (Word variations have been searched)
 - a. 2 Trials matching
 - b. No cumplen criterios.
- 3. "ECMO" in All Text AND lung transplant in All Text - (Word variations have been searched)
 - a. 0 Cochrane Reviews matching en Cochrane Database of Systematic Reviews
- 4. "ECMO" in All Text AND tracheal in All Text - (Word variations have been searched)
 - a. 13 Trials matching
 - b. No cumplen criterios.
- 5. "ECMO" in All Text AND trauma in All Text - (Word variations have been searched)
 - a. 10 Trials matching
 - b. No cumplen criterios.

BUSQUEDA EN WEB OF SCIENCE

(de Colección principal de Web of Science)

- 1. Buscó: TODOS LOS CAMPOS: (ECMO) AND TODOS LOS CAMPOS: (surgery) NOT TODOS LOS CAMPOS: (cardiac) NOT TODOS LOS CAMPOS: (infant)
 - a. Refinado por: Acceso Abierto: (OPEN ACCESS) AND [excluyendo] CATEGORÍAS DE WEB OF SCIENCE: (CARDIAC CARDIOVASCULAR SYSTEMS OR PEDIATRICS)
 - b. Período de tiempo: Últimos 5 años. Índices: SCI-EXPANDED, SSCI, A&HCI, CPCI-S, CPCI-SSH, BKCI-S, BKCI-SSH, ESCI, CCR-EXPANDED, IC.
 - c. Resultados: 235 artículos
 - d. Solo se incluyeron 3
 - e. La mayoría ya estaban incluidos.

5.BUSQUEDA EN TRIPDATABASE

- 1. ECMO and thoracic surgery.
 - a. Se revisaron solo hasta 2015.
 - b. 492 artículos.
 - c. Se incluyó 1.
 - d. Otros artículos que se ajustaban a los criterios ya estaban incluidos.
 - e. Al no tener la cuenta pro, los resultados fueron limitados.

6.BUSQUEDA EN GOOGLE SCHOLAR

- 1. Applications of ECMO in thoracic surgery -cardiac
 - a. 403 resultados.
 - b. Se incluye 1.
 - c. Todos los que se ajustaban a criterios, ya estaban incluidos.

Anexo II Resultados

Trasplante de pulmón

Doi/enlace	Artículo	Tipo de estudio	Paciente	Observaciones
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC266702/ doi: 10.1007/s1748-020-01356-9	Lung transplantation using argatroban in severe heparin-induced thrombocytopenia during extracorporeal membrane oxygenation: a case series.	Series de casos	2 pacientes con trombocitopenia inducida por heparina (HIT) durante el apoyo con ECMO	Los dos pacientes fueron dados de alta. Uno presentó un hematoma el primer día de postoperatorio
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC932054/ doi: 10.1016/j.jtcvs.2019.10.155.	Bilateral lung transplantation on intraoperative extracorporeal membrane oxygenator: An observational study.	Estudio prospectivo observacional en un solo centro	159 pacientes trasplante pulmonar bilateral	La mortalidad a los 90 días fue del 3,1% y la supervivencia a 2 años fue del 86%.
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC517346/ doi: 10.1590/S1806-3756201700000309.	Lung transplantation with extracorporeal membrane oxygenation as intraoperative support.	Estudio de un caso.	masculino de 23 años diagnosticado con fibrosis pulmonar	Alta el día 48. Complicación abdomen agudo debido al síndrome de Ogilvie.
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC450935/	[The start of the Hungarian lung transplantation program and the first results].	análisis retrospectivo	55 trasplantes de pulmón.	La supervivencia a 1 año de los receptores fue del 82,96% (hasta el 31. 07. 2018).
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC	Bilateral Lung Transplantation and Simultaneous	Estudio de un	Un hombre de 38 años con fibrosis	La capacidad pulmonar total aumentó de 4.1 L preoperatoria a 5.8 L postoperatoria.

ubmed/30 326236 doi: 10.1016/j.jthoracsurg.2018.08.066.	Pectus Excavatum Correction Using the Nuss Technique.	caso.	pulmonar idiopática y pectus excavatum	
ubmed/29 653665 doi: 10.1016/j.jtcvs.2017.10.144	Intraoperative extracorporeal membrane oxygenation and the possibility of postoperative prolongation improve survival in bilateral lung transplantation.	análisis retrospectivo de centro único	grupo I-sin ECMO (n = 116), grupo II-ECMO intraoperatorio (n = 343), y grupo III-ECMO posoperatorio prolongado e intraoperatorio (n = 123)	EL uso de ECMO intraoperatoria se asoció con una mejoría en la supervivencia a 1, 3 y 5 años en comparación con pacientes sin ECMO
ubmed/29 312713 doi: 10.21037/jtd.2017.10.142	Outcomes of perioperative extracorporeal membrane oxygenation use in patients undergoing lung transplantation.	Estudio retrospectivo de un solo centro	107 pacientes	ECMO perioperatoria, incluido su uso postoperatorio extendido durante trasplante pulmonar es factible y tiene resultados favorables.
ubmed/28 968259 doi: 10.1213 / XAA.000000000000000037.	Intraoperative Venovenous Extracorporeal Membrane Oxygenation During Thoracic Surgery That Requires 1-Lung Ventilation: A Case Report.	Serie de casos	3 pacientes requirieron ventilación con 1 pulmón	La cirugía se completó con éxito en los 3 casos.
ubmed/28	Twenty-years of lung transplantation in Taiwan: Effects of	Revisión retrospectiva	2 grupos: 1995 a 2016 y de 2016 a 2008	Se usa más la ECMO que la CPB. La tasa de supervivencia es mayor en el segundo grupo.

958705 doi: 10.1016/j.jfma.2017. 08.011.	cumulative institutional experience on early outcomes.	en un solo centro		
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28957991 doi: 10.1093/ejcts/ezx312	Venovenous extracorporeal membrane oxygenation for the management of contralateral iatrogenic bronchus perforation during lower bilobectomy.	Estudio de un caso.	complicación intraoperatoria: ruptura bronquial durante la bilobectomía	ECMO intraoperatoria. Paciente dado de alta.
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28950326 doi: 10.1093/ejcts/ezx212	Lung transplantation for idiopathic pulmonary arterial hypertension on intraoperative and postoperatively prolonged extracorporeal membrane oxygenation provides optimally controlled reperfusion and excellent outcome.	Revisió n retrosp ectiva en un solo centro	41 pacientes trasplante pulmonar bilateral por hipertensión arterial pulmonar idiopática	Las tasas de supervivencia de noventa días, 1, 3 y 5 años para el colectivo de pacientes fueron 92.7%, 90.2%, 87.4% y 87.4%.
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28840030 doi: 10.21037/jtd.2017.06.11.	Veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation without therapeutic anticoagulation for intra-operative cardiopulmonary support during lung transplantation.	Estudio de un caso	VA-ECMO fue de 107 minutos.	VA-ECMO puede usarse de manera segura sin anticoagulación terapéutica para el soporte intraoperatorio a corto plazo

<p>https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27499961 doi: 0.21037/jtd.2016.06.18.</p>	<p>Transition to routine use of venoarterial extracorporeal oxygenation during lung transplantation could improve early outcomes.</p>	<p>Revisión retrospectiva</p>	<p>ECMO (41 pacientes) vs CPB (41 pacientes)</p>	<p>ECMO: menor tiempo operatorio, menos trasfusiones de plasma, mismas complicaciones, mejores tasas de supervivencia a los 30 días (CPB 75,6%; ECMO 95,1%, P = 0,012). La supervivencia a 1 año mostró mejores tendencias en el grupo B, pero no fue significativa.</p>
<p>https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31885090 doi: 10.1111/ajor.13628</p>	<p>Extracorporeal life support during and after bilateral sequential lung transplantation in patients with pulmonary artery hypertension.</p>	<p>Estudio retrospectivo de un solo centro</p>	<p>38 pacientes. (9 con CPB, 21 con ECMO) En trasplante pulmonar secuencial bilateral con HTP</p>	<p>El uso de CPB se asoció con malos resultados postoperatorios y una peor supervivencia a largo plazo en comparación con los pacientes con ECMO. La ECMO puede considerarse como el soporte circulatorio de primera elección para el trasplante de pulmón.</p>
<p>https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/32293451 doi: 10.1186/s12931-020-01355-7.</p>	<p>Factors associated with intraoperative extracorporeal membrane oxygenation support during lung transplantation.</p>	<p>Revisión retrospectiva en un solo centro</p>	<p>44 pacientes de 138 trasplantes de pulmón fueron operados con ECMO</p>	<p>Las tasas de supervivencia global a 1, 3 y 12 meses fueron 90.91, 72.73 y 56.81% en el grupo ECMO, y 95.40, 82.76 y 73.56% en el grupo no ECMO, respectivamente (P = 0.081).</p>
<p>https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31676344 doi: 10.1016/j.jcf.2019.10.016</p>	<p>Intraoperative extracorporeal membrane oxygenation for lung transplantation in cystic fibrosis patients: Predictors and impact on outcome.</p>	<p>Revisión retrospectiva en un solo centro</p>	<p>28 pacientes de 70 con fibrosis quística necesitaron ECMO para el trasplante</p>	<p>la ECMO durante el trasplante de pulmón para la FQ se asocia con resultados empeorados a corto plazo.</p>
<p>https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27591909 doi: 10.1053/j.jvca.2016.06.015</p>	<p>Pro: Veno-arterial Extracorporeal Membrane Oxygenation (ECMO) Should Be Used Routinely for Bilateral Lung Transplantation.</p>	<p>Revisión</p>		<p>El uso de la ECMO en trasplante está justificado porque mantiene la hemodinamia y el intercambio de gases en las diferentes fases de la cirugía, proporciona una exposición quirúrgica mejorada y reducción del tiempo operatorio. Evita la lesión pulmonar por reperfusión</p>

https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC928281/ doi: 10.1053/j.jvca.2019.03.007	Venoarterial Extracorporeal Membrane Oxygenation Use During Double-Lung Transplantation Complicated by Severe Bilateral Air Leaks: A Novel Strategy.	Estudio de un caso	Paciente con cirugía pulmonar previa desarrolla fugas de aire significativas durante el trasplante pulmonar	VA-ECMO puede ser de utilidad para el manejo de las fugas de aire
DOI: 10.1155/2020/7265429	Pre-Anesthesia Extracorporeal Membrane Oxygenation in Two Lung Transplant Recipients with Severe Pulmonary Hypertension	Serie de casos	2 pacientes con hipertensión arterial pulmonar severa con alto riesgo a la inducción de anestesia	ECMO antes de la anestesia. La estrategia fue exitosa, y en ambos pacientes, la hemodinámica fue estable y no ocurrieron complicaciones relacionadas con la ECMO.
DOI: 10.15825/1995-1191-2018-4-30-37	Lung transplantation for idiopathic pulmonary arterial hypertension: Perioperative features	Serie de casos	8 pacientes con hipertensión arterial pulmonar idiopática	Las tasas de supervivencia a 1 y 3 años para el colectivo de pacientes fueron 87.5 y 75.0%
DOI: 10.1016/j.healun.2015.08.016	Five-year experience with intraoperative extracorporeal membrane oxygenation in lung transplantation: Indications and midterm results	Revisión retrospectiva	595 pacientes Sin ECMO grupo A, Con ECMO Grupo B y C.	las complicaciones y la mortalidad hospitalaria fueron mayores en los pacientes que recibieron ECMO, la supervivencia fue similar entre los pacientes sometidos a trasplante con o sin ECMO. La supervivencia general al año fue del 93%, 83% y 82% y a los 4 años fue del 73%, 68% y 69% en los Grupos A, B y C ($p = 0.11$).
DOI: 10.1097/MAT.00000000000000549	Extracorporeal Circulation during Lung Transplantation Procedures: A Meta-Analysis	Metaanálisis		beneficio del uso intraoperatorio de ECMO en comparación con CPB durante el trasplante de pulmón con respecto al resultado a corto plazo. No hubo un efecto estadísticamente significativo con respecto a las necesidades de transfusión de sangre o el resultado a largo plazo.
DOI: 10.1055/s-0035-1556873	The Munich Lung Transplant Group: Intraoperative Extracorporeal	Estudio retrospectivo de un	CPB convencional ($n = 22$) o ECMO ($n = 27$)	Los pacientes con trasplante pulmonar en CPB tuvieron requisitos de transfusión intraoperatoria

	Circulation in Lung Transplantation	solo centro		significativamente mayores, los requisitos de soporte del ventilador y la duración de las estadías en la UCI fueron notablemente más largos en comparación con los pacientes con ECMO. Sin embargo no hubo diferencias en las tasas de mortalidad
DOI: 10.1055/a-0624-9612	Extracorporeal membrane oxygenation in Thoracic Surgery-Lung Transplantation	Revisión		La importancia el algoritmo de selección para uso intraoperatorio. pacientes con uso de ECMO en todos los pacientes con una supervivencia significativamente mejor en comparación a pacientes trasplantados sin ECMO (Tasas de supervivencia a 1, 3 y 5 años de 91 vs. 82%, 85 vs. 76% y 80 vs. 74%). Cuando la ECMO se aplicó selectivamente, otros centros informaron un peor resultado con el uso intraoperatorio de ECMO (tasas de supervivencia a 1 y 5 años de 84.2 vs. 90% y 52.8 vs. 70,5%)
DOI: 10.21037/jtd.2018.06.164	Lung volume reduction followed by lung transplantation - Considerations on selection criteria and outcome	Revisión	284 pacientes sometidos a trasplante de pulmón con antecedentes de una resección pulmonar previa.	La selección y el momento cuidadosos del paciente y la elección de técnicas apropiadas, como la cirugía de reducción del volumen pulmonar mínimamente invasiva y el uso de ECMO como soporte extracorpóreo durante el trasplante, si es necesario, pueden minimizar los riesgos, con resultados postoperatorios muy buenos de función pulmonar y supervivencia
DOI: 10.1097/A CO.000000 0000000805	Anesthetic management of lung transplantation: Impact of presenting disease	Revisión		ECMO intraoperatoria y postoperatoria para pacientes con hipertensión pulmonar. Mejores resultados de la ECMO frente a la CPB. Como soporte postoperatorio para mejorar la estabilidad durante la remodelación biventricular después del trasplante.
DOI: 10.4328/JCAM.4987	LUNG TRANSPLANTATION FOR SILICOSIS	Serie de casos	2 pacientes con silicosis terminal	En el trasplante de pulmón único para pacientes con silicosis terminal, puede darse inestabilidad hemodinámica, en

				donde usando la ECMO se resolvió. Esto podría deberse a que la extracción del pulmón nativo puede ser extremadamente difícil debido a las adherencias pleurales densas y los ganglios linfáticos hiliares fibróticos.
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5301105/ doi: 10.5301/IJAO.5000645.	Single-center experience with intraoperative extracorporeal membrane oxygenation use in lung transplantation.	Estudio retrospectivo de un solo centro	291 trasplantes de pulmón se dividieron en 2 grupos: los que necesitaban apoyo ECMO intraoperatorio (Grupo 1, n = 134) y los que no recibieron apoyo ECMO intraoperatorio (Grupo 2, n = 157).	La supervivencia a 1 año fue del 84,2% en el Grupo 1 frente al 90,4% en el Grupo 2 (p = 0,002). La edad del receptor, la terapia de reemplazo renal y el apoyo intraoperatorio de ECMO (p = 0,03) fueron factores de riesgo significativos para la supervivencia general. La tasa de complicaciones quirúrgicas tempranas postoperatorias fue comparable entre los dos grupos (p = 0,09). El trasplante de pulmón con apoyo intraoperatorio de ECMO se asocia con malos resultados.
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5301105/ doi: 10.1016/j.ccm.2017.07.006.	Extracorporeal Life Support in Lung Transplantation.	Revisión		ECMO puede proporcionar soporte hemodinámico comparable con el bypass cardiopulmonar durante el trasplante de pulmón con un perfil de riesgo-beneficio más favorable.
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5301105/ doi: 10.1097/AAC.0000000000000806	Circulatory support during lung transplantation.	Revisión		Se ha demostrado que el uso de ECMO intraoperatoria con la posibilidad de prolongación en el postoperatorio conduce a una mejor supervivencia en comparación con los trasplantes de pulmón que no reciben ECMO. No se encuentran encontrar una diferencia en la mortalidad entre ECMO y CPB

Traumatismo

Doi/enlace	Artículo	Tipo de estudio	Paciente	Observaciones
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/31872022/ doi: 10.1016/j.jtcra.2019.100249.	Survival following traumatic thoracic compartment syndrome managed with VV-ECMO.	Estudio de un caso	Paciente que desarrolla un síndrome del compartimiento torácico como una complicación rara del trauma torácico	La VV-ECMO permitió presiones ventilatorias más bajas, permitiendo el retorno venoso y el cierre primario de la toracotomía. Buen resultado funcional.
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/31360470/ doi: 10.1002/crcr.2200	Pulmonary lobectomy in two multitrauma patients under extracorporeal circulation placed preoperatively in an intensive care unit: A case report.	Estudio de un caso	2 pacientes politraumatizados	Dos pacientes politraumatizados se les sometió a una lobectomía pulmonar utilizando ECMO. La infusión de heparina fue detenida seis horas antes de la cirugía. No hubo incidentes de sangrado.
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/30394486/ doi: 10.5505/tjtes.2018.33802.	Heparin-free veno-venous ECMO applied to a patient with severe lung contusion and hypovolemic shock due to trauma.	Estudio de un caso	Paciente 26 años, politraumatizada.	Bajo el apoyo de ECMO sin heparina, se realizó con éxito la lobectomía inferior derecha. Aunque está contraindicado en pacientes politraumatizados con shock hemorrágico, la reparación quirúrgica con la aplicación de ECMO puede ser factible si el sangrado está bien controlado.
DOI: 10.1007/s00398-019-00335-4	Surprising combination of injuries after severe chest trauma [Überraschende Verletzungskombination bei schwerem Thoraxtrauma]	Estudio de un caso	Paciente con traumatismo torácico cerrado aislado grave	Una contusión pulmonar unilateral con fracturas seriales de costillas y la ruptura contralateral del bronquio principal requirieron un tratamiento complejo para el cual se utilizó con éxito el procedimiento de ECMO.

Árbol traqueobronquial

Doi/enlace	Artículo	Tipo de estudio	Paciente	Observaciones
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC233901/ doi: 10.1177/1556984520913292	Right-Sided Approach for Segmental Resection of the Left Main Bronchus- Technical Considerations.	Estudio de un caso	Paciente con cáncer en bronquio principal izquierdo.	La resección se hizo con un enfoque quirúrgico desde el lado derecho, utilizando ECMO, la cual facilita la estabilidad ventilatoria y circulatoria intraoperatoria y reduce el riesgo de desaturación, mejora la visión en el campo quirúrgico y puede reducir la complejidad de la ventilación y el tiempo del procedimiento.
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3217608/ doi: 10.1097/MCD.00000000000019488	Bronchoscopy-guided intervention therapy with extracorporeal membrane oxygenation support for advanced cancer metastasis to the central airway: A case report.	Estudio de un caso	Paciente con cáncer de esófago avanzado, metástasis en tráquea y bronquios principales izquierdo y derecho.	En la obstrucción severa de la vía aérea, la intervención guiada por broncoscopia con el apoyo de ECMO permitió una eliminación del tejido tumoral en la tráquea y los bronquios principales con una recuperación sin problemas.
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3164761/ doi: 10.1111/1759-7714.13227	Successful sleeve resection of bronchial carcinoid under veno-venous ECMO.	Estudio de un caso	Paciente 19 años con tumor en el bronquio principal izquierdo	Se resecó con éxito un carcinoide en el bronquio principal proximal mediante sleeve resection y ECMO. Al no realizar la lobectomía o neumonectomía se logró conservar el volumen del pulmón.
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3077931/ doi: 10.1111/1759-7714.13007	Extracorporeal membrane oxygenation (ECMO)-assisted intratracheal tumor resection and carina reconstruction: A safer and more effective technique for resection and reconstruction.	Estudio de un caso	Paciente con tumor intratracheal en la carina	Se realizó con éxito la resección tumoral intratraqueal y la reconstrucción de la carina con la ayuda de la oxigenación por membrana extracorpórea. Mostrando ser una técnica más sencilla y más segura que con los métodos tradicionales.
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC199745/	Carinal surgery: A single-institution	Estudio retrospectivo	45 resecciones carinales	Entre 1997 y 2007 tuvieron lugar 45 resecciones de carina, de las

<p>.nih.gov/pmc/articles/709673/ doi: 10.1016/j.jtcvs.2018.11.130</p>	<p>experience spanning decades.</p>	<p>2 electivo de un solo centro</p>		<p>cuales solamente 4 pacientes necesitaron soporte con ECMO(n=1) o CPB(n=3) intraoperatoriamente sin producir mortalidad.</p>
<p>https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/54061/ doi: 10.1016/j.jthorsurg.2018.04.001.</p>	<p>Anesthesia for Airway Surgery.</p>	<p>Revisión</p>		<p>La va-ECMO es una opción efectiva para procedimientos complejos durante los cuales se requiere retracción cardíaca o la anatomía del paciente impide la ventilación efectiva de campo cruzado, por ejemplo, en reconstrucciones carinales complejas. También en pacientes con alto riesgo de parada respiratoria con la inducción de anestesia, se prefiere la vv-ECMO puede instituirse antes de la inducción. El uso de ECMO en resección traqueal y reconstrucción como técnica de rescate o de forma electiva para pacientes con riesgo de acceso difícil a las vías respiratorias.</p>
<p>https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/268558/ doi: 10.21037/jtd.2017.09.110.</p>	<p>Use of veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation in a case of tracheal injury repair in a patient with severe relapsing polychondritis.</p>	<p>Estudio de un caso</p>	<p>Paciente con lesión traqueal policondritis y traqueomalacia.</p>	<p>Es seguro y factible introducir un Stent en Y de silicona a través de una toracotomía para una lesión traqueal en combinación con el apoyo de VA-ECMO.</p>
<p>https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/2840012/ doi: 10.21037/jtd.2017.06.17.</p>	<p>Extracorporeal support in airway surgery.</p>	<p>Revisión</p>		<p>El ECLS debe considerarse de manera preventiva en todos los pacientes con estenosis crítica de la vía aérea intratorácica, en pacientes que requieren una reconstrucción traqueal / carinal inferior compleja y en los casos en que se anticipa una oclusión completa de la vía aérea temporal. En pacientes con una oclusión cercana de las vías respiratorias intratorácicas por una masa mediastínica</p>

				significativa, la ECMO debe iniciarse con anestesia local y sedación ligera, ya que el riesgo de colapso total de las vías respiratorias después de la parálisis no es insignificante.
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC542046/ doi: 10.1213/XAA.00000000000000537.	Elective Venovenous Extracorporeal Membrane Oxygenation for Resection of Endotracheal Tumor: A Case Report.	Estudio de un caso	tumor casi obstructor de la vía aérea cerca de la carina	Se utilizó VV-ECMO y se resecó mediante broncoscopia rígida.
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2807482/ doi: 10.4103/0971-9784.197803.	Extracorporeal membrane oxygenation for repair of tracheal injury during transhiatal esophagectomy.	Estudio de un caso	Paciente para el carcinoma de células escamosas del esófago medio a distal.	La oxigenación por membrana extracorpórea (ECMO) para la reparación de la lesión traqueal durante la esofagectomía transhiatal. Los intentos mejorar la oxigenación y la ventilación por métodos convencionales no tuvieron éxito.
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2803320/ doi: 10.1097/MAT.000000000000458.	Outcomes of Extracorporeal Life Support During Surgery for the Critical Airway Stenosis.	Serie de casos	9 pacientes con estenosis traqueal (traqueomalacia, tumor traqueal, compresión traqueal externa por masa mediastínica)	Nueve pacientes se sometieron a una operación de vía aérea apoyada por ECMO. No se produjeron complicaciones relacionadas con la ECMO. La tasa de ausencia de reintervención fue del 71,4%; las tasas de supervivencia promedio durante 1 y 2 años fueron 76.2% y 63.5%
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2744945/ doi: 10.1016/j.jthoracsur.2016.01.023	Radical Carinal Resection for a Glomic Tumor.	Estudio de un caso	Paciente tumor glómico en carina	La resección y reconstrucción carinales se realizaron con soporte de oxigenación de membrana extracorpórea venoarterial. El curso postoperatorio del paciente transcurrió sin incidentes y el resultado a largo plazo fue excelente.

https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27017767	[Anesthetic Management with V-V ECMO in a Patient with Severe Tracheal Stenosis].	Estudio de un caso	Paciente con estenosis traqueal severa debido a cáncer de tiroides sufría de disnea en reposo.	VMO ECMO es útil para proporcionar oxigenación suplementaria y eliminación de dióxido de carbono cuando no se puede proporcionar ventilación adecuada durante la implantación de stent traqueal.
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26522573 doi: 10.1016/j.athoracsur.	Tracheoplasty With Use of an Intercostal Muscle Flap for Caustic Necrosis.	Estudio de un caso	Paciente quemadura química esofágica con lesiones en tráquea y carina	La reconstrucción traqueobronquial se realizó con el paciente bajo oxigenación de membrana extracorpórea venovenosa con buenos resultados.
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31967273 doi: 10.1590/1806-3713/e20180416.	Intraoperative support with venovenous extracorporeal membrane oxygenation for complex thoracic oncologic resection.	Series de casos	Dos pacientes. Carcinoma de pulmón avanzado	Se utilizó ECMO venovenosa para el soporte respiratorio intraoperatorio para la resección de tumores pulmonares con afectación de la vía aérea proximal demostrando ser una opción segura para garantizar la oxigenación y ventilación del paciente, permitiendo la manipulación de las vías respiratorias y cambiando algunos casos complejos que son difícil de resecar en casos potencialmente curables.
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29634536 doi: 10.1213/XAA.00000000000000747.	Intraoperative Venovenous Extracorporeal Membrane Oxygenation as Rescue for a Patient With an Inhalational Burn and Iatrogenic Upper Airway Injury: A Case Report.	Estudio de un caso	Paciente con traumatismo y quemaduras con una lesión traqueal iatrogénica posterior y una cricotirotomía	Durante el intento de estabilización quirúrgica de la vía aérea, nuestra capacidad de ventilación y oxigenación se vio comprometida. El VV-ECMO intraoperatorio permitió el rescate de la hipoxemia severa y la recuperación posterior sin secuelas neurológicas duraderas. Este caso destaca la utilidad de VV-ECMO para el rescate intraoperatorio agudo.
https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28072940/ DOI: 10.1177/0	Elective use of veno-venous extracorporeal membrane oxygenation and high-flow nasal oxygen for	Estudio de un caso	Paciente sometido a reducción de volumen de un tumor maligno de la vía aérea inferior.	La ECMO puede considerarse como parte del algoritmo para el manejo de la vía aérea durante la cirugía para la obstrucción subtotal de la vía aérea inferior, ya que puede ser la única opción viable para mantener un

310057X17 04500113	resection of subtotal malignant distal airway obstruction.			intercambio de gases adecuado.
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31372334 doi: 10.1016/j.rmcr.2019.100890.	VV-ECMO for surgical cure of a critical central airway obstruction.	Estudio de un caso	Paciente con compresión de la vía aérea central	Paciente se sometió con éxito a la resección quirúrgica de la masa mientras estaba en VV-ECMO. Sus síntomas se resolvieron rápidamente y ahora vuelve a su calidad de vida de referencia.
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30178113 doi: 10.1186/s40792-018-0517-1.	Life-threatening giant esophageal neurofibroma with severe tracheal stenosis: a case report.	Estudio de un caso	Paciente con neurofibroma esofágico gigante con estenosis traqueal severa.	La resección se realizó exitosamente bajo soporte ECMO
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27246129	[Tracheal Resection and Primary Anastomosis for Adenoid Cystic Carcinoma Using an Extracorporeal Membrane Oxygenation].	Estudio de un caso	Paciente con carcinoma adenoide quístico	La resección traqueal y anastomosis se realizó junto con la ECMO que hizo una contribución sustancial para asegurar el control respiratorio durante la cirugía.
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29223011 doi: 10.1016/j.jscr.2017.1.036.	Veno-venous ECMO during surgical repair of tracheal perforation: A case report.	Estudio de un caso	paciente con una lesión traqueal iatrogénica (LTI)	El uso del apoyo de ECMO representa una forma segura y efectiva de manejar pacientes con LTI cuando se necesita reparación quirúrgica con ventilación mínimamente invasiva.
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27449449 doi: 10.1016/j.athoracsur.2016.01.009.	First Successful Surgical Reconstruction of Bilateral Transected Main Bronchi With Extracorporeal Membrane Oxygenation Support	Estudio de un caso	Paciente con lesiones traqueobronquiales complejas	Reconstrucción exitosa de una lesión bronquial bilateral compleja bajo el soporte de oxigenación por membrana extracorpórea (ECMO)

https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC243261/ doi: 10.1016/j.jscr.2018.09.016.	Non-circumferential membranous resection of the trachea for paraganglioma: A case report.	Estudio de un caso	Paciente con un paraganglioma justo por encima de la carina con síntomas obstructivos.	El apoyo de ECMO puede usarse para la resección y reconstrucción de las vías respiratorias.
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC746250/ doi: 10.21037/jtd.2018.11.117.	Veno-venous extracorporeal membrane oxygenation in the surgical management of post-traumatic intrathoracic tracheal transection.	Estudio de un caso	Paciente con sección traqueal roma traumática completa	Se inició la ECMO previo a la reparación traqueal que se realizó de forma inmediata. Los resultados fueron buenos.
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC221332/ doi: 10.21037/jtd.2017.08.03.	Surgery for a large tracheoesophageal fistula using extracorporeal membrane oxygenation.	Estudio de un caso	Paciente con una fistula traqueoesofágica gigante	Debido a que la ventilación mecánica en cualquier forma fue técnicamente imposible, se utilizó con éxito la VV-ECMO.
Tian F et al.	Application of extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) in tracheal tumor resection	Serie de casos	3 pacientes: carcinoma escamocelular izquierdo bronquial, lesión de carina y bronquio principal izquierdo, masa en traquea superior, respectivamente.	Los tres pacientes fueron sometidos a resección traqueal exitosa bajo la ECMO como soporte intraoperatorio. (Tian F, Li W, Liang X, Wang X, Zhou Y, Yan X, et al. Application of extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) in tracheal tumor resection. <i>Int J Clin Exp Med</i>)
DOI: 10.5761/atcs.oa.15-00073	The feasibility of extracorporeal membrane oxygenation in the variant airway problems	Series de casos	15 pacientes fueron sometidos a ECMO por obstrucción de la vía aérea.	ECMO es útil durante la anestesia en pacientes con alto riesgo de bloqueo de las vías respiratorias, por ejemplo, debido a hemorragia endobronquial, y durante la cirugía torácica compleja. ECMO confiere un entorno más seguro durante la

				cirugía de las vías respiratorias, y su tasa de complicaciones es aceptable.
doi: 10.1097/M D.0000000 000017650 .	Extracorporeal membrane oxygenation for the anesthetic management of a patient with a massive intrathoracic goiter causing severe tracheal obstruction with positional symptoms A case report	Estudio de un caso	Paciente con bocio intratorácico masivo que causa graves obstrucción traqueal	Se inició el uso de ECMO para la inducción de anestesia general para la tiroidectomía total demostrando que es un método seguro para mantener la oxigenación en pacientes con obstrucción traqueal severa .
DOI: 10.4103/2 221- 6189.2196 21	Traumatic transection of main stem bronchus with unexpected clinical presentation- A case report	Estudio de un caso	Paciente con rotura completa del derecho principal bronquio y hemoneumotó rax bilateral + enfisema subcutáneo difuso.	La reparación primaria de la lesión bronquial principal derecha se realizó con éxito bajo la asistencia de VV-ECMO. Fue posible la reparación primaria, en lugar de la lobectomía o la neumonectomía.
DOI: https://doi.org/10.4266/kjccm.2016.31.1.54	The Use of Extracorporeal Membrane Oxygenation in the Surgical Repair of Bronchial Rupture	Estudio de un caso	Paciente con ruptura del bronquio principal izquierdo	La reparación bajo la VV-ECMO fue exitosa, por lo que se considera buena opción para el tratamiento de la ruptura bronquial cuando no es posible una ventilación adecuada

Bullas pulmonares

Doi/enlace	Artículo	Tipo de estudio	Paciente	Observaciones
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC96495/ doi: 10.1097/M D.0000000 000015661 .	First successful combination of extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) with video-assisted thoracic surgery (VATS) of pulmonary bullae resection in the	Estudio de un caso	Paciente con neumonía H7N9 complicada con SDRA grave, bullas pulmonares y neumotórax refractario.	Se realizó una combinación exitosa de ECMO con cirugía toracoscópica asistida por video (VATS) de resección de bullas pulmonares y se resolvió el neumotórax.

	management of refractory pneumothorax in a critically ill patient with H7N9 pneumonia and acute respiratory distress syndrome: A case report.			
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC310007/	[Two-staged Operation for Bilateral Giant Bullae Successfully Performed with Veno-venous Extracorporeal Membrane Oxygenation(V-V ECMO) for First Surgery].	Estudio de un caso	Paciente con bullas en ambos pulmones	Se sometió a una bullectomía de 2 etapas mediante cirugía toracoscópica asistida por video (VATS). La bullectomía izquierda se realizó con oxigenación de membrana extracorpórea venovenosa (VMO ECMO) sin complicaciones.
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4742863/ DOI: 10.1016/j.athoracsur.2014.11.036	Application of extracorporeal membrane oxygenation in giant bullae resection.	Estudio de un caso	Paciente EPOC con bullas pulmonares.	Para la insuficiencia respiratoria recibió ventilación mecánica pero las bullas se hicieron más grandes y comprimieron los pulmones. Se manejó con ECMO para mantener la oxigenación de la sangre del paciente, y se realizó con éxito la cirugía de resección de ampollas.

Resección pulmonar en paciente con una resección previa.

Doi/enlace	Artículo	Tipo de estudio	Paciente	Observaciones
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC412321/ doi: 10.1016/j.jtcvs.2015.08.084.	Metastasectomy in a lung graft using high-flow venovenous extracorporeal lung support in a patient after single lung transplantation.	Estudio de un caso	Resección pulmonar en un paciente previamente transplantado de un pulmón.	La aplicación intraoperatoria de ECLS venovenoso de alto flujo permitió el desempeño seguro de la metastasectomía pulmonar en este caso único. Al evitar la ventilación intermitente, se logró una atelectasia óptima del pulmón operado. Por lo tanto, se permitió la resección oncológica precisa.
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC29/	Short veno-venous extracorporeal membrane oxygenation	Estudio de un caso	Paciente con antecedente de resección pulmonar,	El caso de un hombre de 66 años que se sometió a una desafiante segmentectomía asistida por ECMO venovenosa por un

977790 doi: 10.1016/j.r mcr.2018. 05.027.	assisted segmentectomy for second primary lung tumor in a patient with insufficient respiratory function for one lung ventilation.		tiene un segundo cáncer primario de pulmón.	segundo cáncer primario de pulmón. La ventilación con un solo pulmón no fue factible debido a la lobectomía previa en el lado contralateral y la consiguiente falta de función respiratoria.
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28454932 doi: 10.1016/j.j tcvs.2017. 03.127	Single-cannula, single-incision thoracoscopic anatomic segmentectomy after pneumonectomy.	Estudio de un caso	Paciente neumonectom izado por cáncer pulmonar, se le realiza una segmentectom ía por recidiva.	Segmentectomía toracoscópica de incisión única después de una neumonectomía contralateral utilizando ECMO de una sola cánula con doble luz. El enfoque ECMO mínimamente invasivo, el enfoque quirúrgico mínimamente invasivo resultó en un dolor postoperatorio mínimo y una estadía hospitalaria corta. La ECMO tiene el potencial de permitir procedimientos quirúrgicos torácicos que prolongan la vida en pacientes con cáncer de pulmón y en pacientes con metástasis pulmonar localizada que de otro modo no tolerarían la cirugía con ventilación convencional.
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27549537 doi: 10.1016/j. athoracsur .2016.01.0 66.	Extracorporeal Membrane Oxygenation Assisted Segmentectomy for Metachronous Lung Cancer After Pneumonectomy.	Estudio de un caso	Paciente con neumonectom ía izquierda por tumor pulmonar que tiene un cáncer de pulmón primario metacrónico (no recidiva, no metástasis)	La segmentectomía fue un éxito bajo la ECMO. La recuperación postoperatoria transcurrió sin incidentes. Los resultados 5 meses más tarde de función pulmonar: FEV 1 1.3 L, FVC de 2.6 L y D lco de 54%. Caminó 600 m en una prueba de caminata de transbordador, desaturando del 96% al 85%. Se redujo la función pulmonar en comparación con la preoperatoria. El uso de ECMO como complemento en la realización de resecciones quirúrgicas después de una neumonectomía supera los obstáculos que plantea la ventilación convencional y puede facilitar técnicas quirúrgicas óptimas para la cura a largo plazo.

https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC362622/ doi: 10.1093/icvts/ivv253	Intraoperative veno-venous extracorporeal lung support in thoracic surgery: a single-centre experience.	Series de casos	9 pacientes se sometieron a resecciones pulmonares bajo ECLS.	Los procedimientos incluyeron segmentectomía (n = 3), lobectomía extendida con anastomosis bronquiales y vasculares (n = 1), lobectomía VATS (n = 2), neumonectomía carinal izquierda extendida (n = 1), así como metastasectomía extendida (n = 2). La ECLS proporcionan suficiente apoyo pulmonar parcial o completo, evitando posibles complicaciones asociadas con otras formas de soporte extracorpóreo como CPB
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC25963779/	[Lung Cancer Treated with Wedge Resection of the Lower Lobe of the Left Lung with the Assistance of Extracorporeal Membrane Oxygenation(ECMO) after Right Pneumonectomy].	Estudio de un caso	Paciente con antecedente de neumonectomía por adenocarcinoma, se realiza resección pulmonar por tumor carcinoma neuroendocrino de células grandes.	Su función pulmonar fue suficiente para permitir una segunda operación. Se sometió a una resección en cuña del lóbulo inferior del pulmón izquierdo con la ayuda de la oxigenación por membrana extracorpórea (ECMO). Su curso postoperatorio transcurrió sin incidentes. Su estado de rendimiento disminuyó ligeramente, pero no tuvo problemas asociados con las actividades de la vida diaria.
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC27076979/ DOI: 10.21037/jtd.2016.02.22	Veno-venous extracorporeal membrane oxygenation support during lung volume reduction surgery for a severe respiratory failure patient with emphysema.	Estudio de un caso	Paciente con enfisema y bulla pulmonares.	Estudio de un caso Paciente con enfisema y bulla pulmonares. Insuficiencia respiratoria refractaria a ventilación mecánica, por lo que la cirugía de reducción de volumen pulmonar (LVRS) se consideró la única opción para controlar la hipercapnia potencialmente mortal. La ECMO funcionó muy bien.

Mediastino

Doi/enlace	Artículo	Tipo de estudio	Paciente	Observaciones
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4591713/	Lifesaving surgery for a ruptured invasive thymoma using the hemi-	Estudio de un caso	Paciente con timoma invasivo con ruptura	Dado el deterioro de su estado respiratorio y hemodinámica, la timomectomía con extirpación de los tejidos involucrados se realizó

ubmed/30 <u>783830</u> doi: 10.1186/s40792-019-0594-9. 20	clamshell approach: a case report.		intrapulmonar e intratorácica	con urgencia bajo la ECMO. Ella sobrevivió, y no se ha observado recurrencia durante 2 años después de la operación.
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/386539 doi: 10.15171/jcvtr.2018.28. 30	ECMO-assisted resection of huge thoracic mass.	Series de casos	3 pacientes con gran masa tumoral torácica	Estos pacientes con grandes masas torácicas fueron operados perfectamente mediante el uso de ECMO, tuvieron una corta estancia en la UCI y sin complicaciones importantes.
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27440933 doi: 10.1177/0218492316658847.	Surgical resection of a huge ruptured mature mediastinal teratoma.	Estudio de un caso	Paciente con teratoma mediastínico maduro roto sobreinfectado	La resección quirúrgica completa es el tratamiento de elección. La paciente tuvo una importante hemorragia que fue controlada con ECMO e inmediatamente se realizó la cirugía mediastínica. La paciente fue dada de alta y no presentó complicaciones.

Revisiones

Doi/enlace	Artículo
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31608689 doi: 10.1556/650.2019.31530.	[Experiences with venovenous extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) support for thoracic surgery in Hungary. Retrospective clinical study].
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29744220 doi: 10.21037/jtd.2018.03.116.	Principles and indications of extracorporeal life support in general thoracic surgery.
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29340579 doi: 10.1093/ejcts/ezx477.	Extracorporeal life support in thoracic surgery
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27004223 doi: 10.3978/j.issn.2305-5839.2016.02.04.	New horizons of non-emergent use of extracorporeal membranous oxygenator support. Makdisi G1, Makdisi PB1, Wang IW1.

https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28984630 doi: 10.1097/ALN.0000000000001887.	Perioperative Management of the Adult Patient on Venovenous Extracorporeal Membrane Oxygenation Requiring Noncardiac Surgery.
DOI: 10.1007/s40140-019-00362-9	The Role of Extracorporeal Life Support in Thoracic Surgery
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28918471 doi: 10.1007/s11748-017-0836-3	Extracorporeal membrane oxygenation versus cardiopulmonary bypass during lung transplantation: a meta-analysis.
https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31014165/	Extended Indications for Extracorporeal Membrane Oxygenation in the Operating Room
DOI: 10.1016/j.healun.2018.07.003	Intraoperative extracorporeal support during lung transplantation in patients bridged with venovenous extracorporeal membrane oxygenation