

Relato de Caso

Implicações Anestésicas da Reparo do Aneurisma do Arco Aórtico com Parada Circulatória Profunda Hipotérmica e Perfusão Cerebral Seletiva - Um Relato de Caso e uma Revisão Atualizada

Caio Levate Amaral ¹, Katarina Lanza Japolino ¹, Marina Ayres Delgado ^{1,*}

¹ Hospital das Clínicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

* Correspondência: marina.ayres.delgado@gmail.com.

Citação: Amaral CL, Japolino KL, Delgado MA. Implicações Anestésicas da Reparo do Aneurisma do Arco Aórtico com Parada Circulatória Profunda Hipotérmica e Perfusão Cerebral Seletiva. Um Relato de Caso e uma Revisão Atualizada. Brazilian Journal of Case Reports. 2025 Jan-Dec;05(1):bjcr73.

<https://doi.org/10.52600/2763-583X.bjcr.2025.5.1.bjcrX73>

Recebido: 5 Fevereiro 2025

Aceito: 3 Março 2025

Publicado: 6 Março 2025

Resumo: A parada circulatória profunda hipotérmica (DHCA) é uma técnica bem estabelecida que oferece proteção cerebral e condições cirúrgicas ideais para procedimentos cardiovasculares e neurológicos complexos. Ao resfriar o corpo para 18–20°C, a DHCA reduz a demanda metabólica cerebral, permitindo até 40 minutos de parada circulatória segura. A DHCA prolongada é complementada pela perfusão cerebral seletiva anterógrada (SACP) ou perfusão cerebral retrógrada (RCP), sendo a SACP preferida devido à sua oxigenação global mais confiável. O monitoramento contínuo hemodinâmico e neurológico, incluindo pressão arterial e venosa central, débito cardíaco e oxigenação cerebral (NIRS e BIS), é essencial para a segurança do paciente. Este caso descreve uma paciente de 62 anos submetida à reparação de uma dissecção aórtica crônica tipo I. A DHCA foi empregada com SACP bi-hemisférica, acompanhada de indução da hipotermia, neuroproteção farmacológica e controle rigoroso da hemodinâmica. Os desfechos pós-operatórios foram favoráveis, sem déficits neurológicos. A discussão enfatiza a importância de estratégias personalizadas para o manejo do equilíbrio ácido-base, glicemia e coagulação. Agentes farmacológicos, como barbitúricos e corticosteroides, mostram potencial, mas ainda necessitam de mais evidências. A combinação de técnicas avançadas de monitoramento melhora a segurança e os desfechos, destacando a necessidade de protocolos individualizados para otimizar a eficácia da DHCA e minimizar complicações.

Palavras-chave: Aneurisma do Arco Aórtico; Parada Circulatória Profunda Hipotérmica; Perfusão Cerebral Seletiva; Estratégias de Neuroproteção.



Copyright: This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0).

1. Introdução

Segura para cirurgias aórticas desde 1975, a Parada Circulatória Profunda Hipotérmica (DHCA) permite condições cirúrgicas ideais, proporcionando proteção cerebral durante procedimentos cardíacos, vasculares, neurológicos e urológicos complexos, incluindo aneurismas cerebrais e tumores renais com invasão da veia cava [1]. Essa técnica baseia-se no princípio de que a taxa metabólica cerebral é significativamente reduzida pela hipotermia, diminuindo 6% para cada grau abaixo de 37°C. Na DHCA, o corpo é resfriado para 18–20°C, permitindo uma parada circulatória segura por até 40 minutos sem causar danos cerebrais. Acima de 60 minutos, no entanto, a maioria dos pacientes pode desenvolver sequelas neurológicas irreversíveis. O resfriamento sistêmico durante a circulação extracorpórea (CEC) é realizado por meio da circulação de água resfriada de reservatórios através de um trocador de calor integrado ao oxigenador da CEC, podendo ser aprimorado com resfriamento adicional da cabeça por meio de pacotes de gelo [1]. Em

muitos centros, o tempo da DHCA é prolongado com perfusão cerebral retrógrada (RCP), após a canulação da veia cava superior, ou perfusão cerebral seletiva anterógrada (SACP), hemisférica ou bi-hemisférica, após a canulação da artéria axilar direita, artéria inominada e/ou artéria carótida comum esquerda. A SACP é a técnica preferida para proteção cerebral prolongada em cirurgias aórticas complexas, pois estende a duração segura da DHCA e proporciona uma oxigenação global mais confiável do que a RCP [2].

O monitoramento hemodinâmico é crítico em cirurgias envolvendo DHCA para garantir perfusão adequada dos órgãos e minimizar complicações. O monitoramento da pressão arterial (IAP) é essencial para avaliar a pressão sanguínea sistêmica e coletar exames, enquanto a pressão venosa central (CVP) fornece informações sobre o retorno venoso e o estado volêmico. Além disso, monitores de débito cardíaco são fundamentais para avaliar a eficiência circulatória e ajustar a perfusão durante a CEC e a reperfusão [1]. A medição das pressões do coração direito pode ser realizada por meio de um cateter de artéria pulmonar ou ecocardiografia transesofágica (ETO) em pacientes selecionados. A temperatura é normalmente monitorada em dois locais: a nasofaringe, para estimar a temperatura cerebral, e a bexiga, para avaliar a temperatura corporal, garantindo um controle preciso da temperatura do paciente durante todo o procedimento [1].

Este relato visa descrever a aplicação prática e os desfechos de estratégias avançadas de monitoramento e proteção cerebral durante a DHCA, com foco na utilização da perfusão cerebral seletiva anterógrada bi-hemisférica em uma cirurgia complexa de dissecação aórtica. A relevância deste caso está em demonstrar abordagens integradas que combinam técnicas de monitoramento hemodinâmico e neurológico com intervenções farmacológicas e estratégias de perfusão para aumentar a segurança do paciente e minimizar complicações. Além de contribuir para a compreensão dos desafios e avanços no manejo da DHCA, este relato destaca a importância de protocolos individualizados para cirurgias de alta complexidade.

2. Relato de Caso

Uma paciente de 62 anos, com histórico de hipertensão sistêmica e asma controlada, foi submetida à reparação eletiva de uma dissecação aórtica tipo I crônica devido a aneurisma da aorta. A paciente apresentava histórico de reparo prévio de aneurisma com colocação de um enxerto de Dacron. No centro cirúrgico, após o monitoramento não invasivo e o estabelecimento do acesso venoso, foi realizada a monitorização da pressão arterial invasiva (IAP) via artéria femoral esquerda e da pressão venosa central (CVP) por meio de um cateter na veia jugular interna direita, além da instalação de termômetros nasofaríngeo e vesical para monitoramento da temperatura central/corporal e do índice bispectral (BIS) para verificar o silêncio elétrico cerebral durante a DHCA. O FloTrac® foi utilizado para monitorização do débito cardíaco, e a Espectroscopia no Infravermelho Próximo (NIRS) avaliou a oxigenação cerebral antes, durante e após a DHCA (Figura 1).

A anestesia foi induzida com remifentanil em sistema de infusão alvo-controlada (TCI), 100 mg de propofol e 36 mg de rocurônio, sendo mantida com isoflurano e remifentanil para controle hemodinâmico rigoroso. Para garantir perfusão cerebral e sistêmica adequada durante a CEC, DHCA e SACP, a hipotermia sistêmica foi induzida com resfriamento até 20°C utilizando a CEC. Pacotes adicionais de gelo foram aplicados ao redor da cabeça da paciente para um resfriamento cerebral mais eficiente. O tiopental foi administrado para reduzir a demanda metabólica cerebral, e a metilprednisolona foi utilizada para prevenir a inflamação induzida pela DHCA.

A parada circulatória total durou 25 minutos, momento em que a SACP bi-hemisférica foi estabelecida por meio da canulação da artéria axilar direita e da artéria carótida esquerda. A oxigenação cerebral foi monitorada continuamente através do NIRS (Figura 2). O fluxo foi mantido entre 6-10 mL/kg/min e a pressão entre 50-60 mmHg, ajustada conforme as tendências do NIRS, para fornecer perfusão cerebral direcionada durante a reconstrução do arco aórtico. A SACP durou 38 minutos. Após a conclusão da reparação

do arco aórtico, a reperfusão gradual foi iniciada com reaquecimento controlado para evitar lesão por reperfusão, mantendo o gradiente entre temperatura central e periférica < 5°C.

Esse processo foi cuidadosamente monitorado para manter a estabilidade hemodinâmica e prevenir edema cerebral ou lesão, uma vez que a interrupção da SACP e a retirada da CEC estão associadas a vasodilatação significativa, alterações na resistência vascular sistêmica e instabilidade hemodinâmica. O suporte vasopressor foi realizado com norepinefrina (0,6 mcg/kg/min) e vasopressina (0,08 UI/min) para manter uma pressão arterial média (PAM) de 65 mmHg, além de dobutamina (10 mcg/kg/min) para melhorar a contratilidade durante a reperfusão.

O manejo da coagulação incluiu reversão da heparina com protamina (proporção 1:1), transfusão de plaquetas (2 pools), plasma fresco congelado (4 unidades), crioprecipitado (8 unidades), 2500 UI de concentrado de complexo protrombínico e 450 mL de sangue recuperado pelo sistema de recuperação celular. Os desequilíbrios de fluidos, eletrólitos e ácido-base foram adequadamente corrigidos. O coração retomou o ritmo sinusal após a CEC sem arritmias significativas. A paciente recebeu 2500 mL de Ringer lactato, apresentou uma diurese de 350 mL e uma perda sanguínea de 750 mL. A tabela a seguir resume as tendências da pressão arterial média, NIRS, débito cardíaco e temperatura central em diferentes momentos do procedimento (Tabela 1).

Figura 1. NIRS antes da entrada na CEC e DHCA.

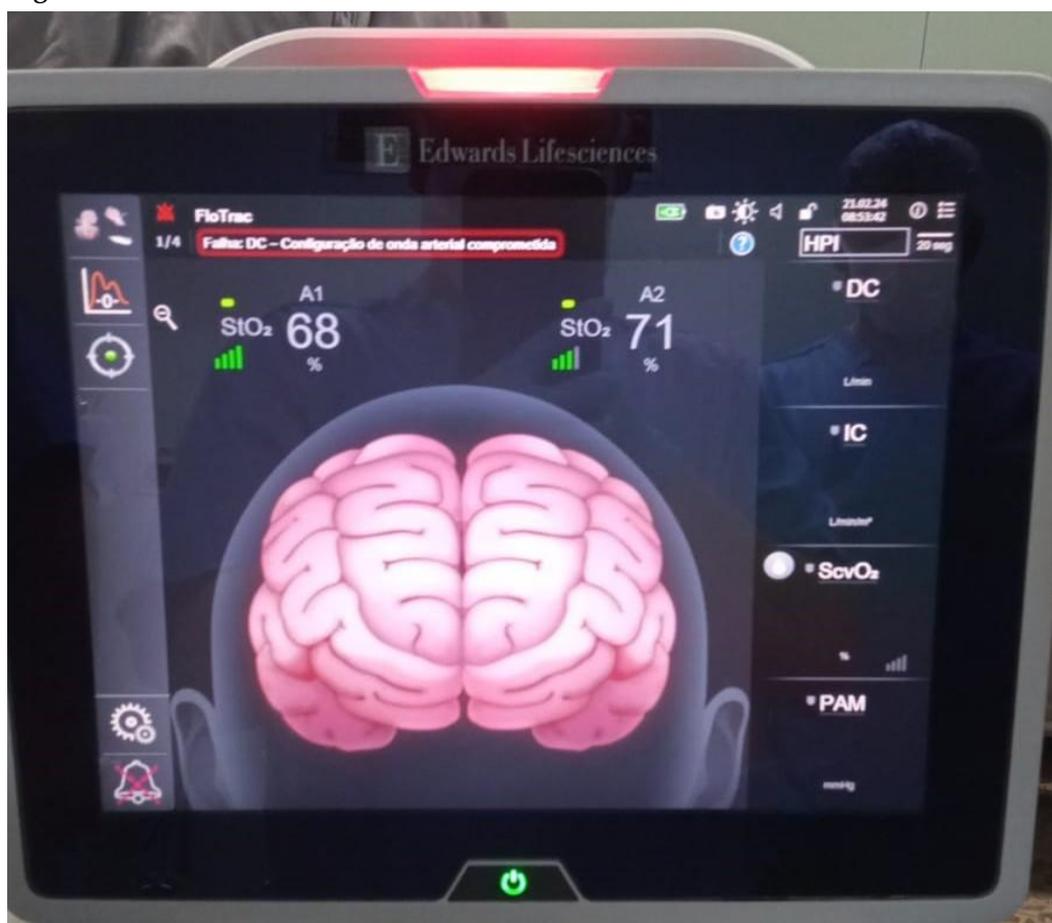
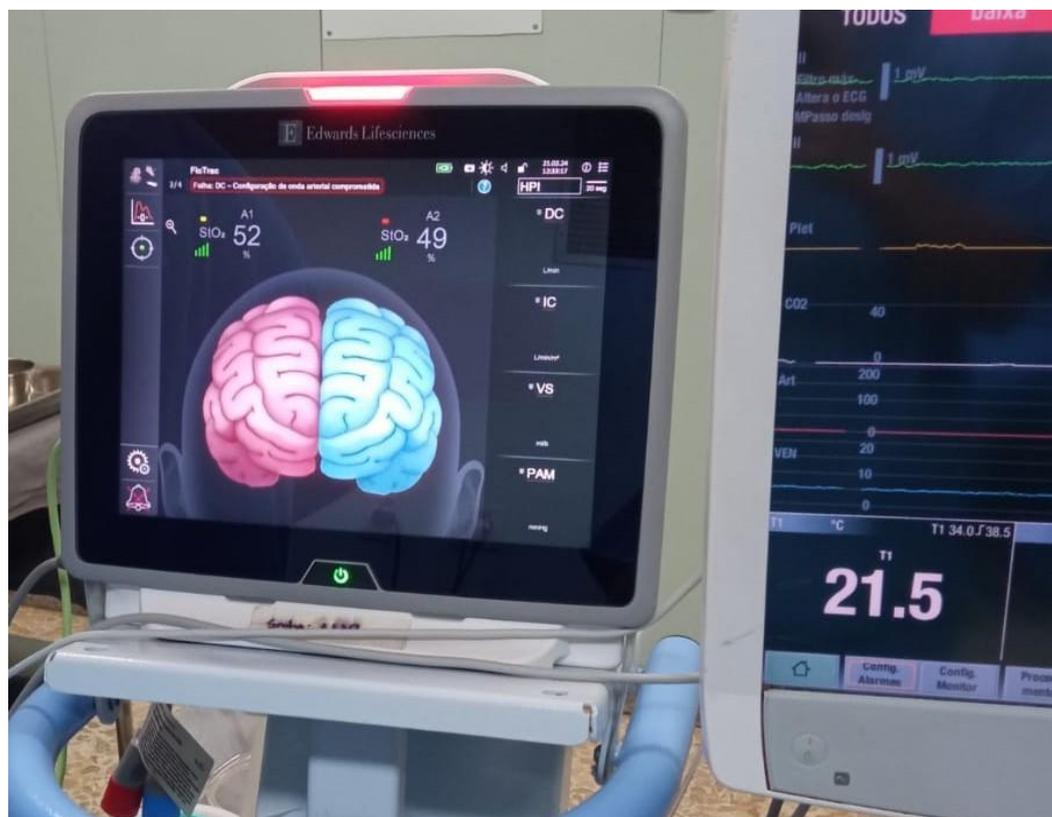


Tabela 1. Tendências da pressão arterial média, NIRS, débito cardíaco e temperatura central em diferentes momentos do procedimento.

Ponto no Tempo	Pressão Arterial Média (mmHg)	NIRS (%)	Débito Cardíaco (L/min)	Temperatura Central (°C)
Pré-DHCA	75-85	70-75	3.5-4.0	36.5
Durante DHCA	50-60	45-55	0.0	21.0
Reaquecimento	60-70	60-65	1.5-2	32.0
Pós-operatório	65-75	65-70	2-2.5	36.0

Figura 2. NIRS e temperatura central durante a SACP.

A paciente permaneceu intubada por 30 horas no pós-operatório e foi extubada com sucesso, sem complicações. Ela permaneceu na UTI por um total de 6 dias, durante os quais o suporte vasopressor em baixas doses foi gradualmente retirado. O tempo total de internação hospitalar foi de 8 dias. A paciente apresentou lesão renal aguda KDIGO 2, que foi manejada sem necessidade de terapia de substituição renal, com recuperação rápida. Nenhuma complicação maior, como coagulopatia, infecções ou arritmias, foi observada.

A avaliação neurológica foi realizada por meio de um exame neurológico formal no pós-operatório, incluindo a avaliação da função motora e sensorial, nervos cranianos e reflexos profundos. Além disso, a paciente foi submetida à triagem cognitiva utilizando o Mini-Exame do Estado Mental (MEEM), que não revelou déficits. Uma tomografia computadorizada do cérebro foi realizada no pós-operatório para descartar lesões isquêmicas

subclínicas, confirmando a ausência de lesões. Consultas longitudinais no nosso serviço confirmaram a ausência de déficits neurológicos, reforçando a integridade neurológica após a DHCA.

3. Discussão

A duração da SACP e da DHCA é o fator mais importante relacionado ao prognóstico neurológico em pacientes submetidos à cirurgia aórtica. Neste caso, a DHCA durou 25 minutos e a SACP durou 38 minutos, devido à complexidade técnica do procedimento cirúrgico, pois a paciente já havia sido submetida a uma cirurgia aórtica prévia. Embora a literatura sugira que uma DHCA prolongada além de 40 minutos esteja associada a um maior risco neurológico, um estudo realizado em um centro especializado com 490 participantes demonstrou que o uso isolado da DHCA pode ser seguro por até 50 minutos, sem sequelas neurológicas significativas [3]. No entanto, a utilização da SACP permite períodos mais longos de proteção cerebral. Uma meta-análise demonstrou que, embora não houvesse diferença na incidência de déficits neurológicos permanentes ou transitórios entre SACP combinada com DHCA versus DHCA isolada, a mortalidade foi significativamente menor com o uso da SACP em comparação com a DHCA isolada [4].

A hipotermia profunda (<20°C) proporciona uma neuroproteção robusta ao reduzir a demanda metabólica; entretanto, ainda há debate sobre o grau ideal de resfriamento. Alguns estudos sugerem que a hipotermia moderada (20-28°C) pode ser suficiente, potencialmente reduzindo as complicações associadas ao reaquecimento, como neuroinflamação e perda da autorregulação cerebrovascular [5]. O reaquecimento controlado é igualmente importante, pois a elevação rápida da temperatura tem sido associada à lesão por isquemia-reperusão e edema cerebral. Protocolos que enfatizam um reaquecimento gradual (<0,5°C/min) podem mitigar esses riscos e melhorar a recuperação neurológica.

A neuroproteção farmacológica tem sido investigada para reduzir ainda mais o risco de lesão neurológica por meio da supressão metabólica, efeitos anti-inflamatórios e mecanismos antioxidantes. A supressão elétrica cerebral pode ser alcançada com barbitúricos, como tiopental, reduzindo a taxa metabólica cerebral e o consumo de oxigênio, apesar dos efeitos colaterais hemodinâmicos [2]. O propofol, que possui propriedades neuroprotetoras, induz supressão semelhante aos barbitúricos e tem ação antioxidante, podendo atenuar a lesão por isquemia-reperusão. Corticosteroides em altas doses são frequentemente administrados para atenuar a resposta inflamatória associada à DHCA e à reperusão, embora não haja evidências robustas de que reduzam a lesão neurológica. Sulfato de magnésio, manitol e lidocaína são outros agentes menos utilizados, com benefício teórico na redução da excitotoxicidade [2]. O uso de tiopental e glicocorticoides é um protocolo padrão no nosso serviço para cirurgias com parada circulatória total.

O monitoramento neurológico durante a DHCA pode ser realizado por meio da avaliação do fluxo sanguíneo cerebral (oximetria venosa jugular, Doppler transcraniano e espectroscopia no infravermelho próximo - NIRS) ou da atividade cerebral (EEG quantitativo, BIS e potenciais evocados). Embora a oximetria venosa jugular forneça informações sobre o balanço de oxigênio cerebral, sua confiabilidade é limitada. O EEG quantitativo é sensível à isquemia, mas pode ser influenciado por interferências [1].

O BIS, que mede a profundidade da anestesia e a atividade elétrica cerebral, demonstrou uma queda para zero durante a DHCA, indicando supressão completa da atividade elétrica cerebral. Uma revisão da literatura demonstrou que o BIS, como indicador quantitativo, auxilia no ajuste da anestesia e melhora a perfusão cerebral, permitindo ajustes rápidos durante a cirurgia [6]. No entanto, o BIS não fornece confirmação direta da isquemia cerebral, é suscetível a artefatos e sua correlação com a supressão do EEG ainda não está completamente estabelecida.

O NIRS, por outro lado, é uma ferramenta confiável para monitorar a saturação de oxigênio cerebral no lobo frontal intraoperatoriamente. No entanto, sua utilização para

prever acidente vascular cerebral (AVC) pós-operatório ainda é limitada [7]. Para garantir a confiabilidade das leituras do NIRS, é essencial um posicionamento cuidadoso do sensor na testa, evitando exposição direta à luz e garantindo calibração consistente. Apesar da falta de evidências robustas de benefícios significativos para desfechos neurológicos, como AVC, essas ferramentas vêm sendo cada vez mais utilizadas devido à praticidade e ao baixo risco [8,9]. Neste caso, a combinação do BIS e do NIRS forneceu dados complementares, com o NIRS fornecendo informações em tempo real sobre a oxigenação cerebral e o BIS verificando a supressão elétrica completa da atividade cerebral. Considerando a tecnologia disponível em nosso hospital, acreditamos que a paciente recebeu uma avaliação neurológica adequada, dentro das limitações de cada método [3].

O manejo do equilíbrio ácido-base e o controle glicêmico são críticos para a otimização dos desfechos neurológicos e sistêmicos. A hipotermia altera significativamente a solubilidade dos gases e a ionização, exigindo estratégias personalizadas para manter a homeostase fisiológica. Dois principais métodos são empregados: a estratégia alfa-stat, que mantém um pH de 7,40 e uma pressão parcial de CO₂ (pCO₂) de 40 mmHg a 37°C, independentemente da temperatura real do paciente; e a estratégia pH-stat, que ajusta o pH e o pCO₂ com base na temperatura do paciente, adicionando CO₂ ao circuito [2].

Embora a estratégia alfa-stat seja preferida em adultos por preservar a autorregulação cerebral, a pH-stat é mais utilizada em pacientes pediátricos para aumentar o fluxo sanguíneo cerebral, apesar de um risco potencialmente maior de embolia. O controle glicêmico também é essencial, pois a hipotermia e a circulação extracorpórea frequentemente induzem hiperglicemia devido à resistência à insulina e à resposta ao estresse. Níveis elevados de glicose agravam a lesão isquêmica e a produção de lactato, exigindo monitoramento regular e administração de insulina para manter a normoglicemia.

4. Conclusão

A hipotermia, SACP e monitoramento contínuo hemodinâmico e neurológico são fundamentais para maximizar a segurança do paciente durante a DHCA. O uso de agentes farmacológicos, como barbitúricos e corticosteroides, ainda carece de evidências robustas, mas pode ter um papel promissor. O monitoramento combinado de NIRS e BIS permite uma avaliação abrangente e intervenções precoces, garantindo o melhor desfecho neurológico possível. O avanço das técnicas de monitoramento e a pesquisa contínua em protocolos farmacológicos e terapêuticos são essenciais para aprimorar a segurança, minimizar complicações e melhorar o prognóstico a longo prazo.

Financiamento: Nenhum.

Aprovação em Comitê de Ética em Pesquisa: Declaramos que o paciente aprovou o estudo assinando um termo de consentimento informado e que o estudo seguiu as diretrizes éticas estabelecidas pela Declaração de Helsinque.

Agradecimentos: Nenhum.

Conflitos de Interesse: Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Referência

1. Pinsky MR, Cecconi M, Chew MS, De Backer D, Douglas I, Edwards M, et al. Effective hemodynamic monitoring. *Crit Care* [Internet]. 2022;26(1):1–10. Available from: <https://doi.org/10.1186/s13054-022-04173-z>
2. Ise H, Kitahara H, Oyama K, Takahashi K, Kanda H, Fujii S, et al. Hypothermic circulatory arrest induced coagulopathy: rotational thromboelastometry analysis. *Gen Thorac Cardiovasc Surg* [Internet]. 2020;68(8):754–61. Available from: <https://doi.org/10.1007/s11748-020-01399-y>
3. Stamou SC, Rausch LA, Kouchoukos NT, Lobdell KW, Khabbaz K, Murphy E, et al. Comparison between antegrade and retrograde cerebral perfusion or profound hypothermia as brain protection strategies during repair of type A aortic dissection. *Ann Cardiothorac Surg*. 2016;5(4):328–35.

4. Ziganshin BA, Rajbanshi BG, Tranquilli M, Fang H, Rizzo JA, Elefteriades JA. Straight deep hypothermic circulatory arrest for cerebral protection during aortic arch surgery: Safe and effective. *J Thorac Cardiovasc Surg* [Internet]. 2014;148(3):888–900. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtcvs.2014.05.027>
5. Tian DH, Wan B, Bannon PG, Misfeld M, LeMaire SA, Kazui T, et al. A meta-analysis of deep hypothermic circulatory arrest versus moderate hypothermic circulatory arrest with selective antegrade cerebral perfusion. *Ann Cardiothorac Surg* [Internet]. 2013;2(2):148–58. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23977575><http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC3741839>
6. Bhalala US, Appachi E, Mumtaz MA. Neurologic injury associated with rewarming from hypothermia: Is mild hypothermia on bypass better than deep hypothermic circulatory arrest? *Front Pediatr*. 2016;4(SEP):1–5.
7. Kertai MD, Whitlock EL, Avidan MS. Brain monitoring with electroencephalography and the electroencephalogram-derived bispectral index during cardiac surgery. *Anesth Analg*. 2012;114(3):533–43.
8. Conolly S, Arrowsmith JE, Klein AA. Deep hypothermic circulatory arrest. *Contin Educ Anaesthesia, Crit Care Pain*. 2010;10(5):138–42.
9. Yu Y, Zhang K, Zhang L, Zong H, Meng L, Han R. Cerebral near-infrared spectroscopy (NIRS) for perioperative monitoring of brain oxygenation in children and adults. *Cochrane Database Syst Rev*. 2014;2014(1).
10. Tibi P, McClure RS, Huang J, Baker RA, Fitzgerald D, Mazer CD, et al. STS/SCA/AmSECT/SABM Update to the Clinical Practice Guidelines on Patient Blood Management. *Ann Thorac Surg*. 2021;112(3):981–1004.