

Nova técnica: Operação de Norwood com perfusão regional cerebral e coronariana

New technique: Norwood operation with regional cerebral and coronary perfusion

Gláucio FURLANETTO¹, Beatriz H. S. FURLANETTO², Sandra S HENRIQUES³, Carlos Eduardo B. KAPINS⁴, Lílian M. LOPES⁵, Mario Carlos C. OLMOS⁶, Salvador André B. CRISTÓVÃO⁷, Patrícia M. V. P. MEDEIROS⁸

RBCCV 44205-1117

Resumo

Objetivo: Avaliar o resultado imediato da operação de Norwood modificado com nova técnica de perfusão regional cerebral (PRCeA) anterógrada associado a perfusão regional coronariana (PRCoR) retrógrada em substituição à parada circulatória total com hipotermia profunda em crianças portadoras da Síndrome da Hipoplasia do Coração Esquerdo (SHCE) com aorta ascendente extremamente hipoplásica (AH). **Métodos:** No período de dezembro de 2006 a fevereiro de 2008, a operação de Norwood modificado com tubo entre o ventrículo direito e as artérias pulmonares ou *shunt* tipo Sano foi realizada em oito crianças portadoras de SHCE e aorta ascendente com diâmetro inferior a 3 mm, (quatro do sexo masculino e quatro do sexo feminino) com idade média de 9,2 dias (variando de 1 a 29 dias) e peso médio de 3,3 kg (variando de 2,7 a 3,8 kg). Utilizada CEC e hipotermia a 25°C com duas cânulas venosas e anastomose de um enxerto de politetrafluoretileno com a artéria inominada utilizado como linha arterial e para PRCeA. A PRCoR foi realizada por meio de um desvio na linha arterial e colocação de um cateter na aorta ascendente. Foram analisados o resultado cirúrgico imediato e a presença de alterações neurológicas nesse período.

Resultados: O resultado cirúrgico imediato revelou mortalidade de 25% e ausência de comprometimento neurológico ao exame clínico.

Conclusão: A operação de Norwood modificado pode ser realizada com PRCeA e PRCoR em crianças com SHCE e AH com resultado cirúrgico imediato satisfatório e ausência de complicações neurológicas.

Descritores: Síndrome do coração esquerdo hipoplásico. Cardiopatias congênitas/cirurgia. Procedimentos cirúrgicos cardíacos. Circulação extracorporeal/métodos.

Abstract

Objective: To assess the immediate result of the modified Norwood procedure with new technique of antegrade regional cerebral perfusion (ARCeP) and retrograde regional coronary perfusion (RRCoP) in substitution of profound hypothermia and circulatory arrest in children with hypoplastic left heart syndrome (HLHS) with extremely hypoplastic ascending aorta (HA).

Methods: In the period of December of 2006 to February 2008 the modified Norwood procedure with tube between the right ventricle and pulmonary arteries or Sano shunt was performed in eight children with HLHS and with ascending aorta diameter less than 3 mm, (four male and four female) with median age of 9.2 days (ranging from 1 to 29 days) and median weigh of 3.3 kg (ranging from 2.7 to 3.8 kg). We used cardiopulmonary bypass and hypothermia at 25°C with two

1. Doutorado FMUSP; Cirurgião cardíaco pediátrico do Centro de Cirurgia Cardíaco-Pediátrico.
2. Doutorado FMUSP; Cirurgiã cardíaca pediátrica do Instituto Furlanetto.
3. Médica neonatologista e cardiologista pediátrica; intensivista pediátrica e cardiologista pediátrica do Instituto Furlanetto.
4. Médico intensivista pediátrico do Instituto Furlanetto.
5. Doutorado FMUSP; Chefe do Serviço de Ecocardiografia Pediátrica da Real e Benemérita Associação Portuguesa de Beneficência.
6. Médico Intensivista pediátrico do Instituto Furlanetto.
7. Médico Hemodinamicista pediátrico da Real e Benemérita Associação Portuguesa de Beneficência.
8. Médica Intensivista pediátrica e cardiologista pediátrica do Instituto Furlanetto.

Trabalho realizado no Instituto Furlanetto da Real e Benemérita Associação Portuguesa de São Paulo. São Paulo, SP, Brasil.

Trabalho apresentado como tema livre no 36º Congresso da Sociedade Brasileira de Cirurgia Cardiovascular, realizado em Belo Horizonte, MG, Brasil, em março de 2009.

Endereço para correspondência:
Gláucio Furlanetto
Rua Maestro Cardim, 560 Sl 73 – Liberdade - São Paulo, SP, Brasil -
CEP 01323-000.
E-mail: gfurlanetto@terra.com.br

Artigo recebido em 13 de junho de 2009
Artigo aprovado em 17 de novembro de 2009

venous cannulas and suture with a polytetrafluoroethylene graft sutured to the innominate artery as an arterial line and used to ARCeP. The RRCoP was performed by a deviation in the arterial line and placement of a catheter in the ascending aorta. The immediate surgical results and the clinical neurological manifestation were assessed.

Results: The immediate surgical results revealed mortality of 25% and there were absence of neurological injury at clinical examination.

INTRODUÇÃO

A Síndrome da Hipoplasia do Coração Esquerdo (SHCE) é uma cardiopatia congênita que apresenta grande espectro morfológico com estenose ou atresia da valva mitral e estenose ou atresia da valva aórtica associado a vários graus de hipoplasia do ventrículo esquerdo. O estudo detalhado da anatomia é fundamental para se propor o tratamento cirúrgico adequado. A forma mais frequente de apresentação da SHCE é a presença de estenose mitral e atresia aórtica, ocorrendo em 36,1% dos pacientes. A presença de atresia aórtica na SHCE é um fator de risco substancial e tem relação com baixo débito no período de pós-operatório imediato [1], sendo frequentemente acompanhada de aorta ascendente extremamente hipoplásica (AH) (diâmetro menor do que 3 mm), influenciando no desempenho do ventrículo direito que, em consequência da dificuldade de perfusão retrógrada aórtica das coronárias estaria mais exposto à isquemia.

O desempenho neurológico é uma preocupação importante no tratamento da SHCE e a utilização de circulação extracorpórea (CEC) associada à parada circulatória total com hipotermia profunda pode contribuir para aumentar o risco de alterações neurológicas. Para diminuir esse fator de risco, o uso da CEC com perfusão regional cerebral anterógrada (PRCeA) tem sido usada para aumentar a neuroproteção durante a reconstrução do arco aórtico e teoricamente diminuir o dano neurológico [2]. A diminuição do tempo de pinçamento da aorta (PA) pode ser um fator importante na preservação da função do ventrículo direito, principalmente quando a aorta ascendente tiver um diâmetro muito hipoplásico. Com o uso da perfusão regional coronariana retrógrada (PRCoR) neste grupo de crianças foi possível a realização da operação de Norwood com o coração batendo, diminuindo o tempo de PA.

MÉTODOS

No período de dezembro de 2006 a fevereiro de 2008, foi realizada a operação de Norwood modificada com tubo entre o ventrículo direito e as artérias pulmonares ou operação de Sano em oito crianças (quatro do sexo masculino e quatro

Conclusions: The modified Norwood procedure can be accomplished with ARCeP and RRCoP in children with HLHS with HA with satisfactory immediate surgical result and without neurological complications.

Descriptors: Hypoplastic left heart syndrome. Heart defects, congenital/surgery. Cardiac surgical procedures. Extracorporeal circulation/methods.

do sexo feminino), com idade média de 9,2 dias (variando de 1 a 29 dias) e peso médio de 3,3 kg (variando de 2,7 a 3,8 kg). As crianças eram portadoras de SHCE e aorta AH (Figura 1) com diâmetro médio de 2,3 mm (variando de 2,0 a 3,0 mm). Após a realização de esternotomia, instalada CEC com fluxo total (100-150 ml/kg/min) e hipotermia nasofaríngea de 25°C com administração de clorpromazina (5 mg/kg) para diminuir a resistência vascular sistêmica. Foram utilizadas duas cânulas venosas e um tubo de politetrafluoretileno (PTFE) de 4 mm anastomosado na artéria inominada como linha arterial e para realizar PRCeA. A PRCoR foi realizada através de um desvio na linha arterial (Figura 2) e colocação de um cateter na aorta ascendente de número 4 ou 6 French (dependendo do diâmetro desse vaso) na junção entre a aorta ascendente e o arco aórtico (Figura 3).



Fig. 1 - Aorta ascendente extremamente hipoplásica em criança portadora de síndrome da hipoplasia do coração esquerdo

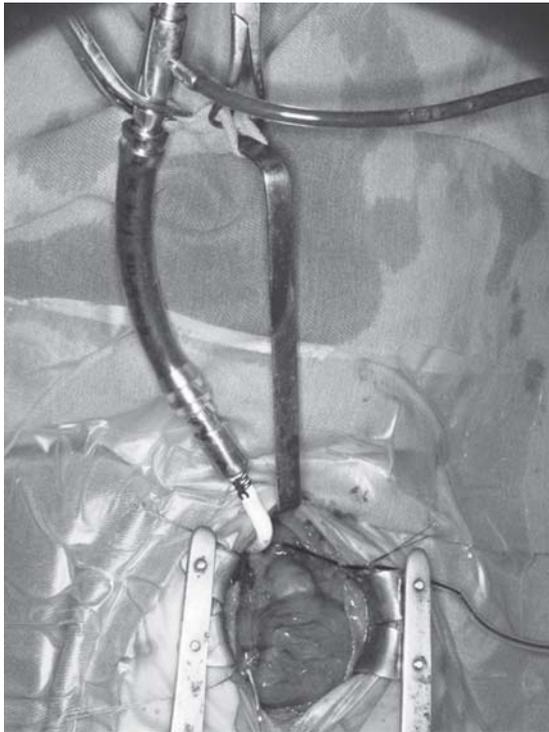


Fig. 2 - Desvio na linha arterial para realizar perfusão retrógrada coronariana regional



Fig. 3 - Cateter na junção entre a aorta ascendente e o arco aórtico para realização de perfusão retrógrada coronariana regional

Para se monitorizar a pressão durante a PRCeA foi realizada punção ou dissecação da artéria radial direita. Após o término da CEC, foi utilizada ultrafiltração modificada. Com o coração batendo foi realizado atriotomia direita e atrioseptectomia. O tronco pulmonar foi seccionado próximo à origem dos ramos pulmonar direito e esquerdo. O segmento distal do tronco pulmonar foi fechado com um retalho de pericárdio autólogo fresco, onde uma incisão linear foi realizada para receber a anastomose distal do tubo de PTFE da operação de Sano.

O diâmetro do tubo de PTFE foi 4 mm para crianças com peso inferior a 3,3 kg e de 5 mm para crianças com peso superior a 3,3 kg. Após o pinçamento da aorta descendente, do pinçamento da artéria inominada proximal ao tubo de PTFE, com direcionamento do fluxo para a circulação cerebral com fluxo de 40 ml/kg/min para se obter uma pressão arterial média de 40 mmHg, e garroteamento das artérias carótida e subclávia esquerda, foi realizada secção da aorta ascendente na junção com o arco aórtico, mantendo-se a perfusão das artérias coronárias com PRCoR.



Fig. 4 - Anastomose da aorta ascendente hipoplásica com a neoaorta

Após ligadura e secção do canal arterial, a pequena curvatura do arco aórtico foi aberta da artéria inominada até a aorta descendente, todo o tecido do canal arterial foi ressecado e a aorta foi ampliada com pericárdio autólogo fresco e a neoaorta foi reconstruída realizando-se a anastomose do TP com o arco aórtico. Até este ponto a cirurgia foi realizada com o coração batendo em consequência da PRCoR. Com administração de cardioplegia de Saint Thomas acrescida de sangue na proporção de 3/1 por meio do cateter utilizado para PRCoR, foi realizada anastomose da aorta ascendente com a neoaorta (Figura 4). Finalmente, com o coração batendo, foi realizada

a anastomose proximal do tubo de PTFE da operação de Sano com o ventrículo direito. Todas as crianças ficaram com o esterno aberto e posteriormente foram submetidas na UTI a fechamento do tórax. Analisamos neste grupo de crianças a mortalidade cirúrgica e a presença de alteração neurológica identificada ao exame físico de rotina.

RESULTADOS

O tempo médio CEC foi de 145,7 minutos (variando de 100 a 235 minutos) e o tempo médio de PA foi de 29,7 minutos (variando de 19 a 43 minutos). A mortalidade cirúrgica e hospitalar foi de 25%. Nenhuma criança apresentou crise convulsiva ou alteração motora identificada ao exame clínico.

DISCUSSÃO

A correção cirúrgica da SHCE é um grande desafio. No período de pré-operatório tem grande importância a preservação do ventrículo direito, evitando-se eventos isquêmicos em consequência do aumento do fluxo pulmonar e diminuição do fluxo sistêmico e coronariano. A distribuição dos fluxos pulmonar e sistêmico sofre influência do tamanho da comunicação interatrial, do tipo de ventilação pulmonar e do tipo de droga vasoativa utilizada. Vários são os fatores de risco em crianças portadoras de SHCE e que podem interferir no resultado cirúrgico. Jacobs et al. [3] identificaram maior risco cirúrgico em crianças portadoras de síndromes genéticas, incluindo síndrome de Down e síndrome de Turner e quando existir heterotaxia, poliesplenia, asplenia, atresia biliar e prematuridade menor que 35 semanas. Stasik et al. [4] identificaram o peso inferior a 2,5 kg, idade gestacional, anormalidades extracardíaca e síndromes genéticas como fatores de risco. Gaynor et al. [5] identificaram como fatores de risco para a mortalidade operatória o peso ao nascimento e cardiopatias associadas e, na sobrevivência de um ano, a presença de anomalias extracardíacas, defeito cardíaco associado e presença de síndrome genética.

Por outro lado, Wernovsky et al. [6] não identificaram como aumento do fator de risco o peso ao nascimento, síndromes genéticas e duração da cirurgia e observaram como fatores que aumentam a morbidade: paralisia diafragmática, lesão de cordas vocais, ventilação prolongada e convulsões no período pós-operatório. O emprego do Escore de risco de Aristotle na cirurgia de Norwood apresentou grande correlação com a mortalidade na casuística apresentada por Sinzobahamvya et al. [7] na presença de atresia aórtica, interrupção do arco aórtico, ventilação mecânica pré-operatória e choque pré-operatório com um escore de risco maior que 20. Estes resultados foram confirmados por Artrip et al. [8] em que o peso e um escore de risco do Aristotle maior que 20 são acompanhados de

alta mortalidade. No estudo realizado por McGuirk et al. [9] observou-se que a área de superfície corpórea, o diâmetro da aorta ascendente, a função do ventrículo direito e o tipo de fluxo pulmonar eram fatores de risco importante para a mortalidade imediata.

O tamanho da aorta ascendente na SHCE tem implicações na escolha do tipo de cirurgia a ser adotada. A realização da operação de Norwood clássico quando a aorta ascendente tem um diâmetro muito reduzido envolve uma sutura longa de um enxerto com a aorta ascendente diminuta, aumentando o tempo de PA e o dano miocárdico, fato confirmado por Delmo Walter et al. [10]. A presença de insuficiência valvar tricúspide moderada ou importante na SHCE é um dos fatores que influencia no resultado da operação de Norwood. Ota et al. [11] demonstraram que a insuficiência tricúspide melhora significativamente após a cirurgia de Norwood associada à operação de Sano pela adequação do fluxo pulmonar. A realização de plastia valvar tricúspide também tem papel importante na preservação da função do ventrículo direito [12,13].

A cirurgia de Norwood é muitas vezes realizada usando CEC associada à parada circulatória total com hipotermia profunda [14]. Esse procedimento não é isento de complicações neurológicas e pode aumentar a incidência de crises convulsivas no período de pós-operatório imediato e causar retardo no desenvolvimento psicomotor. A parada circulatória total com hipotermia profunda pode ainda causar alteração dos fatores de coagulação, aumentando a morbidade no período de pós-operatório imediato. Com o objetivo de se evitar a parada circulatória total e hipotermia profunda, Imoto et al. [15] realizaram a operação de Norwood com CEC e hipotermia moderada utilizando PRCEA por meio da anastomose de um enxerto de PTFE na artéria inominada e perfusão do segmento corporal inferior pela inserção de uma cânula arterial na aorta descendente (CAD), evitando-se dessa maneira a parada circulatória total e a hipotermia profunda, mas não diminuindo o tempo de PA.

Tchervenkov et al. [16] realizaram a operação de Norwood com PRCEA através da perfusão retrógrada do *shunt* de Blalock-Taussig modificado. Essa técnica evita a parada circulatória total, mas utiliza hipotermia profunda e não existe a preocupação com a diminuição do tempo de PA. Kishimoto et al. [17] realizaram a operação de Norwood com o coração batendo através de PRCEA e CAD. Nessa variação técnica, o tronco pulmonar é anastomosado com o arco aórtico após a emergência da artéria inominada e pode, quando a aorta ascendente tiver diâmetro muito pequeno, causar fluxo retrógrado inadequado para as artérias coronárias através da aorta ascendente. Photiadis et al. [18] realizaram a operação de Norwood com o coração batendo utilizando anastomose de tubo de PTFE com artéria inominada para PRCEA sem CAD e canulação da aorta ascendente utilizando CEC e hipotermia a 18°C.

Nessa variação técnica evita-se a parada circulatória total e a hipotermia profunda sem pinçamento da aorta, mas somente é possível realizá-la quando a aorta ascendente não for extremamente hipoplásica para permitir a sua canulação. Esses autores compararam essa técnica com o uso de parada circulatória total com hipotermia profunda e demonstraram que, evitando-se o uso da parada circulatória total, existe melhora significativa no desempenho hemodinâmico no período de pós-operatório, reduzindo a mortalidade hospitalar. Confirmando a tendência atual de se realizar a operação de Norwood com fluxo seletivo cerebral, estudo multicêntrico realizado por Wernovsky et al. [19] revelou que a maioria dos grupos que participou deste estudo usou a PRCEa. Por outro lado, estudo utilizando ressonância magnética cerebral revelou que havia lesão neurológica isquêmica pré-operatória em 23% das crianças portadoras de SHCE, com piora ou aparecimento de novas lesões em 73% dos pacientes submetidos à PRCEa [20]. Goldberg et al. [21] realizaram estudo clínico em crianças submetidas à operação de Norwood e identificaram retardo no desenvolvimento neuropsicomotor e constataram que a utilização de PRCEa não evitou essa complicação.

Várias modificações foram realizadas na operação de Norwood. Poirier et al. [22] modificaram a reconstrução da neoaorta e propuseram CEC com fluxo alto utilizando-se fenoxibenzamina, para diminuir a resistência vascular sistêmica. Outra modificação que propiciou maior estabilidade do paciente no pós-operatório foi a anastomose de tubo de PTFE entre o ventrículo direito e as artérias pulmonares ou operação de Sano [23]. Segundo Silva et al. [24], não houve diferença significativa na mortalidade na operação de Norwood quando se realiza *shunt* tipo Blalock-Taussig e operação de Sano, mas houve melhora significativa da sobrevida no segundo estágio quando da realização do Glenn bidirecional no grupo onde se realizou a operação de Sano. O melhor resultado no segundo tempo pode ser explicado pelo maior estímulo para crescimento das artérias pulmonares centrais quando se realiza a operação de Sano quando comparado ao Blalock-Taussig [25].

Além da abordagem pré-operatória e da técnica operatória adotada, o período de pós-operatório imediato também é crítico na criança portadora de SHCE submetida à operação de Norwood. O ventrículo direito tem uma função limítrofe e as circulações sistêmica e pulmonar em paralelo necessitam de uma manipulação precisa de suas resistências para providenciar uma relação QP/QS entre 1 e 1,5 para se obter uma oferta ideal de oxigênio aos tecidos. A monitorização da saturação venosa mista colhida no átrio direito é um parâmetro importante para determinar se está ocorrendo metabolismo aeróbico ou anaeróbico, quando este valor for inferior a 30% significa metabolismo anaeróbico e identifica pacientes com risco de mortalidade

precoce. O colapso cardiovascular súbito no pós-operatório imediato na operação de Norwood está relacionado a aumento na resistência vascular sistêmica, intensificando o trabalho cardíaco e o consumo de oxigênio.

A técnica que propomos para corrigir a SHCE é diferente de todas as anteriormente descritas porque associa a PRCEa com a PRCoR em crianças portadoras de SHCE com AH, evitando-se a parada circulatória total com hipotermia profunda e diminuindo o tempo de PA.

CONCLUSÕES

Podemos concluir que a operação de Norwood modificado realizada em crianças portadoras de SHCE utilizando circulação extracorpórea com perfusão regional cerebral anterógrada e perfusão regional coronariana retrógrada evitou a parada circulatória total com hipotermia profunda e, teoricamente, diminuiu o tempo de PA. O resultado cirúrgico imediato foi satisfatório sem complicações neurológicas, sendo uma boa opção no tratamento cirúrgico de crianças de alto risco portadoras de SHCE associada à aorta ascendente extremamente hipoplásica.

REFERÊNCIAS

1. Li J, Zhang G, Holtby H, Cai S, Walsh M, Caldarone CA, et al. Significant correlation of comprehensive Aristotle score with total cardiac output during the early postoperative period after the Norwood procedure. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2008;136(1):123-8.
2. Kilpack VD, Stayer SA, McKenzie ED, Fraser CD Jr, Andropoulos DB. Limiting circulatory arrest using regional low flow perfusion. *J Extra Corpor Technol.* 2004;36(2):133-8.
3. Jacobs JP, O'Brien SM, Chai PJ, Morell VO, Lindberg HL, Quintessenza JA. Management of 239 patients with hypoplastic left heart syndrome and related malformations from 1993 to 2007. *Ann Thorac Surg.* 2008;85(5):1691-6.
4. Stasik CN, Gelehrter S, Goldberg CS, Bove EL, Devaney EJ, Ohye RG. Current outcomes and risk factors for the Norwood procedure. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2006;131(2):412-7.
5. Gaynor JW, Mahle WT, Cohen MI, Ittenbach RF, DeCampi WM, Steven JM, et al. Risk factors for mortality after the Norwood procedure. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2002;22(1):82-9.
6. Wernovsky G, Kuijpers M, Van Rossem MC, Marino BS, Ravishankar C, Dominguez T, et al. Postoperative course in the cardiac intensive care unit following the first stage of Norwood reconstruction. *Cardiol Young.* 2007;17(6):652-65.

7. Sinzobahamvya N, Photiadis J, Kumpikaite D, Fink C, Blaszcok HC, Brecher AM, et al. Comprehensive Aristotle score: implications for the Norwood procedure. *Ann Thorac Surg.* 2006;81(5):1794-800.
8. Artrip JH, Campbell DN, Ivy DD, Almodovar MC, Chan KC, Mitchell MB, et al. Birth weight and complexity are significant factors for the management of hypoplastic left heart syndrome. *Ann Thorac Surg.* 2006;82(4):1252-7.
9. McGuirk SP, Stickley J, Griselli M, Stumper OF, Laker SJ, Barron DJ, et al. Risk assessment and early outcome following the Norwood procedure for hypoplastic left heart syndrome. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2006;29(5):675-81.
10. Delmo Walter EM, Hübler M, Alexi-Meskishvili V, Miera O, Weng Y, Loforte A, et al. Staged surgical palliation in hypoplastic left heart syndrome and its variants. *J Card Surg.* 2009;24(4):383-91.
11. Ota N, Ikai A, Hirose K, Sakamoto K. Retrospective analysis of stage I Norwood procedures with tricuspid valve insufficiency in the past 5 years. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2007;6(1):121-3.
12. Bove EL, Ohye RG, Devaney EJ, Hirsch J. Tricuspid valve repair for hypoplastic left heart syndrome and the failing right ventricle. *Semin Thorac Cardiovasc Surg Pediatr Card Surg Annu.* 2007:101-4.
13. Kanter KR, Forbess JM, Fyfe DA, Mahle WT, Kirshbom PM, De Vega tricuspid annuloplasty for systemic tricuspid regurgitation in children with univentricular physiology. *J Heart Valve Dis.* 2004;13(1):86-90.
14. Fantini FA, Gontijo Filho B, Martins C, Lopes RM, Heiden E, Vrandecic E, et al. A operação de Norwood modificada para tratamento da síndrome de hipoplasia do coração esquerdo. *Rev Bras Cir Cardiovasc.* 2004;19(1):42-6.
15. Imoto Y, Kado H, Shiokawa Y, Fukae K, Yasui H. Norwood procedure without circulatory arrest. *Ann Thorac Surg.* 1999;68(2):559-61.
16. Tchervenkov CI, Chu VF, Shum-Tim D, Laliberte E, Reyes TU. Norwood operation without circulatory arrest: a new surgical technique. *Ann Thorac Surg.* 2000;70(5):1730-3.
17. Kishimoto H, Kawahira Y, Kawata H, Miura T, Iwai S, Mori T. The modified Norwood palliation on a beating heart. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1999;118(6):1130-2.
18. Photiadis J, Asfour B, Sinzobahamvya N, Fink C, Schindler E, Brecher AM, et al. Improved hemodynamics and outcome after modified Norwood operation on the beating heart. *Ann Thorac Surg.* 2006;81(3):976-81.
19. Wernovsky G, Ghanayem N, Ohye RG, Bacha EA, Jacobs JP, Gaynor J W, et al. Hypoplastic left heart syndrome: consensus and controversies in 2007. *Cardiol Young.* 2007;17(Suppl 2):75-86.
20. Dent CL, Spaeth JP, Jones BV, Schwartz SM, Glauser TA, Hallinan B, et al. Brain magnetic resonance imaging abnormalities after the Norwood procedure using regional cerebral perfusion. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2006;131(1):190-7.
21. Goldberg CS, Bove EL, Devaney EJ, Mollen E, Schwartz E, Tindall S, et al. A randomized clinical trial of regional cerebral perfusion versus deep hypothermic circulatory arrest: outcomes for infants with functional single ventricle. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2007;133(4):880-7.
22. Poirier NC, Drummond-Webb JJ, Hisamochi K, Imamura M, Harrison AM, Mee RB. Modified Norwood procedure with a high-flow cardiopulmonary bypass strategy results in low mortality without late arch obstruction. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2000;120(5):875-84.
23. Sano S, Kawada M, Yoshida H, Kino K, Irie H, Aoki A, et al. Norwood procedure to hypoplastic left heart syndrome. *Jpn J Thorac Cardiovasc Surg.* 1998;46(12):1311-6.
24. Silva JP, Fonseca L, Baumgratz JF, Castro RM, Franchi SM, Lianza AC, et al. Hypoplastic left heart syndrome: the report of a surgical strategy and comparative results of Norwood x Norwood-Sano approach. *Rev Bras Cir Cardiovasc.* 2007;22(2):160-8.
25. Rumball EM, McGuirk SP, Stümper O, Laker SJ, de Giovanni JV, Wright JG, et al. The RV-PA conduit stimulates better growth of the pulmonary arteries in hypoplastic left heart syndrome. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2005;27(5):801-6.