

Perfusão Cerebral Anterógrada no Tratamento Cirúrgico da Aorta Ascendente e Arco Aórtico

Antegrade Cerebral Perfusion in Surgical Treatment of the Ascending Aorta and Aortic Arch

Artigo Original

5

Marcelo Sávio da Silva Martins^{1,2,3}, Mauro Paes Leme^{2,3}, Alvaro Luiz Xavier de Brito Martins Baptista¹, Ney Franklin Junior^{1,2}, Vanessa Carvalho Duarte¹, Luiz Otávio Sabino^{1,2,3}, Eleonora Dias Galheiro¹, Joyce Cardoso Abecassis¹, Carlos Eduardo Dantas², Eduardo Bastos^{1,2,3}

Resumo

Fundamentos: Diferentes métodos de proteção cerebral têm sido empregados durante a cirurgia do arco aórtico. Revisou-se uma técnica para a perfusão cerebral anterógrada, como experiência do grupo.

Objetivo: Reavaliar a técnica de proteção cerebral, utilizando como via de acesso o tronco braquiocefálico ou artéria carótida para perfusão cerebral anterógrada e hipotermia moderada nas operações da aorta ascendente e arco aórtico.

Métodos: Vinte pacientes portadores de dissecação e/ou ectasia ou aneurisma da aorta foram operados consecutivamente. A perfusão arterial foi realizada por meio de enxerto de PTFE de 8,0mm anastomosado ao tronco braquiocefálico ou artéria subclávia. A hipotermia sistêmica foi de 28°C nasofaríngea. O tronco braquiocefálico foi ocluído para perfusão cerebral anterógrada. A pressão arterial média em artéria radial direita foi mantida entre 50mmHg e 60mmHg. A saturação transcutânea de oxigênio na artéria temporal e o índice bioespectral (BIS) foram utilizados para monitorização contínua.

Resultados: Não houve nenhuma complicação neurovascular relacionada ao procedimento. A circulação extracorpórea foi mantida com fluxo para manter pressão arterial de 50mmHg-60mmHg, durante toda a operação. O tempo médio de parada circulatória total com hiperfluxo cerebral foi de 22min (19min a 35min).

Conclusão: A perfusão cerebral e a circulação extracorpórea por via anterógrada, através do tronco braquiocefálico, associadas à hipotermia moderada, mostraram-se eficientes na proteção do sistema nervoso e, possivelmente, evitaram as graves discrasias sanguíneas pós-operatórias.

Palavras-chave: Cirurgia de aorta, Patologia, Aneurisma dissecante, Circulação extracorpórea

Abstract

Background: Different cerebral protection methods have been used during aortic arch surgery. An antegrade cerebral perfusion technique was reviewed as a group experience.

Objective: To reassess the cerebral protection technique used to access the innominate artery for antegrade cerebral perfusion with moderate hypothermia operations on the ascending aorta and aortic arch.

Methods: Twenty patients with aortic dissections or aneurysms were operated on consecutively. Arterial perfusion was achieved using an 8.0mm PTFE graft anastomosed to the innominate artery, with systemic nasopharyngeal hypothermia of 28°C. The brachiocephalic trunk was occluded for antegrade cerebral perfusion. The mean blood pressure in the right radial artery was maintained at 50mmHg-60mmHg. Transcutaneous oxygen saturation in the temporal artery and the Bispectral Index (BIS) were used for continuous monitoring.

Results: There were no neurological complications related to the procedure. The extracorporeal circulation was maintained at a flow sufficient to maintain a blood pressure of 50mmHg-60mmHg throughout the entire operation. The mean duration of the total circulatory arrest with cerebral hyperflow was 22 minutes (19-35 minutes).

Conclusion: Antegrade cerebral perfusion and extracorporeal circulation through the innominate artery associated with moderate hypothermia proved effective for protecting the central nervous system and possibly for avoiding excessive bleeding in the post operative period.

Keywords: Aorta surgery, Aorta pathology, Dissecting aneurysm, Extracorporeal circulation

¹ Hospital de Força Aérea do Galeão (HFAG) - Rio de Janeiro (RJ), Brasil

² Hospital de Clínicas Mário Lioni (Rede ESHO de Hospitais) - Rio de Janeiro (RJ), Brasil

³ Hospital Universitário Clementino Fraga Filho - Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) - Rio de Janeiro (RJ), Brasil

Introdução

Este trabalho se propõe a complementar estudo anterior de Martins et al.¹, intitulado “*Tratamento cirúrgico da aorta ascendente e arco com perfusão cerebral anterógrada e hipotermia moderada*”, acrescentando-se novos casos operados desde então.

Para as cirurgias que envolvem a porção distal da aorta ascendente e o arco aórtico, especialmente nas dissecções aguda da aorta, diferentes tipos de perfusão e sítios de canulação foram propostos para poupar o sistema nervoso central de lesões isquêmicas. A mortalidade e a morbidade, conseqüentes à proteção inadequada do cérebro, determinam o sucesso final dos procedimentos que envolvem esses segmentos da aorta torácica.

A hipotermia, utilizada como importante adjunto para promover e potencializar a proteção cerebral, apresenta limitação quanto a sua eficiência, podendo estar associada a diferentes graus de discrasia sanguínea, o que também interfere com o resultado final do procedimento.

Ainda hoje a hipotermia isolada ou em associação com outros métodos tem sido empregada de forma rotineira para a proteção cerebral durante a parada circulatória total (PCT). Foi a partir dos estudos de Kazui et al.², demonstrando os bons resultados com a perfusão seletiva anterógrada (PCA) dos vasos do arco aórtico, que a técnica passou a ser empregada rotineiramente. Entretanto, vários autores utilizam a PCA associada à hipotermia profunda.

O tratamento das graves afecções da aorta proximal vinha acompanhado de elevada morbimortalidade até os anos 80. A injúria isquêmica do sistema nervoso central e as hemorragias perioperatórias incontroláveis constituíam-se nas principais causas das elevadas taxas de óbitos³.

Um grande progresso foi a difusão da hipotermia profunda e da parada circulatória para o tratamento das doenças do arco aórtico, por Griep et al.⁴ A parada circulatória com hipotermia profunda provê um campo operatório exangue e imóvel. A hipotermia profunda protege parcialmente o cérebro, o coração, os rins e outros órgãos, presumivelmente pela redução da atividade metabólica. Entretanto, a experiência clínica indica que o intervalo de tempo da parada circulatória é importante. Os riscos de disfunção neurológica se elevam de forma significativa após 40-50 minutos e a mortalidade aumenta, acentuadamente, após 65 minutos de parada circulatória⁵.

Por essa razão, para o tratamento cirúrgico das afecções da aorta proximal buscaram-se outras opções,

sendo uma delas o estabelecimento do sítio de canulação do sistema arterial, pois, como há presença de dois lúmens, é necessário que a perfusão seja adequada e realizada pela luz verdadeira da aorta para que os órgãos nobres sejam perfundidos de maneira satisfatória. A artéria femoral foi durante algum tempo o sítio preferido para a canulação do sistema arterial. Entretanto, a presença de doença arterial periférica aorta-iliaca, extensão distal da dissecção da aorta para esses ramos e canulação da falsa-luz comprometem a perfusão adequada e dificultam ou contraindicam essa opção.

A partir de trabalho experimental, ficou estabelecida a superioridade da proteção cerebral por período de 90 minutos. A abordagem do tronco braquiocéfálico (TBC) e das artérias carótidas, axilar ou subclávia passou a ser empregada clinicamente com sucesso para o estabelecimento da circulação extracorpórea, nos casos de dissecção aguda de aorta e em alguns casos de aneurisma verdadeiro de aorta ascendente com envolvimento do arco e porção inicial da aorta descendente^{6,7}.

Uma das opções inclui a perfusão seletiva anterógrada usando o TBC, a carótida comum ou a artéria subclávia/axilar⁸. A outra opção é a perfusão cerebral retrógrada (PCR), através da cânula na veia cava superior, associada ou não à hipotermia profunda. A PCR é um método simples que contribui para a preservação cerebral, através da manutenção da hipotermia, teoricamente aumentando a segurança da parada circulatória cerebral. Entretanto, é sabido que o fluxo cerebral ofertado é próximo de 2% a 3% do fluxo cerebral⁹.

Metodologia

Foram operados, consecutivamente, 20 pacientes portadores de aneurisma e/ou dissecção de aorta ascendente e arco aórtico. Foi necessária a revascularização do miocárdio em 2 pacientes e, em 6 pacientes foram realizadas trocas valvares aórticas.

Doze pacientes eram do sexo masculino e 8 do feminino. A idade média foi de 58 anos (34-78 anos). Nenhum dos pacientes apresentava sinais de isquemia cerebral, miocárdica ou de vísceras abdominais. Todos os pacientes e/ou responsáveis assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Monitorizou-se a pressão arterial média (PAM) em artéria radial direita e realizou-se a monitorização da oximetria cerebral, com a intenção de prevenir e corrigir a dessaturação cerebral. Para isso, utilizou-se o sistema *Somanetics*, baseado na espectroscopia

(Figura 1). Os valores normais de saturação por esse método oscilam entre 60% e 70%. Em geral, consideram-se os valores obtidos na primeira leitura, antes da indução anestésica, como o nível basal para cada paciente.

Procedeu-se à toracotomia mediana com esternotomia, dissecação e reparo do TBC e preparo para a canulação venosa. Após heparinização sistêmica (4mg/kg de peso), o enxerto de PTFE de 8,0mm foi anastomosado término-lateralmente ao TBC, utilizando-se fio de proplene 6-0, e conectado à linha arterial do sistema de circulação extracorpórea (Figura 2).

Em todos os pacientes, a circulação extracorpórea (CEC) e a perfusão cerebral foram realizadas de forma

anterógrada pelo enxerto de PTFE de 8,0mm anastomosado ao TBC, dispensando a transferência da cânula arterial para o enxerto tubular inorgânico reto após o término da anastomose distal. A circulação extracorpórea foi estabelecida com o uso de um oxigenador de membrana e mantida com um fluxo de 2,2L/min/m² de superfície corpórea. A proteção miocárdica utilizada foi a sanguínea, hipotérmica, intermitente a cada 15-20 minutos, de modo retrógrado, através de cânula localizada no seio coronariano ou através de canulação do óstio coronariano.

Os pacientes foram resfriados até a temperatura nasofaríngea de 28°C. Realizou-se o manuseio do PaCO₂ com a técnica *alpha-stat* durante a hipotermia moderada. A hiperglicemia foi agressivamente tratada durante a operação, com insulina venosa.

Imediatamente após o início da parada circulatória total, a origem do TBC foi pinçada e iniciou-se a infusão de sangue oxigenado hipotérmico (25°C) pelo enxerto de PTFE, com um fluxo de 300ml a 500ml por minuto para manter a PAM entre 50mmHg-60mmHg. Com esse tipo de canulação e oclusão proximal do TBC, foi possível manter a perfusão cerebral durante o tempo em que a aorta esteve aberta. A artéria carótida esquerda foi pinçada para evitar grande refluxo no campo operatório.

Durante a parada circulatória total (PCT), o fluxo cerebral foi mantido com PAM em torno de 50mmHg-60mmHg, com temperatura sistêmica entre 23°C e 28°C. Monitorizou-se a saturação de oxigênio durante todo o período da parada circulatória total e o fluxo seletivo cerebral. Tencionou-se manter os valores de base durante toda a intervenção. O fluxo arterial foi aumentado quando ocorreu uma redução de mais de 15% do nível inicial ou quando a saturação arterial cerebral baixou de 50% em valor absoluto. Uma das vantagens desse sistema é seu caráter dinâmico.

Quando do restabelecimento da circulação extracorpórea, abriu-se o cadarço ocluser ou pinça da origem do TBC e, gradativamente, aumentou-se o fluxo pela linha arterial até o restabelecimento do fluxo total da circulação extracorpórea. Obteve-se a normalização do fluxo e os pacientes foram mantidos com fluxo normal por 3-5 minutos sem aquecimento. Após esse período, os pacientes foram aquecidos até somente 36°C para proteção cerebral.

Ainda com relação à técnica operatória, em todos os pacientes com dissecação, as lâminas da aorta foram aproximadas com fio de propileno 5-0, sem utilização de colas. Estas somente foram utilizadas, em pequenas quantidades, para a oclusão de pequenos orifícios nos enxertos.

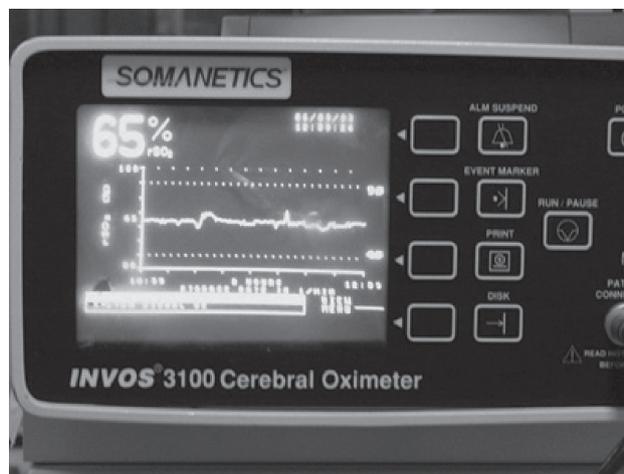


Figura 1
Sistema Somanetics, baseado na espectroscopia, utilizado para a oximetria cerebral.

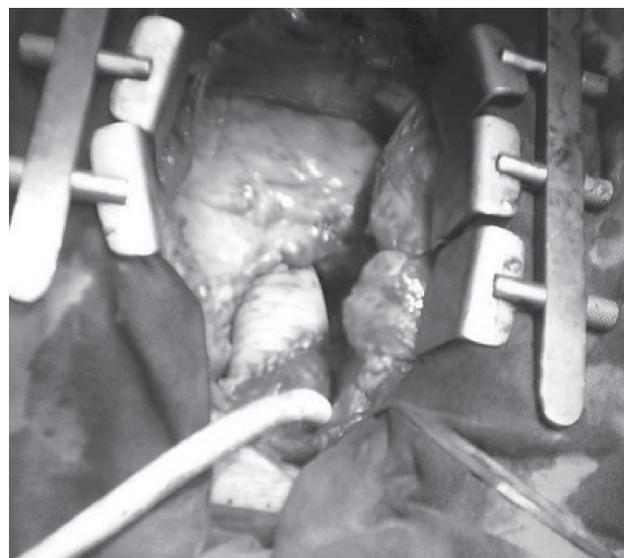


Figura 2
Enxerto de PTFE de 8,0mm é anastomosado término-lateralmente ao TBC e conectado à linha arterial do sistema de circulação extracorpórea.

Terminada a circulação extracorpórea, antes da reversão da anticoagulação com sulfato de protamina, o tubo de PTFE usado para perfusão foi pinçado, seccionado e suturado junto à artéria utilizada.

Os pacientes que apresentavam sangramento e coagulograma com alterações importantes, INR >1,3 e TAP <50%, foram tratados com reposição dos fatores (*Beriplex*®) na sala de cirurgia.

Os pacientes foram submetidos a exames neurológicos pelo protocolo *Mini Mental State Examination* (MMSE), no pré-operatório, no dia da alta, bem como aos 30 dias de pós-operatório.

Resultados

A perfusão no TBC foi possível em todos os casos. Em todos os pacientes, a dissecação do TBC foi realizada sem maiores dificuldades, através da incisão da esternotomia, sendo possível a exposição de um segmento adequado da artéria para a realização da anastomose do enxerto de PTFE. Não houve necessidade de incisões adicionais.

O tempo médio de parada circulatória total foi de 32min (19min a 42min) e de circulação extracorpórea foi de 91min (63min a 137min).

Não houve óbito nesta série. Em apenas um paciente, operação de Benatall e reoperação, houve necessidade de reintervenção por sangramento. O paciente com dissecação aórtica aguda e AVE apresentou recuperação completa do quadro neurológico. Não houve complicações pulmonares graves ou necessidade de traqueostomia. Dois pacientes, portadores de insuficiência renal pré-operatória e grave disfunção do VE, necessitaram de hemodiálise por período de três semanas.

Nos exames neurológicos, não se observaram AVE, déficit isquêmico neurológico reversível, acidente isquêmico transitório (AIT) ou coma. Apenas dois pacientes, um que apresentava antecedente de etilismo crônico e outro antecedente psiquiátrico, apresentaram quadro de confusão mental. Nenhum deles apresentou quadro focal. Esses quadros de confusão se reverteram em 48 horas e os pacientes retornaram a seu estado neurológico pré-operatório, o que sugere que essas alterações estejam mais relacionadas ao quadro neurológico pré-operatório do que às alterações relacionadas à cirurgia.

Discussão

A proteção neurológica oferecida durante o período de hipofluxo ou parada circulatória total determinou o sucesso das operações da aorta e dos vasos da base. A proteção oferecida pela parada circulatória total isoladamente, pelos motivos expostos, não se mostrou satisfatória¹⁰.

O cérebro humano adulto corresponde a 2% da massa corporal, entretanto, consome 15% do total de energia gerada pelo metabolismo, sendo a taxa metabólica do órgão sete vezes àquela atribuída aos demais sistemas orgânicos. Aproximadamente 60mg de glicose e 3ml a 4ml de oxigênio por minuto são necessários por 100g de tecido. O cérebro pode tolerar uma redução aguda no seu fluxo sanguíneo de até 40% a 50% do normal durante a normotermia. Abaixo disso, as mudanças funcionais e biológicas nas reservas de ATP e o acúmulo progressivo de glutamato ocorrem progressivamente¹¹.

Durante a hipotermia moderada, a autorregulação do fluxo cerebral é mantida com pressões de até 30mmHg. A perda da demanda metabólica compromete a autorregulação. O fluxo não pulsátil da bomba de circulação extracorpórea também compromete o sistema de autorregulação, aumentando a resistência com o passar do tempo. Pressões maiores de perfusão serão necessárias para uma perfusão adequada ao final de um longo período de CEC¹².

Encontram-se dois tipos de lesões cerebrais relacionadas à CEC. A isquemia global do cérebro consequente à interrupção de fluxo ou fluxo inadequado que se manifesta por meio de disfunção neurológica temporária, detectável por testes neuropsicológicos, especialmente aqueles que avaliam a memória ou mesmo coma¹⁰. Um segundo tipo de injúria cerebral, que tem recebido igual atenção devido às suas consequências, é representado por lesões mais localizadas, causadas por infarto. Esse tipo de lesão é consequente à presença de debris ou trombos na aorta e, geralmente, independe da proteção cerebral peroperatória¹⁰.

Diferentes autores têm descrito vantagens e desvantagens dos métodos distintos de proteção do sistema nervoso central, níveis de hipotermia e métodos de perfusão durante a CEC: parada circulatória total (PCT) combinada à hipotermia profunda, PCT hipotérmica com perfusão cerebral retrógrada e, por último, PCT hipotérmica com perfusão cerebral anterógrada pelo tronco braquiocefálico/artéria carótida ou, ainda, pelo eixo subclávio-axilar¹³.

A retroperfusão cerebral (RPC) pela veia cava superior, durante a PCT, proporciona resfriamento cerebral sustentado, tornando essa perfusão efetiva no sentido de manter o tecido nervoso em baixa temperatura durante o período de parada. Apresenta também as vantagens de lavar metabólitos resultantes da isquemia, retirar o ar ou mesmo debris com potencial emboligênico e permitir a infusão de substratos nutricionais durante a PCT⁹. Questiona-se, entretanto, a eficiência da oferta de oxigênio. Seu emprego tem se tornado discutível pelas suas limitações, como fluxo cerebral insuficiente e distribuição intracerebral não homogênea, explicada pela presença de *shunts* veno-venosos, confirmada em estudos anatómicos, motivo pelo qual apenas uma pequena fração do perfusato efetivamente atinge o tecido cerebral¹⁴, além da presença de válvulas no sistema jugular¹⁵, associados a edema cerebral e sangramento no campo operatório. Pressurizando todo o sistema venoso, parece haver melhor perfusão cerebral retrógrada, entretanto, essa manobra parece estar associada à importante retenção de fluidos, além de aumentar o risco de edema cerebral. A pressão de perfusão retrógrada não deve ultrapassar 20mmHg¹⁶.

Atualmente, a PCR está indicada primariamente para a prevenção de injúria neurológica em pacientes com alto risco de embolismo, devido à presença de trombos ou ateroma na aorta. Poderá ser utilizada por curtos períodos, antes de se reiniciar a perfusão anterógrada para retirar debris de vasos de base e seus ramos.

A proteção cerebral com perfusão anterógrada durante a PCT apresenta as vantagens de evitar a manipulação da artéria femoral, frequentemente acometida pela dissecação, de manter sempre o fluxo no sentido anterógrado pela luz verdadeira e de não necessitar de hipotermia profunda, o que minimiza as sérias complicações descritas¹⁷. Além disso, eliminam-se os problemas de má perfusão de órgãos nobres e de criação de novos pontos de reentrada, pelo aumento de pressão na falsa-luz¹⁸. Nessa técnica, a temperatura é levada a aproximadamente 28°C; estabelecida a PCT, o TBC é pinçado na sua origem, e o fluxo ajustado para manter a PAM em torno de 50mmHg-60mmHg. A hiperglicemia e a glicólise anaeróbica levam ao acúmulo de lactato e acidose intracelular durante o período de parada circulatória. Portanto, a hiperglicemia tem sido agressivamente tratada durante a operação por meio de insulina venosa.

O uso de hipotermia sistêmica moderada pode reduzir os riscos de sangramento excessivo e minimizar as complicações associadas com a perfusão prolongada, tais como a síndrome do extravasamento capilar, ao evitar as baixas temperaturas e os longos períodos de resfriamento e reaquecimento necessários à hipotermia profunda com parada circulatória.

Os princípios fisiológicos da autorregulação cerebral, presentes durante a normotermia, são mantidos durante a perfusão com hipotermia moderada. O fluxo sanguíneo cerebral depende do metabolismo do cérebro. Se o metabolismo é elevado, a resistência vascular cerebral cai e o fluxo sanguíneo cerebral aumenta. Isto é conhecido como acoplamento fluxo-metabolismo e permanece intacto durante a perfusão com hipotermia moderada. A autorregulação, a relação pressão-fluxo ou a habilidade de manter um fluxo sanguíneo cerebral constante, apesar de amplas faixas da pressão arterial média, também se mantém intacta durante a perfusão com hipotermia moderada. A vasculatura cerebral mantém sua capacidade de dilatar durante as baixas pressões de perfusão e de contrair quando a pressão de perfusão é elevada. Em temperaturas abaixo de 22°C e/ou com o manuseio *pH stat*, essas vantagens se perdem. Hipotermia moderada e perfusão cerebral anterógrada são os métodos mais eficientes para manter glicólise aeróbica na presença de hipofluxo¹⁹.

Diferentes regiões do cérebro apresentam variações substanciais de necessidade energética. A substância cinzenta necessita de mais energia que a branca, a córtex mais que a parte basal, neurônios ativos mais que os quiescentes. Portanto, as manifestações mais precoces ocorrem em regiões do cérebro com maior atividade metabólica, a qual é mantida mesmo com a utilização da hipotermia profunda. Em modelos experimentais, os sinais histológicos de isquemia mais precoce podem ser anatomicamente detectados no hipocampo, clinicamente manifestos como perda de memória recente em indivíduos submetidos à parada circulatória total²⁰. Na avaliação realizada, nenhum dos pacientes apresentou esses déficits.

A perfusão através do TBC fornece um suprimento contínuo de oxigênio para a região supra-aórtica e vias colaterais também para a parte inferior do corpo. A observação de que não ocorreu anormalidade neurológica na pequena série estudada também pode estar relacionada ao curto período de parada, máximo de 42 minutos. Ao realizar medições de saturação cerebral em tempo real, é possível intervenção imediata no fluxo cerebral, evitando hipoperfusão e hipóxia cerebral. Recente estudo clínico de Kazui et al.²¹, no qual 472 pacientes foram operados consecutivamente, relatou que houve emprego somente de perfusão cerebral unilateral através da artéria axilar, com temperatura de 20°C com disfunção neurológica permanente de 3,7%. Acredita-se que o emprego de hipotermia mais acentuada pode ser devido ao fato da substituição total do arco aórtico, o que não foi necessário na presente série.

Também recentemente, o grupo de Hannover realizou Doppler transcranial em 30 pacientes, sendo que 15 deles, submetidos à cirurgia do arco aórtico, demonstraram baixa incidência de microembolização, ratificando a eficiência do método na prevenção do AVE embólico²².

Conclusões

Apesar da pequena amostra, concluiu-se que o método utilizado de perfusão através de enxerto de PTFE anastomosado ao tronco braquiocefálico é simples, facilmente reproduzível e com baixo índice de complicações. Tem vantagens de proporcionar um fluxo anterógrado satisfatório e também permitir a perfusão cerebral anterógrada, com temperaturas mais elevadas, evitando complicações neurovasculares e discrásicas.

Potencial Conflito de Interesses

Declaro não haver conflitos de interesses pertinentes.

Fontes de Financiamento

O presente estudo não teve fontes de financiamento externas.

Vinculação Acadêmica

O presente estudo não está vinculado a qualquer programa de pós-graduação.

Referências

- Martins MS, Sá MP, Bastos ES. Tratamento cirúrgico da aorta ascendente e arco com perfusão cerebral anterógrada e hipotermia moderada. *Rev Bras Cir Cardiovasc.* 2006;21:461-67.
- Kazui T, Washiyama N, Mahummad BAH, et al. Total arch replacement using aortic arch branched grafts with the aid of antegrade selective cerebral perfusion. *Ann Thorac Surg.* 2000;70(1):3-9.
- Raskin AS, Daily LC. Aortic aneurysm repair with profound hypothermic circulatory arrest: a review of 358 operations by Dr. ES Crawford and associates and perfusion techniques employed. *Perfusion.* 1992;7:245-56.
- Griep RB, Stinson EB, Hollingsworth JF, et al. Prosthetic replacement of the aortic arch. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1975;70(6):1051-1063.
- Svensson LG, Crawford ES, Hess KR, et al. Deep hypothermia with circulatory arrest: determinants of stroke and early mortality in 656 patients. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1993;106(1):19-31.
- Di Eusanio M, Marc AS, Win JM, et al. Brain protection using antegrade selective cerebral perfusion: a multicenter study. *Ann Thorac Surg.* 2003;76:1181-189.
- Souza JM, Rojas SO, Berlinck MF, et al. Circulação extracorpórea pela artéria carótida comum direita na correção de doenças da aorta ascendente, arco aórtico e aorta descendente. *Rev Bras Cir Cardiovasc.* 2003;18(2):137-41.
- Di Eusanio M, Schepens MA, Morshuis WJ, et al. Antegrade selective cerebral perfusion during operations on the thoracic aorta: factors influencing survival and neurologic outcome in 413 patients. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2002;124(6):1080-1086.
- Moshkovitz Y, David TE, Caleb M, et al. Circulatory arrest under moderate systemic hypothermia and cold retrograde cerebral perfusion. *Ann Thorac Surg.* 1998;66(4):1179-184.
- Cheung RT. Neurological complications of heart disease. *Baillieres Clin Neurol.* 1997;6(2):337-55.
- Lassen NA, Christensen MS. Physiology of cerebral blood flow. *Br J Anaesth.* 1976;48(8):719-34.
- Kent B, Pierce 2nd EC. Oxygen consumption during cardiopulmonary bypass in the uniformly cooled dog. *J Appl Physiol.* 1974;37(6):917-22.
- Albuquerque LC, Braile DM, Palma JH, et al. Diretrizes para o tratamento cirúrgico das doenças da aorta da Sociedade Brasileira de Cirurgia Cardiovascular. *Rev Bras Cir Cardiovasc.* 2006;21(1):1-23.
- Sakurada T, Kazui T, Tanaka H, et al. Comparative experimental study of cerebral protection during aortic arch reconstruction. *Ann Thorac Surg.* 1996;61(5):1348-354.
- Dresser LP, McKinney WM. Anatomic and pathophysiologic studies of the human internal jugular valves. *Am J Surg.* 1987;154(2):220-24.
- Ye J, Yang J, Del Bigio MR, et al. Neuronal damage after hypothermic circulatory arrest and retrograde cerebral perfusion in the pig. *Ann Thorac Surg.* 1996;61(5):1316-322.
- Sabik JF, Lytle BW, McCarthy PM, et al. Auxiliary artery: an alternative site of arterial cannulation for patients with extensive aortic and peripheral vascular disease. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1995;109(5):885-91.
- Van Arsdell GS, David TE, Butany J. Autopsies in acute type A aortic dissection: surgical implications. *Circulation.* 1998;98(19 suppl II):299-304.
- Harrington DK, Walker AS, Kaukuntla H, et al. Selective antegrade cerebral perfusion attenuates brain metabolic deficit in aortic arch surgery: a prospective randomized trial. *Circulation.* 2004;110(11 suppl 1):231-36.
- Fleck TM, Czerny M, Hutschala D, et al. The incidence of transient neurologic dysfunction after ascending aortic replacement with circulatory arrest. *Ann Thorac Surg.* 2003;76(4):1198-202.
- Kazui T, Yamashita K, Washiyama N, et al. Aortic arch replacement using selective cerebral perfusion. *Ann Thorac Surg.* 2007;83:796-98.
- Kamiya H, Hagl C, Kropivnitskaya I, et al. Quick proximal arch replacement with moderate hypothermic arrest. *Ann Thorac Surg.* 2007;83(3):1055-1058.