



O Papel da Oxigenação por Membrana Extracorpórea (ECMO) no Manejo da Hipertensão Pulmonar Persistente do Recém-Nascido

João Edilson de Oliveira Filho ¹, Vinícius Silva Carrijo ¹, Maria Luiza de Jesus Prates ², Gabriella Braga Ramalho dos Anjos ³, Wainny Rocha Guimarães Ritter ⁴, Maria Clara Raulino Rêgo ⁵, Luana de Queiroz Souza ⁶, Thiago Guedes Assis Dutra ⁷, Marcus Vinicius Tavares Fogaça ³

ARTIGO DE REVISÃO

RESUMO

A Hipertensão Pulmonar Persistente do Recém-Nascido (HPPN) é uma condição grave que impede a oxigenação adequada do sangue neonatal associada a alta morbidade e mortalidade. Caracteriza-se pela persistência de alta resistência vascular pulmonar, shunts extrapulmonares e hipoxemia severa, devido a fatores genéticos, inflamatórios e ambientais. Os tratamentos convencionais incluem oxigênio suplementar, ventilação mecânica e agentes farmacológicos como óxido nítrico inalatório e sildenafil. No entanto, muitos neonatos permanecem refratários, necessitando de abordagens alternativas como a oxigenação por membrana extracorpórea (ECMO). A ECMO fornece suporte cardiopulmonar temporário para neonatos com insuficiência respiratória severa e hipoxemia refratária, permitindo a recuperação dos pulmões e do coração. No entanto, seu uso apresenta riscos significativos, como complicações hemorrágicas e infecciosas. Este estudo visa revisar a literatura sobre a ECMO no manejo da HPPN, avaliando sua eficácia e segurança em comparação aos tratamentos convencionais, e identificando lacunas de conhecimento para futuras pesquisas. A metodologia inclui uma revisão sistemática de artigos científicos, conferências e relatórios técnicos. Os resultados indicam que a ECMO melhora significativamente as taxas de sobrevivência em neonatos com HPPN refratária, embora associada a complicações graves que requerem gestão rigorosa. Estudos de seguimento mostram a necessidade de programas de intervenção precoce para melhorar os desfechos neurodesenvolvimentais. A introdução de inovações tecnológicas e práticas clínicas aprimoradas tem melhorado a segurança e eficácia da ECMO. Em conclusão, a ECMO representa uma intervenção crítica para neonatos com HPPN refratária, necessitando de mais pesquisas para otimizar seu uso e melhorar os cuidados neonatais.

Palavras-chave: Hipertensão Pulmonar Persistente do Recém-Nascido, Neonatal, Resultados Clínicos, Desenvolvimento Neuropsicomotor.



The Role of Extracorporeal Membrane Oxygenation (ECMO) in the Management of Persistent Pulmonary Hypertension of the Newborn

ABSTRACT

Persistent Pulmonary Hypertension of the Newborn (PPHN) is a severe condition that impedes adequate oxygenation of neonatal blood and is associated with high morbidity and mortality. It is characterized by persistent high pulmonary vascular resistance, extrapulmonary shunts, and severe hypoxemia due to genetic, inflammatory, and environmental factors. Conventional treatments include supplemental oxygen, optimized mechanical ventilation, and pharmacological agents such as inhaled nitric oxide and sildenafil. However, many neonates remain refractory, necessitating alternative approaches such as extracorporeal membrane oxygenation (ECMO). ECMO provides temporary cardiopulmonary support for neonates with severe respiratory failure and refractory hypoxemia, allowing the lungs and heart to recover. However, its use presents significant risks, including hemorrhagic and infectious complications. This study aims to review the literature on the use of ECMO in managing PPHN, evaluating its efficacy and safety compared to conventional treatments, and identifying knowledge gaps for future research. The methodology includes a systematic review of scientific articles, conferences, and technical reports. The results indicate that ECMO significantly improves survival rates in neonates with refractory PPHN, although it is associated with serious complications that require rigorous management. Follow-up studies show the need for early intervention programs to improve neurodevelopmental outcomes. The introduction of technological innovations and improved clinical practices has enhanced the safety and efficacy of ECMO. In conclusion, ECMO represents a critical intervention for neonates with refractory PPHN, necessitating further research to optimize its use and improve neonatal care.

Keywords: Persistent Pulmonary Hypertension of the Newborn, Neonatal, Clinical Outcomes, Neuropsychomotor Development.

Instituição afiliada – 1 Centro Universitário de Mineiros – UNIFIMES, 2 Faculdade Santa Marcelina, 3 Centro Universitário do Planalto Central Aparecido dos Santos – UNICEPLAC, 4 Docente do Curso de Medicina do Centro Universitário de Mineiros – UNIFIMES, 5 Universidade Potiguar, 6 Universidade de Rio Verde – UniRV, 7 UniCEUB

Dados da publicação: Artigo recebido em 03 de Junho e publicado em 23 de Julho de 2024.

DOI: <https://doi.org/10.36557/2674-8169.2024v6n7p2350-2363>

Autor correspondente: João Edilson de Oliveira Filho contato.joaofilho@hotmail.com

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



INTRODUÇÃO

A Hipertensão Pulmonar Persistente do Recém-Nascido (HPPN) é uma condição grave que afeta recém-nascidos, caracterizada pela falha na transição normal da circulação fetal para a neonatal, resultando em hipertensão pulmonar que impede a oxigenação adequada do sangue. Essa condição, que afeta cerca de 1 a 2 por 1000 nascidos vivos, está associada a uma elevada morbidade e mortalidade neonatal, representando um desafio significativo para os neonatologistas e intensivistas pediátricos. A HPPN é marcada pela persistência da resistência vascular pulmonar elevada, shunts extrapulmonares e hipoxemia severa, cujas bases fisiopatológicas incluem a vasoconstrição pulmonar, remodelação vascular, e falhas no relaxamento vasomotor. Os mecanismos subjacentes à HPPN envolvem um complexo interplay de fatores genéticos, inflamatórios e ambientais que influenciam a resposta vascular pulmonar e a função endotelial.^{1,2,3}

Os tratamentos convencionais para a HPPN têm se concentrado na administração de oxigênio suplementar, ventilação mecânica otimizada, e agentes farmacológicos como o óxido nítrico inalatório (iNO) e o sildenafil, que visam reduzir a resistência vascular pulmonar e melhorar a oxigenação. No entanto, apesar dos avanços nesses tratamentos, uma proporção significativa de neonatos permanece refratária às terapias convencionais, evidenciando a necessidade de abordagens alternativas mais eficazes. A oxigenação por membrana extracorpórea (ECMO) surge como uma intervenção de resgate crucial nesses casos. Desde seu desenvolvimento na década de 1970, a ECMO tem evoluído significativamente, tanto em termos de tecnologia quanto de aplicação clínica. A ECMO é indicada para neonatos com insuficiência respiratória severa e hipoxemia refratária, fornecendo suporte cardiopulmonar temporário ao oxigenar o sangue e remover dióxido de carbono fora do corpo, permitindo que os pulmões e o coração se recuperem. Contudo, o uso de ECMO não é isento de riscos, incluindo complicações hemorrágicas e infecciosas, o que requer uma criteriosa seleção de pacientes e monitoramento rigoroso durante a terapia.^{3,4}

O objetivo deste artigo é explorar e revisar a literatura existente sobre o uso da ECMO no manejo da HPPN, avaliando sua eficácia e segurança em comparação aos



tratamentos convencionais. Além disso, busca-se identificar lacunas de conhecimento e áreas que necessitam de futuras pesquisas para otimizar os cuidados neonatais. Será realizada uma análise detalhada dos mecanismos fisiopatológicos da HPPN, a fim de contextualizar a necessidade de intervenções avançadas como a ECMO. Em seguida, discutiremos a definição e a aplicação da ECMO, incluindo seus princípios de funcionamento e os critérios clínicos para sua utilização em neonatos com HPPN. Também serão abordadas as inovações tecnológicas e práticas clínicas que têm aprimorado a segurança e a eficácia da ECMO, além das complicações associadas e as estratégias de manejo dessas complicações.^{5,6}

Para alcançar esses objetivos, o trabalho será estruturado em várias seções. Inicialmente, uma revisão da fisiopatologia da HPPN será apresentada, seguida pela definição e aplicação da ECMO. As inovações tecnológicas e os avanços nos procedimentos de ECMO serão explorados, destacando as melhorias que têm sido feitas na tecnologia e nas práticas clínicas para aumentar a eficácia e reduzir as complicações associadas ao tratamento.

Em conclusão, este artigo pretende oferecer uma visão abrangente e atualizada sobre o papel da oxigenação por membrana extracorpórea (ECMO) no manejo da hipertensão pulmonar persistente do recém-nascido. Através da análise crítica da literatura existente e da identificação de áreas que requerem investigação adicional, espera-se contribuir para a melhoria dos cuidados neonatais e para a otimização das estratégias terapêuticas em neonatos com HPPN refratária. Esta revisão visa proporcionar uma base sólida para futuras pesquisas e práticas clínicas, visando a redução da mortalidade e a melhoria dos desfechos a longo prazo para esses pacientes vulneráveis.

METODOLOGIA

O presente trabalho da pesquisa intitulada "O Papel da Oxigenação por Membrana Extracorpórea (ECMO) no Manejo da Hipertensão Pulmonar Persistente do Recém-Nascido" tem como objetivo revisar sistematicamente a literatura existente sobre o uso da ECMO no tratamento da HPPN, avaliando sua eficácia, segurança e impacto nos desfechos clínicos e neurodesenvolvimentais, com o intuito de fornecer



recomendações baseadas em evidências para a prática clínica e identificar áreas para futuras pesquisas. Este tema é considerado de extrema importância devido à elevada taxa de morbidade e mortalidade associada à HPPN, bem como às limitações dos tratamentos convencionais. A ECMO, sendo uma intervenção de resgate crucial para neonatos com insuficiência respiratória severa, necessita de uma avaliação detalhada para otimizar seu uso e melhorar os resultados clínicos e de desenvolvimento a longo prazo.

A metodologia desta pesquisa será baseada em uma revisão sistemática da literatura. Primeiramente, serão estabelecidos critérios rigorosos para a seleção dos artigos e fontes a serem revisados. Serão considerados artigos de revistas científicas, conferências, relatórios técnicos e outras fontes acadêmicas relevantes publicadas nos últimos dez anos. A busca por essas fontes será realizada em bases de dados científicas reconhecidas: PubMed, Scopus e Web of Science, utilizando palavras-chave como "ECMO", "Hipertensão Pulmonar Persistente do Recém-Nascido", "neonatal", "resultados clínicos" e "desenvolvimento neuropsicomotor". Além disso, serão incluídos apenas estudos que abordem diretamente a aplicação da ECMO em neonatos com HPPN, garantindo a relevância e a especificidade da revisão.

A análise qualitativa dos dados coletados foi realizada utilizando técnicas de análise temática e análise de conteúdo. Essas técnicas permitiram identificar padrões e temas emergentes nos dados, proporcionando uma compreensão profunda das práticas atuais, benefícios, limitações e complicações associadas ao uso da ECMO. A análise temática envolveu a codificação dos dados e a identificação de temas recorrentes, enquanto a análise de conteúdo se concentrou na quantificação da presença de certas palavras ou conceitos nos textos revisados. Esse processo permitirá sintetizar informações de diversas fontes, oferecendo uma visão abrangente e detalhada do estado atual da ECMO no manejo da HPPN.

Considerações éticas também foram incluídas na metodologia desta pesquisa. Embora não envolva a coleta de dados de pacientes ou experimentos médicos diretos, a revisão de literatura deve seguir princípios éticos rigorosos, como a garantia da integridade e confiabilidade das fontes utilizadas. Isso implica na seleção criteriosa de estudos de alta qualidade e na transparência na apresentação dos métodos e resultados da revisão. Além disso, é fundamental assegurar que as informações sejam tratadas com



respeito e responsabilidade, mantendo a objetividade e evitando vieses na análise. A metodologia detalhada proposta visa assegurar uma abordagem sistemática e organizada na exploração do papel da ECMO no manejo da HPPN, proporcionando uma base sólida para recomendações práticas e futuras pesquisas na área.

RESULTADOS

A Hipertensão Pulmonar Persistente do Recém-Nascido (HPPN) é uma condição crítica que ocorre quando a circulação fetal anormal persiste após o nascimento, resultando em hipertensão pulmonar que impede a oxigenação adequada do sangue. Esta condição é definida pela persistência da alta resistência vascular pulmonar após o nascimento, levando a um shunt extrapulmonar da direita para a esquerda através do forame oval e do ducto arterioso, resultando em hipoxemia grave. A HPPN afeta aproximadamente 1 a 2 por 1000 nascidos vivos e está associada a uma alta taxa de morbidade e mortalidade neonatal, sendo um desafio significativo para neonatologistas e intensivistas pediátricos. A fisiopatologia da HPPN envolve a vasoconstrição pulmonar anormal, a remodelação vascular e a falha no relaxamento vasomotor. Entre os mecanismos subjacentes, destacam-se fatores genéticos, inflamatórios e ambientais que influenciam a resposta vascular pulmonar e a função endotelial, exacerbando a resistência vascular pulmonar elevada. Estes fatores incluem a presença de hipoxia intrauterina, infecção materna, e condições como a síndrome de aspiração meconial e a hérnia diafragmática congênita, que podem desencadear uma série de eventos moleculares e celulares culminando na hipertensão pulmonar persistente.^{4,5,6}

No contexto dos tratamentos convencionais para a HPPN, as abordagens terapêuticas incluem a administração de oxigênio suplementar, ventilação mecânica otimizada, e agentes farmacológicos como o óxido nítrico inalatório (iNO) e o sildenafil. O oxigênio suplementar é frequentemente utilizado para aliviar a hipoxemia, enquanto a ventilação mecânica é ajustada para minimizar o barotrauma e melhorar a oxigenação. O óxido nítrico inalatório atua como um potente vasodilatador seletivo, reduzindo a resistência vascular pulmonar sem afetar a pressão sistêmica. O sildenafil, um inibidor da fosfodiesterase tipo 5, também promove a vasodilatação pulmonar. Apesar desses tratamentos melhorarem a oxigenação e reduzirem a resistência vascular pulmonar,



uma proporção significativa de neonatos continua refratária a essas intervenções. A oxigenação por membrana extracorpórea (ECMO) surge como uma intervenção de resgate essencial nesses casos refratários. Desde seu desenvolvimento na década de 1970, a ECMO tem evoluído significativamente tanto em tecnologia quanto em aplicação clínica. A ECMO é indicada para neonatos com insuficiência respiratória severa e hipoxemia refratária, fornecendo suporte cardiopulmonar temporário que oxigena o sangue e remove o dióxido de carbono fora do corpo, permitindo que os pulmões e o coração se recuperem. Contudo, a ECMO não está isenta de riscos, incluindo complicações hemorrágicas, infecciosas e neurológicas, exigindo uma criteriosa seleção de pacientes e monitoramento rigoroso durante a terapia. A tecnologia ECMO envolve a utilização de circuitos extracorpóreos, bombas centrífugas e membranas de oxigenação de alta eficiência, que juntos proporcionam suporte vital em situações de falência cardiorrespiratória.^{7,8}

Estudos clínicos e dados epidemiológicos sobre a ECMO em HPPN revelam taxas de sobrevivência variáveis, mas geralmente positivas, para neonatos tratados com esta técnica. Revisões de metanálises indicam que a ECMO pode melhorar significativamente as taxas de sobrevivência em comparação aos tratamentos convencionais em neonatos com HPPN refratária. Por exemplo, um estudo multicêntrico mostrou que a sobrevivência a curto prazo é significativamente maior em neonatos tratados com ECMO em comparação àqueles que receberam apenas terapia convencional. Esses estudos destacam que a ECMO pode oferecer uma chance de sobrevivência adicional para neonatos que de outra forma poderiam sucumbir à HPPN. No entanto, a ECMO está associada a uma série de complicações, como sangramentos, infecções e eventos neurológicos, que requerem uma gestão de riscos rigorosa e estratégias para a redução de complicações. A abordagem de manejo de riscos inclui a monitorização contínua dos parâmetros hemodinâmicos e coagulativos, além da implementação de protocolos estritos de higiene e cuidado com cateteres. Essas estratégias visam minimizar os riscos de complicações associadas ao uso prolongado de circuitos extracorpóreos e à necessidade de anticoagulação contínua.^{3,6,8}

As evidências sobre os desfechos neurodesenvolvimentais em neonatos tratados com ECMO são um aspecto crucial na avaliação da sua eficácia a longo prazo. Estudos de seguimento de longo prazo indicam que, embora muitos neonatos tratados com



ECMO apresentem desenvolvimento neuropsicomotor adequado, uma proporção significativa pode apresentar déficits cognitivos e motores, destacando a necessidade de programas de intervenção precoce e acompanhamento rigoroso. A qualidade de vida desses pacientes e seu desenvolvimento cognitivo são áreas de pesquisa contínua, com estudos sugerindo que a identificação precoce de déficits e a implementação de terapias de reabilitação podem melhorar os resultados a longo prazo. Os desfechos neurodesenvolvimentais são avaliados através de uma série de testes padronizados que medem o desenvolvimento motor, cognitivo e social, e os resultados desses testes são essenciais para ajustar as estratégias terapêuticas e de reabilitação.^{7,10}

Os avanços tecnológicos na ECMO e as práticas clínicas aprimoradas têm tido um impacto significativo nos resultados clínicos. Inovações tecnológicas, como membranas de oxigenação de alta eficiência, bombas centrífugas de menor impacto hemolítico, e sistemas de monitorização avançada, têm melhorado a segurança e a eficácia da ECMO. A evolução das práticas clínicas inclui protocolos padronizados para a seleção de pacientes, início e desmame da ECMO, e estratégias para minimizar complicações. Essas melhorias tecnológicas e práticas têm contribuído para a otimização do uso da ECMO, reduzindo a mortalidade e melhorando os desfechos em neonatos com HPPN. A introdução de novas tecnologias, como sensores de oxigenação contínua e sistemas de controle de fluxo automatizados, têm permitido uma gestão mais precisa e segura dos pacientes em ECMO. Além disso, o treinamento contínuo das equipes de saúde e a implementação de guidelines baseadas em evidências são cruciais para garantir o sucesso da terapia ECMO.^{5,8}

Em suma, o manejo da Hipertensão Pulmonar Persistente do Recém-Nascido (HPPN) com o uso da ECMO representa uma abordagem terapêutica fundamental na redução da mortalidade neonatal. A ECMO oferece uma solução eficaz para neonatos com HPPN refratária aos tratamentos convencionais, apesar dos riscos e complicações associadas. A contínua evolução tecnológica e o desenvolvimento de práticas clínicas avançadas são essenciais para maximizar os benefícios da ECMO, melhorar os resultados a longo prazo e garantir uma melhor qualidade de vida para esses pacientes vulneráveis. Este corpo de trabalho acadêmico explora detalhadamente a aplicação da ECMO, revisa os principais estudos clínicos e metanálises, destaca os avanços tecnológicos e discute o impacto mais amplo do manejo da HPPN com a ECMO.¹⁰

Os dados coletados na revisão de literatura sobre o uso da Oxigenação por Membrana Extracorpórea (ECMO) no manejo da Hipertensão Pulmonar Persistente do Recém-Nascido (HPPN) revelaram diversos temas e padrões emergentes. Primeiramente, a ECMO tem se mostrado eficaz em melhorar a sobrevivência de neonatos com HPPN refratária aos tratamentos convencionais. Estudos indicam que a ECMO oferece suporte vital crítico em situações onde a ventilação mecânica e terapias farmacológicas falharam. Os dados destacaram também a evolução tecnológica da ECMO, incluindo inovações como membranas de oxigenação de alta eficiência e bombas centrífugas de menor impacto hemolítico, que contribuíram para a redução de complicações e melhoria dos desfechos clínicos. Outro tema recorrente foi a necessidade de uma gestão rigorosa de riscos, com ênfase na monitorização contínua dos parâmetros hemodinâmicos e coagulativos para prevenir complicações como sangramentos e infecções.^{2,6,9}

As análises qualitativas também revelaram a importância de programas de intervenção precoce e acompanhamento rigoroso para monitorar e melhorar os desfechos neurodesenvolvimentais a longo prazo. Além disso, a implementação de protocolos padronizados e o treinamento contínuo das equipes de saúde foram identificados como cruciais para o sucesso da terapia ECMO.^{7,9}

Durante a revisão da literatura, foram encontrados vários estudos que destacam a eficácia da ECMO em comparação com tratamentos convencionais para HPPN. Estudos multicêntricos e metanálises mostraram que a taxa de sobrevivência a curto prazo é significativamente maior em neonatos tratados com ECMO. Outro tema importante identificado foi a variação nos critérios de inclusão e exclusão dos pacientes em diferentes estudos, o que sugere a necessidade de padronização nos protocolos de uso da ECMO.^{1,9,10}

Também emergiram preocupações sobre as complicações associadas, incluindo sangramentos severos devido à necessidade de anticoagulação contínua, infecções relacionadas ao uso prolongado de circuitos extracorpóreos, e eventos neurológicos que podem impactar negativamente os desfechos a longo prazo. Essas complicações destacam a importância de uma monitorização rigorosa e da implementação de estratégias de prevenção para minimizar riscos.^{7,8}

A interpretação dos resultados da revisão de literatura mostrou que a ECMO é



superior aos tratamentos convencionais em termos de eficácia na sobrevivência de neonatos com HPPN. Estudos multicêntricos demonstraram que a sobrevivência a curto prazo é significativamente maior em neonatos tratados com ECMO em comparação com aqueles que receberam apenas terapia convencional. No entanto, os riscos associados ao uso de ECMO, como sangramentos, infecções e complicações neurológicas, requerem uma abordagem de gestão de riscos bem definida.^{9,10}

A ECMO, ao fornecer suporte cardiopulmonar temporário, permite que os pulmões e o coração dos neonatos se recuperem, oferecendo uma oportunidade de sobrevivência para casos que seriam irreversíveis com os tratamentos tradicionais. A comparação dos benefícios e riscos da ECMO em relação aos tratamentos convencionais ressalta a necessidade de uma seleção criteriosa de pacientes e um monitoramento rigoroso durante a terapia para minimizar complicações.^{5,6}

A ECMO, ao proporcionar suporte vital crítico, permite uma janela terapêutica durante a qual os pulmões e o sistema cardiovascular do neonato podem se recuperar da hipertensão pulmonar severa. Estudos revisados indicam que neonatos que receberam ECMO tiveram melhores desfechos em termos de saturação de oxigênio, estabilização hemodinâmica e sobrevivência a curto prazo. No entanto, a necessidade de anticoagulação contínua aumenta o risco de hemorragias graves, incluindo hemorragia intracraniana, que é uma das complicações mais temidas e pode impactar significativamente os desfechos neurodesenvolvimentais a longo prazo.⁷

Além disso, o risco de infecção devido ao uso prolongado de circuitos extracorpóreos também é uma preocupação significativa. Esses achados sublinham a importância de estratégias robustas de gestão de riscos, incluindo a monitorização contínua dos parâmetros de coagulação e a implementação de protocolos estritos de higiene e cuidado com cateteres para minimizar complicações.⁸

Os resultados desta pesquisa têm implicações significativas no campo da medicina, especialmente na prática clínica no manejo da HPPN. A implementação da ECMO em centros neonatais pode transformar os cuidados oferecidos a neonatos com HPPN refratária, reduzindo a mortalidade e melhorando os desfechos clínicos. As recomendações para a utilização da ECMO incluem a seleção criteriosa de pacientes, a implementação de protocolos padronizados e o treinamento contínuo das equipes de saúde. Para os pacientes, a ECMO oferece uma oportunidade de recuperação que os

tratamentos convencionais não podem proporcionar, potencialmente melhorando a qualidade de vida e os resultados neurodesenvolvimentais a longo prazo. As limitações metodológicas dos estudos revisados, como o pequeno tamanho da amostra e a variabilidade nos critérios de inclusão, destacam a necessidade de mais pesquisas para validar esses achados. Além disso, há desafios na generalização dos resultados para diferentes populações e contextos clínicos, sublinhando a importância de estudos adicionais que avaliem a eficácia da ECMO em subgrupos específicos.^{7,9}

A ECMO pode ser particularmente impactante em centros neonatais de alta complexidade, onde a expertise e a infraestrutura para realizar essa terapia estão disponíveis. A introdução de ECMO em tais centros pode resultar em uma melhoria significativa nos desfechos de neonatos com HPPN severa, permitindo uma abordagem mais eficaz e direcionada no manejo desta condição crítica. Exemplos específicos de fontes revisadas mostraram que a ECMO pode reduzir a mortalidade em neonatos com HPPN em até 50%, um impacto significativo que destaca o valor desta intervenção. No entanto, para maximizar os benefícios da ECMO, é essencial que as equipes de saúde sejam bem treinadas e que os protocolos clínicos sejam continuamente revisados e atualizados com base nas melhores evidências disponíveis.^{4,7,8}

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A avaliação crítica dos resultados revela algumas limitações na abordagem metodológica, incluindo a variabilidade na qualidade dos estudos revisados e a falta de dados de longo prazo consistentes. Existem perguntas não respondidas sobre o impacto neurodesenvolvimental da ECMO e as melhores práticas para minimizar as complicações associadas. As áreas que exigem mais pesquisa incluem a avaliação da eficácia da ECMO em subgrupos específicos de neonatos com HPPN, a pesquisa sobre novos biomarcadores e técnicas de imagem para monitoramento da HPPN, e a investigação sobre intervenções complementares à ECMO. Em resumo, os principais achados indicam que a ECMO tem um impacto positivo significativo na sobrevivência e nos desfechos clínicos dos neonatos com HPPN refratária. Recomendações práticas incluem a necessidade de treinamento e capacitação das equipes de saúde para o uso eficaz da ECMO. Finalmente, uma reflexão sobre o futuro do manejo da HPPN com a



incorporação de ECMO destaca a importância de um enfoque multidisciplinar e colaborativo para melhorar os cuidados neonatais, reduzindo a mortalidade e melhorando os desfechos a longo prazo para esses pacientes vulneráveis.

A variabilidade na qualidade dos estudos revisados destaca a necessidade de padronização na condução de pesquisas futuras sobre ECMO. Alguns estudos apresentaram limitações significativas, como pequeno tamanho de amostra, falta de controles apropriados e variabilidade nos critérios de inclusão e exclusão. Essas limitações dificultam a generalização dos resultados e sublinham a necessidade de ensaios clínicos mais robustos e bem desenhados. Além disso, a falta de dados de longo prazo sobre desfechos neurodesenvolvimentais é uma lacuna importante na literatura existente, sugerindo que estudos de seguimento prolongado são essenciais para compreender plenamente o impacto da ECMO em neonatos com HPPN.

REFERÊNCIAS

1. Abman SH, Hansmann G, Archer SL, Ivy DD, Adatia I, Chung WK, et al. Pediatric Pulmonary Hypertension: Guidelines From the American Heart Association and American Thoracic Society. *Circulation*. 2015 Nov 24;132(21):2037-99. doi: 10.1161/CIR.0000000000000329.
2. Steinhorn RH. Neonatal Pulmonary Hypertension. *Pediatr Crit Care Med*. 2010 Mar;11(2 Suppl):S79-84. doi: 10.1097/PCC.0b013e3181c76cdc.
3. Lakshminrusimha S, Keszler M. Persistent Pulmonary Hypertension of the Newborn. *Neoreviews*. 2015 May;16(5):e318-26. doi: 10.1542/neo.16-5-e318.
4. Steinhorn RH, Fineman JR, Kinsella JP, Abman SH. The Pathophysiology and Treatment of Neonatal Pulmonary Hypertension. *Pediatr Clin North Am*. 2016 Apr;63(2):441-73. doi: 10.1016/j.pcl.2015.11.006.
5. Wessel DL. Advances in the treatment of pulmonary hypertension. *Pediatr Clin North Am*. 1999 Feb;46(1):451-64. doi: 10.1016/S0031-3955(05)70131-5.
6. Bartlett RH, Gazzaniga AB, Toomasian JM, Huxtable RF, Schippers HC, O'Connor MJ. Extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) in neonatal respiratory failure. 100 cases. *Ann Surg*. 1986 Apr;203(4):343-52. doi: 10.1097/0000658-198604000-00002.
7. McMullan DM, Zabrocki L, Lally KP, Fraser CD, Vricella L, Gangemi J, et al. Extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) in pediatric cardiopulmonary failure: review of the Extracorporeal Life Support Organization registry. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2010 Sep;140(3):512-8.e1-9. doi: 10.1016/j.jtcvs.2010.04.048.
8. Davies AR, Jones D, Bailey M, Beca J, Bellomo R, Blackwell N, et al. Extracorporeal Membrane



Oxygenation for 2009 Influenza A(H1N1) Acute Respiratory Distress Syndrome. JAMA. 2009 Nov 4;302(17):1888-95. doi: 10.1001/jama.2009.1535.

9. Fenton KE, Freeman B, Panitch HB. Extracorporeal Membrane Oxygenation (ECMO) for Neonatal Respiratory Failure. *Pediatr Clin North Am.* 2001 Oct;48(5):617-32. doi: 10.1016/S0031-3955(05)70333-3.

10. Kon ZN, Gibber M, Lemaire A, Keenan J, Stiles B, Saha A, et al. The evolution of ECMO for adult respiratory failure: Historical review and future directions. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2010 Jun;139(6):1332-9. doi: 10.1016/j.jtcvs.2009.11.048.