

Correção cirúrgica da coarctação da aorta em adultos sob assistência circulatória extracorpórea esquerda

Surgical repair of coarctation of aorta in adults under left heart bypass

Eduardo Carvalho Ferreira¹, Vinícius José da Silva Nina², Marco Aurélio Sales Assef³, Nathalia Almeida Cardoso da Silva⁴, Shirlyne Fabianni Dias Gaspar⁴, Fernando Alberto Costa Cardoso da Silva⁵, Rozélia Sousa Nascimento⁶

DOI: 10.5935/1678-9741.20120014

RBCCV 44205-1355

Resumo

Objetivo: Descrever a experiência do serviço com a correção da coarctação da aorta em adultos utilizando assistência circulatória esquerda.

Métodos: De novembro de 2007 a outubro de 2009, oito pacientes adultos com coarctação da aorta foram submetidos a correção cirúrgica com interposição de enxerto tubular através de toracotomia póstero-lateral esquerda e uso de assistência circulatória com uso de circuito átrio esquerdo e artéria femoral. Cinco pacientes eram do sexo feminino e tinham idade média de $31,5 \pm 13,1$ anos. Todos tinham hipertensão arterial sistêmica (HAS) e apresentavam doenças cardiovasculares associadas.

Resultados: Não houve óbitos ou complicações neurológicas. O tempo médio cirúrgico foi de 308 minutos, o tempo médio de assistência circulatória de 73 minutos e o de pinçamento aórtico médio de 65 minutos. O sangramento médio no pós-operatório foi de 696 ml. Seis pacientes evoluíram com HAS grave no pós-operatório, sendo necessário uso de vasodilatadores endovenosos. As altas hospitalares ocorreram em média no 9º dia pós-operatório.

Houve redução significativa do gradiente médio da pressão arterial sistêmica. O seguimento ambulatorial com ecocardiograma até dois meses de pós-operatório demonstrou gradiente aorta/enxerto médio de 20,3 mmHg.

Conclusão: O uso da assistência circulatória esquerda pode ser uma opção na correção cirúrgica da coarctação da aorta em adultos, principalmente em pacientes com alterações parede da aorta, não sendo observada isquemia medular nos casos estudados.

Descritores: Coarctação aórtica. Derivação cardíaca esquerda. Paraplegia. Adulto.

Abstract

Objective: To describe our experience with repair of coarctation of the aorta in adults using left heart bypass.

Methods: From November 2007 to October 2009, eight adult patients with coarctation of the aorta underwent surgical repair under circulatory support using a left atrium to femoral artery bypass circuit, with graft interposition

1. Cirurgião Cardiovascular do Hospital Universitário Presidente Dutra – Universidade Federal do Maranhão, São Luis, MA, Brasil.
2. Doutor; Professor e Diretor do Hospital Universitário Presidente Dutra – Universidade Federal do Maranhão, São Luis, MA, Brasil.
3. Especialista em Cirurgia Cardiovascular; Cirurgião Cardíaco do Hospital Universitário Presidente Dutra – Universidade Federal do Maranhão, São Luis, MA, Brasil.
4. Graduanda em medicina na Universidade Federal do Maranhão, São Luis, MA, Brasil.
5. Especialista em Cardiologia e Ecocardiografia do Hospital Universitário Presidente Dutra – Universidade Federal do Maranhão, São Luis, MA, Brasil.
6. Perfusionista do Hospital Universitário Presidente Dutra – Universidade Federal do Maranhão, São Luis, MA, Brasil.

Trabalho realizado no Serviço de Cirurgia Cardiovascular do Hospital Universitário da Universidade Federal do Maranhão, São Luis, MA, Brasil.

Endereço para correspondência:

Eduardo Carvalho Ferreira.

Av. Boa Vista – Residencial Jaqueiras – casa 2 – Aracagi

São Luís, MA, Brasil – CEP: 65068-550.

E-mail: edu.ferreira-pi@hotmail.com

Artigo recebido em 28 de outubro de 2011

Artigo aprovado em 5 de fevereiro de 2012

Abreviaturas, acrônimos & símbolos

CEC	circulação extracorpórea
CoAo	coarctação da aorta
HAS	hipertensão arterial sistêmica
PAD	pressão arterial diastólica
PAS	pressão arterial sistólica

tube through left posterolateral thoracotomy. Five patients were female, with mean age of 31.5 ± 13.1 years. All patients had hypertension and others associated cardiovascular diseases.

Results: There were no deaths or neurological complications. The mean surgical time was 308 minutes

with mean left heart bypass and distal aortic clamping time of 73 and 65 minutes respectively. Postoperative bleeding was 696 ml in average. Six patients developed severe hypertension postoperatively requiring intravenous vasodilators. The mean length of stay was 9 days. A significant reduction of gradient blood pressure occurred. Echocardiographic follow-up up to two months postoperatively showed mean aortic / graft gradient of 20.3 mmHg.

Conclusion: In this series the use of left heart bypass showed to be a safe option in the surgical correction of coarctation of the aorta in adults, especially in patients with abnormal aortic wall. There was no spinal cord ischemia in the cases studied.

Descriptors: Aortic coarctation. Heart bypass, left. Paraplegia. Adult.

INTRODUÇÃO

A coarctação da aorta (CoAo) congênita é uma doença cuja história natural foi alterada significativamente pela correção cirúrgica na infância [1], proporcionando melhora significativa da expectativa e qualidade de vida dos pacientes [2]. Além da coarctação congênita, doenças inflamatórias como a arterite de Takayasu (ou coarctação invertida) constituem importantes causas de estenoses da aorta [3]. Várias técnicas operatórias vêm sendo utilizadas, porém apresentam aplicações e limitações específicas [2].

A correção na idade adulta apresenta peculiaridades, principalmente em decorrência da presença de comorbidades, como hipertensão arterial sistêmica (HAS) grave, calcificação importante da área coarctada e adjacência, alterações da parede da aorta [1,4], além de outras doenças cardíacas associadas (persistência do canal arterial, comunicação interventricular, alterações da valva aórtica e outros) [5]. O risco de paraplegia é significativamente maior nos adolescentes, adultos e nas re-coarctações, com uma incidência de 2,6% [6], principalmente quando a circulação colateral local é pobre. A utilização de circulação extracorpórea (CEC) na correção da CoAo pode ajudar a manter a perfusão medular durante o tempo de pinçamento aórtico [7]. Assim, este estudo tem o propósito de descrever a experiência acumulada com a correção cirúrgica da CoAo em pacientes adultos utilizando assistência circulatória extracorpórea, através de circuito entre átrio esquerdo e artéria femoral.

MÉTODOS

Foram operados no período de dois anos (novembro de 2007 a outubro de 2009) oito pacientes adultos, com idade entre 23 e 62 anos (média de $31,5 \pm 13,1$ anos), sendo cinco do sexo feminino. Seis pacientes apresentavam diagnóstico

ecocardiográfico e angiográfico de CoAo, gerando gradiente pressórico (médio de $71,5 \pm 20,7$ mmHg) e dois tinham interrupção total da aorta torácica à nível da área coarctada. Todos os pacientes tinham HAS e estavam em uso regular de medicações anti-hipertensivas. Um paciente apresentava disfunção ventricular esquerda (segundo diretrizes de insuficiência cardíaca) [8]. Alguns pacientes apresentavam doenças cardiovasculares associadas (dilatação aneurismática da aorta, valva aórtica bicúspide sem disfunção, hipertensão pulmonar, canal arterial patente, estenose subaórtica, arterite de Takayasu). Um doente era diabético.

A pressão arterial sistólica (PAS) aferida no pré-operatório no membro superior direito variou de 120 a 200 mmHg (média de $160 \pm 25,6$ mmHg) e a pressão arterial diastólica (PAD) de 80 a 110 mmHg (média de $95 \pm 9,2$ mmHg). As características demográficas pré-operatórias de todos os pacientes encontram-se na Tabela 1.

O estudo realizado foi descritivo, com todos os casos operados no Hospital Universitário Presidente Dutra (São Luís, MA, Brasil), sendo autorizado por Comitê de Ética em Pesquisa, sem identificação dos pacientes analisados e sem atitudes por parte dos autores que fossem caracterizadas como conflito de interesse.

Os dados foram analisados com auxílio do *software* BioEstat® 5.0 por meio do cálculo da média e do desvio-padrão. As pressões arteriais sistólicas e diastólicas e os gradientes sistólicos através da coarctação antes e depois da correção foram comparados utilizando teste “t” de Student pareado, sendo considerado significante *P* valor menor que 0,05.

Técnica operatória

Foi utilizada a mesma técnica cirúrgica em todos os casos, com o paciente sob anestesia geral, uso de cânula seletiva de duplo lúmen nas vias aéreas e exposição da

Tabela 1. Características pré-operatórias dos pacientes operados de CoAo, em ordem cronológica.

Pacientes	Sexo	Idade (anos)	Doenças associadas	FE (%)	Gradiente Ao (mmHg)	PA pré-op. (mmHg)
1	Fem	62	Aneurisma da aorta torácica, diabetes	63	51	160x100
2	Fem	24	Aneurisma da aorta torácica	61	75	180x100
3	Fem	28	VAB	73	52	120x80
4	Masc	23	Estenose subaórtica leve	75	62	150x90
5	Fem	28	VAB, PCA, aneurisma da aorta torácica,	50	110	200x110
			HAP grave	40	94	180x100
6	Masc	36	VAB, DVE	66	70*	150x90
7	Masc	22	Interrupção da aorta descendente	80	60*	140x90
8	Fem	29	Arterite de Takayasu, interrupção da aorta descendente, aneurisma Ao abdominal			

Fem = feminino; Masc = masculino; VAB = valva aórtica bicúspide; PCA = canal arterial pérvio; HAP = hipertensão arterial pulmonar; DVE = disfunção ventricular esquerda; Gradiente Ao = gradiente pressórico entre aorta e área pós-coarctação; * = estimada pela diferença da PAS entre membro superior e artéria femoral no intraoperatório

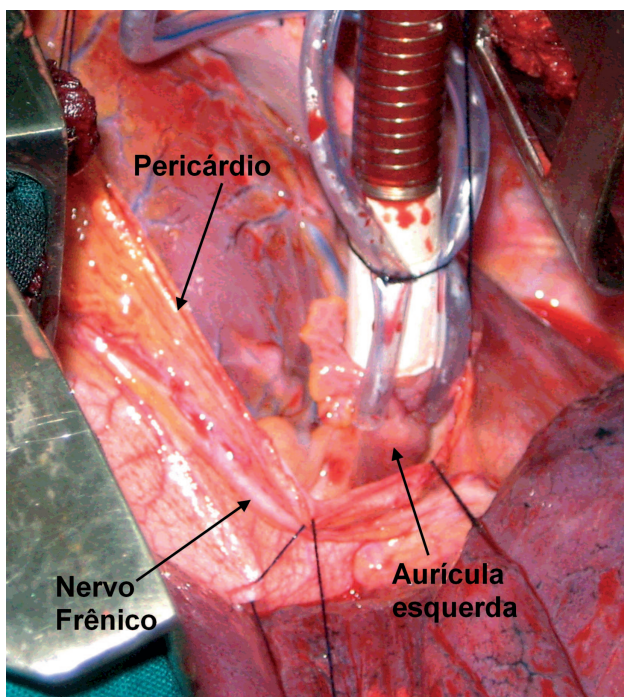


Fig. 1 - Pericardiotomia e canulação atrial esquerda. Nervo frênico Aurícula esquerda; Pericárdio

região inguinal esquerda. Realizou-se a toracotomia pôsterolateral esquerda ao nível do 4º espaço intercostal. Foram dissecados e mobilizados cuidadosamente o arco aórtico, artéria subclávia esquerda, porção da área de coarctação e aorta descendente distalmente, além do isolamento de ramos lombares adjacentes e exposição da artéria femoral esquerda. A pericardiotomia foi executada por meio de incisão paralela ao nervo frênico. Administrou-se heparina sistêmica (4 mg/kg), seguida de canulação da aurícula esquerda (Figura 1) e da artéria femoral esquerda (Figura 2). Iniciada assistência

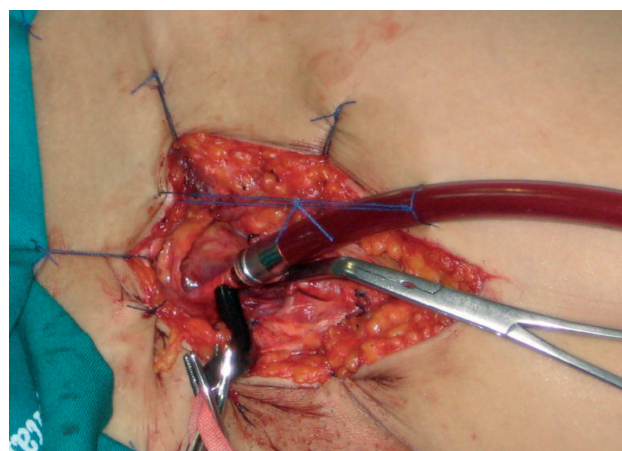


Fig. 2 - Canulação da artéria femoral esquerda.

circulatória esquerda com manutenção da irrigação sanguínea para aorta descendente pela artéria femoral esquerda, com o uso de bomba peristáltica de rolete e sem o uso de oxigenador de membrana. A aorta foi primeiramente pinçada na porção proximal em conjunto com artéria subclávia esquerda e, em seguida, na porção distal ao defeito. A ventilação pulmonar foi mantida seletivamente durante o desvio sanguíneo. Durante procedimento, a pressão arterial foi mantida sem dificuldade na média de 60 mmHg pela restrição do sangue drenado (drenagem parcial) do átrio esquerdo. O fluxo da bomba de rolete foi mantido de acordo com a monitorização da pressão pré-cânula na artéria femoral, acima de 50 mmHg. A temperatura no transoperatório foi mantida em torno dos 36,0° C. O segmento coarctando foi substituído por tubo de Dacron (16 mm a 18 mm), com comprimento entre 6 cm e 10 cm, suturados com fio de polipropileno nº 4.0, além do uso de cola biológica hemostática em alguns casos (Figura 3).

Tabela 2. Avaliação pós-operatórias dos pacientes operados de CoAo, em ordem cronológica.

Pacientes	Tempo cirúrgico (min)	TAC (min)	TPinç (min)	Tubo (mm)	Alta (dias)	Gradiente Ao (mmHg)	PA pós-op. (mmHg)	Int. PO
1	360	80	75	18	6° PO	31	130x90	-
2	300	70	65	18	7° PO	18	100x60	HAS, rouquidão
3	240	45	41	18	7° PO	23	100x70	HAS
4	280	80	59	18	7° PO	10	120x70	HAS
5	310	75	60	16	9° PO	37	130x80	HAS, Dor crônica
6	300	65	61	18	26° PO	15	110x60	FA, HAS, febre com HMC positiva
7	320	75	69	18	6° PO	16	130x80	-
8	360	100	90	18	4° PO	13	140x90	HAS

TAC = tempo de assistência circulatória; TPinç = tempo de pinçamento aórtico; Gradiente Ao = gradiente pressórico entre aorta e enxerto; Int. PO = intercorrências no pós-operatório; FA = fibrilação atrial; HMC = hrmocultura

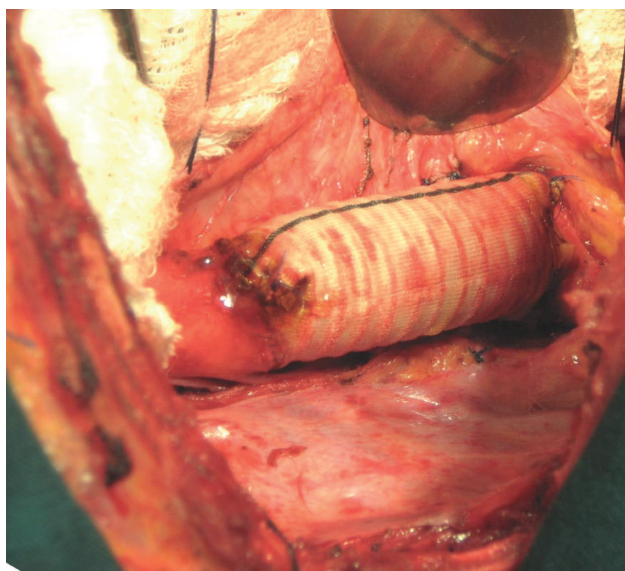


Fig. 3 - CoAo corrigida com tubo de Dacron.

Procurou-se preservar, sempre que possível, os ramos que irrigavam a medula espinal. Efetuou-se o despinçamento distal e proximal, bem como retirada das cânulas atrial e femoral, seguidos de reversão da heparina.

RESULTADOS

A Tabela 2 demonstra as principais variáveis analisadas na correção cirúrgica da CoAo. O tempo médio cirúrgico foi de $308 \pm 39,7$ minutos, o tempo médio de assistência circulatória de $73 \pm 15,5$ minutos e o de pinçamento aórtico de $65 \pm 14,1$ minutos. Tiveram alta da UTI entre o 2° e 3° dia pós-operatório, com seis pacientes evoluindo com HAS grave, sendo necessário uso de vasodilatadores endovenosos. Não houve óbitos ou complicações

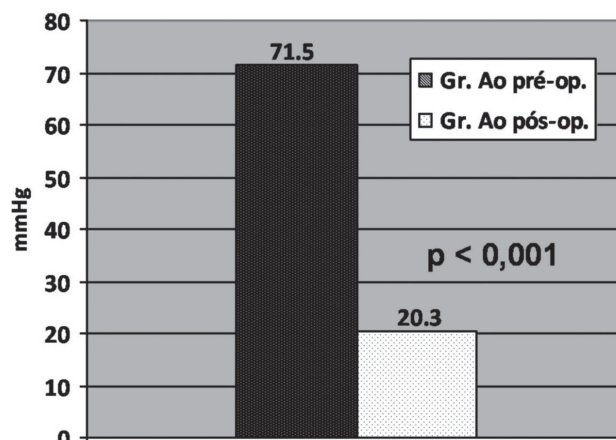


Fig. 4 - Comparação dos gradientes de pressões aórtica no pré-operatório (Gradiente Ao pré-op.) e no pós-operatório (Gradiente Ao pós-op.). $P = 0,0019$ (PAS); $P = 0,0023$ (PAD)

neurológicas. Um paciente apresentou rouquidão transitória.

As altas hospitalares ocorreram entre o 4° e 26° dia pós-operatório, com média de $9 \pm 7,0$ dias. Apenas um paciente teve seu tempo de internação pós-operatório aumentado em decorrência de bacteremia e fez uso de antibiótico endovenoso.

O seguimento ambulatorial com ecocardiografia realizado até o 2° mês de pós-operatório demonstrou bons resultados cirúrgicos em todos os casos, apenas com dois pacientes com gradiente aorta/enxerto superior a 30 mmHg (médio = $20,3 \pm 9,3$ mmHg) (Figura 4). Um paciente com dor crônica na ferida operatória foi encaminhado para ambulatorio especializado em dor.

A PAS no pós-operatório foi de 100 a 140 mmHg (média de $120 \pm 15,1$ mmHg) e a PAD de 60 a 90 mmHg (média de $75 \pm 11,9$ mmHg) (Figura 5).

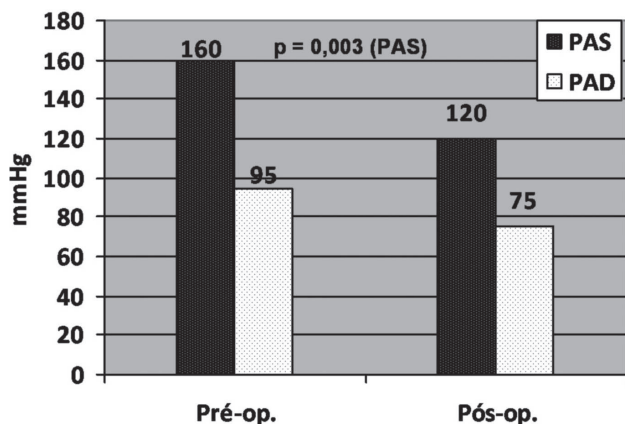


Fig. 5 - Comparação das pressões arterial sistólicas (PAS) e das diastólicas (PAD) médias no pré-operatório e pós-operatório. $P = 0,003$ (PAS); $P = 0,003$ (PAD); $P < 0,001$

DISCUSSÃO

CoAo congênita é uma malformação que pode levar à morte prematura se mantida sem correção, com 50% de mortalidade sem tratamento aos 30 anos, 75% aos 46 anos e 90% aos 58 anos [9]. Doenças inflamatórias como a arterite de Takayasu (coarctação invertida) também envolvem a aorta e seus principais ramos, podendo levar a estenose ou obstrução [10]. A cirurgia em pacientes mais idosos difere do padrão de reparação da coarctação em crianças, principalmente devido à intensa calcificação da extremidade distal ao arco aórtico e da artéria subclávia esquerda [4].

A paraplegia é uma complicação devastadora após a correção da CoAo, tendo uma incidência geral de 0,3% a 1,5%. A prevenção da paraplegia deve ser sempre determinante na mente do cirurgião cada vez que a cirurgia for realizada, principalmente no paciente adulto [11], onde é quase duplicada a incidência de paraplegia [6]. A falta do desenvolvimento de colaterais que proporcionem um fornecimento adequado para medula espinhal pode ser determinada por circunstâncias clínicas como: CoAo primária leve, CoAo recorrente pós-cirúrgica (com ou sem aneurisma), origem da artéria subclávia distal à CoAo e CoAo recorrente após inadequada dilatação por balão ou colocação de stent por intervencionistas [12].

Várias técnicas de desvios circulatórios têm sido empregadas durante os procedimentos cirúrgicos na aorta toracoabdominal ao longo dos anos, em um esforço para evitar isquemia distal da medula espinhal [13]. Estudos têm demonstrado benefícios na proteção medular em cirurgia de interrupção temporária do fluxo sanguíneo aórtico quando instalado assistência circulatória [12,14]. Na nossa casuística, não foram observadas complicações neurológicas, apesar da amostra limitada.

A CoAo presente até a fase adulta é pouco frequente, sendo observada por Bouchart et al. [9] média anual de 1,75 pacientes adultos operados em período de 20 anos, sendo mais prevalente no sexo masculino (2 a 3:1) [15]. Wong et al. [6], entre 1997 e 2000, realizaram a correção de nove casos de CoAo utilizando CEC, mas somente 3 pacientes tinham 18 anos ou mais. Em nossa série, houve maior predominância do sexo feminino e a presença de oito casos de coarctação em adultos em período de dois anos pode ser explicada pela dificuldade de diagnóstico precoce na região.

A pressão pré-cânula na aorta distal foi mantida acima de 50 mmHg, conforme análise de Hughes & Reemtsma [16], que recomendaram uma pressão de perfusão segura na aorta distal acima deste valor.

Carr et al. [17], avaliando correção da CoAo em 45 pacientes adolescentes e adultos jovens, relataram tempo cirúrgico médio de $3,8 \pm 0,7$ horas (228 min) e tempo de pinçamento médio de 31 ± 15 min, sendo que, em cinco pacientes de sua série, foi utilizado desvio cardiopulmonar. O tempo de cirurgia aumentado no estudo apresentado ocorreu principalmente devido ao tempo de preparo para assistência circulatória e às dificuldades técnicas, decorrentes especialmente de calcificações da parede aórtica, presença de grandes e calibrosas circulações colaterais, mobilização mais demorada de áreas aneurismáticas, aderências inflamatórias, além de correções de sangramentos nas suturas.

Von Oppell et al. [18] publicaram meta-análise sobre proteção medular em pacientes com transecção aórtica aguda traumática, uma situação onde a circulação colateral adequada para a medula espinhal é geralmente insuficiente. Esses autores demonstraram que: o pinçamento aórtico simples e o tempo de pinçamento maior que 30 minutos foi associado com maior risco de paraplegia e que a assistência circulatória extracorpórea esquerda forneceu maior proteção da coluna vertebral quando comparada ao uso de técnicas de perfusão passiva.

Nas CoAo, as evidências prévias ou risco desconhecido de isquemia medular encorajam ao cirurgião minimizar o tempo de isquemia medular [19], principalmente nos casos das técnicas sem uso de perfusão ativa. No grupo de Wong et al. [6], os três pacientes operados com CEC tiveram tempo de pinçamento de 35 a 49 min. Em nosso estudo, o tempo de pinçamento foi maior, mas semelhante a estudo utilizando técnica extra-anatômica com CEC convencional [20]. Outro benefício observado foi o bem-estar proporcionado na correção das intercorrências cirúrgicas da aorta, pois o cirurgião tem o conceito de que a perfusão distal pode ajudar a minimizar o tempo de isquemia medular.

A HAS, mesmo nas CoAo corrigidas, constitui a causa mais frequente de morbimortalidade com o avançar da idade [9]. As séries estudadas demonstraram sempre redução dos níveis pressóricos no pós-operatório, com a maioria dos pacientes necessitando do uso de anti-hipertensivos

[4,9,17]. Houve, no grupo avaliado, redução significativa ($P<0,05$) das pressões arteriais sistólicas e diastólicas, com todos os pacientes mantidos com anti-hipertensivos na alta hospitalar e no seguimento a curto prazo.

CONCLUSÃO

A correção cirúrgica de CoAo nos adultos com uso de assistência circulatória extracorpórea átrio esquerdo e artéria femoral pode ser uma opção na prevenção de isquemias medulares, principalmente nos casos com necessidade de maior tempo de pinçamento aórtico, como pacientes com alterações parede da aorta ou com doenças cardiovasculares associadas, demonstrando taxas mínimas de complicações. Contudo, teve como desvantagem principal o tempo de cirurgia maior que outras técnicas sem uso de CEC, além das desvantagens da instalação de circuito extracorpóreo já bem estabelecidas na literatura. Torna-se necessário estudo multicêntrico para avaliar real vantagens da assistência circulatória na prevenção de paraplegia na CoAo no adulto, já que sua incidência é baixa.

REFERÊNCIAS

1. Oliver JM, Gallego P, Gonzalez A, Aroca A, Bret M, Mesa JM. Risk factors for aortic complications in adults with coarctation of the aorta. *J Am Coll Cardiol*. 2004;44(8):1641-7.
2. Dinkhuysen JJ, Almeida TL, Pinto IM, Souza LC. Tratamento cirúrgico da coarctação de aorta pela aortoplastia trapezoidal. *Arq Bras Cardiol*. 2004;82(1):9-17.
3. Croti UA, Mattos SS, Pinto Jr VC, Aiello VD. *Cardiologia e cirurgia cardiovascular pediátrica*. 1ª ed. São Paulo:Roca;2008. p.654-60.
4. Aris A, Subirana MT, Ferrés P, Torner-Soler M. Repair of aortic coarctation in patients more than 50 years of age. *Ann Thorac Surg*. 1999;67(5):1376-9.
5. Oliveira ASA, Carneiro BBS, Lima RC, Cavalcanti C, Villachan R, Arraes N, et al. Tratamento cirúrgico da coarctação da aorta: experiência de três décadas. *Rev Bras Cir Cardiovasc*. 2007;22(3):317-21.
6. Wong CH, Watson B, Smith J, Hamilton JR, Hasan A. The use of left heart bypass in adult and recurrent coarctation repair. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2001;20(6):1199-201.
7. Carvalho MVH, Pereira WL, Gandra SMA, Rivetti LA. Coarctação de aorta no adulto: a respeito de um caso e sobre desvios extra-anatômicos. *Rev Bras Cir Cardiovasc*. 2007;22(4):501-4.
8. Bocchi EA, Marcondes-Braga FG, Ayub-Ferreira SM, Rohde LE, Oliveira WA, Almeida DR, et al. Sociedade Brasileira de Cardiologia. III Diretriz Brasileira de Insuficiência Cardíaca Crônica. *Arq Bras Cardiol*. 2009;93(1 supl.1):1-71.
9. Bouchart F, Dubar A, Tabley A, Litzler PY, Haas-Hubscher C, Redonnet M, et al. Coarctation of the aorta in adults: surgical results and long-term follow-up. *Ann Thorac Surg*. 2000;70(5):1483-9.
10. Brasileiro JL, Mendes AGCV, Pontes APC, Santos MA. Arterite de Takayasu: relato de caso. *Rev Angiol Cir Vasc*. 1994;10(3):112-5.
11. Backer CL, Stewart RD, Kelle AM, Mavroudis C. Use of partial cardiopulmonary bypass for coarctation repair through a left thoracotomy in children without collaterals. *Ann Thorac Surg*. 2006;82(3):964-72.
12. Fiore AC, Ruzmetov M, Johnson RG, Rodefeld MD, Rieger K, Turrentine MW, et al. Selective use of left heart bypass for aortic coarctation. *Ann Thorac Surg*. 2010;89(3):851-7.
13. Laschinger JC, Cunningham Jr. JN, Nathan IM, Knopp EA, Cooper MM, Spencer FC. Experimental and clinical assessment of the adequacy of partial bypass in maintenance of spinal cord blood flow during operations on the thoracic aorta. *Ann Thorac Surg*. 1983;36(4):417-26.
14. Coselli JS, LeMaire SA. Left heart bypass reduces paraplegia rates after thoracoabdominal aortic aneurysm repair. *Ann Thorac Surg*. 1999;67(6):1931-4.
15. Ebaid M, Afiune JY. Coarctação de aorta. Do diagnóstico simples às complicações imprevisíveis. *Arq Bras Cardiol*. 1998;71(5):647-8.
16. Hughes RK, Reemtsma K. Correction of coarctation of the aorta. Manometric determination of safety during test occlusion. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 1971;62(1):31-3.
17. Carr JA, Amato JJ, Higgins RS. Long-term results of surgical coarctectomy in the adolescent and young adult with 18-year follow-up. *Ann Thorac Surg*. 2005;79(6):1950-6.
18. Von Oppell UO, Dunne TT, De Groot KM, Zilla P. Spinal cord protection in the absence of collateral circulation: meta-analysis of mortality and paraplegia. *J Card Surg*. 1994;9(6):685-91.
19. Buckels NJ, Willetts RG, Roberts KD. Left heart bypass in the surgery of aortic coarctation in children. *Thorax*. 1988;43(12):1003-6.
20. Lisboa LAF, Abreu Filho CAC, Dallan LAO, Rochitte CE, Souza JM, Oliveira SA. Tratamento cirúrgico da coarctação do arco aórtico em adulto: avaliação clínica e angiográfica tardia da técnica extra-anatômica. *Rev Bras Cir Cardiovasc*. 2001;16(3):187-94.