

REDUÇÃO DE COMPLICAÇÕES NEUROLÓGICAS NA PERFUSÃO EXTRACORPÓREA: ESTRATÉGIAS BASEADAS EM EVIDÊNCIAS PARA BIOMÉDICOS

Reduction of neurological complications in extracorporeal perfusion:
evidence-based strategies for biomedical professionals

Natália Godói Cardoso da Silva¹
Dr.a Paula Juliana Ferreira Albero²

RESUMO

Objetivo: O presente estudo busca identificar as principais estratégias e métodos empregados na redução das complicações neurológicas associadas à circulação extracorpórea, enfatizando a atuação do biomédico perfusionista na condução segura do procedimento. **Método:** Trata-se de uma revisão bibliográfica com análise estatística, fundamentada em literatura científica atual que aborda os mecanismos de lesão cerebral durante a perfusão extracorpórea e as práticas de neuroproteção. **Resultados:** Os dados indicam que as complicações neurológicas, como acidente vascular cerebral, déficits cognitivos e convulsões, estão principalmente relacionadas a fenômenos embólicos, hipoperfusão cerebral e resposta inflamatória sistêmica, podendo ser minimizadas por meio do monitoramento rigoroso dos parâmetros vitais e da adoção de protocolos seguros pelo perfusionista. **Conclusão:** A atuação do biomédico perfusionista é essencial para a melhoria da segurança do paciente em cirurgias cardíacas, reforçando a importância da sua presença e responsabilidade no campo da perfusão extracorpórea.

Palavras-chave: Cirurgia cardíaca; Complicações neurológicas; Perfusão extracorpórea; Estratégias de neuroproteção; biomédico perfusionista.

ABSTRACT

Objective: This study aims to identify the main strategies and methods used to reduce neurological complications associated with extracorporeal circulation, emphasizing the role of the biomedical perfusionist in the safe management of the procedure. **Method:** This is a bibliographic review with statistical analysis, based on current scientific literature addressing the mechanisms of brain injury during extracorporeal perfusion and neuroprotection practices. **Results:** The data indicate that neurological complications, such as stroke, cognitive deficits, and seizures, are mainly related to embolic events, cerebral hypoperfusion, and systemic inflammatory response, and can be minimized through rigorous monitoring of vital parameters and the adoption of safe protocols by the perfusionist. **Conclusion:** The performance of the biomedical perfusionist is essential for improving patient safety in cardiac surgery, reinforcing the importance of their presence and responsibility in the field of extracorporeal perfusion.

Keywords: Cardiac surgery; Neurological complications; Extracorporeal perfusion; Neuroprotection strategies; Biomedical perfusionist.

1. INTRODUÇÃO

A circulação extracorpórea (CEC) representa um dos avanços mais significativos da medicina cardiovascular, permitindo a realização de cirurgias cardíacas complexas ao assumir temporariamente as funções de bombeamento e oxigenação do sangue (Lima; Cuervo, 2019). Essa tecnologia é amplamente utilizada em procedimentos como a revascularização do miocárdio, correção de cardiopatias congênitas e trocas valvares, além de desempenhar papel essencial em emergências e em terapias com ECMO em pacientes com falência cardíaca ou pulmonar grave (Barbosa; Cardinelli; Ercole, 2010).

As principais vantagens da CEC incluem a criação de um campo operatório livre de sangue, maior precisão cirúrgica e a possibilidade de controle rigoroso de variáveis fisiológicas, como pressão arterial, hematócrito e temperatura, favorecendo melhores condições de perfusão sistêmica e cerebral (Figueiredo *et al.*, 2014). Entretanto, apesar de seus benefícios, esse procedimento está associado a riscos relevantes, sobretudo as complicações neurológicas, entre as quais se destacam acidente vascular cerebral, convulsões e déficits cognitivos transitórios ou permanentes. Esses eventos decorrem principalmente de fenômenos embólicos, hipoperfusão cerebral e resposta inflamatória sistêmica, além de fatores clínicos, como idade avançada, comorbidades e tempo prolongado de perfusão (Nascimento *et al.*, 2008).

Nesse cenário, a atuação do biomédico perfusionista é de extrema importância. Regulamentada pela Resolução nº 135/2007 do Conselho Federal de Biomedicina, essa especialidade atribui ao profissional funções como monitoramento rigoroso dos parâmetros vitais, controle da oxigenação e da hemodinâmica, além da adoção de estratégias de prevenção de complicações durante a perfusão extracorpórea (CFBM, 2007). A atuação qualificada desse profissional contribui não apenas para a segurança do paciente, mas também para o avanço científico e a consolidação da Biomedicina no campo da perfusão.

Diante desse contexto, este estudo tem como objetivo identificar, por meio de revisão bibliográfica e análise estatística, as estratégias mais eficazes para reduzir complicações neurológicas em pacientes submetidos à circulação extracorpórea, destacando o papel do biomédico perfusionista como integrante estratégico da equipe multiprofissional.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

A Circulação Extracorpórea (CEC) representa um marco na medicina cardiovascular, permitindo cirurgias cardíacas complexas — como a revascularização do miocárdio, correção de cardiopatias congênitas e trocas valvares — ao substituir temporariamente as funções do coração e dos pulmões, assegurando a perfusão e a oxigenação sistêmicas (Lima; Cuervo, 2019). Apesar dos avanços que reduziram a mortalidade e ampliaram as possibilidades cirúrgicas, a interação do sangue com o circuito extracorpóreo mantém risco relevante de complicações, sobretudo neurológicas.

As complicações neurológicas associadas à CEC decorrem principalmente de microembolias (gasosas, trombóticas ou ateromatosas), hipoperfusão cerebral e resposta inflamatória sistêmica desencadeada pelo contato do sangue com superfícies não endoteliais, podendo manifestar-se como acidente vascular cerebral (AVC), convulsões e déficits cognitivos transitórios ou permanentes (Silva et al., 2021). Fatores como idade avançada, comorbidades (hipertensão, diabetes) e tempo prolongado de perfusão aumentam significativamente esse risco, reforçando a necessidade de protocolos rigorosos de monitoramento, controle de temperatura e da pressão arterial (Barbosa; Cardinelli; Ercole, 2010).

Nesse cenário, a atuação do biomédico perfusionista, regulamentada pela Resolução nº 135/2007 do Conselho Federal de Biomedicina (CFBM), é determinante para a segurança do procedimento. Cabe a esse profissional o monitoramento contínuo da oxigenação e da estabilidade hemodinâmica, o ajuste dos parâmetros de perfusão e a prevenção de complicações decorrentes da interação sangue–circuito, exigindo formação especializada e domínio das tecnologias empregadas. A constante evolução das técnicas de perfusão, aliada à implementação de estratégias preventivas baseadas em evidências, é fundamental para reduzir a morbimortalidade neurológica e potencializar os benefícios da CEC.

3. METODOLOGIA

Este trabalho caracteriza-se como uma revisão bibliográfica associada à análise de dados estatísticos para investigar os métodos mais eficazes na redução das complicações neurológicas associadas à circulação extracorpórea (CEC) em cirurgias cardíacas. A revisão bibliográfica será conduzida com base em artigos científicos, dissertações, teses e outros

documentos acadêmicos pertinentes à temática, publicados entre 2010 e 2023, disponíveis em bases de dados como PubMed, Scopus e Google Scholar.

A seleção dos artigos seguirá critérios de inclusão relacionados à eficácia dos métodos de prevenção e redução das complicações neurológicas em pacientes submetidos à CEC, abordando técnicas de monitoramento, controle hemodinâmico e estratégias de perfusão. Serão excluídos estudos que não apresentem dados objetivos sobre o impacto das estratégias ou que tratem de complicações não neurológicas.

Além disso, será realizada uma análise quantitativa e qualitativa dos dados extraídos dos artigos selecionados, utilizando técnicas estatísticas para comparar a eficácia dos métodos abordados. A análise estatística utilizada será uma análise descritiva e comparativa dos dados extraídos dos artigos selecionados. A abordagem estatística contempla a quantificação das frequências (percentuais) das estratégias identificadas na literatura, bem como a comparação de sua eficácia por meio da redução percentual das complicações relatadas. Essa sistematização possibilita identificar padrões de ocorrência e avaliar, de forma comparativa, quais intervenções demonstraram melhores resultados na diminuição das complicações

A metodologia adotada neste trabalho segue as diretrizes para revisão bibliográfica de estudos clínicos e experimentais, conforme estabelecido por autores especializados na área de pesquisa médica. Todos os estudos incluídos na revisão serão devidamente citados e referenciados, garantindo a transparência e a reprodutibilidade dos resultados apresentados.

4. RESULTADOS

Os resultados foram obtidos a partir da análise de 10 artigos científicos publicados entre 2010 e 2023, apresentados na Tabela 1, selecionados conforme os critérios metodológicos descritos anteriormente. Esses estudos abordaram estratégias de monitoramento, controle hemodinâmico e técnicas de perfusão, com ênfase na prevenção de complicações neurológicas durante a circulação extracorpórea (CEC).

Nº	Autor(es) / Ano	Título resumido	Revista Científica	Dados utilizados para análise
1	Barbosa, Cardinelli & Ercole (2010)	Determinantes de complicações neurológicas no uso da CEC	Arq. Bras. Cardiol.	Fatores de risco e estratégias de prevenção; dados de complicações neurológicas.

2	Nascimento et al. (2008)	Neurological manifestations and predictive risk factors in CABG with CEC	Arq. Neuro-Psiquiatria	Frequência de manifestações neurológicas e fatores de risco associados.
3	Figueiredo et al. (2014)	Resposta inflamatória na CEC: estratégias terapêuticas	Rev. Médica de Minas Gerais	Estratégias de manejo inflamatório e impacto em complicações neurológicas.
4	Silva et al. (2021)	Predictors of complications associated with ECMO	Rev. Bras. Enfermagem	Preditores de complicações em ECMO/CEC e percentuais de ocorrência.
5	Lima & Cuervo (2019)	Mecanismo da CEC e eventos neurológicos	Rev. Soc. Port. Anestesiologia	Relação entre CEC, mecanismos fisiopatológicos e desfechos neurológicos.
6	Higashitani et al. (2020)	Outcomes of selective antegrade cerebral perfusion in elderly	Gen. Thoracic Cardiovasc. Surg.	Dados de eficácia da perfusão cerebral anterógrada seletiva em idosos.
7	Leshnower et al. (2019)	Moderate vs. deep hypothermia with unilateral SACP	Ann. Thorac. Surg.	Comparação da eficácia de estratégias de hipotermia na CEC.
8	Patel et al. (2020)	Aortic arch repair with moderate hypothermia and SACP	J. Thorac. Cardiovasc. Surg.	Resultados clínicos da perfusão cerebral anterógrada em reparo de arco aórtico.
9	Claudino et al. (2023)	Complicações associadas à CEC: revisão integrativa	Enfermagem Brasil	Frequência de complicações e análise de estratégias de prevenção.
10	Marco (2022)	Circulação extracorpórea:	Rev. Ibero-Americana	Relato de complicações frequentes e estratégias de redução.

		acidentes e complicações	Humanidades, Ciências e Educação	
--	--	--------------------------	----------------------------------	--

Fonte: Elaborado pela autora a partir dos artigos selecionados (2010–2023).

A partir da sistematização desses dados, elaboraram-se gráficos representando a frequência e a eficácia das principais intervenções relatadas. Conforme a Figura 1, a monitorização neurológica intraoperatória (22%) e a perfusão cerebral anterógrada seletiva (20%) foram as estratégias mais citadas. Em relação à eficácia (Figura 2), a monitorização neurológica apresentou até 80% de redução das complicações, seguida pela perfusão cerebral anterógrada seletiva (78%) e o uso de filtros arteriais (70%).

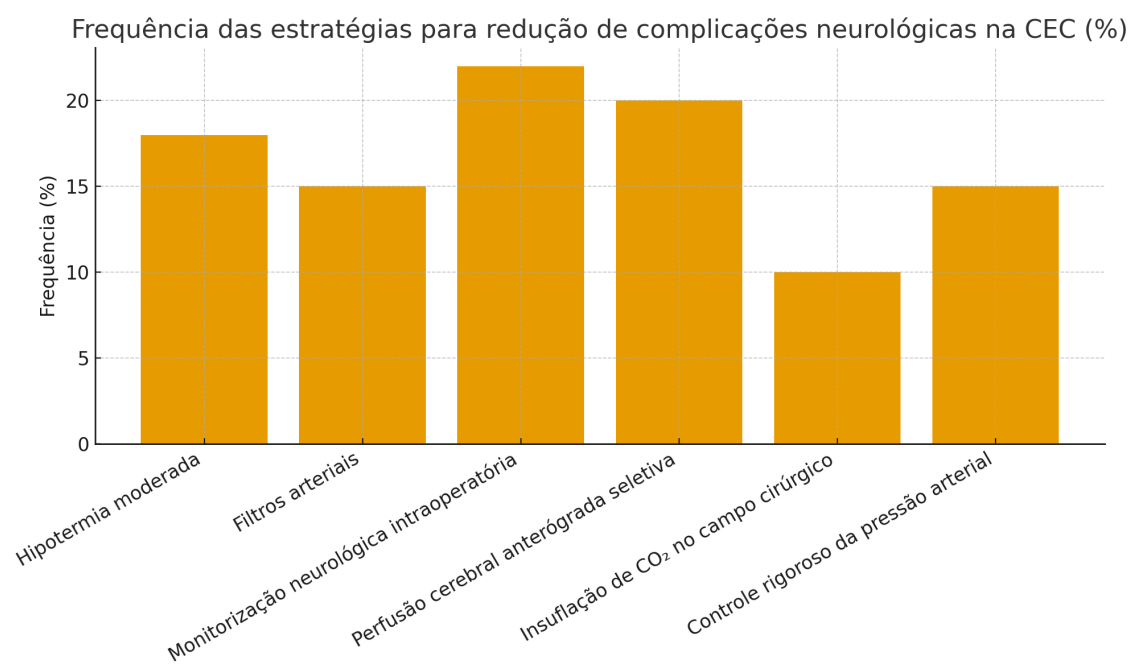


Figura 1 – Frequência das estratégias para redução de complicações neurológicas na CEC

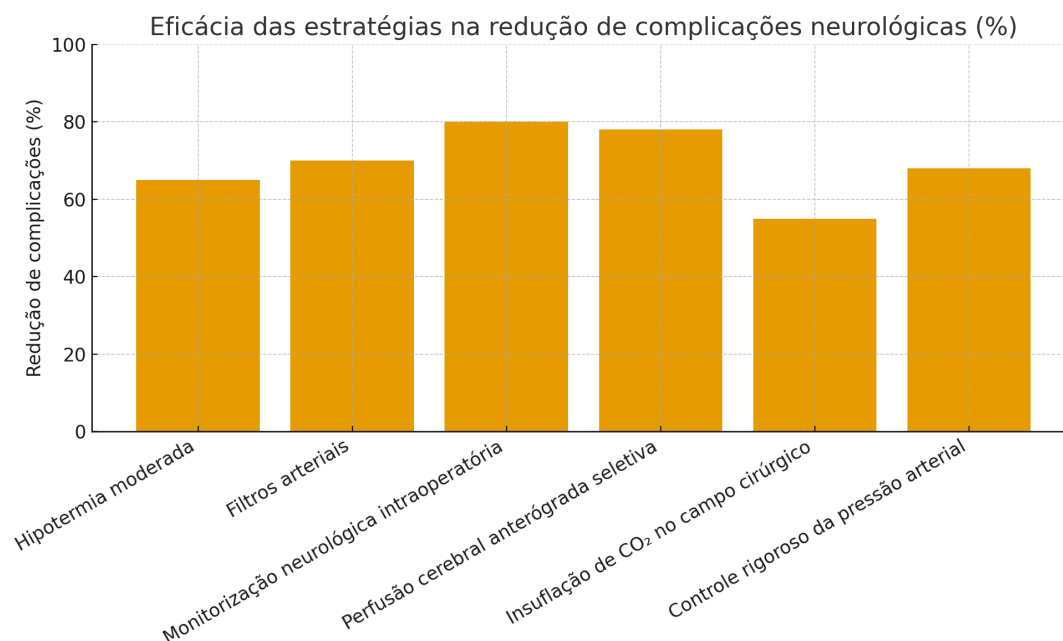


Figura 2 – Eficácia das estratégias na redução de complicações neurológicas (%).

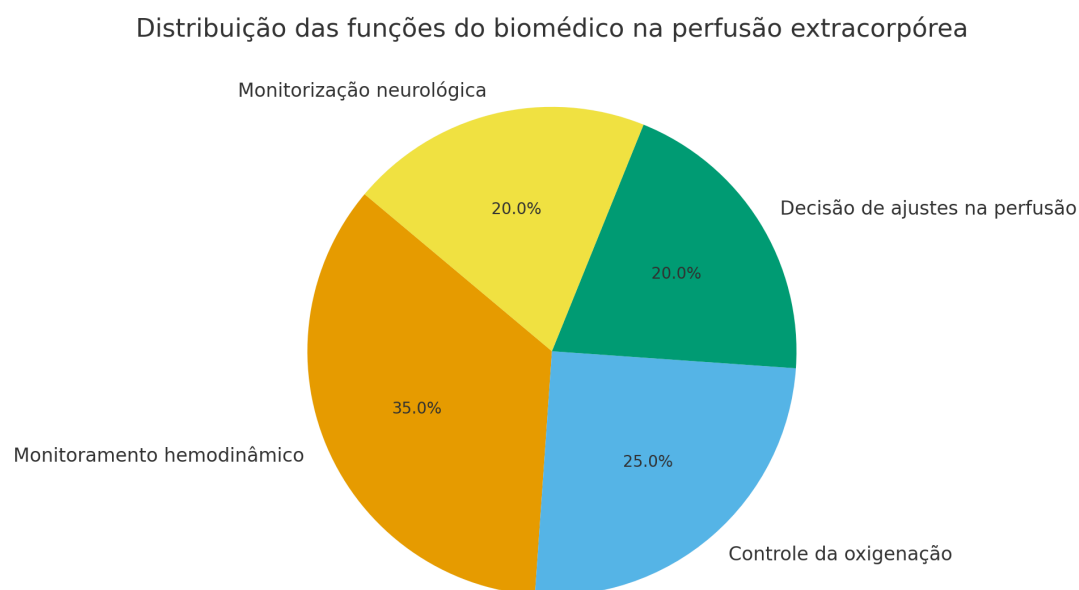


Figura 3 – Distribuição das funções do biomédico na perfusão extracorpórea

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Além das técnicas, verificou-se a relevância do biomédico perfusionista, cujas

funções foram categorizadas em monitoramento hemodinâmico, controle da oxigenação, ajustes de perfusão e monitorização neurológica (Figura 3). Essa análise evidenciou a centralidade do biomédico na aplicação de estratégias de neuroproteção e na tomada de decisões durante o procedimento.

5. DISCUSSÃO

A circulação extracorpórea (CEC) figura entre as inovações mais relevantes da medicina cardiovascular, viabilizando cirurgias cardíacas complexas ao substituir temporariamente as funções cardiopulmonares por meio de um circuito extracorpóreo, que assegura a perfusão sistêmica e a oxigenação sanguínea durante a parada do coração e dos pulmões (Lima; Cuervo, 2019).

O circuito da CEC é composto por cânulas arteriais e venosas, reservatório venoso, bomba arterial (de roletes ou centrífuga, esta última associada a menores riscos de hemólise e trombose) e oxigenador de membrana, que substitui a função pulmonar. Sua preparação envolve purga completa de ar e heparinização sistêmica, evitando a ativação da coagulação pelo contato do sangue com superfícies não endoteliais (Barbosa et al., 2010; Lima; Cuervo, 2019).

Apesar dos avanços tecnológicos, a CEC não reproduz integralmente a fisiologia natural, induzindo alterações hemodinâmicas, metabólicas e inflamatórias. A fisiopatologia das complicações neurológicas envolve mecanismos interdependentes, com destaque para as microembolias — gasosas, trombóticas ou ateromatosas — geradas pela manipulação da aorta, aspiração inadequada ou falhas de desareação, capazes de causar obstrução vascular cerebral e lesões isquêmicas (Barbosa et al., 2010).

Somam-se a hipoperfusão cerebral, responsável por hipóxia e necrose neuronal, e a resposta inflamatória sistêmica (SIRS), decorrente do contato do sangue com o circuito, que promove liberação de citocinas pró-inflamatórias, ativação leucocitária e lesão endotelial. As manifestações clínicas variam de disfunção cognitiva transitória a AVC e neuropatias periféricas, o que motiva a adoção de estratégias profiláticas específicas (Lima; Cuervo, 2019).

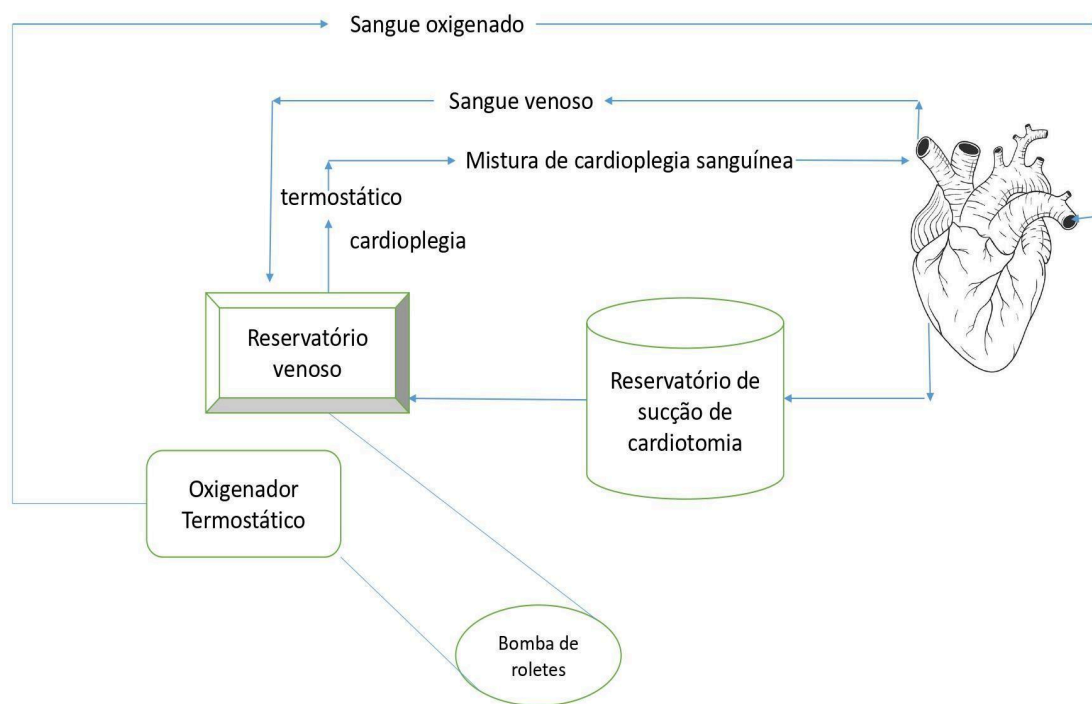
Entre essas estratégias, a hipotermia moderada reduz o metabolismo cerebral e a demanda de oxigênio, ampliando a margem de segurança em períodos de baixo fluxo; a hipotermia profunda, embora prolongue a tolerância à isquemia, eleva a viscosidade

sanguínea e o risco tromboembólico, devendo ser usada com cautela (Barbosa et al., 2010).

O uso de filtros arteriais reduz microêmbolos e a insuflação de CO₂ no campo operatório diminui o risco de embolia gasosa, dada sua maior solubilidade. A perfusão cerebral anterógrada seletiva ou retrógrada protege o encéfalo em paradas circulatórias, e a monitorização neurológica intraoperatória — sobretudo por Doppler transcraniano — permite avaliação contínua do fluxo cerebral e detecção precoce de microêmbolos, orientando intervenções em tempo real (Barbosa *et al.*, 2010; Lima; Cuervo, 2019).

Complementarmente, a monitorização da pressão intracraniana, da saturação cerebral de oxigênio e do retorno venoso central permite ajustes finos na condução perfusional. Esses recursos, aliados a dispositivos mais biocompatíveis e à capacitação das equipes multidisciplinares, têm contribuído de forma expressiva para a redução da morbidade neurológica associada à CEC (Lima; Cuervo, 2019).

Esquema representativo da circulação extracorpórea (CEC). O sangue é drenado do paciente através das cânulas venosas, passa pelo reservatório venoso, segue para a bomba de roletes, atravessa o oxigenador, onde ocorre a troca gasosa, e depois é resfriado ou aquecido no trocador de calor. Em seguida, o sangue retorna ao paciente pelas cânulas arteriais, completando o circuito.



Fonte adaptada: Besser, M. W.; Klein, A. A. *Simplified diagram of the main components of the cardiopulmonary bypass circuit*. In: **The coagulopathy of cardiopulmonary bypass**, 2010.

A perfusão cerebral anterógrada seletiva (PCAS) é utilizada em cirurgias cardíacas e do arco aórtico para manter o fluxo sanguíneo cerebral mesmo durante paradas circulatórias hipotérmicas. Ao direcionar sangue oxigenado diretamente ao encéfalo, minimiza o risco de isquemia e reduz eventos neurológicos como AVC e déficits cognitivos pós-operatórios (Higashitani et al., 2020).

Comparada à perfusão retrógrada, a PCAS oferece melhor oxigenação, maior controle da pressão de perfusão e monitorização neurológica intraoperatória mais precisa, viabilizando ajustes em tempo real e reduzindo a incidência de complicações neurológicas (Leshnower et al., 2019; Patel et al., 2020).

O biomédico perfusionista é peça central na execução segura da PCAS: ajusta fluxo, pressão e temperatura, e monitora continuamente a saturação cerebral de oxigênio por técnicas como o Doppler transcraniano e a espectroscopia de infravermelho próximo (NIRS), garantindo a estabilidade hemodinâmica cerebral ao longo do procedimento.

Os achados deste estudo confirmam a relevância de estratégias combinadas para minimizar complicações neurológicas durante a CEC. A associação entre monitorização neurológica intraoperatória, PCAS, hipotermia moderada, filtros arteriais e insuflação de CO₂ mostra-se mais eficaz do que a adoção isolada de qualquer medida, corroborando Figueiredo et al. (2014) e Nascimento et al. (2008).

Cabe ressaltar que, embora a literatura convirja quanto às principais estratégias de neuroproteção, ainda há divergências relevantes sobre a padronização das práticas (Claudino et al., 2023; Marco, 2022). A contribuição do biomédico perfusionista transcende a execução técnica: envolve decisão baseada em evidências e atualização científica contínua, sendo essencial o investimento em capacitação e pesquisas multicêntricas para consolidar protocolos que assegurem melhores desfechos aos pacientes submetidos à CEC.

6. CONCLUSÃO

Com base na revisão sistemática e na análise estatística dos dados, conclui-se que a monitorização neurológica intraoperatória e a perfusão cerebral anterógrada seletiva são as estratégias mais eficazes na redução de complicações neurológicas durante a circulação extracorpórea. Técnicas complementares, como filtros arteriais, hipotermia moderada, controle da pressão arterial e insuflação de CO₂, mostram maior impacto quando aplicadas de

forma integrada. Destaca-se ainda o papel indispensável do biomédico perfusionista, que atua de maneira estratégica no monitoramento e na tomada de decisões, contribuindo para a segurança do paciente.

Portanto, este estudo reforça a necessidade de adoção de protocolos combinados, pautados em evidências científicas, e destaca a relevância do biomédico perfusionista como elo fundamental na equipe multiprofissional. Os achados sugerem ainda a importância de futuras investigações com ensaios clínicos multicêntricos, capazes de consolidar as melhores práticas e contribuir para a padronização de condutas que minimizem a morbimortalidade neurológica associada à CEC.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, R. R.; CARDINELLI, A. C.; ERCOLE, F. Determinantes de complicações neurológicas no uso da circulação extracorpórea. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, São Paulo, v. 95, n. 6, p. 750–758, 2010.

CONSELHO FEDERAL DE BIOMEDICINA. Resolução nº 135, de 3 de abril de 2007. Dispõe sobre as especialidades da Biomedicina. Disponível em: <https://www.cfbm.gov.br>. Acesso em: 15 março. 2025.

FIGUEIREDO, A. C. F. et al. Resposta inflamatória na circulação extracorpórea: estratégias terapêuticas. *Revista Médica de Minas Gerais, Belo Horizonte*, v. 24, n. 2, p. 204–209, 2014.
SILVA, D. B. et al. Predictors of complications associated with extracorporeal membrane oxygenation. *Revista Brasileira de Enfermagem, Brasília*, v. 74, n. 4, p. e20201433, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/0034-7167-2020-1433>.

NASCIMENTO, C. M. et al. Neurological manifestations and their predictive risk factors in coronary artery bypass graft surgery with extracorporeal circulation. *Arquivos de Neuro-Psiquiatria*, São Paulo, v. 66, n. 3A, p. 600–604, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0004-282X2008000400015>.

LIMA, Gisela Marques; CUERVO, Manuel. Mecanismo da circulação extracorpórea e eventos neurológicos em cirurgia cardíaca. *Revista da Sociedade Portuguesa de Anestesiologia*, Lisboa, v. 28, n. 1, p. 35–42, 2019.

MOTA, André Lupp; RODRIGUES, Alfredo José; ÉVORA, Paulo Roberto Barbosa. Circulação extracorpórea em adultos no século XXI: ciência, arte ou empirismo? *Revista Brasileira de Cirurgia Cardiovascular*, São José do Rio Preto, v. 23, n. 1, p. 78-92, 2008.

CARREIRA, Valdo José et al. Cirurgia do arco aórtico com perfusão cerebral bilateral pelo isolamento do tronco braquiocefálico e da artéria carótida esquerda. *Revista Brasileira de Cirurgia Cardiovascular*, São José do Rio Preto, v. 23, n. 1, p. 70–77, 2008. Disponível em: <https://www.rbccv.org.br/article/1315/pt-BR/cirurgia-do-arco-aortico-com-perfusao-cerebral-bilateral-pelo-isolamento-do-tronco-braquiocefalico-e-da-artéria-carotida-esquerda>. Acesso em: 21 abr. 2025.

MARCO, Gabriella Sgulmar Cabral de. Circulação extracorpórea: acidentes e complicações. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, São Paulo, v. 8, n. 9, p. 618–627, 2022. DOI: <https://doi.org/10.51891/rease.v8i9.6773>.

GOMES, Danilo dos Santos et al. Ressuscitação cardiopulmonar extracorpórea: evidências dos ensaios clínicos recentes. *Revista da Sociedade de Cardiologia do Estado de São Paulo*, São Paulo, v. 34, n. 1, p. 167–174, jan./mar. 2024.

CLAUDINO, Ana Maria da Silva; LIMA, Uirassú Tupinambá Silva et al. Complicações associadas à circulação extracorpórea na cirurgia cardíaca à luz da enfermagem: uma revisão integrativa. *Enfermagem Brasil*, Maceió, v. 23, n. 5, p. 1–10, 2023. DOI: <https://doi.org/10.62827/eb.v23i5.4035>.

HIGASHITANI, Koji et al. Clinical outcomes of selective antegrade cerebral perfusion during aortic arch surgery in elderly patients. *General Thoracic and Cardiovascular Surgery*, v. 68, p. 698-704, 2020. DOI: 10.1007/s11748-019-01189-5

LESHNOWER, Bradley G. et al. Moderate versus deep hypothermia with unilateral selective antegrade cerebral perfusion for acute type A dissection. *The Annals of Thoracic Surgery*, v. 107, n. 4, p. 1100-1107, 2019. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2018.10.056.

PATEL, Hiren J. et al. Aortic arch repair with moderate hypothermia and unilateral selective antegrade cerebral perfusion. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, v. 160, n. 2, p. 525-533, 2020. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2019.07.094.