

Artículo de revisión

Oxigenación con membrana extracorpórea ECMO en hipoxemia refractaria por COVID-19. Un artículo de revisión.
ECMO extracorporeal membrane oxygenation in refractory hypoxemia by COVID-19. A review article.

Dr. Javier Aquiles Hidalgo Acosta*, Md. Jorge Washington Romero Vásquez**, Md. Lorena Antonella Vélez Díaz***, MSc. Adriana Yojana Toala Piza****, MSc. Leonor Concepción Vera Macias*****, Md. José Luis Montenegro Jara*****, Dra. Angelica María Apolo Montero *****, Dr. Juan Pablo Jaramillo Moreira *****, Lcda. Dayse Mariuxi Once Fuentes*****, Lcdo. Cristhian Fernando Mendoza Landin*****.

*Universidad Particular de Especialidades Espíritu Santo. Ecuador | <https://orcid.org/0000-0003-0090-3069>

*Universidad de Guayaquil, Ecuador

**Universidad de Guayaquil, Ecuador

***Universidad internacional la Rioja. España

****Universidad católica de Santiago de Guayaquil, Ecuador. Universidad Técnica Particular de Loja

*****Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Ecuador

*****Universidad internacional del Ecuador

*****Escuela Superior "Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador

*****Universidad de Guayaquil, Ecuador

*****Universidad Técnica de Machala, Ecuador

jahidalgoacosta@hotmail.es

Recibido: 19 de mayo del 2022

Revisado: 10 de junio del 2022

Aceptado: 21 de junio del 2022

Resumen.

La terapia de oxigenación por membrana extracorpórea (ECMO), se utilizó con mucha frecuencia como una medida de soporte vital para tratar la hipoxemia refractaria, principalmente en pacientes con covid-19, desde el año 2020. Este trabajo tiene como objetivos generales evaluar la utilidad del ECMO en la Unidad de cuidados intensivos y como objetivos específicos: determinar la utilidad del ECMO en pacientes con COVID -19 y Conocer la utilidad del ECMO en pacientes que presentan distrés respiratorio severo con hipoxemia refractaria. Se realizó revisión de artículos científicos actuales obtenidos de las bases de datos de alto prestigio y reconocimiento internacional tales como Pubmed, New England Journal of Medicine, guías internacionales, Journal of critical care, guías de la OMS, entre otras. Artículos en su mayoría del año 2019 en adelante, en los idiomas español e inglés. Se seleccionaron 26 artículos. Artículos de revisión, meta-análisis, estudios observacionales, descriptivos, retrospectivos y opiniones de autores sobre el tema Oxigenación con membrana extracorpórea (ECMO) en hipoxemia refractaria por COVID-19 y se obtuvo como resultado que el ECMO, es una herramienta útil para disminuir la mortalidad y la insuficiencia orgánica en pacientes críticos con hipoxemia refractaria, proporcionando un beneficio con disminución de la morbimortalidad asociada a distrés respiratorio en pacientes críticos con hipoxemia persistente. Se concluye que es un tratamiento eficaz ocasionados por infección por COVID-19.

Palabras Claves: Oxigenación de membrana extracorpórea, Tratamiento ECMO, Soporte vital extracorpóreo, ECMO venoarterial, COVID-19.

Abstract

Extracorporeal membrane oxygenation therapy (ECMO) was very often used as a life support measure to treat refractory hypoxemia, mainly in patients with covid-19, since 2020. This work has as general objectives to evaluate the usefulness of ECMO in the Intensive Care Unit and as specific objectives: to determine the usefulness of ECMO in patients with COVID-19 and know the usefulness of ECMO in patients with severe respiratory distress with refractory hypoxemia. A review was made of current scientific articles obtained from databases of high prestige and international recognition such as Pubmed, New England Journal of Medicine, international guides, Journal of critical care, WHO guides, among others. Articles mostly from 2019 onwards, in Spanish and English. 26 articles were selected. Review articles, meta-analysis, observational, descriptive, retrospective studies and opinions of authors on the topic Extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) in refractory hypoxemia by COVID-19 and the result was that ECMO, is a useful tool to reduce mortality and organ failure in critical patients with refractory hypoxemia, providing a benefit with reduced morbidity and mortality associated with respiratory distress in critical patients with persistent hypoxemia. It is concluded that it is an effective treatment caused by COVID infection-19.

Key Words: Extracorporeal membrane oxygenation, ECMO treatment, extracorporeal life support, venoarterial ECMO, COVID-19.

Introducción.

Se conoce como ECMO a una terapia altamente especializada que consiste en un bypass cardiopulmonar para perfusión extracorpórea de bajo flujo en la unidad de cuidados intensivos. Se utiliza en el tratamiento de la insuficiencia respiratoria en pacientes con síndrome de distrés respiratorio (SDRA) por COVID 19 que presentan hipoxemia refractaria.

Cabe recalcar que las terapias de soporte vital más utilizadas en los casos críticos con COVID 19 son: Ventilación mecánica invasiva, terapia de reemplazo renal y ECMO2. Este último se aplica como un tratamiento de rescate, cuando la ventilación mecánica invasiva no garantiza un intercambio gaseoso adecuado. Esto se realiza para evitar la progresión y daños provocados por la hipoxemia y la hipercapnia hacia todos los órganos siendo necesario darle al paciente soporte con ECMO para garantizar una oxigenación y depuración de CO₂ óptima mediante una membrana de oxigenación extracorpórea (3).

En cuanto a la Técnica de perfusión del soporte vital extracorpóreo existen dos modos de aplicación clínico terapéutica (4).

- Perfusión venoarterial (VA) de soporte vital extracorpóreo, en el cual la sangre drena por medio de un catéter colocado en la vena yugular interna y regresa a la circulación por la arteria aorta por un catéter en la arteria axilar, carótida o femoral o por una canulación directa a través del tórax. Este sistema se utiliza en el fallo respiratorio y cardíaco (5).
- Perfusión venovenosa (VV) de soporte vital extracorpóreo: La sangre drena por un catéter colocado en la vena yugular interna y retorna a través de la vena cava inferior mediante un catéter en la vena femoral aumentando el contenido de oxígeno de la sangre venosa antes de entrar al corazón, la perfusión venovenosa solo aporta soporte respiratorio, la perfusión cardíaca se mantiene intacta sin proporcionar soporte cardíaco. Como dato adicional referente a la cateterización, esta se realiza por vía percutánea de preferencia con guía ecográfica, los catéteres se eligen de acuerdo al tamaño del vaso y al flujo de sangre necesario para que la sangre oxigenada y recalentada retorne a la aurícula derecha. Esta modalidad funge como un pulmón artificial y cumple la función de oxigenar por medio de una membrana, el flujo de sangre que ingresa por la membrana extracorpórea, se dirige luego al pulmón natural después de

realizar un intercambio de gases de forma artificial (6).

La aplicación de ECMO, está reservada para los casos críticos que requieren unidades de cuidados intensivos (UCI) con ventilación mecánica invasiva por presentar hipoxemia refractaria es decir con relación entre la presión arterial de oxígeno y la fracción inspiratoria de oxígeno programada en el ventilador mecánico (PAFI) o PaO₂ /FiO₂ menor de 100 (7, 8, 9).

Objetivos:

Objetivo General: Evaluar la utilidad del ECMO en la Unidad de cuidados intensivos

Objetivos específicos:

- Determinar la utilidad del ECMO en pacientes con COVID -19
- Conocer la utilidad del ECMO en pacientes que presentan distrés respiratorio severo con hipoxemia refractaria

Metodología:

Se realizó un estudio descriptivo, se obtuvo un universo de 9083 pacientes de 22 artículos de los últimos 4 años, casos clínicos, estudios de revisión, meta-análisis, revisión sistemática de la literatura, guías, estudios observacionales, descriptivos, retrospectivos y opiniones de expertos sobre los temas: ECMO y COVID 19.

Criterios de inclusión:

1. Los artículos seleccionados fueron en los idiomas español e inglés con el tema terapia de oxigenación con membrana extracorpórea ECMO en pacientes con distrés respiratorio por COVID – 19.
2. Se buscaron artículos con los términos: oxigenación por membrana extracorpórea, distrés respiratorio, hipoxemia refractaria, COVID - 19.
3. El 100% de los artículos fueron de los últimos cinco años.

Criterios de exclusión:

1. Artículos de ECMO sin COVID 19.

2. Artículos de distrés respiratorio de otras causas.

3. Estudios experimentales.

Resultados

En un estudio realizado por Giani, M, Rezoagli, E., Guervilly, C. et al.2022, han demostrado que las terapias extracorpóreas con ECMO en pacientes con COVID 19, proporciona asistencia circulatoria y respiratoria eficaz. Epidemiológicamente la mortalidad en UCI es del 52,8 % en el grupo ECMO en decúbito supino y 40,8 % en el grupo ECMO en decúbito prono, sin significancia estadística en cuanto a mortalidad entre ambos grupos (10).

En posición prona, los pacientes presentan una mejor relación PaO₂ /FiO₂, una presión arterial de CO₂ más baja y una presión de conducción menor en el ventilador, sin complicaciones importantes¹¹. La oxigenación por membrana extracorpórea para el síndrome de dificultad respiratoria aguda con hipoxemia refractaria por COVID-19 se utiliza desde 2020 (12).

Roach A et al, 2022, establecen que el tratamiento en pacientes con hipoxemia refractaria por COVID 19 incluye ECMO y trasplante de pulmón. En el año 2020 en Estados Unidos, el 7% de los trasplantes de pulmón estuvo representado por este grupo de pacientes¹³. Un enfoque multidisciplinario establecido por Hawkins RB, et al, 2021, indican que el ECMO y el trasplante de pulmón desempeñan un papel cada vez más importante en pacientes con hipoxemia refractaria (14).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización de Soporte Vital Extracorpóreo apoyan el uso de la oxigenación por membrana extracorpórea (ECMO) para pacientes con insuficiencia cardiorrespiratoria grave por COVID 19 (15).

Debe ofrecerse este tipo de terapia cuando este indicada (16).

El ensayo EOLIA contiene tres indicaciones para someter a ECMO a un paciente con distrés respiratorio (17):

- PA/FI menor de 80 por 6 horas,
- PA/Fi menor de 50 por 3 horas,
- PH menor de 7,25 con PCO2 mayor de 60

En cuanto a las complicaciones, se han observado pocos casos de hemorragia intracraneal en pacientes en ECMO venovenosa, para el tratamiento de COVID 19, inherentes probablemente al uso de anticoagulante, necesario para realizar el procedimiento. Otras de las complicaciones son: neumomediastino, neumotórax, trombosis venosa y embolia pulmonar, tomando siempre en consideración que el beneficio supera el riesgo (18, 19).

En el paciente crítico con terapia de ECMO, el papel del personal de enfermería es fundamental principalmente en el cuidado de los accesos vasculares centrales de alta complejidad y cuidados de las interfaces de la ventilación mecánica, administración de medicación necesaria para mantener con analgesia, sedación y relajación neuromuscular al paciente durante el tiempo de ventilación mecánica, hasta lograr el destete del ECMO, poder brindar atención adecuada y obtener resultados satisfactorios. (20).

El ECMO confiere beneficio disminuyendo la mortalidad de pacientes críticos con hipoxemia refractaria secundaria a COVID 19. El beneficio se centró en los sujetos jóvenes en condición crítica. Si la terapia se inicia precozmente se asocia con una reducción de la mortalidad del 7,1 % 21. Un metanálisis realizado por Ramanathan K, et al, 2021 que incluyen 18 estudios realizados en 1844 pacientes con terapia ECMO y COVID 19, demostró una mortalidad del 37,1% para los pacientes apoyados por ECMO, la utilización de la modalidad veno-venosa comprendió el 98% de los casos, con una duración promedio del soporte ECMO de 15 días (22).

El registro español ECMO-COVID observó una mayor supervivencia en menores de 40 años con un 29% de mortalidad, evidenciándose que los pacientes de entre 41 y 60 años, la mortalidad aumentó al 59,5% y para mayores de 60 años fue del 76,2%, además la supervivencia fue mayor en centros con más experiencia ($p = 0,0026$) 23. Hay centros que revelan una supervivencia del 90%. De

los 30 pacientes tratados con ECMO, 27 sobrevivieron al año de seguimiento (24).

Discusión

ECMO es una herramienta útil para disminuir la mortalidad y la insuficiencia orgánica en pacientes críticos con hipoxemia refractaria, proporcionando un beneficio con disminución de la mortalidad asociada a distrés respiratorio en paciente críticos con hipoxemia persistente (25,26).

En la insuficiencia respiratoria aguda por COVID 19 la supervivencia es superior para los pacientes tratados con ECMO frente a los no tratados con ECMO.

Para realizar terapia de ECMO en SDRA se requiere centros de alto nivel especializados y una PaO2/FiO2 menor de 100.

Conclusiones:

La terapia ECMO que se realizó en pacientes en unidad de cuidados intensivos, con distrés respiratorio severo e hipoxemia refractaria por COVID 19, ha arrojado buenos resultados de acuerdo a los datos obtenidos en esta revisión bibliográfica. Además de recalcar que es importante abastecer el sistema hospitalario en nuestro país, con los equipos necesarios para globalizar el uso de esta terapia

Referencias.

- 1.- Schmiady MO, Hofmann M, Sromicki J, Halbe M, van Tilburg K, Aser R, Mestres CA, Maisano F, Ferrari E. Initiation of an inter-hospital extracorporeal membrane oxygenation transfer programme for critically ill patients with coronavirus disease 2019: bringing extracorporeal membrane oxygenation support to peripheral hospitals. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2021 May 10;32(5):812-816. doi: 10.1093/icvts/ivaa326. PMID: 33647975; PMCID: PMC7989441.
- 2.- Murugappan KR, Walsh DP, Mittel A, Sontag D, Shaefi S. Venovenous extracorporeal membrane oxygenation allocation in the COVID-19 pandemic. *J Crit Care.* 2021 Feb;61:221-226. doi: 10.1016/j.jcrc.2020.11.004. Epub 2020 Nov 13. PMID: 33220575; PMCID: PMC7664357.

- 3.- Wiedemann, D., Bernardi, MH, Distelmaier, K. et al. Recomendaciones para la oxigenación por membrana extracorpórea (ECMO) en pacientes con COVID-19. *Viena Klin Wochenschr* 132, 671–676 (2020). <https://doi.org/10.1007/s00508-020-01708-8>.
- 4.- Shaefi, S., Brenner, SK, Gupta, S. et al. Oxigenación por membrana extracorpórea en pacientes con insuficiencia respiratoria grave por COVID-19. *Cuidados Intensivos Med* 47, 208–221 (2021). <https://doi.org/10.1007/s00134-020-06331-9>.
- 5.- RS Irwin, FB Cerra, SO Heard, JM Rippe, FJ Curley. *Procedimientos y técnicas en la UCI*. Segunda edición. España: Marban; 2001.
- 6.- Gattinoni, L., Vassalli, F., Romitti, F. et al. Intercambio gaseoso extracorpóreo: ¿cuándo empezar y cómo terminar? *Cuidado crítico* 23, 203 (2019). <https://doi.org/10.1186/s13054-019-2437-2>.
- 7.- Sromicki J, Schmiady M, Maisano F, Mestres CA. ECMO therapy in COVID-19: An experience from Zurich. *J Card Surg.* 2021 May;36(5):1707-1712. doi: 10.1111/jocs.15147. Epub 2020 Oct 30. PMID: 33124076.
- 8.- Ma X, Liang M, Ding M, Liu W, Ma H, Zhou X, Ren H. Extracorporeal Membrane Oxygenation (ECMO) in Critically Ill Patients with Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) Pneumonia and Acute Respiratory Distress Syndrome (ARDS). *Med Sci Monit.* 2020 Aug 6;26:e925364. doi: 10.12659/MSM.925364. PMID: 32759887; PMCID: PMC7430351.
- 9.- Zhou Z, Kuang H, Ma Y, Zhang L. Application of extracorporeal therapies in critically ill COVID-19 patients. *J Zhejiang Univ Sci B.* 2021 Sept 15;22(9):701-717. doi: 10.1631/jzus.B2100344. PMID: 34514751; PMCID: PMC8435342.
- 10.- Giani, M., Rezoagli, E., Guervilly, C. et al. Posicionamiento prono durante la oxigenación por membrana extracorpórea venovenosa para el síndrome de dificultad respiratoria aguda: un análisis de datos de pacientes individuales agrupados. *Cuidado crítico* 26, 8 (2022). <https://doi.org/10.1186/s13054-021-03879-w>.
- 11.- Poon WH, Ramanathan K, Ling RR, Yang IX, Tan CS, Schmidt M, Shekar K. Prone positioning during venovenous extracorporeal membrane oxygenation for acute respiratory distress syndrome: a systematic review and meta-analysis. *Crit Care.* 2021 Aug 12;25(1):292. doi: 10.1186/s13054-021-03723-1. PMID: 34384475; PMCID: PMC8358249.
- 12.- Le Breton C, Besset S, Freita-Ramos S, Amouretti M, Billiet PA, Dao M, Dumont LM, Federici L, Gaborieau B, Longrois D, Postel-Vinay P, Vuillard C, Zucman N, Lebreton G, Combes A, Dreyfuss D, Ricard JD, Roux D. Extracorporeal membrane oxygenation for refractory COVID-19 acute respiratory distress syndrome. *J Crit Care.* 2020 Dec;60:10-12. doi: 10.1016/j.jcrc.2020.07.013. Epub 2020 Jul 16. PMID: 32731100; PMCID: PMC7365051.
- 13.- Roach A, Chikwe J, Catarino P, Rampolla R, Noble PW, Megna D, Chen Q, Emerson D, Egorova N, Keshavjee S, Kirklin JK. Lung Transplantation for Covid-19-Related Respiratory Failure in the United States. *N Engl J Med.* 2022 Jan 26;NEJMc2117024. doi: 10.1056/NEJMc2117024. Epub ahead of print. PMID: 35081299; PMCID: PMC8809503.
- 14.- Hawkins RB, Mehaffey JH, Charles EJ, Mannem HC, Roeser M. Lung Transplantation for Severe Post-coronavirus Disease 2019 Respiratory Failure. *Transplantation.* 2021 Jun 1;105(6):1381-1387. doi: 10.1097/TP.0000000000003706. PMID: 33606480.
- 15.- World Health Organization. (2020). Clinical management of severe acute respiratory infection (SARI) when COVID-19 disease is suspected: interim guidance, 13 March 2020. World Health Organization. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/331446>. Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
- 16.- Carboni Bisso I, Garbarini M, Lockhart C, Villarroel S, Chas J, Kotowicz V, San Román E, Las Heras M. Membrana de circulación extracorpórea en enfermedad por coronavirus (COVID-19) [Extracorporeal membrane oxygenation in COVID-19]. *Rev Fac Cien Med Univ Nac Cordoba.* 2022 Mar 7;79(1):65-68. Spanish. doi: 10.31053/1853.0605.v79.n1.29337. PMID: 35312260; PMCID: PMC9004302.
- 17.- Bartlett RH, Ogino MT, Brodie D, McMullan DM, Lorusso R, MacLaren G, Stead CM, Rycus P, Fraser JF, Belohlavek J, Salazar L, Mehta Y, Raman L, Paden ML. Documento de orientación inicial de ELSO: ECMO para pacientes con COVID-19 con insuficiencia cardiopulmonar grave. *ASAIO J.* 2020 mayo;66(5):472-474. doi:

- 10.1097/MAT.0000000000001173. Fe de erratas en: ASAIO J. 2020 Aug;66(8):e113. PMID: 32243267; PMCID: PMC7273858.
- 18.- Heman-Ackah SM, Su YS, Spadola M, Petrov D, Chen HI, Schuster J, Lucas T. Neurologically Devastating Intraparenchymal Hemorrhage in COVID-19 Patients on Extracorporeal Membrane Oxygenation: A Case Series. *Neurosurgery*. 2020 Aug 1;87(2):E147-E151. doi: 10.1093/neuros/nyaa198. PMID: 32424429; PMCID: PMC7313766.
- 19.- Gabelloni M, Faggioni L, Cioni D, Mendola V, Falaschi Z, Coppola S, Corradi F, Isirdi A, Brandi N, Coppola F, Granata V, Golfieri R, Grassi R, Neri E. Extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) in COVID-19 patients: a pocket guide for radiologists. *Radiol Med*. 2022 Apr;127(4):369-382. doi: 10.1007/s11547-022-01473-w. Epub 2022 Mar 13. PMID: 35279765; PMCID: PMC8918086.
- 20.- Lorusso, R., Combes, A., Lo Coco, V. et al. ECMO para pacientes con COVID-19 en Europa e Israel. *Cuidados Intensivos Med* 47, 344–348 (2021). <https://doi.org/10.1007/s00134-020-06272-3>.
- 21.- Urner M, Barnett A G, Bassi G L, Brodie D, Dalton H J, Ferguson N D et al. Venovenous extracorporeal membrane oxygenation in patients with acute covid-19 associated respiratory failure: comparative effectiveness study *BMJ* 2022; 377 :e068723 doi:10.1136/bmj-2021-068723.
- 22.- Ramanathan K, Shekar K, Ling RR, Barbaro RP, Wong SN, Tan CS, Rochweg B, Fernando SM, Takeda S, MacLaren G, Fan E, Brodie D. Extracorporeal membrane oxygenation for COVID-19: a systematic review and meta-analysis. *Crit Care*. 2021 Jun 14;25(1):211. doi: 10.1186/s13054-021-03634-1. Erratum in: *Crit Care*. 2021 Oct 27;25(1):375. PMID: 34127027; PMCID: PMC8201440.
- 23.- Castaño M, Sbraga F, Pérez de la Sota E, Arribas JM, Cámara ML, Voces R, Donado A, Sandoval E, Morales CA, González-Santos JM, Barquero-Alemán M, Fletcher-San Feliu D, Rodríguez-Roda J, Molina D, Bellido A, Vigil-Escalera C, Tena MÁ, Reyes G, Gómez F, Rivas J, Guevara A, Tauron M, Borrego JM, Castillo L, Miralles A, Cánovas S, Berastegui E, Aramendi JJ, Aldámiz G, Pruna R, Silva J, Sáez de Ibarra JJ, Legarra JJ, Ballester C, Rodríguez-Lecoq R, Daroca T, Paredes F. Oxigenación con membrana extracorpórea en el paciente COVID-19: resultados del Registro Español ECMO-COVID de la Sociedad Española de Cirugía Cardiovascular y Endovascular [Extracorporeal membrane oxygenation in COVID-19 patients: Results of the ECMO-COVID Registry of the Spanish Society of Cardiovascular and Endovascular Surgery]. *Cirugía Cardiovascular*. 2022 March-April;29(2):89–102. Spanish. doi: 10.1016/j.circv.2022.01.007. Epub 2022 Feb 1. PMCID: PMC8806126.
- 24.- INSPIRATION Investigators, Sadeghipour P, Talasaz AH, Rashidi F, Sharif-Kashani B, Beigmohammadi MT, Farrokhpour M, Sezavar SH, Payandemehr P, Dabbagh A, Moghadam KG, Jamalkhani S, Khalili H, Yadollahzadeh M, Riahi T, Rezaeifar P, Tahamtan O, Matin S, Abedini A, Lookzadeh S, Rahmani H, Zoghi E, Mohammadi K, Sadeghipour P, Abri H, Tabrizi S, Mousavian SM, Shahmirzaei S, Bakhshandeh H, Amin A, Rafiee F, Baghizadeh E, Mohebbi B, Parhizgar SE, Aliannejad R, Eslami V, Kashefzadeh A, Kakavand H, Hosseini SH, Shafaghi S, Ghazi SF, Najafi A, Jimenez D, Gupta A, Madhavan MV, Sethi SS, Parikh SA, Monreal M, Hadavand N, Hajighasemi A, Maleki M, Sadeghian S, Piazza G, Kirtane AJ, Van Tassell BW, Dobesh PP, Stone GW, Lip GYH, Krumholz HM, Goldhaber SZ, Bikdeli B. Effect of Intermediate-Dose vs Standard-Dose Prophylactic Anticoagulation on Thrombotic Events, Extracorporeal Membrane Oxygenation Treatment, or Mortality Among Patients With COVID-19 Admitted to the Intensive Care Unit: The INSPIRATION Randomized Clinical Trial. *JAMA*. 2021 Apr 27;325(16):1620-1630. doi: 10.1001/jama.2021.4152. PMID: 33734299; PMCID: PMC7974835.
- 25.- Smith DE, Chang SH, Geraci TC, James L, Kon ZN, Carillo JA, Alimi M, Williams D, Scheinerman JA, Cerfolio RJ, Grossi EA, Moazami N, Galloway AC. One-Year Outcomes With Venovenous Extracorporeal Membrane Oxygenation Support for Severe COVID-19. *Ann Thorac Surg*. 2022 Jul;114(1):70-75. doi: 10.1016/j.athoracsur.2022.01.003. Epub 2022 Mar 10. PMID: 35282865; PMCID: PMC8907014.
- 26.- Shih E, DiMaio JM, Squiers JJ, Banwait JK, Meyer DM, George TJ, Schwartz GS; Baylor Scott & White ECMO for COVID Group. Venovenous

extracorporeal membrane oxygenation for patients with refractory coronavirus disease 2019 (COVID-19): Multicenter experience of referral hospitals in a large health care system. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2022 Mar;163(3):1071-1079.e3. doi: 10.1016/j.jtcvs.2020.11.073. Epub 2020 Dec 1. PMID: 33419553; PMCID: PMC7704331.