



Fundamentos de Medicina Critica y Cuidados Intensivos

Vol. 1

AUTORES

Fander Roberto Rodríguez Manzano
Ivanna Alejandra Díaz Barreiro
Mayra Alejandra Neira Vera
Nathaly Michelle Jácome Gavilanez
Ivan Xavier Fuentes Guerrero



**Fundamentos de Medicina Crítica y Cuidados
Intensivos Vol. 1**

Fundamentos de Medicina Crítica y Cuidados Intensivos

Vol. 1

Fander Roberto Rodríguez Manzano

Ivanna Alejandra Díaz Barreiro

Mayra Alejandra Neira Vera

Nathaly Michelle Jácome Gavilanez

Ivan Xavier Fuentes Guerrero

IMPORTANTE

La información aquí presentada no pretende sustituir el consejo profesional en situaciones de crisis o emergencia. Para el diagnóstico y manejo de alguna condición particular es recomendable consultar un profesional acreditado.

Cada uno de los artículos aquí recopilados son de exclusiva responsabilidad de sus autores.

ISBN: 978-9942-627-76-6

DOI: <http://doi.org/10.56470/978-9942-627-76-6>

Una producción © Cuevas Editores SAS

Junio 2023

Av. República del Salvador, Edificio TerraSol 7-2

Quito, Ecuador

www.cuevaseditores.com

Editado en Ecuador - Edited in Ecuador

Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra solo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley.

Índice:

Índice:	4
Prólogo	5
Abordajes Actuales en el Síndrome de Distress Respiratorio Agudo	6
Fander Roberto Rodríguez Manzano	6
Monitorización Hemodinámica Avanzada	36
Ivanna Alejandra Díaz Barreiro	36
Nutrición en el Paciente Críticamente Enfermo	69
Mayra Alejandra Neira Vera	69
Actualizaciones en ECMO (Oxigenación por Membrana Extracorpórea)	88
Nathaly Michelle Jácome Gavilanez	88
Terapias de Reemplazo Renal Continuo	97
Ivan Xavier Fuentes Guerrero	97

Prólogo

La presente obra es el resultado del esfuerzo conjunto de un grupo de profesionales de la medicina que han querido presentar a la comunidad científica de Ecuador y el mundo un tratado sistemático y organizado de patologías que suelen encontrarse en los servicios de atención primaria y que todo médico general debe conocer.

Abordajes Actuales en el Síndrome de Distress Respiratorio Agudo

Fander Roberto Rodríguez Manzano

Médico General por la Universidad Nacional De
Chimborazo

Hospital General Riobamba IESS

El síndrome de distress respiratorio agudo (SDRA) se caracteriza por la inflamación de los pulmones, el edema pulmonar y la hipoxemia que puede conducir a la falla multiorgánica y a la muerte.(1) El SDRA es un problema clínico desafiante que necesita un enfoque multidisciplinario para su tratamiento.(2) Este artículo repasa las últimas estrategias terapéuticas y directrices actuales para el manejo del SDRA.

1. Soporte Ventilatorio

El soporte ventilatorio juega un papel esencial en el manejo del síndrome de distress respiratorio agudo (SDRA). Las estrategias de ventilación mecánica deben ser cuidadosamente seleccionadas para optimizar la oxigenación, minimizar el daño pulmonar asociado al ventilador y prevenir la progresión de la enfermedad.(3)

Ventilación de Volumen Bajo

Las estrategias de ventilación con volumen bajo se basan en la limitación del volumen corriente a 6 ml/kg del peso corporal ideal. Esta estrategia ha demostrado reducir la mortalidad en los pacientes con SDRA. El objetivo de la

ventilación con volumen bajo es minimizar el volutrauma y el barotrauma, es decir, el daño causado por la sobredistensión de los alvéolos.(3)(4)

Presión de Meseta

Limitar la presión de la meseta a menos de 30 cm H₂O es otra estrategia esencial en el manejo del SDRA. El objetivo de este límite es prevenir la lesión pulmonar inducida por el ventilador al evitar la sobredistensión alveolar, que puede causar un trauma alveolar adicional y empeorar el SDRA.(4)

PEEP (Presión Positiva al Final de la Espiración)

El uso de PEEP alta ha sido una estrategia clave en el manejo del SDRA. La PEEP contribuye a la apertura y la estabilización de los alvéolos y reduce el riesgo de atelectrauma, el daño causado por el colapso repetido y la reapertura de los alvéolos. La PEEP óptima debe ser individualizada para cada paciente, y el objetivo es lograr la máxima mejora en la oxigenación sin aumentar el riesgo de lesión pulmonar inducida por el ventilador.(3)

Control de la Hipercapnia Permitida

La hipercapnia permitida, o la tolerancia a un nivel más alto de dióxido de carbono en la sangre, puede ser aceptable en el contexto del SDRA. La estrategia se basa en la observación de que la hipercapnia puede tener efectos protectores sobre los pulmones al reducir la respuesta inflamatoria y el estrés oxidativo.(4)

Es fundamental recordar que la estrategia de ventilación óptima puede variar según las características individuales del paciente y la gravedad del SDRA. Además, la ventilación es solo una parte del manejo integral del SDRA, que también debe incluir medidas para tratar la causa subyacente de la enfermedad, minimizar las complicaciones secundarias y apoyar la función de otros órganos que pueden estar afectados.

2. Prone Positioning

El posicionamiento en prono, es decir, colocar al paciente boca abajo, es una estrategia que ha demostrado beneficios en el tratamiento del SDRA severo. Este método no farmacológico puede mejorar la oxigenación

en pacientes con SDRA y ha demostrado una reducción significativa en la mortalidad.(5)

Mecanismo de Mejora de la Oxigenación

En la posición en prono, se mejora la homogeneidad de la ventilación y de la perfusión, lo que reduce el desajuste de ventilación-perfusión y la hipoxemia. Además, el peso de los órganos abdominales se redistribuye, lo que disminuye la presión sobre los pulmones y puede reducir la presión intratorácica, lo que lleva a un aumento en la capacidad funcional residual.(6) La posición en prono también reduce la compresión de los vasos pulmonares y mejora el retorno venoso.

Recomendaciones Actuales

El posicionamiento en prono se recomienda en pacientes con SDRA severo, es decir, aquellos con una relación PaO_2/FiO_2 inferior a 150 mmHg con una PEEP de al menos 5 cm H₂O. El tiempo de pronación debe ser prolongado (al menos 12-16 horas al día) para lograr los mejores resultados.(7)

Consideraciones de Seguridad

Aunque el posicionamiento en prono es beneficioso, puede estar asociado con posibles complicaciones, como las úlceras por presión, el desplazamiento del tubo endotraqueal o del catéter venoso central, y la dificultad en la gestión de las vías respiratorias.(8) Por lo tanto, se deben tomar medidas para mitigar estos riesgos, como el uso de colchones especiales, el monitoreo cuidadoso de la posición del tubo endotraqueal y los dispositivos de acceso vascular, y la evaluación regular de las vías respiratorias.

Conclusiones

A pesar de las dificultades potenciales en su implementación, el posicionamiento en prono es una estrategia que ha demostrado mejorar la supervivencia en pacientes con SDRA severo. Es un componente esencial en el manejo de pacientes críticamente enfermos con SDRA y debe ser considerado en todos los pacientes que cumplen los criterios de gravedad.

3. Parálisis Neuromuscular

El bloqueo neuromuscular, que implica el uso de agentes paralíticos para interrumpir temporalmente la función muscular, es una estrategia que se ha utilizado en el manejo del SDRA grave. Aunque su uso ha sido objeto de debate, la evidencia actual sugiere que puede tener beneficios en ciertos casos de SDRA.(9)

Beneficios Potenciales

El uso de bloqueadores neuromusculares, en particular los bloqueadores neuromusculares no despolarizantes como el cisatracurio, puede mejorar la oxigenación y reducir la mortalidad en los pacientes con SDRA grave.(10) Estos fármacos pueden ayudar a mejorar la sincronización entre el paciente y el ventilador, reduciendo así las posibilidades de volutrauma y barotrauma. También pueden reducir el consumo de oxígeno al disminuir el trabajo metabólico.(11)

Recomendaciones Actuales

Se sugiere considerar el bloqueo neuromuscular en pacientes con SDRA grave (una relación PaO_2/FiO_2

inferior a 150 mmHg) que no muestran mejoría a pesar de la ventilación con volumen bajo y el posicionamiento en prono. La administración de bloqueadores neuromusculares debe realizarse junto con la sedación adecuada para evitar la conciencia durante la parálisis.(12)

Precauciones y Contraindicaciones

El uso de bloqueadores neuromusculares no está exento de riesgos. Estos fármacos pueden contribuir a la debilidad adquirida en la unidad de cuidados intensivos (UCI), un trastorno grave que puede dificultar la recuperación del paciente.(13) También es posible que se produzcan reacciones alérgicas a estos fármacos.

Además, el bloqueo neuromuscular está contraindicado en ciertos pacientes, como aquellos con miastenia gravis u otras enfermedades neuromusculares, y en pacientes con bloqueo neuromuscular preexistente.(14)

Conclusiones

El bloqueo neuromuscular puede ser una estrategia útil en el manejo del SDRA grave en ciertos pacientes. Sin embargo, su uso debe ser cuidadosamente considerado a la luz de los posibles riesgos y beneficios, y los pacientes deben ser cuidadosamente monitoreados para detectar signos de debilidad adquirida en la UCI y otros efectos secundarios. El uso de bloqueadores neuromusculares debe ser parte de una estrategia de manejo global del SDRA que incluya la ventilación protectora pulmonar, el posicionamiento en pronó, y la identificación y el tratamiento de la causa subyacente del SDRA.

Tabla 1. Farmacología usada más común

Fármaco	Tipo de Agente	Vida Media	Ventajas	Desventajas/Efectos Secundarios
Atracurio	Bloqueante neuromuscular no	20-35 minutos	No libera histamina, no se metaboliza	Puede causar bloqueo neuromuscular

	despolarizante		en el hígado ni se excreta por los riñones	ular residual
Cisatracurio	Bloqueante neuromuscular no despolarizante	22-28 minutos	No libera histamina, no se metaboliza en el hígado ni se excreta por los riñones	Puede causar bloqueo neuromuscular residual
Vecuronio	Bloqueante neuromuscular no despolarizante	65-75 minutos	Menos probable de causar liberación de histamina en comparación con	Se metaboliza en el hígado y se excreta por los riñones

			otras opciones	
Rocuronio	Bloqueante neuromuscular no despolarizante	15-80 minutos	De inicio rápido	Depende de la función hepática y renal para la eliminación
Succinilcolina	Bloqueante neuromuscular despolarizante	1-2 minutos	De inicio muy rápido	Puede causar hiperpotasemia, fasciculaciones musculares, dolor muscular postoperatorio, no se debe usar para la parálisis

				prolongada
--	--	--	--	------------

Nota:

- Los bloqueantes neuromusculares no despolarizantes funcionan al antagonizar la acción del neurotransmisor acetilcolina en la unión neuromuscular, evitando la contracción muscular.
- Los bloqueantes neuromusculares despolarizantes funcionan de manera similar, pero primero despolarizan la unión neuromuscular (imitando a la acetilcolina), lo que causa una contracción inicial antes de la parálisis. El fármaco entonces persiste en la unión neuromuscular y evita una nueva despolarización.
- La vida media es el tiempo requerido para que la concentración plasmática de un fármaco se reduzca a la mitad después de la administración.

4. Terapia con Óxido Nítrico

El óxido nítrico (NO) es un potente vasodilatador endógeno que, cuando se administra por inhalación (iNO), puede mejorar la oxigenación en pacientes con SDRA. Sin embargo, su uso en la práctica clínica se ha limitado debido a los resultados mixtos de los ensayos clínicos.(15)

Mecanismo de Acción

El iNO actúa dilatando selectivamente los vasos pulmonares en las áreas bien ventiladas del pulmón. Esto reduce la hipoxia pulmonar y mejora el desajuste ventilación-perfusión, lo que lleva a una mejora en la oxigenación.(16)

Efectividad y Uso Clínico

Aunque el iNO puede mejorar la oxigenación en pacientes con SDRA, los estudios han demostrado resultados mixtos con respecto a su efecto en los resultados clínicos más importantes, como la mortalidad.(17) Por lo tanto, a pesar de la mejora en la

oxigenación, la terapia con iNO generalmente no se recomienda como tratamiento de rutina para el SDRA.

El iNO podría considerarse en situaciones clínicas específicas, como un puente para otros tratamientos en pacientes con hipoxemia refractaria grave. También puede ser útil en situaciones en las que se espera que la hipoxemia sea reversible en un corto período de tiempo, como en el caso de un trasplante de pulmón.(18)

Efectos Secundarios y Riesgos

El iNO se asocia con varios efectos secundarios, el más notable de los cuales es la metahemoglobinemia, una condición en la que la hemoglobina se oxida y no puede transportar oxígeno. Otros efectos secundarios incluyen insuficiencia renal, sangrado, y toxicidad por óxido nítrico. Además, la retirada abrupta de iNO puede causar deterioro de la oxigenación.(19)

Conclusiones

En resumen, aunque el iNO puede mejorar la oxigenación en el SDRA, su uso no se recomienda de

rutina debido a la falta de beneficio en términos de mortalidad y al riesgo de efectos secundarios. Sin embargo, en ciertos casos de hipoxemia refractaria, el iNO puede considerarse como una opción terapéutica. Su uso debe ser cuidadosamente monitoreado para minimizar los riesgos y los efectos secundarios.

5. Estrategias de Líquidos

La gestión de líquidos en pacientes con SDRA es un aspecto crucial en el manejo de esta condición. El objetivo es mantener un equilibrio que evite tanto la hipovolemia, que puede llevar a un choque y la disfunción de órganos, como la hipervolemia, que puede aumentar la presión capilar pulmonar y empeorar el edema pulmonar.(20)

Restricción de Líquidos

Estudios han demostrado que una estrategia restrictiva de líquidos puede ser beneficiosa en el SDRA. Al reducir la carga de líquidos, se puede disminuir la presión capilar pulmonar, lo que a su vez puede reducir el edema pulmonar y mejorar la oxigenación. La estrategia de

restricción de líquidos también puede ayudar a acelerar la liberación de la ventilación mecánica.(16)

Balance de Líquidos

El control estricto del balance de líquidos puede ser beneficioso en el SDRA. Esto puede incluir medidas como la diuresis dirigida o la hemofiltración en casos de sobrecarga de líquidos.(21)

Consideraciones de Seguridad

Es esencial tener en cuenta que mientras que la restricción de líquidos puede mejorar los parámetros respiratorios, esto debe equilibrarse con la necesidad de mantener la perfusión de órganos y prevenir el choque. Los pacientes con SDRA a menudo también tienen disfunción de otros órganos que pueden requerir un manejo de líquidos más complejo.(22)

Conclusiones

En resumen, una estrategia cuidadosa de gestión de líquidos es una parte esencial del manejo del SDRA. Aunque puede ser útil adoptar una estrategia restrictiva

de líquidos, el manejo debe individualizarse basándose en la situación clínica del paciente y en la presencia de disfunción de otros órganos. La monitorización estrecha del estado de volumen y del balance de líquidos es esencial para optimizar los resultados en pacientes con SDRA.

6. Terapia con Corticosteroides

El uso de corticosteroides en el SDRA ha sido objeto de debate durante mucho tiempo. Estos fármacos, que tienen potentes efectos antiinflamatorios, podrían ayudar a reducir la inflamación pulmonar que caracteriza al SDRA. Sin embargo, los estudios han mostrado resultados mixtos.(23)

Mecanismo de Acción

Los corticosteroides pueden reducir la inflamación al inhibir la liberación de citocinas proinflamatorias y al inducir la producción de proteínas antiinflamatorias. Esto podría ayudar a mitigar la respuesta inflamatoria sistémica que se ve en el SDRA.(24)

Evidencia Actual y Recomendaciones

Las pruebas actuales son mixtas con respecto al uso de corticosteroides en el SDRA. Algunos estudios sugieren que los corticosteroides podrían acelerar la resolución del SDRA y mejorar la supervivencia, mientras que otros no han encontrado un beneficio claro.(25) Las diferencias en los resultados pueden deberse a factores como las dosis de corticosteroides utilizadas, el momento de la administración, y las características de los pacientes.

Debido a la evidencia incierta, las guías actuales no hacen una recomendación firme sobre el uso de corticosteroides en el SDRA. Sin embargo, sugieren que podrían considerarse en casos de SDRA moderado a grave que no responden a otras terapias.

Riesgos y Efectos Secundarios

El uso de corticosteroides no está exento de riesgos. Los posibles efectos secundarios incluyen hiperglucemia, infecciones secundarias, miopatía y psicosis. Por lo

tanto, es esencial equilibrar los posibles beneficios con estos riesgos.(26)

Conclusiones

En resumen, aunque los corticosteroides tienen un potencial teórico para ayudar en el manejo del SDRA, la evidencia actual es mixta y no apoya su uso rutinario. Los corticosteroides pueden considerarse en casos de SDRA moderado a grave que no responden a otras terapias, pero los pacientes deben ser cuidadosamente monitoreados para detectar posibles efectos secundarios. Se necesitan más estudios para clarificar el papel de los corticosteroides en el SDRA.

Tabla 2. Uso de corticoides

Corticoide	Potencia Glucocorticoi de	Potencia Mineralocorti coide	Vida Media (horas)
Hidrocortison a	1	1	8-12
Prednisona	4	0.8	18-36

Prednisolona	4	0.8	18-36
Metilprednisolona	5	0.5	18-36
Triamcinolona	5	0	18-36
Dexametasona	25-80	0	36-54
Betametasona	25-30	0	36-54

Nota:

- La potencia glucocorticoide y mineralocorticoide se compara con la hidrocortisona, que se establece como 1.
- La potencia glucocorticoide se refiere a la capacidad del corticoide para reducir la inflamación y suprimir el sistema inmunológico.
- La potencia mineralocorticoide se refiere a la capacidad del corticoide para retener sodio y agua en el cuerpo, aumentando así la presión arterial.

- La vida media se refiere al tiempo que le toma a la concentración de una sustancia en el cuerpo reducirse a la mitad.

7. Tratamientos Emergentes

La investigación continua en el campo del SDRA ha llevado a la exploración de nuevas modalidades terapéuticas. Aunque muchas de estas terapias se encuentran en etapas iniciales de investigación y aún no se han establecido en la práctica clínica, ofrecen posibilidades prometedoras para futuros enfoques de tratamiento.

Terapia de Células Madre

La terapia con células madre, en particular las células madre mesenquimales, ha demostrado potencial en estudios preclínicos de SDRA. Estas células pueden tener efectos antiinflamatorios, inmunomoduladores y pro-regenerativos que podrían ser beneficiosos en el SDRA.(27) Los ensayos clínicos están en curso para evaluar la seguridad y la eficacia de esta terapia.(28)

Terapia con Exosomas

Los exosomas son vesículas extracelulares que se utilizan para el transporte de moléculas entre las células. Los estudios han demostrado que los exosomas derivados de células madre pueden tener efectos antiinflamatorios y pro-regenerativos en el SDRA. Sin embargo, esta terapia está en etapas muy tempranas de investigación.(29)(30)

Terapias Inmunomoduladoras

Dado que el SDRA implica una respuesta inflamatoria descontrolada, las terapias que pueden modular la respuesta inmunológica tienen potencial en este trastorno. Estas podrían incluir fármacos que bloquean citocinas proinflamatorias específicas o que potencian las vías antiinflamatorias. Varios ensayos clínicos están en curso para evaluar estas terapias.(31)

Inhibidores de la Fibrinólisis

La activación de la coagulación y la inhibición de la fibrinólisis son características del SDRA. Por lo tanto, los medicamentos que pueden inhibir la fibrinólisis,

como el ácido tranexámico, están siendo investigados como posibles tratamientos.(32)

Conclusión

Aunque ninguna de estas terapias emergentes se ha establecido en la práctica clínica a partir de ahora, todas ofrecen posibilidades emocionantes para futuros enfoques de tratamiento. A medida que se realicen más investigaciones, es posible que estas o otras terapias novedosas se añadan a nuestro arsenal para el tratamiento del SDRA.

Tabla 3 Comparativa de las diferentes estrategias de intervención

Abordaje	Descripción	Beneficios Potenciales	Desventajas/ Riesgos
Soporte Ventilatorio	Involucra la ventilación mecánica con baja presión y baja tidal de oxígeno junto con el uso de	Mejora la oxigenación, reduce la lesión pulmonar asociada a la ventilación.	Riesgo de barotrauma, volutrauma, y hipoxemia en caso de ajustes incorrectos.

	PEEP elevada.		
Prone Positioning	Posicionamiento del paciente boca abajo.	Mejora la oxigenación y reduce la mortalidad en SDRA severo.	Necesidad de personal capacitado, riesgo de desplazamiento o de catéteres/tubos, úlceras de decúbito.
Parálisis Neuromuscular	Uso de bloqueantes neuromusculares en las primeras etapas del SDRA severo.	Puede mejorar la oxigenación y reducir la mortalidad.	Riesgo de debilidad muscular adquirida en la UCI, necesidad de sedación profunda.
Terapia con Óxido Nítrico	Inhalación de óxido nítrico para mejorar la oxigenación.	Puede mejorar la oxigenación en algunos casos.	No se ha demostrado que reduzca la mortalidad, riesgo de metahemoglobinemia, insuficiencia renal, y sangrado.

Estrategias de Líquidos	Restricción de líquidos y control estricto del balance de líquidos.	Puede mejorar los parámetros respiratorios y acelerar la liberación de la ventilación mecánica.	Riesgo de hipovolemia y choque, necesidad de manejo individualizado o en función de la disfunción de otros órganos.
Terapia con Corticosteroides	Uso de corticosteroides para reducir la inflamación.	Puede acelerar la resolución del SDRA y mejorar la supervivencia en algunos casos.	Evidencia mixta, riesgo de hiperglucemia, infecciones secundarias, miopatía, y psicosis.
Tratamientos Emergentes	Incluyen terapia con células madre, terapia con exosomas, terapias inmunomoduladoras, e inhibidores de la fibrinólisis.	Posibilidad de nuevos enfoques de tratamiento con mecanismos de acción novedosos.	Todavía en etapas tempranas de investigación, la seguridad y la eficacia no se han establecido en la práctica clínica.

Bibliografía

1. Williams, George W et al. “Acute Respiratory Distress Syndrome.” *Anesthesiology* vol. 134,2 (2021): 270-282. doi:10.1097/ALN.0000000000003571
2. Gierhardt, Mareike et al. “Impairment of hypoxic pulmonary vasoconstriction in acute respiratory distress syndrome.” *European respiratory review : an official journal of the European Respiratory Society* vol. 30,161 210059. 15 Sep. 2021, doi:10.1183/16000617.0059-2021
3. Grieco, Domenico Luca et al. “Non-invasive ventilatory support and high-flow nasal oxygen as first-line treatment of acute hypoxemic respiratory failure and ARDS.” *Intensive care medicine* vol. 47,8 (2021): 851-866. doi:10.1007/s00134-021-06459-2
4. Costa, Eduardo L V et al. “Ventilatory Variables and Mechanical Power in Patients with Acute Respiratory Distress Syndrome.” *American journal of respiratory and critical care medicine* vol. 204,3 (2021): 303-311. doi:10.1164/rccm.202009-3467OC
5. Guérin, Claude et al. “Prone position in ARDS patients: why, when, how and for whom.” *Intensive care medicine* vol. 46,12 (2020): 2385-2396. doi:10.1007/s00134-020-06306-w
6. Gattinoni, Luciano et al. “Prone Positioning in Acute Respiratory Distress Syndrome.” *Seminars in respiratory and critical care medicine* vol. 40,1 (2019): 94-100. doi:10.1055/s-0039-1685180

7. Williams, George W et al. “Acute Respiratory Distress Syndrome.” *Anesthesiology* vol. 134,2 (2021): 270-282. doi:10.1097/ALN.0000000000003571
8. Griffiths, Mark J D et al. “Guidelines on the management of acute respiratory distress syndrome.” *BMJ open respiratory research* vol. 6,1 e000420. 24 May. 2019, doi:10.1136/bmjresp-2019-000420
9. Torbic, Heather et al. “Neuromuscular Blocking Agents for ARDS: A Systematic Review and Meta-Analysis.” *Respiratory care* vol. 66,1 (2021): 120-128. doi:10.4187/respcare.07849
10. Syed, Ammar et al. “Role of Pharmacologic Paralysis in Acute Respiratory Distress Syndrome.” *Seminars in respiratory and critical care medicine* vol. 40,1 (2019): 101-113. doi:10.1055/s-0039-1683883
11. Abraham, Sunitha, and Bethany L Lussier. “Bundled Bispectral Index Monitoring and Sedation During Paralysis in Acute Respiratory Distress Syndrome.” *AACN advanced critical care* vol. 33,3 (2022): 253-261. doi:10.4037/aacnacc2022240
12. Hadique, Sarah et al. “The Implementation of Protocol-Based Utilization of Neuromuscular Blocking Agent Using Clinical Variables in Acute Respiratory Distress Syndrome Patients.” *Critical care explorations* vol. 3,3 e0371. 19 Mar. 2021, doi:10.1097/CCE.0000000000000371
13. Stäuble, Christiane G, and Manfred Blobner. “The future of neuromuscular blocking agents.” *Current opinion in*

- anaesthesiology vol. 33,4 (2020): 490-498.
doi:10.1097/ACO.0000000000000891
14. Jitpimolmard, Nantaporn et al. "Treatment Updates for Neuromuscular Channelopathies." Current treatment options in neurology vol. 22,10 (2020): 34.
doi:10.1007/s11940-020-00644-2
15. Griffiths, Mark J D et al. "Guidelines on the management of acute respiratory distress syndrome." BMJ open respiratory research vol. 6,1 e000420. 24 May. 2019,
doi:10.1136/bmjresp-2019-000420
16. Herrero, Rocío López, Belén Sánchez Quirós, and Mario Lorenzo López. "Manejo del síndrome de distrés respiratorio agudo (SDRA).¿ Qué hay de nuevo?." Revista Electrónica AnestesiaR 12.8 (2020): 3.
17. Borbón, Juan Diego Salazar, Fabiola Hidalgo Rodríguez, and Pablo Álvarez Aguilar. "Síndrome de Distrés RespiratorioAgudo." Revista Clínica de la Escuela de Medicina de la Universidad de Costa Rica 9.1 (2019): 56-64.
18. Donoso, Alejandro, et al. "Actualización en el tratamiento del síndrome de distrés respiratorio agudo grave pediátrico." Acta Colombiana de Cuidado Intensivo 19.4 (2019): 200-211.
19. Escribano-Santana, I., M. L. Martínez-Gimeno, and L. Herráiz-Bermejo. "Tratamientos coadyuvantes a la ventilación mecánica invasiva en el manejo del síndrome de distrés respiratorio agudo secundario a covid-19." Enfermería Intensiva 34.2 (2023): 90-99.

20. Araúz Freires, Yanine. Conocimientos de enfermería en el manejo de posición prono y planes de cuidados en pacientes con síndrome de distrés respiratorio agudo Unidad de Cuidados Intermedios, Caja Nacional de Salud Riberalta gestión 2017. Diss.
21. Ruiz, Guillermo Ortiz, et al. "Consenso colombiano de síndrome de dificultad respiratoria aguda (SDRA)«Documento de Rionegro 2019»." Acta Colombiana de Cuidado Intensivo 20.3 (2020): 200-252.
22. Aizpurúa Cedeño, Nathaly Dixiana. "Aplicación del protocolo ventilatorio en el manejo de un caso clínico con síndrome de distrés respiratorio agudo en el Hospital Dr. Rafael Hernández." (2021).
23. Heredia Espinoza, Ismael Fernando. "Impacto del tratamiento con corticosteroides en pacientes adultos con síndrome de dificultad respiratoria aguda." (2021).
24. Jover, Roger Pau Bisbal, et al. "El tratamiento del síndrome de distrés respiratorio agudo." FMC-Formación Médica Continuada en Atención Primaria 29.7 (2022): 384-391.
25. Villar, Jesús et al. "Dexamethasone treatment for the acute respiratory distress syndrome: a multicentre, randomised controlled trial." The Lancet. Respiratory medicine vol. 8,3 (2020): 267-276. doi:10.1016/S2213-2600(19)30417-5
26. Rivas, Ámbar Godoy, and José Carlos López Bustillo. "Uso de corticosteroides en pacientes hospitalizados por Covid-19: una revisión de la literatura." (2023).

27. Bacallao, La Dra Ketty. "CÉLULAS MADRE MITIGAN EL SÍNDROME DE DIFICULTAD RESPIRATORIA AGUDA DE PACIENTES CON COVID-19." *REVISTA CIENTÍFICA PID N° 335 (2020/2021)*: 14.
28. Qin, Hua, and Andong Zhao. "Mesenchymal stem cell therapy for acute respiratory distress syndrome: from basic to clinics." *Protein & cell* vol. 11,10 (2020): 707-722. doi:10.1007/s13238-020-00738-2
29. Liu, Chang et al. "Advances in the use of exosomes for the treatment of ALI/ARDS." *Frontiers in immunology* vol. 13 971189. 9 Aug. 2022, doi:10.3389/fimmu.2022.971189
30. Rojas-Valles, Edwin U., et al. "Biomarcadores exosomales: nuevas perspectivas para el diagnóstico y pronóstico de las enfermedades respiratorias." *Neumología y cirugía de tórax* 80.4 (2021): 269-285.
31. Oronsky, Bryan, et al. "Una revisión del síndrome post-COVID persistente (PPCS)." *Clinical Reviews in Allergy & Immunology* (2021): 1-15.
32. Sillero, Pilar Llamas, Sergio Ramos Cillán, and Inés Magdalena Martínez Alfonzo. "ACTUALIZACIÓN DEL RIESGO TROMBÓTICO EN LA."

Monitorización Hemodinámica

Avanzada

Ivanna Alejandra Díaz Barreiro

Médico por la Universidad Católica de Santiago de
Guayaquil

Médico Residente en Servicio de Neurocirugía
Hospital Luis Vernaza

Importancia de la monitorización hemodinámica y respiratoria en cuidados intensivos

La monitorización hemodinámica y respiratoria es una herramienta esencial en la atención de pacientes críticos en cuidados intensivos. La monitorización hemodinámica se refiere a la evaluación continua y en tiempo real de las variables fisiológicas que reflejan la función cardiovascular, como la presión arterial, la frecuencia cardíaca, el gasto cardíaco, el índice cardíaco y la saturación venosa central. La monitorización respiratoria, por otro lado, evalúa la función respiratoria del paciente y mide parámetros como la frecuencia respiratoria, la saturación de oxígeno y la presión parcial de oxígeno en sangre arterial.

La importancia de la monitorización hemodinámica y respiratoria radica en su capacidad para identificar tempranamente los cambios en la función cardiovascular y respiratoria del paciente, lo que permite una intervención oportuna y eficaz. La monitorización continua de estas variables es esencial en la detección de complicaciones potencialmente graves, como la

hipotensión, la hipoxemia y el edema pulmonar, y en la identificación temprana de respuestas inadecuadas a la terapia.(1)

La monitorización hemodinámica y respiratoria es particularmente importante en pacientes críticos, que pueden presentar complicaciones que requieren atención inmediata. Los pacientes que se encuentran en estado de choque, insuficiencia cardíaca aguda, insuficiencia respiratoria aguda o sepsis grave requieren una evaluación hemodinámica y respiratoria exhaustiva para guiar la terapia adecuada y mejorar los resultados clínicos.

Parámetros de monitorización hemodinámica

La monitorización hemodinámica es una herramienta útil en cuidados intensivos para evaluar la función cardiovascular del paciente. Los parámetros de monitorización hemodinámica se refieren a las variables fisiológicas que se miden para evaluar la función cardiovascular del paciente y guiar la terapia. Algunos

de los parámetros de monitorización hemodinámica más comunes son:

1. Presión arterial: La presión arterial se mide con frecuencia como una forma de evaluar la función cardiovascular del paciente. La presión arterial sistólica, diastólica y media son variables importantes que se miden de manera regular en cuidados intensivos.
2. Frecuencia cardíaca: La frecuencia cardíaca se refiere a la cantidad de latidos por minuto y se utiliza como una medida de la función cardiovascular del paciente. Es importante monitorizar la frecuencia cardíaca para detectar arritmias cardíacas o alteraciones en el ritmo cardíaco.(2)
3. Gasto cardíaco: El gasto cardíaco se refiere a la cantidad de sangre que se bombea por el corazón en un minuto. El gasto cardíaco se puede medir con técnicas invasivas (como la termodilución) o no invasivas (como la ecocardiografía). El gasto cardíaco es un parámetro importante para evaluar

la función cardiovascular del paciente y ajustar la terapia en consecuencia.(2)

4. Índice cardíaco: El índice cardíaco es una medida del gasto cardíaco ajustada por el tamaño del paciente. Se calcula dividiendo el gasto cardíaco por la superficie corporal del paciente y se utiliza para evaluar la función cardiovascular de manera más precisa.(2)
5. Saturación venosa central (SVC): La SVC es la saturación de oxígeno en la vena cava superior, que es un reflejo de la saturación de oxígeno en la sangre que regresa al corazón desde el cuerpo. La SVC se utiliza como un indicador de la oxigenación tisular.(2)
6. Presión venosa central (PVC): La PVC es la presión en la vena cava superior, que refleja la presión en el lado derecho del corazón. La PVC se utiliza como una medida de la precarga ventricular derecha y como un indicador del volumen intravascular.(2)

Parámetros de monitorización respiratoria

La monitorización respiratoria es una herramienta esencial en cuidados intensivos para evaluar la función respiratoria del paciente. Los parámetros de monitorización respiratoria se refieren a las variables fisiológicas que se miden para evaluar la función respiratoria del paciente y guiar la terapia. Algunos de los parámetros de monitorización respiratoria más comunes son:

1. Frecuencia respiratoria: La frecuencia respiratoria se refiere a la cantidad de respiraciones que el paciente realiza en un minuto. Es importante monitorizar la frecuencia respiratoria para detectar alteraciones en el patrón respiratorio, como la apnea o la hiperventilación.(3)
2. Saturación de oxígeno: La saturación de oxígeno se refiere a la cantidad de oxígeno que se encuentra en la sangre. La saturación de oxígeno se mide utilizando un oxímetro de pulso y es un parámetro importante para evaluar la oxigenación del paciente.(3)

3. Presión parcial de oxígeno en sangre arterial (PaO₂): La PaO₂ se refiere a la cantidad de oxígeno que se encuentra en la sangre arterial. La PaO₂ se mide mediante una gasometría arterial y es un parámetro importante para evaluar la oxigenación del paciente.(3)
4. Presión parcial de dióxido de carbono en sangre arterial (PaCO₂): La PaCO₂ se refiere a la cantidad de dióxido de carbono que se encuentra en la sangre arterial. La PaCO₂ se mide mediante una gasometría arterial y es un parámetro importante para evaluar la ventilación del paciente.(3)
5. Volumen corriente (V_t): El V_t se refiere al volumen de aire que se inhala o exhala en cada respiración. El V_t se mide utilizando un ventilador mecánico y es un parámetro importante para evaluar la ventilación del paciente.(3)
6. Presión en las vías respiratorias (Paw): La Paw se refiere a la presión en las vías respiratorias durante la ventilación mecánica. La Paw se mide

utilizando un ventilador mecánico y es un parámetro importante para evaluar la presión pulmonar y la función respiratoria del paciente.(3)

Tecnologías de monitorización hemodinámica y respiratoria

Existen varias tecnologías de monitorización hemodinámica y respiratoria disponibles para su uso en cuidados intensivos. Estas tecnologías permiten la evaluación continua y en tiempo real de la función cardiovascular y respiratoria del paciente. Algunas de las tecnologías de monitorización hemodinámica y respiratoria más comunes son:

1. Catéter de arteria pulmonar: El catéter de arteria pulmonar (CAP) es un dispositivo invasivo que se coloca en la arteria pulmonar y permite la medición directa de la presión pulmonar y la saturación venosa mixta. El CAP también permite la medición del gasto cardíaco mediante la técnica de termodilución.(4)(5)

2. Ecocardiografía: La ecocardiografía es una técnica no invasiva que utiliza ondas de sonido para producir imágenes del corazón y evaluar la función cardiovascular del paciente. La ecocardiografía puede proporcionar información valiosa sobre la función ventricular, la contractilidad y la presencia de válvulas cardíacas anormales.(4)(5)
3. Tomografía por impedancia eléctrica (TIE): La TIE es una técnica no invasiva que utiliza electrodos colocados en la pared torácica para medir la impedancia eléctrica del tejido pulmonar. La TIE permite la evaluación continua de la función respiratoria del paciente y la detección temprana de cambios en la función pulmonar.(4)(5)
4. Capnografía: La capnografía es una técnica no invasiva que mide la concentración de dióxido de carbono en el aire exhalado. La capnografía se utiliza como un indicador de la ventilación y la perfusión pulmonar y puede ser útil para detectar

complicaciones respiratorias como la hiperventilación y la hipoxemia.(4)(5)

5. Monitorización no invasiva de la función cardiopulmonar: Esta tecnología utiliza sensores colocados en la piel para medir la impedancia eléctrica y la variabilidad de la frecuencia cardíaca. La monitorización no invasiva de la función cardiopulmonar puede ser útil para la evaluación continua de la función cardiovascular y respiratoria del paciente sin la necesidad de dispositivos invasivos.(4)(5)

Limitaciones y riesgos de la monitorización hemodinámica y respiratoria

Aunque la monitorización hemodinámica y respiratoria es una herramienta esencial en cuidados intensivos, también presenta ciertas limitaciones y riesgos que deben ser considerados. Algunas de las limitaciones y riesgos de la monitorización hemodinámica y respiratoria son:

1. Riesgo de infección: Las técnicas invasivas de monitorización, como la colocación de catéteres, pueden aumentar el riesgo de infección en el paciente. Es importante tomar medidas de precaución para minimizar el riesgo de infección, como la higiene adecuada de las manos y la esterilización de los dispositivos.(6)
2. Alteración de la función cardiovascular y respiratoria: La monitorización invasiva puede alterar la función cardiovascular y respiratoria del paciente. La colocación de un catéter, por ejemplo, puede provocar la liberación de sustancias vasoactivas que pueden afectar la función cardiovascular del paciente.
3. Limitaciones técnicas: Algunas técnicas de monitorización, como la ecocardiografía y la tomografía por impedancia eléctrica, pueden presentar limitaciones técnicas en determinadas situaciones clínicas. Por ejemplo, la ecocardiografía puede ser difícil de realizar en pacientes con obesidad o ventilación mecánica.(6)

4. Costo y disponibilidad: Algunas tecnologías de monitorización hemodinámica y respiratoria pueden ser costosas y requieren un personal especializado para su uso adecuado. La disponibilidad de estas tecnologías también puede ser limitada en algunas unidades de cuidados intensivos.(6)
5. Interpretación errónea: La interpretación errónea de los datos de monitorización puede conducir a una terapia inapropiada y aumentar el riesgo de complicaciones. Es importante que los médicos y el personal de enfermería estén capacitados en la interpretación adecuada de los datos de monitorización.(6)

Integración de la monitorización hemodinámica y respiratoria en la toma de decisiones clínicas

La integración de la monitorización hemodinámica y respiratoria en la toma de decisiones clínicas es esencial en cuidados intensivos para mejorar los resultados clínicos y reducir la morbilidad y mortalidad de los pacientes. La monitorización continua y en tiempo real

de las variables fisiológicas que reflejan la función cardiovascular y respiratoria del paciente permite una intervención temprana y eficaz en caso de cambios en la función orgánica.

La monitorización hemodinámica y respiratoria puede ser utilizada para guiar la terapia en tiempo real y ajustar la dosificación de los medicamentos. Por ejemplo, la medición de la presión arterial puede indicar si un paciente está hipertenso y requiere fluidos o vasopresores para aumentar la presión arterial. De manera similar, la medición de la saturación de oxígeno y la PaO₂ puede indicar si un paciente requiere ventilación mecánica o una terapia de oxígeno suplementario.(7)

La integración de la monitorización hemodinámica y respiratoria también puede ser útil para la evaluación del progreso clínico del paciente. Por ejemplo, la medición del gasto cardíaco puede indicar si un paciente está respondiendo adecuadamente a la terapia y si la función cardiovascular está mejorando. De manera similar, la

medición de la frecuencia respiratoria y la PaCO₂ puede indicar si un paciente está respondiendo adecuadamente a la ventilación mecánica.(7)

Además, la monitorización hemodinámica y respiratoria puede ser utilizada para identificar complicaciones tempranamente y tomar medidas preventivas para reducir la morbilidad y mortalidad del paciente. Por ejemplo, la medición de la PVC y la SVC puede indicar si un paciente está en riesgo de desarrollar edema pulmonar o insuficiencia cardíaca y permitir una intervención temprana para prevenir estas complicaciones.

Monitorización hemodinámica y respiratoria en pacientes críticos pediátricos

La monitorización hemodinámica y respiratoria en pacientes críticos pediátricos es esencial para la evaluación de la función cardiovascular y respiratoria del paciente y para guiar la terapia en cuidados intensivos pediátricos. La monitorización continua y en tiempo real de las variables fisiológicas en pacientes críticos

pediátricos permite una intervención temprana y eficaz en caso de cambios en la función orgánica.

En pacientes críticos pediátricos, los parámetros de monitorización hemodinámica incluyen la presión arterial, la frecuencia cardíaca, el gasto cardíaco y la PVC. La monitorización de estos parámetros es esencial para la evaluación de la función cardiovascular del paciente y para guiar la terapia, incluyendo la administración de fluidos, vasopresores y la ventilación mecánica.(8)

En la monitorización respiratoria, los parámetros incluyen la frecuencia respiratoria, la saturación de oxígeno, la PaO₂ y la PaCO₂. La monitorización de estos parámetros es esencial para la evaluación de la función respiratoria del paciente y para guiar la terapia, incluyendo la ventilación mecánica y la administración de oxígeno suplementario.

En pacientes críticos pediátricos, la monitorización hemodinámica y respiratoria puede ser más desafiante

debido a las diferencias fisiológicas en comparación con los adultos. Por ejemplo, los lactantes y los niños pequeños pueden tener una frecuencia cardíaca más alta en reposo y una menor capacidad de reserva cardíaca. Además, los niños pueden tener una menor capacidad de compensación en respuesta a la hipoxemia y la acidosis.(8)

Por lo tanto, es importante tener en cuenta estas diferencias fisiológicas al interpretar los datos de monitorización y ajustar la terapia en consecuencia. Además, es importante utilizar tecnologías de monitorización adecuadas para la edad y el tamaño del paciente, como la ecocardiografía pediátrica y la tomografía por impedancia eléctrica.

Monitorización no invasiva de la función cardiopulmonar en cuidados intensivos

La monitorización no invasiva de la función cardiopulmonar es una técnica que utiliza sensores colocados en la piel para medir la impedancia eléctrica y la variabilidad de la frecuencia cardíaca. Esta técnica

puede ser útil en cuidados intensivos para la evaluación continua de la función cardiovascular y respiratoria del paciente sin la necesidad de dispositivos invasivos.

La monitorización no invasiva de la función cardiopulmonar se basa en la medición de la impedancia eléctrica de la pared torácica. La variación en la impedancia eléctrica refleja los cambios en el volumen sanguíneo y el flujo de aire en los pulmones y el corazón. La técnica también utiliza la medición de la variabilidad de la frecuencia cardiaca para evaluar la función autonómica del sistema cardiovascular.(9)

Esta técnica puede ser útil en la evaluación de la función cardiopulmonar del paciente en tiempo real y puede ser utilizada para guiar la terapia en cuidados intensivos. Por ejemplo, la monitorización no invasiva de la función cardiopulmonar puede ser utilizada para la evaluación de la respuesta del paciente a la terapia de fluidos o la ventilación mecánica.

Además, la monitorización no invasiva de la función cardiopulmonar puede ser utilizada para la detección temprana de complicaciones cardiovasculares y respiratorias, como la insuficiencia cardíaca o la hipoxemia(9). La detección temprana de estas complicaciones puede permitir una intervención temprana y reducir la morbilidad y la mortalidad del paciente.

Es importante tener en cuenta que la monitorización no invasiva de la función cardiopulmonar tiene algunas limitaciones en comparación con las técnicas invasivas de monitorización. La técnica no proporciona mediciones precisas y detalladas de la función cardiopulmonar y puede ser menos precisa en pacientes con obesidad o en aquellos con ventilación mecánica.

Utilización de la monitorización hemodinámica y respiratoria en pacientes con insuficiencia cardíaca aguda

La monitorización hemodinámica y respiratoria es especialmente importante en pacientes con insuficiencia

cardíaca aguda, ya que la evaluación temprana y precisa de la función cardiovascular y respiratoria es esencial para el tratamiento y la gestión de estos pacientes críticos.

La monitorización hemodinámica en pacientes con insuficiencia cardíaca aguda incluye la medición de la presión arterial, la frecuencia cardíaca, la PVC y la presión de la arteria pulmonar.(10) Estas mediciones permiten evaluar la función cardíaca del paciente, incluyendo la contractilidad del corazón, la presión de llenado del corazón y la función ventricular.

Además, la monitorización respiratoria en pacientes con insuficiencia cardíaca aguda incluye la medición de la frecuencia respiratoria, la saturación de oxígeno y la PaO₂ y la PaCO₂. Estas mediciones permiten evaluar la función respiratoria del paciente y detectar la presencia de hipoxemia o acidosis respiratoria, que pueden empeorar la insuficiencia cardíaca y llevar a complicaciones graves.

La monitorización hemodinámica y respiratoria en pacientes con insuficiencia cardíaca aguda puede guiar la terapia y la gestión del paciente. Por ejemplo, si se detecta una disminución en la presión arterial o un aumento en la frecuencia cardíaca, puede ser necesario ajustar la dosis de los medicamentos utilizados para tratar la insuficiencia cardíaca.(10) Además, la monitorización respiratoria puede ayudar a identificar la necesidad de oxígeno suplementario o ventilación mecánica.

La monitorización hemodinámica y respiratoria también puede ser útil para identificar complicaciones tempranamente y tomar medidas preventivas para reducir la morbilidad y mortalidad del paciente. Por ejemplo, la medición de la PVC y la presión de la arteria pulmonar puede indicar si un paciente está en riesgo de desarrollar edema pulmonar o insuficiencia cardíaca y permitir una intervención temprana para prevenir estas complicaciones.

Utilización de la monitorización hemodinámica y respiratoria en pacientes con insuficiencia respiratoria aguda

La monitorización hemodinámica y respiratoria es también importante en pacientes con insuficiencia respiratoria aguda, ya que la evaluación temprana y precisa de la función respiratoria del paciente es esencial para el tratamiento y la gestión de estos pacientes críticos.

La monitorización hemodinámica en pacientes con insuficiencia respiratoria aguda incluye la medición de la presión arterial, la frecuencia cardíaca, la PVC y la presión de la arteria pulmonar. Estas mediciones pueden ser utilizadas para evaluar la función cardiovascular del paciente y para detectar la presencia de complicaciones cardiovasculares que puedan empeorar la insuficiencia respiratoria.

La monitorización respiratoria en pacientes con insuficiencia respiratoria aguda incluye la medición de la frecuencia respiratoria, la saturación de oxígeno, la PaO₂

y la PaCO₂. Estas mediciones permiten evaluar la función respiratoria del paciente, incluyendo la ventilación y el intercambio gaseoso. La monitorización continua de estos parámetros puede ayudar a detectar la presencia de hipoxemia o acidosis respiratoria, que pueden empeorar la insuficiencia respiratoria y llevar a complicaciones graves.(11)

La monitorización hemodinámica y respiratoria en pacientes con insuficiencia respiratoria aguda puede guiar la terapia y la gestión del paciente. Por ejemplo, si se detecta una disminución en la saturación de oxígeno, puede ser necesario administrar oxígeno suplementario o ajustar la ventilación mecánica. Además, la monitorización de la presión arterial y la frecuencia cardíaca puede ayudar a identificar la presencia de shock o hipotensión que puedan requerir la administración de líquidos o vasopresores.

La monitorización hemodinámica y respiratoria también puede ser útil para identificar complicaciones tempranamente y tomar medidas preventivas para

reducir la morbilidad y mortalidad del paciente. Por ejemplo, la medición de la PVC y la presión de la arteria pulmonar puede indicar si un paciente está en riesgo de desarrollar edema pulmonar o insuficiencia cardíaca y permitir una intervención temprana para prevenir estas complicaciones.(11)

Utilización de la monitorización hemodinámica y respiratoria en pacientes en estado de choque

La monitorización hemodinámica y respiratoria es esencial en pacientes en estado de choque, ya que la evaluación temprana y precisa de la función cardiovascular y respiratoria del paciente es crucial para la identificación de la causa del choque y para guiar la terapia y la gestión del paciente.

La monitorización hemodinámica en pacientes en estado de choque incluye la medición de la presión arterial, la frecuencia cardíaca, la PVC, la presión de la arteria pulmonar y el gasto cardíaco. Estas mediciones permiten evaluar la función cardiovascular del paciente,

incluyendo la contractilidad del corazón, la presión de llenado del corazón y la función ventricular.

La monitorización respiratoria en pacientes en estado de choque incluye la medición de la frecuencia respiratoria, la saturación de oxígeno, la PaO₂ y la PaCO₂. Estas mediciones permiten evaluar la función respiratoria del paciente y detectar la presencia de hipoxemia o acidosis respiratoria, que pueden empeorar el choque y llevar a complicaciones graves.(12)

La monitorización hemodinámica y respiratoria en pacientes en estado de choque puede guiar la terapia y la gestión del paciente. Por ejemplo, si se detecta una disminución en la presión arterial, puede ser necesario administrar líquidos o vasopresores para aumentar la presión arterial y mejorar la perfusión tisular.(12) Además, la monitorización respiratoria puede ayudar a identificar la necesidad de oxígeno suplementario o ventilación mecánica.

Es importante tener en cuenta que la monitorización hemodinámica y respiratoria puede ser más desafiante en pacientes en estado de choque debido a la presencia de cambios hemodinámicos rápidos y la necesidad de intervención inmediata. En estos casos, puede ser necesario utilizar tecnologías avanzadas de monitorización, como el catéter de Swan-Ganz, para evaluar la función cardiovascular del paciente.

Utilización de la monitorización hemodinámica y respiratoria en pacientes con sepsis grave

La monitorización hemodinámica y respiratoria es esencial en pacientes con sepsis grave, ya que la evaluación temprana y precisa de la función cardiovascular y respiratoria del paciente es crucial para la identificación de la causa de la sepsis y para guiar la terapia y la gestión del paciente.

La monitorización hemodinámica en pacientes con sepsis grave incluye la medición de la presión arterial, la frecuencia cardíaca, la PVC, la presión de la arteria pulmonar y el gasto cardíaco.(13) Estas mediciones

permiten evaluar la función cardiovascular del paciente, incluyendo la contractilidad del corazón, la presión de llenado del corazón y la función ventricular.

La monitorización respiratoria en pacientes con sepsis grave incluye la medición de la frecuencia respiratoria, la saturación de oxígeno, la PaO_2 y la $PaCO_2$. Estas mediciones permiten evaluar la función respiratoria del paciente y detectar la presencia de hipoxemia o acidosis respiratoria, que pueden empeorar la sepsis y llevar a complicaciones graves.

Además, la monitorización de la lactato sérico también es importante en pacientes con sepsis grave, ya que la elevación del lactato sérico puede indicar una perfusión tisular inadecuada y la presencia de shock séptico.

La monitorización hemodinámica y respiratoria en pacientes con sepsis grave puede guiar la terapia y la gestión del paciente.(13) Por ejemplo, si se detecta una disminución en la presión arterial, puede ser necesario administrar líquidos o vasopresores para aumentar la

presión arterial y mejorar la perfusión tisular. Además, la monitorización respiratoria puede ayudar a identificar la necesidad de oxígeno suplementario o ventilación mecánica.

Es importante tener en cuenta que la monitorización hemodinámica y respiratoria puede ser más desafiante en pacientes con sepsis grave debido a la presencia de cambios hemodinámicos rápidos y la necesidad de intervención inmediata. En estos casos, puede ser necesario utilizar tecnologías avanzadas de monitorización, como el catéter de Swan-Ganz, para evaluar la función cardiovascular del paciente.

Utilización de la monitorización hemodinámica y respiratoria en pacientes en estado postoperatorio

La monitorización hemodinámica y respiratoria es importante en pacientes en estado postoperatorio, ya que puede ayudar a detectar complicaciones tempranamente y guiar la gestión del paciente.

La monitorización hemodinámica en pacientes en estado postoperatorio incluye la medición de la presión arterial, la frecuencia cardíaca, la PVC y la presión de la arteria pulmonar. Estas mediciones permiten evaluar la función cardiovascular del paciente y detectar la presencia de complicaciones como hipotensión, hipertensión o insuficiencia cardíaca.

La monitorización respiratoria en pacientes en estado postoperatorio incluye la medición de la frecuencia respiratoria, la saturación de oxígeno, la PaO₂ y la PaCO₂. Estas mediciones permiten evaluar la función respiratoria del paciente y detectar la presencia de complicaciones como hipoxemia o acidosis respiratoria.(14)

Además, en algunos pacientes postoperatorios se puede utilizar la monitorización de la temperatura corporal para detectar la presencia de hipertermia o hipotermia, que pueden indicar una respuesta inflamatoria o una disfunción del sistema nervioso central.

La monitorización hemodinámica y respiratoria en pacientes en estado postoperatorio puede guiar la terapia y la gestión del paciente.(15) Por ejemplo, si se detecta una disminución en la presión arterial, puede ser necesario administrar líquidos o vasopresores para aumentar la presión arterial y mejorar la perfusión tisular.(14) Además, la monitorización respiratoria puede ayudar a identificar la necesidad de oxígeno suplementario o ventilación mecánica.

En conclusión, la monitorización hemodinámica y respiratoria es importante en pacientes en estado postoperatorio para la evaluación temprana y precisa de la función cardiovascular y respiratoria del paciente. La monitorización continua y en tiempo real de las variables fisiológicas puede guiar la terapia y la gestión del paciente y puede ser útil para identificar complicaciones tempranamente y tomar medidas preventivas para reducir la morbilidad y mortalidad del paciente.

Bibliografía

1. Oscar VC. Los enfermos en estado crítico y las medidas de soporte vital en las unidades de cuidados intensivos. Cuadernos Hospital de Clínicas [Internet]. 2022 Jun 1 [cited 2023 Mar 28];63(1):76–82. Available from: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S1652-67762022000100011&script=sci_arttext
2. Herrero JL. Monitorización hemodinámica: de la fisiología a la monitorización. Revista electrónica AnestesiaR [Internet]. 2020;12(1):2. Available from: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7571378>
3. Herrero JL. Monitorización hemodinámica: de la fisiología a la monitorización. Revista electrónica AnestesiaR [Internet]. 2020;12(1):2. Available from: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7571378>
4. Roxana CMC, Sánchez JEG, Naula RPR, Valencia BSS, Marisela BFJ, Muñoz PEG, et al. Revisión bibliográfica: medidas de monitorización en los pacientes sometidos anestésicos previo a cirugía. Brazilian Journal of Health Review [Internet]. 2023 Jan 30 [cited 2023 Mar 28];6(1):2624–39. Available from: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJHR/article/view/56911>
5. Wung, S. (2018). Technology in the ICU, An Issue of Critical Care Nursing Clinics of North America (Volume 30-2) (The

- Clinics: Nursing, Volume 30-2). Elsevier. ISBN-13: 9780323583954, ISBN-10: 0323583954.
6. Vitón-Castillo, Adrián Alejandro, and Heidy Rego-Avila. "Monitorización hemodinámica en cuidados intensivos." *Revista Científica Estudiantil de Cienfuegos Inmedsur* 3.1 (2020): 1-2.
 7. Carrasco G, Morillas J, Calizaya M, Baeza I, Molina R, Meije Y. Decisiones en UCI basadas en la estrategia Living Systematic Review durante la pandemia de SARS-CoV-2. Resultados de una serie prospectiva de casos. *Medicina Intensiva*. 2020 Nov;44(8):516–9.
 8. Mejía Flórez LP, Hernández Caro DM, Castro Ferro SP. Estrategias de cuidados de enfermería para el bienestar del paciente crítico pediátrico con monitorización hemodinámica invasiva (PiCCO). *intellectumunisabanaeduc* [Internet]. 2022 Feb 6 [cited 2023 Mar 28]; Available from: <https://intellectum.unisabana.edu.co/handle/10818/50614>
 9. Ríos-Castro, Francisco, Felipe González-Seguel, and Jorge Molina. "Impulso, esfuerzo y trabajo respiratorio: revisión de definiciones y herramientas no invasivas de ventiladores de cuidados intensivos durante tiempos de pandemia." *Medwave* 22.3 (2022): 1-13.
 10. Dolz Rubert M. Factores pronósticos de la insuficiencia cardíaca en una Unidad de Cuidados Intensivos. *riucvucv* [Internet]. 2021 May 11 [cited 2023 Mar 28]; Available from: <https://riucv.ucv.es/handle/20.500.12466/1788>

11. Madero AEM, Dolberg SPB, Dolberg ALS, Coloma JDP. Beneficio de la ventilación mecánica no invasiva en insuficiencia respiratoria aguda hipercápnica en paciente con EPOC grave agudizada. *Dominio de las Ciencias* [Internet]. 2022 [cited 2023 Mar 28];8(2):1. Available from: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8548175>
12. Zúñiga Patiño AM, Moreno Gómez GA, Ospina González A, Cerón Gómez AC. Disfunción miocárdica inducida por sepsis: reporte de un caso UCI en Armenia – Colombia. *Acta Colombiana de Cuidado Intensivo*. 2019 Oct;19(4):239–43.
13. Loor GYG, Guerrero EKV, Sanguña EDG, Fajardo VGL, Carranza HWS, Trujillo JGV. Diagnóstico y manejo del paciente con sepsis en la UCI. *RECIAMUC* [Internet]. 2019 Aug 2 [cited 2023 Mar 28];3(1):985–1007. Available from: <https://www.reciamuc.com/index.php/RECIAMUC/article/view/340>
14. Puppo Moreno AM, Abella Alvarez A, Morales Conde S, Pérez Flecha M, García Ureña MÁ. La unidad de cuidados intensivos en el postoperatorio de cirugía mayor abdominal. *Medicina Intensiva* [Internet]. 2019 Dec 1 [cited 2022 May 1];43(9):569–77. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0210569119301688?via%3Dihub>
15. Herrero RL, Quirós BS, López ML, Cabo C del R de. Relación existente entre Ecocardiografía y Variables Hemodinámicas en una Unidad de Cuidados Intensivos (UCI) Cardiorácicos.

Revista electrónica AnestesiaR [Internet]. 2022 [cited 2023 Mar 28];14(4):3. Available from: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8441480>

Nutrición en el Paciente Críticamente Enfermo

Mayra Alejandra Neira Vera

Médico por la Universidad de Especialidades
Espíritu Santo

Médico General Atención en Consultorio Médico
Familiar Particular

Introducción

La atención de un paciente críticamente enfermo abarca un amplio espectro de factores que van más allá del tratamiento de la enfermedad subyacente. La nutrición, aunque a menudo pasada por alto en el estrés de la medicina intensiva, juega un papel esencial en el pronóstico del paciente.(1) Este artículo pretende proporcionar una guía para la implementación de una estrategia de nutrición eficaz y personalizada en la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI).

Evaluación Nutricional

La evaluación nutricional en el paciente críticamente enfermo es un componente esencial del manejo integral y debe realizarse de manera temprana. Este proceso permite identificar pacientes en riesgo o con malnutrición, lo que puede tener un impacto directo en su evolución clínica.(2)

Parámetros de Evaluación

Índice de Masa Corporal (IMC)

El IMC es una herramienta útil y fácil de aplicar para evaluar el estado nutricional. Se calcula dividiendo el peso en kilogramos por la altura en metros cuadrados. Sin embargo, es importante tener en cuenta que el IMC puede no reflejar la composición corporal total ni la distribución de la grasa corporal.(3)

Análisis de Composición Corporal

Es fundamental determinar la cantidad de masa grasa y masa muscular. La pérdida de masa muscular es común en pacientes críticos y está asociada con peores resultados.(4) La bioimpedancia eléctrica es un método no invasivo que puede usarse para estimar la composición corporal, aunque su exactitud puede verse afectada por varios factores como el estado de hidratación.

Evaluación de la Ingesta de Alimentos

Evaluar la ingesta de alimentos en la UCI puede ser desafiante debido a factores como la sedación, el uso de

tubos de alimentación y la presencia de enfermedades graves. Sin embargo, una historia dietética detallada puede proporcionar información valiosa sobre la adecuación de la ingesta dietética.

Herramientas de Evaluación

Existen múltiples herramientas para la evaluación nutricional en la UCI, que incluyen la valoración global subjetiva (VGS), el mini examen nutricional (MNA), y el índice de desnutrición-inflamación (IDI).(5) Cada uno de estos instrumentos tiene sus fortalezas y limitaciones y debe utilizarse en el contexto del paciente individual.

Soporte Nutricional Temprano

La iniciación temprana del soporte nutricional es un componente fundamental en el manejo del paciente críticamente enfermo. Este enfoque se basa en la premisa de que el metabolismo y las necesidades nutricionales de estos pacientes cambian drásticamente en respuesta a la enfermedad aguda.

Importancia del Soporte Nutricional Temprano

La enfermedad crítica se asocia con un estado catabólico marcado por el aumento de la degradación proteica y la pérdida de masa muscular. El soporte nutricional temprano, idealmente dentro de las primeras 24-48 horas de admisión en la UCI, tiene como objetivo mitigar estos efectos.(6)

Varios estudios han demostrado que la nutrición temprana puede mejorar los resultados clínicos, como la reducción del riesgo de infecciones nosocomiales, la disminución de la duración de la estancia en la UCI y en el hospital, y la mejora de la función inmunológica.

Implementación del Soporte Nutricional Temprano

Establecimiento de Necesidades Nutricionales

Las necesidades nutricionales de los pacientes críticos pueden variar significativamente dependiendo de la etapa de la enfermedad, las comorbilidades y otros factores. Como tal, deben ser personalizadas. Las necesidades proteicas suelen ser altas para prevenir la pérdida de masa muscular.(7) La necesidad de calorías

debe ser calculada utilizando fórmulas predictivas y, en casos ideales, medidas directamente mediante calorimetría indirecta.

Elección de la Vía de Administración

Se prefiere la nutrición enteral siempre que sea posible debido a su menor riesgo de infecciones y su efecto en la preservación de la función intestinal.(8) Sin embargo, si la nutrición enteral no es posible o no cubre las necesidades nutricionales, debe considerarse la nutrición parenteral.

Monitorización y Ajuste

La monitorización frecuente es necesaria para ajustar el soporte nutricional a las necesidades cambiantes del paciente. Esto puede implicar la monitorización de los niveles de electrolitos, glucosa, proteínas y otros marcadores nutricionales, así como la evaluación de la tolerancia y la eficacia de la nutrición.

Nutrición Enteral vs. Parenteral en el Paciente Críticamente Enfermo

La elección de la vía de administración es un componente clave en el soporte nutricional del paciente críticamente enfermo. La nutrición enteral (NE) y la nutrición parenteral (NP) son las dos principales opciones disponibles, cada una con sus beneficios y limitaciones.

Nutrición Enteral (NE)

La NE, que implica la administración de nutrientes directamente en el tracto gastrointestinal a través de un tubo de alimentación, es la opción preferida en los pacientes críticos siempre que sea posible.(5)

Ventajas

La NE mantiene la integridad del intestino y preserva su función inmunológica y de barrera, reduce el riesgo de infecciones relacionadas con el catéter, es más costo-efectiva y está asociada con menor mortalidad en comparación con la NP.(5)

Desventajas

Sin embargo, la NE puede no ser viable en ciertas circunstancias, como la obstrucción intestinal, la isquemia mesentérica, la hemorragia gastrointestinal activa, la intolerancia a la alimentación enteral, o la necesidad de procedimientos invasivos. Además, en pacientes con riesgo de aspiración, la NE debe manejarse con precaución.(5)

Nutrición Parenteral (NP)

La NP implica la administración de nutrientes directamente en la circulación sanguínea, generalmente a través de un catéter venoso central.

Ventajas

La NP puede proporcionar una nutrición completa, incluyendo proteínas, lípidos, carbohidratos, vitaminas y minerales, y es una opción viable cuando la NE no es posible o es insuficiente.(5)

Desventajas

No obstante, la NP está asociada con mayores costos, un mayor riesgo de infecciones relacionadas con el catéter y de complicaciones metabólicas, como la hiperglucemia. Además, no proporciona los beneficios de la NE en términos de mantenimiento de la función intestinal.(6)

Enfoque Combinado

En algunos casos, puede utilizarse un enfoque combinado, con la NP proporcionando soporte adicional cuando la NE no alcanza las necesidades nutricionales. Este enfoque debe personalizarse según las circunstancias individuales de cada paciente.(7)

Monitorización

La monitorización adecuada es crucial en el soporte nutricional del paciente críticamente enfermo para asegurar una respuesta óptima y realizar ajustes necesarios. A continuación, se presentan los principales parámetros que deben ser monitoreados:

Tolerancia gastrointestinal: Se debe evaluar la tolerancia y respuesta del paciente a la nutrición enteral. Se registra la presencia de vómitos, distensión abdominal, diarrea, náuseas u otros síntomas gastrointestinales. Los volúmenes de residuo gástrico se pueden medir para evaluar la absorción y evacuación adecuadas.(8)

Balance hídrico: Es fundamental mantener un adecuado balance de líquidos y electrolitos. Se monitoriza la ingesta y excreción de líquidos, incluyendo orina, drenajes, emesis y diarrea. Se deben tener en cuenta los requerimientos específicos del paciente, como el reemplazo de pérdidas insensibles y la terapia de reposición de líquidos.

Niveles de glucosa: Se realiza un monitoreo regular de los niveles de glucosa en sangre para detectar y tratar la hiperglucemia. Esto es especialmente importante en pacientes con diabetes preexistente o que reciben nutrición parenteral, ya que la NP puede influir en los niveles de glucosa en sangre.

Marcadores nutricionales: Se evalúa el estado nutricional y el progreso del paciente mediante la monitorización de marcadores bioquímicos como prealbúmina, albúmina, transferrina, linfocitos, proteína C reactiva, entre otros.(9) Estos marcadores pueden indicar la eficacia del soporte nutricional y la respuesta del paciente.

Función hepática y renal: Se monitorean los niveles de enzimas hepáticas y la función renal para detectar posibles complicaciones relacionadas con el soporte nutricional, como la esteatosis hepática o la disfunción renal.

Electrolitos: Se realiza un seguimiento regular de los niveles de electrolitos, como sodio, potasio, calcio, magnesio y fósforo, para asegurar un equilibrio adecuado y corregir cualquier alteración que pueda afectar la función metabólica y la homeostasis.(9)

Es importante destacar que la monitorización debe ser individualizada y adaptada a las necesidades y

condiciones específicas de cada paciente. Los intervalos de tiempo para la monitorización dependerá de la estabilidad clínica y la respuesta del paciente al soporte nutricional.

La monitorización regular y el ajuste adecuado permiten optimizar el soporte nutricional y minimizar los riesgos asociados, garantizando así una atención óptima al paciente críticamente enfermo.(10)

Suplementación de Micronutrientes

La suplementación de micronutrientes desempeña un papel importante en el soporte nutricional del paciente críticamente enfermo, ya que estas deficiencias son comunes debido a la enfermedad subyacente, la disminución de la ingesta y el aumento de las necesidades metabólicas. A continuación, se presentan los aspectos clave de la suplementación de micronutrientes:

Vitaminas: Se deben considerar las deficiencias específicas de vitaminas, como la vitamina C, la

vitamina D, la vitamina B12 y las vitaminas del complejo B. Estas deficiencias pueden ocurrir debido a la inmovilidad, la falta de exposición solar, la mala ingesta dietética o las alteraciones en la absorción intestinal. La administración de suplementos vitamínicos orales o intravenosos puede ser necesaria para corregir las deficiencias y optimizar la respuesta inmunológica.(11)

Minerales: Algunos minerales críticos que pueden requerir suplementación incluyen el hierro, el zinc, el magnesio y el selenio. Estas deficiencias pueden ocurrir debido a pérdidas a través de la orina, el sudor o las heridas, y también debido a una ingesta dietética inadecuada. La suplementación oral o intravenosa de minerales se puede utilizar para corregir las deficiencias y mantener los niveles adecuados.(120)

Ácidos grasos omega-3: Los ácidos grasos omega-3, como el ácido eicosapentaenoico (EPA) y el ácido docosahexaenoico (DHA), tienen propiedades antiinflamatorias y pueden beneficiar a los pacientes

críticamente enfermos. La suplementación de ácidos grasos omega-3 puede ayudar a modular la respuesta inflamatoria excesiva y mejorar los resultados clínicos.(13)

Antioxidantes: Los antioxidantes, como las vitaminas C y E, el selenio y el zinc, son importantes para contrarrestar el estrés oxidativo y proteger las células y tejidos del daño. La suplementación de antioxidantes puede ser necesaria en pacientes críticamente enfermos para mantener un equilibrio antioxidante adecuado y mitigar el daño celular.(13)

Es importante destacar que la suplementación de micronutrientes debe ser personalizada y basada en las necesidades individuales de cada paciente. Se deben realizar evaluaciones nutricionales y monitoreo regular de los niveles de micronutrientes para determinar las deficiencias y ajustar la suplementación en consecuencia.

La suplementación de micronutrientes en combinación con una nutrición adecuada y personalizada puede ayudar a optimizar el soporte nutricional y mejorar los resultados en pacientes críticamente enfermos. Sin embargo, es importante trabajar en estrecha colaboración con un equipo multidisciplinario de atención médica para garantizar una suplementación segura y eficaz.(14)

Conclusiones

En el paciente críticamente enfermo, la nutrición desempeña un papel fundamental en su manejo y pronóstico. La evaluación nutricional precisa, el soporte nutricional temprano y personalizado, la elección adecuada entre la nutrición enteral y parenteral, la monitorización regular y la suplementación de micronutrientes son aspectos clave que los médicos a cargo de la nutrición deben tener en cuenta.

La evaluación nutricional exhaustiva nos permite identificar a los pacientes en riesgo de malnutrición y tomar medidas preventivas. El soporte nutricional temprano, preferiblemente dentro de las primeras 24-48

horas, mejora los resultados clínicos y ayuda a preservar la masa muscular y la función inmunológica.

La nutrición enteral se considera la opción preferida siempre que sea posible, ya que mantiene la integridad del intestino y reduce el riesgo de infecciones relacionadas con catéter. Sin embargo, en casos donde la nutrición enteral no es factible o insuficiente, la nutrición parenteral puede ser utilizada como alternativa.

La monitorización regular de parámetros como la tolerancia gastrointestinal, el balance hídrico, los niveles de glucosa, los marcadores nutricionales, la función hepática y renal, y los electrolitos, es esencial para ajustar el soporte nutricional a las necesidades cambiantes del paciente y garantizar una respuesta óptima.

La suplementación de micronutrientes se vuelve relevante para corregir deficiencias específicas y optimizar la respuesta inmunológica y metabólica del paciente.

En resumen, un enfoque integral y personalizado de la nutrición en el paciente críticamente enfermo mejora significativamente los resultados y la calidad de vida. Los médicos a cargo de la nutrición en la UCI desempeñan un papel crucial al evaluar, implementar y monitorear estrategias nutricionales efectivas, trabajando en colaboración con el equipo multidisciplinario de atención médica.

Bibliografía

1. González-Salazar, Luis E., et al. "Manejo nutricional del paciente hospitalizado críticamente enfermo con COVID-19. Una revisión narrativa." *Nutrición Hospitalaria* 37.3 (2020): 622-630.
2. Soto, Marcela. "Asistencia nutricional del paciente críticamente enfermo."
3. Martín, Carlos Alfredo Galindo, et al. "Síndrome de realimentación en el paciente críticamente enfermo: Del metabolismo al pie de cama." *Revista Mexicana de Patología Clínica y Medicina de Laboratorio* 66.3 (2019): 154-159.
4. Hernández Hurtado, Juan David, and Jhon Valencia Marulanda. "Control de la Hiperglicemia Asociada a la Nutrición Enteral y Parenteral en el Paciente Críticamente Enfermo." (2019).

5. Compher, Charlene et al. "Guidelines for the provision of nutrition support therapy in the adult critically ill patient: The American Society for Parenteral and Enteral Nutrition." JPEN. Journal of parenteral and enteral nutrition vol. 46,1 (2022): 12-41. doi:10.1002/jpen.2267
6. Singer, Pierre et al. "ESPEN guideline on clinical nutrition in the intensive care unit." Clinical nutrition (Edinburgh, Scotland) vol. 38,1 (2019): 48-79. doi:10.1016/j.clnu.2018.08.037
7. Puzio, Thaddeus J, and Rosemary A Kozar. "Nutrition in the critically ill surgical patient." Current opinion in critical care vol. 26,6 (2020): 622-627. doi:10.1097/MCC.0000000000000764
8. Allen, Karen, and Leah Hoffman. "Enteral Nutrition in the Mechanically Ventilated Patient." Nutrition in clinical practice : official publication of the American Society for Parenteral and Enteral Nutrition vol. 34,4 (2019): 540-557. doi:10.1002/ncp.10242
9. Hill, Aileen et al. "Nutrition in the Intensive Care Unit-A Narrative Review." Nutrients vol. 13,8 2851. 19 Aug. 2021, doi:10.3390/nu13082851
10. Moron, Rocio et al. "The Importance of the Microbiome in Critically Ill Patients: Role of Nutrition." Nutrients vol. 11,12 3002. 7 Dec. 2019, doi:10.3390/nu11123002
11. Al-Dorzi, Hasan M, and Yaseen M Arabi. "Nutrition support for critically ill patients." JPEN. Journal of parenteral and

- enteral nutrition vol. 45,S2 (2021): 47-59.
doi:10.1002/jpen.2228
12. Singer, Pierre. "Preserving the quality of life: nutrition in the ICU." *Critical care (London, England)* vol. 23,Suppl 1 139. 14 Jun. 2019, doi:10.1186/s13054-019-2415-8
 13. Ichimaru, Satomi. "Methods of Enteral Nutrition Administration in Critically Ill Patients: Continuous, Cyclic, Intermittent, and Bolus Feeding." *Nutrition in clinical practice : official publication of the American Society for Parenteral and Enteral Nutrition* vol. 33,6 (2018): 790-795. doi:10.1002/ncp.10105
 14. Moisey, Lesley L et al. "The role of nutrition rehabilitation in the recovery of survivors of critical illness: underrecognized and underappreciated." *Critical care (London, England)* vol. 26,1 270. 8 Sep. 2022, doi:10.1186/s13054-022-04143-5

**Actualizaciones en ECMO
(Oxigenación por Membrana
Extracorpórea)**

Nathaly Michelle Jácome Gavilanez

Médica Cirujana por la Pontificia Universidad
Católica del Ecuador

Médico Residente

Introducción:

La Oxigenación por Membrana Extracorpórea (ECMO, por sus siglas en inglés) es una técnica médica que ha experimentado importantes avances en los últimos años. La ECMO se utiliza para brindar soporte vital a pacientes con insuficiencia respiratoria o cardiovascular grave cuando otros tratamientos convencionales no son suficientes. En este artículo, se explorarán las actualizaciones más recientes en el campo de la ECMO, destacando su aplicación clínica y los resultados obtenidos.

La ECMO consiste en extraer la sangre del cuerpo del paciente, oxigenarla y eliminar el dióxido de carbono en una membrana artificial antes de devolverla al torrente sanguíneo. Esta técnica permite proporcionar soporte respiratorio y/o circulatorio a los órganos vitales, ofreciendo tiempo y oportunidad para la recuperación del paciente. (1)

Innovaciones tecnológicas en la ECMO

En los últimos años, se han producido importantes avances en la tecnología utilizada en los dispositivos de ECMO, lo que ha mejorado su eficacia y facilidad de uso. Algunas de las innovaciones tecnológicas relevantes incluyen:

Mejoras en las bombas y circuitos de ECMO: Las mejoras en las bombas de ECMO han permitido un flujo sanguíneo más constante y una mayor durabilidad de los dispositivos. Los nuevos circuitos de ECMO también han sido diseñados para minimizar la formación de coágulos y reducir el riesgo de hemólisis (2).

Desarrollo de dispositivos ECMO más compactos y portátiles: Se han desarrollado dispositivos ECMO más pequeños y portátiles que facilitan su uso en entornos clínicos diversos, incluyendo unidades de cuidados intensivos móviles y transporte intra o interhospitalario. Estos avances han ampliado la accesibilidad de la ECMO y han permitido el tratamiento de pacientes en ubicaciones fuera de los centros especializados.

Avances en los sistemas de monitorización y control:

Los avances en los sistemas de monitorización y control de ECMO han mejorado la capacidad de los clínicos para evaluar y ajustar con precisión los parámetros hemodinámicos y los gases sanguíneos durante el soporte con ECMO (12). Esto ha permitido una gestión más precisa y personalizada del tratamiento. (3)

Uso de la ECMO en el tratamiento de pacientes con insuficiencia respiratoria aguda, incluyendo síndrome de distrés respiratorio agudo (SDRA) y neumonía grave

La ECMO ha demostrado ser una herramienta valiosa en el tratamiento de pacientes con insuficiencia respiratoria aguda, especialmente en aquellos con síndrome de distrés respiratorio agudo (SDRA) y neumonía grave. Esta técnica proporciona soporte respiratorio y permite una mejor oxigenación y eliminación del dióxido de carbono, reduciendo la carga de trabajo del pulmón y permitiendo su recuperación. (4)

Aplicación de la ECMO en casos de insuficiencia cardíaca refractaria o insuficiencia cardíaca aguda

La ECMO también se ha utilizado en el tratamiento de pacientes con insuficiencia cardíaca refractaria o insuficiencia cardíaca aguda, tanto como puente al trasplante cardíaco como terapia de soporte a largo plazo. Esta técnica permite brindar soporte circulatorio y mejorar la función cardíaca en pacientes críticamente enfermos. (5)

Mejoras en la gestión y complicaciones asociadas a la ECMO

La gestión adecuada y la reducción de las complicaciones son aspectos cruciales en el uso de la ECMO. A lo largo de los años, se han realizado mejoras significativas en la gestión de la ECMO y en la prevención y manejo de las complicaciones asociadas. (6)

Protocolos de atención y estrategias de manejo óptimas para minimizar los riesgos y complicaciones, como hemorragias, infecciones y trombosis:

El desarrollo de protocolos de atención y estrategias de manejo adecuadas es fundamental para minimizar los riesgos y complicaciones asociadas a la ECMO. (7)

Avances en el monitoreo no invasivo de la función pulmonar y cardíaca durante el soporte con ECMO, facilitando la toma de decisiones clínicas:

El monitoreo no invasivo de la función pulmonar y cardíaca durante el soporte con ECMO ha experimentado avances significativos, lo que ha mejorado la capacidad de los clínicos para evaluar y ajustar con precisión los parámetros hemodinámicos y los gases sanguíneos. Estos avances permiten una toma de decisiones clínicas más informada y personalizada en pacientes sometidos a ECMO. (8)

Resultados y pronóstico de los pacientes sometidos a ECMO:

El análisis de los resultados y el pronóstico de los pacientes sometidos a ECMO es fundamental para evaluar la eficacia y los beneficios de esta terapia de soporte vital. (9)

Conclusión

En conclusión, las actualizaciones en ECMO (Oxigenación por Membrana Extracorpórea) han mejorado significativamente la atención médica en pacientes con insuficiencia respiratoria o cardíaca grave. Las innovaciones tecnológicas en los dispositivos ECMO, la ampliación de sus indicaciones clínicas y la implementación de protocolos de atención han llevado a mejores resultados y una reducción de las complicaciones. Además, los avances en el monitoreo no invasivo han facilitado la toma de decisiones clínicas más informadas durante el soporte con ECMO.

Bibliografía

1. Mazzeffi M, Greenwood J, Tanaka K. The evolution of extracorporeal membrane oxygenation: past, present, and future. *J Anesth.* 2017;31(1):58-64. doi:10.1007/s00540-016-2278-1
2. Moll F, Kocabas A, Doevendans PA, et al. Future perspectives in extracorporeal membrane oxygenation. *Pflugers Arch.* 2018;470(12):1789-1799. doi:10.1007/s00424-018-2176-5
3. Fraser JF, Shekar K, Diab S, et al. ECMO—the next decade: challenges, opportunities, and advances. *Front Med.* 2018;5:245. doi:10.3389/fmed.2018.00245
4. Munshi L, Telesnicki T, Walkey A, et al. Extracorporeal life support for acute respiratory failure. A systematic review and metaanalysis. *Ann Am Thorac Soc.* 2014;11(5):802-810. doi:10.1513/AnnalsATS.201312-439OC
5. Madershahian N, Nagdyman N, Wippermann J, et al. Midterm survival after extracorporeal membrane oxygenation in infants and children with cardiac disease. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2010;140(2):304-310. doi:10.1016/j.jtcvs.2009.12.014
6. Schmidt M, Stewart C, Bailey M, et al. Mechanical ventilation management during extracorporeal membrane oxygenation for acute respiratory distress syndrome. An international multicenter prospective cohort. *Am J Respir Crit Care Med.* 2019;200(8):1002-1012. doi:10.1164/rccm.201901-0066OC
7. Schmidt M, Bailey M, Sheldrake J, et al. Predicting survival after extracorporeal membrane oxygenation for severe acute

- respiratory failure. The Respiratory Extracorporeal Membrane Oxygenation Survival Prediction (RESP) score. *Am J Respir Crit Care Med.* 2014;189(11):1374-1382. doi:10.1164/rccm.201311-2023OC
8. Suen WM, Mok YH, Wan S, et al. Assessment of right ventricular function using transesophageal echocardiography in patients supported with veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation. *Crit Care.* 2015;19:230. doi:10.1186/s13054-015-0942-9
 9. Raffaeli G, Cavallaro G, Costa S, et al. Neonatal Extracorporeal Membrane Oxygenation: Are Shorter Cannulation and/or Lower Flow Parameters Really Better? *Neonatology.* 2016;110(2):103-110. doi:10.1159/000445758

Terapias de Reemplazo Renal

Continuo

Ivan Xavier Fuentes Guerrero

Médico por la Universidad de Guayaquil
Especialista en Medicina Laboral (PUCE)
Máster en Prevención de Riesgos Laborales (UNIR)
Médico Residentes de Terapia Intensiva Hospital
Naval

Introducción

Las terapias de reemplazo renal continuo (TRRC) han sido un componente esencial en el manejo de pacientes críticos con insuficiencia renal aguda (IRA) durante varias décadas. Estos procedimientos, que se realizan comúnmente en unidades de cuidados intensivos (UCI), ofrecen una opción vital para aquellos cuya función renal ha sido severamente afectada o eliminada.(1) Este artículo proporcionará una visión general actualizada de las TRRC, con un enfoque en la utilidad clínica, los principios técnicos y las perspectivas actuales.

Desarrollo histórico

El desarrollo de las Terapias de Reemplazo Renal Continuo (TRRC) ha sido una hazaña de la medicina moderna, y su historia está intrínsecamente ligada a los avances en la comprensión y el tratamiento de la insuficiencia renal.

Los primeros años

Las primeras máquinas de diálisis aparecieron en la década de 1940, desarrolladas por el médico holandés

Willem Kolff. Sin embargo, estos primeros dispositivos eran grandes y torpes, y solo se utilizaban en casos extremos de insuficiencia renal.

En la década de 1950, con el desarrollo de la shunt arteriovenoso por Belding Scribner, se abrió la puerta a la diálisis regular, y en la década de 1960, la hemodiálisis se había convertido en un tratamiento común para la insuficiencia renal crónica. Sin embargo, estas terapias todavía eran intermitentes y se requería una hemodinámica estable, lo que limitaba su uso en pacientes críticos.(2)

Aparición de las TRRC

Las TRRC nacieron en los años 70 con la aparición de técnicas continuas de diálisis y ultrafiltración, utilizadas principalmente en Europa. Estas técnicas eran más suaves y podían ser utilizadas en pacientes hemodinámicamente inestables, lo que las hizo ideales para la UCI. Peter Kramer, un nefrólogo alemán, es a menudo acreditado con el desarrollo de la terapia

moderna de TRRC en 1977, específicamente la Hemofiltración Continua Venovenosa (HFCVV).(3)

Avances técnicos y expansión de las TRRC

Durante las décadas de 1980 y 1990, las TRRC ganaron popularidad en todo el mundo debido a las mejoras en la tecnología y la comprensión de la fisiología renal. Se desarrollaron diferentes técnicas de TRRC, como la Hemodiálisis Continua Venovenosa (HDCVV) y la Hemodiafiltración Continua Venovenosa (HDFCVV), cada una con su propio conjunto de beneficios y desventajas.(4)

En los años siguientes, se han realizado avances significativos en la optimización de las TRRC. Los avances en la tecnología del filtro y del dializador han permitido una mayor eficiencia en la eliminación de solutos y líquidos.(5) La introducción de las bombas de sangre y los modernos sistemas de monitoreo ha permitido una mejor regulación del flujo sanguíneo y un manejo más preciso de los volúmenes de líquidos.

Utilidad clínica

Las Terapias de Reemplazo Renal Continuo (TRRC) son un componente crucial en el tratamiento de pacientes críticos que presentan insuficiencia renal aguda (IRA). Son de especial importancia en aquellos pacientes que tienen inestabilidad hemodinámica, lo que hace que las terapias intermitentes de reemplazo renal sean menos viables. A continuación, se discuten varias áreas clave de la utilidad clínica de las TRRC.(6)

Manejo de la sobrecarga de volumen y de los solutos

Uno de los usos más evidentes de las TRRC es en el manejo de la sobrecarga de volumen y la eliminación de solutos. Los pacientes en estado crítico a menudo presentan retención de líquidos y acumulación de productos de desecho debido a la disminución de la función renal.(7) Las TRRC pueden ayudar a eliminar el exceso de líquidos y solutos del cuerpo de manera más tolerable que las terapias intermitentes, especialmente en pacientes hemodinámicamente inestables.

Estabilización hemodinámica

Las TRRC pueden ser beneficiosas para los pacientes que sufren de inestabilidad hemodinámica, ya que la eliminación de líquidos y solutos es más gradual y continua en comparación con las terapias de diálisis intermitentes.(8) Esto reduce el riesgo de cambios bruscos en la presión arterial y puede contribuir a una mayor estabilidad hemodinámica.

Protección renal

El uso de TRRC puede ayudar a prevenir o minimizar la lesión renal adicional en pacientes con IRA. Al mantener la homeostasis de los fluidos y los solutos, las TRRC pueden facilitar la recuperación de la función renal.(9)

Flexibilidad en el manejo de fluidos y solutos

Las TRRC ofrecen flexibilidad en el manejo de fluidos y solutos, ya que permiten ajustes más frecuentes y precisos de las tasas de ultrafiltración y dosificación de diálisis. Esto es especialmente útil en pacientes críticamente enfermos con cambios dinámicos en el

estado del volumen y las necesidades de eliminación de solutos.(10)

Remoción de mediadores inflamatorios

Algunos estudios sugieren que las TRRC pueden ser útiles en la eliminación de mediadores inflamatorios en condiciones como sepsis y síndrome de respuesta inflamatoria sistémica, aunque se necesita más investigación en esta área.

Las TRRC son una herramienta valiosa en la atención de pacientes críticos con insuficiencia renal. Como con cualquier intervención, el uso de TRRC debe ser considerado dentro del contexto clínico global del paciente, y se deben tomar decisiones individualizadas basadas en las necesidades y circunstancias únicas de cada paciente.(11)

Principios técnicos

Las Terapias de Reemplazo Renal Continuo (TRRC) son un conjunto de procedimientos que permiten la eliminación continua y controlada de solutos y líquidos

en pacientes con insuficiencia renal aguda (IRA).(12)
Aunque existen diferentes técnicas, todas comparten principios técnicos comunes.

Mecanismos de depuración

La depuración en las TRRC puede ocurrir mediante difusión, convección o una combinación de ambas. La difusión se basa en el movimiento de solutos a lo largo de un gradiente de concentración a través de una membrana semipermeable, mientras que la convección implica el transporte de solutos disueltos por el flujo de agua (ultrafiltrado) a través de esa misma membrana.(13)
Los métodos que emplean ambos mecanismos son los más efectivos para eliminar una amplia gama de solutos.

Componentes del sistema

Un sistema típico de TRRC incluye una línea de acceso venoso, una bomba de sangre, un filtro (o dializador) con una membrana semipermeable, líneas de reemplazo y eliminación, y una bomba de infusión de líquido de reemplazo/dialisato. También se emplean sistemas de

anticoagulación para evitar la coagulación en el circuito de la máquina.

Elección de la terapia

La elección de la terapia se hace en función del estado clínico del paciente y de las necesidades de depuración de solutos. Las técnicas más comunes incluyen la Hemofiltración Continua Venovenosa (HFCVV), que utiliza convección; la Hemodiálisis Continua Venovenosa (HDCVV), que utiliza difusión; y la Hemodiafiltración Continua Venovenosa (HDFCVV), que combina ambas.(14)

Ajuste de los parámetros

La dosificación y los parámetros de la TRRC deben ajustarse según el estado clínico del paciente. Estos incluyen el flujo de sangre, el flujo del líquido de reemplazo/dialisato, y la tasa de ultrafiltración neta. Los parámetros pueden ajustarse para controlar la eliminación de solutos y fluidos, y para evitar complicaciones como la hipotermia y los trastornos del equilibrio ácido-base y electrolítico.

Monitorización

La monitorización continua es esencial para evaluar la eficacia de la TRRC y prevenir o detectar posibles complicaciones. Esto incluye la monitorización de las presiones en el circuito, la coagulación, los parámetros de fluidos y solutos, y el estado clínico general del paciente.(15)

Las TRRC requieren un conocimiento detallado de los principios técnicos para maximizar su efectividad y minimizar las complicaciones. Al igual que con todas las intervenciones en medicina crítica, el uso efectivo de las TRRC implica una cuidadosa consideración de las necesidades y el estado del paciente, junto con una constante monitorización y ajuste de la terapia.

Perspectivas actuales

Si bien las TRRC han sido una herramienta invaluable en la atención crítica, existen varios desafíos y áreas de investigación en curso. Estos incluyen optimizar las estrategias de dosificación, minimizar las complicaciones asociadas con la terapia y explorar

indicaciones emergentes como la sepsis y la lesión renal aguda subclínica.

Además, la actual pandemia de COVID-19 ha planteado desafíos únicos en la administración de TRRC debido al alto riesgo de transmisión del virus y la necesidad de conservar los recursos. Estos desafíos han subrayado la importancia de la investigación continua y la innovación en el campo de las TRRC.(16)

Las TRRC seguirán siendo un pilar en el manejo de los pacientes críticos con IRA. Para el médico intensivista, una comprensión profunda de estas terapias y de las últimas investigaciones puede ser instrumental para mejorar los resultados de los pacientes en el entorno de cuidados intensivos.

En conclusión, las TRRC desempeñan un papel vital en el manejo de pacientes críticos con insuficiencia renal aguda. Aunque la elección de la técnica dependerá de las circunstancias clínicas y de los recursos disponibles, la capacidad de adaptar las terapias a las necesidades

específicas del paciente representa una de las mayores fortalezas de estas modalidades.

Complicaciones y manejo

A pesar de los beneficios evidentes, las TRRC no están exentas de complicaciones. Estas pueden variar desde problemas técnicos, como coagulación del circuito, hasta complicaciones médicas graves, como trastornos electrolíticos, desequilibrio de fluidos y hipotermia. Es imprescindible un monitoreo cuidadoso y la administración oportuna de las correcciones necesarias para minimizar estas complicaciones y optimizar los resultados del paciente.(17)

Además, se deben tomar decisiones informadas y basadas en evidencia con respecto a la duración de la TRRC. Aunque la terapia se inició originalmente como un tratamiento de 24 horas al día, la investigación actual sugiere que puede haber flexibilidad en la duración y la intensidad de la terapia dependiendo de las necesidades individuales del paciente.

Avances recientes y futuro

La última década ha visto avances significativos en nuestra comprensión de las TRRC, y esta tendencia no muestra signos de desaceleración. Se están realizando esfuerzos para mejorar las técnicas de dosificación, optimizar la composición del líquido de reemplazo y dializado, y desarrollar mejores estrategias de anticoagulación para minimizar la coagulación del circuito.

A medida que continuamos ampliando nuestros conocimientos y tecnología, es probable que veamos un aumento en la eficacia y la seguridad de las TRRC. La investigación en curso en campos emergentes, como la aplicación de las TRRC en condiciones como la sepsis y la lesión renal aguda subclínica, promete expandir aún más el alcance de estas terapias vitales.(18)

Como médicos especialistas en medicina crítica, tenemos la responsabilidad de mantenernos al día con estas tendencias y evoluciones para proporcionar la mejor atención posible a nuestros pacientes. Las TRRC

son y seguirán siendo una herramienta invaluable en nuestro arsenal para manejar a los pacientes críticamente enfermos con insuficiencia renal aguda.

Conclusiones

Las Terapias de Reemplazo Renal Continuo (TRRC) han evolucionado significativamente desde su inicio y han demostrado ser una herramienta invaluable en el manejo de pacientes críticamente enfermos con insuficiencia renal aguda. Aportan ventajas significativas en el manejo de la sobrecarga de fluidos y solutos, proporcionan una estabilidad hemodinámica superior y protegen la función renal en un grupo de pacientes que presentan desafíos terapéuticos únicos.

Los avances en la tecnología y el entendimiento de las TRRC han permitido mejoras en su aplicación, ofreciendo una amplia variedad de modos de terapia para adaptarse a las necesidades específicas del paciente. Sin embargo, a pesar de estos avances, es necesario un enfoque cuidadoso y una monitorización constante para minimizar las complicaciones y optimizar los resultados.

El futuro de las TRRC parece prometedor, con una investigación en curso que se centra en mejorar aún más su eficacia y seguridad. Este campo dinámico continuará evolucionando y desempeñando un papel cada vez más importante en la atención de pacientes críticamente enfermos.

Como médicos, es nuestro deber mantenernos actualizados con los últimos avances en esta área para poder proporcionar la mejor atención posible a nuestros pacientes. Las TRRC, a pesar de su complejidad, son una herramienta esencial en nuestra caja de herramientas clínicas y seguirán siendo una parte vital del cuidado de pacientes en estado crítico en los años venideros.

Bibliografía

1. González-Soler, Juan Basilio, et al. "Terapia de reemplazo renal continua. Presentación de un caso." *Revista Médica Electrónica* 43.6 (2021): 1747-1758.
2. Pantoja-Gómez, Oscar Camilo, et al. "Terapia de reemplazo renal continua en niños: de los conceptos a la prescripción."

Revista de la Facultad de Ciencias de la Salud Universidad del Cauca 23.1 (2021): 32-46.

3. Campos, Evelin Noriega, and Ana Migdalia Milanés Hernández. "Intervención de enfermería en las terapias de reemplazo renal continuo." NPunto 4.40 (2021): 100-106.
4. Duarte, Jhonatan Surihém Pérez, et al. "Movilización temprana en el paciente sometido a terapia de reemplazo renal continuo: ¿el riesgo sobrepasa los beneficios?." Medicina Crítica 37.2 (2023): 117-121.
5. Rey Louzao, Paula. "Terapias de reemplazo renal continuo en el paciente crítico: puesta al día." (2019).
6. Tandukar, Srijan, and Paul M Palevsky. "Continuous Renal Replacement Therapy: Who, When, Why, and How." Chest vol. 155,3 (2019): 626-638. doi:10.1016/j.chest.2018.09.004
7. Karkar, Ayman. "Continuous renal replacement therapy: Principles, modalities, and prescription." Saudi journal of kidney diseases and transplantation : an official publication of the Saudi Center for Organ Transplantation, Saudi Arabia vol. 30,6 (2019): 1201-1209. doi:10.4103/1319-2442.275463
8. Claire-Del Granado, Rolando, and William R Clark. "Continuous renal replacement therapy principles." Seminars in dialysis vol. 34,6 (2021): 398-405. doi:10.1111/sdi.12967
9. Legrand, Matthieu, and Ashita Tolwani. "Anticoagulation strategies in continuous renal replacement therapy." Seminars in dialysis vol. 34,6 (2021): 416-422. doi:10.1111/sdi.12959

10. Ronco, Claudio, and Thiago Reis. "Continuous renal replacement therapy and extended indications." *Seminars in dialysis* vol. 34,6 (2021): 550-560. doi:10.1111/sdi.12963
11. Selewski, David T, and Keith M Wille. "Continuous renal replacement therapy in patients treated with extracorporeal membrane oxygenation." *Seminars in dialysis* vol. 34,6 (2021): 537-549. doi:10.1111/sdi.12965
12. Wald, Ron et al. "Delivering optimal renal replacement therapy to critically ill patients with acute kidney injury." *Intensive care medicine* vol. 48,10 (2022): 1368-1381. doi:10.1007/s00134-022-06851-6
13. Wang, Amanda Ying, and Rinaldo Bellomo. "Renal replacement therapy in the ICU: intermittent hemodialysis, sustained low-efficiency dialysis or continuous renal replacement therapy?." *Current opinion in critical care* vol. 24,6 (2018): 437-442. doi:10.1097/MCC.0000000000000541
14. Sanderson, Keia R, and Lyndsay A Harshman. "Renal replacement therapies for infants and children in the ICU." *Current opinion in pediatrics* vol. 32,3 (2020): 360-366. doi:10.1097/MOP.0000000000000894
15. Gatti, Milo, and Federico Pea. "Antimicrobial Dose Reduction in Continuous Renal Replacement Therapy: Myth or Real Need? A Practical Approach for Guiding Dose Optimization of Novel Antibiotics." *Clinical pharmacokinetics* vol. 60,10 (2021): 1271-1289. doi:10.1007/s40262-021-01040-y

16. Kovvuru, Karthik, and Juan C Q Velez. "Complications associated with continuous renal replacement therapy." *Seminars in dialysis* vol. 34,6 (2021): 489-494. doi:10.1111/sdi.12970
17. Spector, Benjamin L, and Jason M Misurac. "Renal Replacement Therapy in Neonates." *NeoReviews* vol. 20,12 (2019): e697-e710. doi:10.1542/neo.20-12-e697
18. See, Emily et al. "The future of continuous renal replacement therapy." *Seminars in dialysis* vol. 34,6 (2021): 576-585. doi:10.1111/sdi.12961