

Abordagem da valva do tronco pulmonar por desvio direito e uso de cânula bicaval: estudo experimental

Approach of the pulmonary valve using right heart bypass and bicaval cannula: experimental study

Ana Maria Rocha Pinto e SILVA¹, Luís Augusto Palma DALLAN², Valquiria Pelisser CAMPAGNUCCI³, José CARUSO⁴, Sylvio M. Aquino GANDRA⁵, Luís Antônio RIVETTI⁶

RBCCV 44205-929

Resumo

Objetivo: O objetivo deste estudo foi reproduzir a cirurgia de abordagem da valva do tronco pulmonar por desvio direito, avaliando-se uma nova cânula venosa bicaval com balonetes insuflaváveis para uso por miniacesso.

Métodos: Utilizaram-se 15 suínos da raça Large-White, sendo cinco para a padronização técnica das vias de acesso e monitorização hemodinâmica, nove submetidos ao experimento por meio de esternotomia, e um animal excluído da amostra, operado por mínimo acesso ao tórax. O desvio direito foi estabelecido pela drenagem bicaval, sendo a cânula introduzida pela veia jugular interna direita e locada nas veias cavas cranial e caudal. Os parâmetros medidos foram: Pressão Arterial Média (PAM); Frequência Cardíaca (FC); Saturação O₂ (SAT O₂); Capnografia (PetCO₂) e Temperatura (T). A análise estatística foi feita comparando-se os valores antes e durante o desvio direito.

Resultados: No momento pré-desvio direito, obtiveram-se os seguintes valores médios: PAM = 90,8 mmHg, FC = 101,6 bat/min, SAT O₂ = 93,8%, PetCO₂ = 28,4 mmHg, T = 36,1°C. Durante o desvio direito, obtiveram-se os seguintes valores médios: PAM = 88,1 mmHg, FC = 98,0 bat/min, SAT O₂ = 93,1%, PetCO₂ = 25,3 mmHg e T = 36,9°C. Comparando-se as médias obtidas entre os dois momentos, verificou-se não haver diferenças significantes para a PAM, FC e SAT O₂ e diferenças significantes para a PetCO₂ e a T.

Conclusão: A cânula bicaval com balonetes promoveu drenagem eficaz de ambas as veias cavas, permitindo a manutenção dos parâmetros hemodinâmicos durante o desvio direito, sendo possível realizar a abordagem da valva pulmonar.

Descritores: Valva pulmonar. Estenose da valva pulmonar. Circulação extracorpórea, métodos. Procedimentos cirúrgicos minimamente invasivos.

1. Professor Adjunto da Disciplina de Cirurgia Cardíaca da Faculdade de Ciências Médicas da Santa Casa de São Paulo (FCMSCSP).
2. Ex-Acadêmico da FCMSCSP.
3. Professor Assistente da Disciplina de Cirurgia Cardíaca da FCMSCSP.
4. Ex-Anestesista-Chefe da Unidade de Cirurgia Experimental da FCMSCSP.
5. Professor Adjunto da Disciplina de Cirurgia Cardíaca da FCMSCSP.
6. Professor Adjunto, Chefe da Disciplina de Cirurgia Cardíaca da FCMSCSP.

Trabalho realizado na Faculdade de Ciências Médicas da Santa Casa de São Paulo, São Paulo, SP.

Endereço para correspondência:

Profa. Dra. Ana Maria Rocha Pinto e Silva. Faculdade de Ciências Médicas da Santa Casa de São Paulo. Rua Cesário Mota Jr, 112 São Paulo – SP.

E-mail: ana.mrp@uol.com.br

Apoio: Fundo de Auxílio à Pesquisa da FCMSCSP.

Artigo recebido em 18 de julho de 2007
Artigo aprovado em 25 de outubro de 2007

Abstract

Objective: To reproduce the surgery for correction of pulmonary valve anomalies using right heart bypass and a new bicaval cuffed venous cannula for minimal access surgery.

Methods: Fifteen Large-White pigs were used for this study. The standard technique model was established with the first five pigs, the experiment was done with nine animals by sternotomy, and one was submitted to a minimally invasive procedure, but has been excluded of the sample. Bicaval drainage by a single cannula was obtained through the internal jugular vein. The cuffs were inflated to increase blood flow to the machine. The return was established by putting the arterial cannula into the pulmonary artery trunk. Pre-bypass parameters were measured and compared with the parameters during the right bypass: Median Arterial Tension (MAT); Heart Rate (HR); O₂ Saturation (SAT O₂); end-tidal CO₂ measures (etCO₂); Temperature (T). The

statistical analysis was done comparing the pre-bypass and during bypass values.

Results: Pre-bypass values: MAT: 90.8 mmHg; HR = 101.6 beat/min; O₂ SAT = 93.8%; PetCO₂ = 28.4 mmHg; T = 36.1°C. During bypass the obtained values were: MAT: 88.1 mmHg; HR = 98.0 beat/min; O₂ SAT = 93.1%; PetCO₂ = 25.3 mmHg; T = 36.9°C. Comparing the average values between the two abovementioned moments, no significant difference occurred in MAT, HR and O₂ SAT; PetCO₂ and T presented significant differences.

Conclusions: The bicaval cuffed venous cannula showed efficient drainage of both venae cavae with appropriate hemodynamic parameters during right bypass allowing access to the pulmonary valve.

Descriptors: Pulmonary valve. Pulmonary valve stenosis. Extracorporeal circulation, methods. Surgical procedures minimally invasive.

INTRODUÇÃO

As primeiras abordagens da valva pulmonar sob visualização direta foram realizadas experimentalmente em nosso meio por Felipozzi [1], em 1954, com a utilização de desvio direito sem oxigenador, com oxigenação autóloga, drenando-se as veias cavas e retornando o volume drenado diretamente ao tronco ou ramos da artéria pulmonar, de acordo com a experiência prévia de Dodrill [2] e baseando-se no princípio do fluxo da veia ázigos [3,4].

Nos últimos anos, com o advento da cirurgia cardíaca minimamente invasiva [5-7], assim como o incremento nas indicações de suporte circulatório no pós-operatório de transplantes cardíacos ou de cirurgias de alta complexidade que apresentem falência ventricular direita e/ou esquerda [8-13], diversos modelos de cânulas têm sido produzidos e avaliados no sentido de se encontrar cânulas mais adequadas [14-16], inclusive para uso percutâneo [17].

Visando a não utilização de oxigenadores, na tentativa de minimizar a reação inflamatória pós-circulação extracorpórea, assim como em função dos custos, o desvio direito tem sido realizado nos dias de hoje em alguns procedimentos cirúrgicos.

O objetivo do presente estudo experimental, realizado em suínos, foi reproduzir a cirurgia de abordagem da estenose pulmonar com septo íntegro pelo desvio direito e avaliar uma nova cânula venosa bicaval com balonetes insufláveis para uso por acesso periférico.

MÉTODOS

O estudo foi realizado com o apoio do Fundo de Auxílio à Pesquisa da Faculdade de Ciências Médicas da Santa Casa de São Paulo (FCMSCSP), na Unidade de Técnica

Cirúrgica e Cirurgia Experimental. O protocolo foi conduzido de acordo com as normas internacionais para utilização de animais de experimentação, após aprovação da Comissão de Ética em Pesquisa Experimental da FCMSCSP, em 09/08/2002, com protocolo de número 34.

Quinze suínos da raça Large-White, com peso corporal entre 26 e 32 kg, foram utilizados, sendo os cinco primeiros para a padronização das vias de acesso e da monitorização hemodinâmica. Nove animais foram submetidos à esternotomia mediana e abertura do pericárdio para melhor visualização do posicionamento da cânula bicaval com balonetes insufláveis introduzida pela veia jugular direita (Figura 1). No décimo animal, o acesso realizado foi minitoracotomia e este foi excluído da amostra (Figura 2).

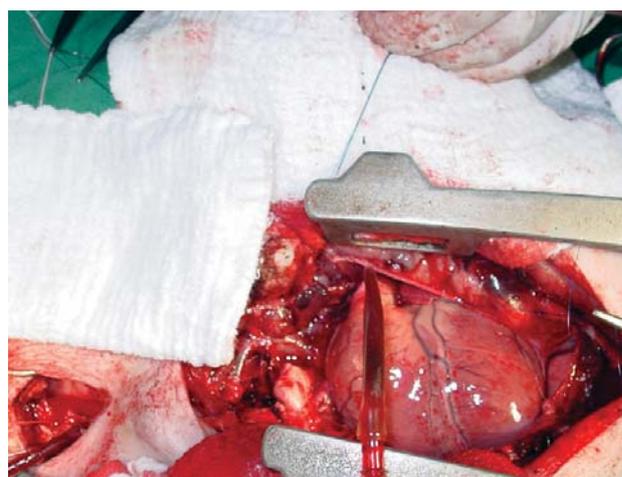


Fig. 1 - Esternotomia mediana e abertura do pericárdio para melhor visualização do posicionamento da cânula bicaval com balonetes insufláveis, introduzida pela veia jugular direita



Fig. 2 - Estabelecido o desvio direito: drenagem das veias cavas pela canulação da veia jugular direita e retorno para o tronco pulmonar através de minitoracotomia no segundo espaço intercostal esquerdo, realizada em um animal

Todos os animais receberam medicação pré-anestésica intramuscular, utilizando midazolam 0,3 ml/kg de peso. A anestesia foi realizada pela injeção endovenosa de citrato de fentanila 100 mcg e cloridrato de lidocaína 1 mg/kg de peso. Em seguida, foi administrado propofol na dose de 2 mg/kg de peso, finalmente, 50 mg de rocurônio - dose única - para relaxamento muscular.

Os animais foram submetidos à intubação orotraqueal com ventilação assistida mecânica, frequência ventilatória

de 20 incursões por minuto, volume corrente de 7 ml/kg de peso e fração inspiratória de oxigênio de 40%, mantidos em ventilador Takaoka KT15 - série Bonsai plus. O plano anestésico foi mantido pela injeção contínua de propofol na dose de 2 a 3 mg/kg/hora durante todo o experimento, por bomba de seringa volumétrica ST680.

Foram realizadas disseções arterial e venosa. A artéria femoral esquerda foi cateterizada para monitorização da PAM, com cateter plástico siliconizado. A veia jugular interna direita foi dissecada e utilizada para introdução da cânula venosa bicaval, promovendo a drenagem das veias cava caudal e cranial durante o desvio direito.

Os animais foram monitorizados durante todo o experimento com a utilização de aparelho Hewlett Packard modelo M1960A, com canais de aquisição de pressão invasiva permitindo a avaliação das curvas pressóricas em monitor.

Os parâmetros pressão arterial média (PAM), saturação de oxigênio (SAT O₂), eletrocardiografia (ECG), frequência cardíaca (FC), capnografia (PetCO₂) e temperatura de superfície (termômetro retal) foram monitorizados durante todo o experimento. Os valores obtidos, antes e durante o desvio direito, estão descritos na Tabela 1.

Foi utilizada máquina de circulação extracorpórea de roletes marca Macchi em todos os experimentos, com exceção de um, o qual foi realizado com bomba centrífuga produzida pela Medtronic. Utilizou-se reservatório marca Edwards Vital™ e um conjunto de tubos siliconizados 3/8. O perfusato foi de 500 ml de Ringer simples.

Tabela 1. Descrição das variáveis estudadas e comparação entre os dois momentos de observação

Elementos amostrais	Peso (kg)	PAM (mmHg)		FC (bpm)		SAT O ₂ (%)		CO ₂ (mmHg)		T (°C)	
		pré	ddd	pré	ddd	pré	ddd	pré	ddd	pré	ddd
1	28,0	83,0	90,0	100,0	98,0	98,0	94,0	30,0	27,0	36,0	37,0
2	25,0	79,0	91,0	108,0	104,0	90,0	89,0	28,0	25,0	35,1	36,0
3	30,0	95,0	92,0	110,0	95,0	94,0	93,0	28,0	24,0	36,8	37,2
4	32,0	100,0	95,0	85,0	104,0	95,0	95,0	29,0	28,0	36,0	36,6
5	27,0	80,0	73,0	102,0	95,0	92,0	93,0	32,0	28,0	36,5	37,0
6	30,0	108,0	96,0	95,0	93,0	93,0	94,0	27,0	23,0	36,0	36,8
7	28,0	100,0	92,0	88,0	95,0	95,0	95,0	27,0	24,0	36,8	37,8
8	30,0	117,0	104,0	126,0	100,0	95,0	92,0	28,0	24,0	36,5	37,5
9	26,0	55,0	60,0	100,0	98,0	92,0	93,0	27,0	25,0	35,3	36,5
média	28,4	90,8	88,1	101,6	98,0	93,8	93,1	28,4	25,3	36,1	36,9
desvio-padrão	2,2	18,6	13,3	12,3	4,0	2,3	1,8	1,7	1,9	0,6	0,5
significância (p)	-	0,388		0,423		0,299		<0,001		<0,001	

PAM - Pressão Arterial Média; FC - Frequência Cardíaca; SAT O₂ - Saturação de O₂; CO₂ - gás carbônico expirado; T - Temperatura; pré-momento - pré-desvio direito; ddd - momento durante o desvio direito. Significante para p < 0,050

A cânula bicaval com balonetes foi especialmente produzida para este experimento pela Braile Biomédica, composta de orifícios em dois níveis diferentes para permitir a drenagem das cavas caudal e cranial separadamente e dois balonetes insufláveis, cuja finalidade foi ocluir as veias cavas internamente, permitindo o desvio total do sangue para a bomba propulsora, eliminando a necessidade dos torniquetes. A cânula possui um condutor plástico que permite sua introdução por acesso periférico e auxilia no direcionamento da mesma para a correta posição nas veias cavas (Figuras 3 e 4).



Fig. 3 - Cânula bicaval com balonetes insuflados - peça anatômica

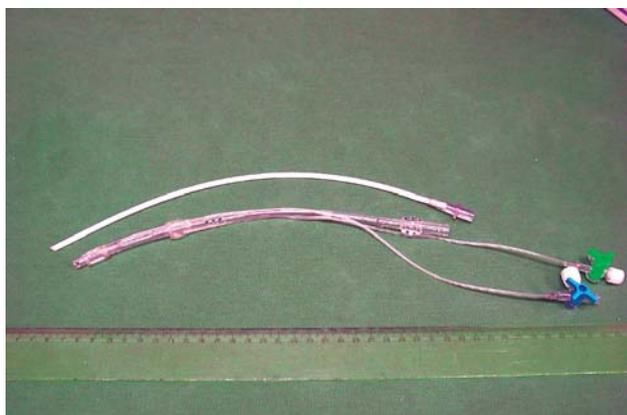


Fig. 4 - Cânula bicaval com haste plástica e balonetes insufláveis

O procedimento teve início com a heparinização dos animais pela injeção endovenosa de heparina sódica na dose 3,0 mg/kg de peso, seguindo-se à introdução da cânula venosa bicaval com balonetes pela veia jugular interna direita e locada nas veias cavas caudal e cranial. Em seguida, realizou-se sutura em bolsa no tronco pulmonar, com fio de polipropileno 5-0 para colocação da cânula arterial marca Braile Biomédica. Instalada a circulação extracorpórea com drenagem do sangue das veias cavas para o reservatório, sendo impulsionado pela bomba para a cânula da artéria pulmonar, com fluxo calculado de acordo com o peso do animal, permanecendo em média 1,5 l/min. Manteve-se normotermia pelo sistema de serpentina existente no reservatório. A circulação assistida por desvio direito foi mantida por vinte minutos. Os balonetes foram mantidos insuflados durante este período, permitindo o desvio total do sangue das veias cava caudal e cranial para o tronco da artéria pulmonar, a qual foi pinçada junto ao local da canulação e efetuada a incisão arterial para abordagem da valva pulmonar.

Ao final do experimento, o desvio direito foi descontinuado e procedeu-se à eutanásia, com aplicação intravenosa de cloreto de potássio 19,1%, seguindo as diretrizes para evitar sofrimentos desnecessários do animal.

Análise estatística

Adotou-se o nível de significância de 5% ($\alpha = 0,050$), para a aplicação dos testes estatísticos deste estudo. Usou-se o programa SPSS (*Statistical Package for Social Sciences*), em sua versão 13.0, para análise dos resultados.

Aplicou-se, neste estudo, o *Teste t de Student para Dados Pareados*. Apesar de termos disponíveis, apenas, nove animais, na amostra coletada, esse teste estatístico pôde ser aplicado, por ter sido respaldado pela aplicação do *Teste de Kolmogórov-Smírnov*, que comprovou serem as distribuições estatísticas das variáveis estudadas como normais.

RESULTADOS

Foram realizados experimentos em nove suínos, avaliando-se PAM, FC, SAT O₂, PetCO₂ e T, no momento antes do desvio direito (pré) e durante o desvio direito (ddd). No momento pré, obtiveram-se os seguintes valores médios: PAM = 90,8 mmHg, FC = 101,6 bat/min, SAT O₂ = 93,8%, PetCO₂ = 28,4 mmHg, T = 36,1°C. Durante o desvio direito, obtiveram-se os seguintes valores médios: PAM = 88,1 mmHg, FC = 98,0 bat/min, SAT O₂ = 93,1%, PetCO₂ = 25,3 mmHg e T = 36,9°C.

Comparando-se os valores obtidos para cada parâmetro, nestes dois momentos descritos, verificou-se que não houve diferenças estatisticamente significantes entre as medidas de: PAM ($p=0,388$), FC ($p=0,423$) e SAT O₂

($p=0,299$). Os valores da $PetCO_2$ e T apresentaram diferenças estatisticamente significantes ($p<0,001$).

Os valores de cada parâmetro, assim como os resultados obtidos pelo estudo estatístico, encontram-se na Tabela 1.

DISCUSSÃO

Cada vez mais buscamos novos meios para a correção de cardiopatias por métodos menos invasivos e, muitas vezes, nos reportamos a técnicas já descritas no passado que podem ser adaptadas às tecnologias atualizadas, a fim de possibilitar procedimentos menos agressivos ao doente. Partindo desta idéia, procuramos avaliar, experimentalmente, se a realização de cirurgias através do tronco da artéria pulmonar para tratamento da estenose pulmonar valvar com septo íntegro poderiam ser realizadas pelo uso de circulação extracorpórea por desvio direito, com a finalidade de evitar o uso de oxigenador, o pinçamento da aorta e a utilização de solução cardioplégica. Darling et al. [8] preconizam suporte direito com oxigenação autóloga, enfatizando os benefícios, como reduzir tromboembolismo, preservar a coagulação, minimizar hemólise e reduzir a resposta inflamatória. O desvio direito tem sido mais utilizado como suporte circulatório nos casos de falência ventricular direita pós-operatória do que como auxiliar no ato cirúrgico. Diversas indicações estão descritas, como nos transplantes cardíacos, na correção de cardiopatias congênitas, na cirurgia da valva mitral com hipertensão pulmonar e na doença das artérias coronárias [8-13], estando o seu uso perfeitamente padronizado.

Para a realização deste experimento foi confeccionada uma nova cânula bicaval, que pudesse ser introduzida por acesso periférico ou percutâneo, que promovesse a drenagem total das veias cava inferior e superior e possuísse dois balonetes infláveis, cuja finalidade seria evitar a necessidade de torniquetes. Esta cânula foi desenvolvida pela Braile Biomédica. Diversas cânulas têm sido projetadas, acompanhando os procedimentos por miniincisões. Demirsoy et al. [7], em 2004, referem o uso de cânula única com dois estágios no tratamento da comunicação interatrial. Em nosso trabalho, também utilizamos o princípio dos dois estágios para drenagem de ambas as cavas, porém acreditamos que a presença dos balonetes seja fundamental, não só para promover o isolamento da drenagem das veias cavas, mas também permitir o aumento do volume sanguíneo drenado, como já descrito por Al'Ebrain et al. [15].

A cânula foi elaborada para uso por mínimo acesso, sendo provida de haste plástica interna, que auxilia o seu direcionamento a partir do acesso periférico para as veias cavas [6]; manutenção de fluxo adequado através de seus orifícios para o suporte circulatório [14], otimizando a drenagem com os balonetes insuflados [15]. Acreditamos

que, para aferir o posicionamento adequado dos balonetes, quando se utiliza miniincisão, seja necessária a visualização da cânula por radioscopia ou videoscopia.

De acordo com os resultados obtidos, antes e durante a circulação extracorpórea direita, verifica-se que não houve diferença estatisticamente significativa em relação a PAM, FC e $SAT O_2$ o que confirma a condição hemodinâmica mantida durante o desvio direito. Devido ao uso de sistema de aquecimento do reservatório, a fim de preservar a normotermia dos animais, ocorreu a elevação da temperatura, obtendo-se valores pouco acima daqueles medidos antes da instalação do desvio direito, com diferença estatisticamente significativa, entretanto, não causando nenhum dano ao animal.

A capnografia demonstrou valores absolutos pouco menores da $PetCO_2$, durante o desvio direito e com diferença significativa, provavelmente devido às modificações da resistência vascular pulmonar, que podem ocorrer pela mudança do fluxo pela circulação extracorpórea ou por variações da perfusão alvéolo-capilar. Esta questão não ficou bem elucidada e poderia ter sido melhor avaliada com a colocação de um cateter no tronco ou ramos da artéria pulmonar, para medida da pressão promovida pelo fluxo da bomba aos vasos pulmonares. A medida da pressão da artéria pulmonar durante o desvio direito foi descrita por Lima et al. [18], no qual utilizaram suporte circulatório direito para a cirurgia de revascularização do miocárdio, demonstrando valores da pressão arterial pulmonar que variaram de 17 a 18mmHg durante o procedimento.

Apesar da diminuição dos valores da $PetCO_2$, durante o desvio direito, não houve repercussão nos parâmetros de PAM, FC e $SAT O_2$ neste período. Os animais permaneceram livres de distúrbios hemodinâmicos durante 20 minutos, sugerindo drenagem adequada pela cânula e fluxo pulmonar capaz de manter o retorno volumétrico adequado ao átrio esquerdo, visto que não ocorreu baixo débito neste período.

O fluxo contínuo foi adequado, estando de acordo com o estudo realizado por Myers et al. [19], que referem haver igualdade dos parâmetros quando comparado o fluxo contínuo ao pulsátil.

Neste estudo, utilizou-se a bomba de roletes que mostrou ótimos resultados, não sendo necessária assistência a vácuo no reservatório para melhorar a drenagem, como descrito por alguns autores [20,21].

Quanto à abordagem cirúrgica utilizando-se o desvio direito, acreditamos que seja possível realizar cirurgias através do tronco da pulmonar e ventrículo direito, assim como descrito por Shivaprakasha et al. [22], que realizaram cirurgias de Glenn bidirecional, com a finalidade de minimizar o circuito sem o uso de oxigenador, acreditando diminuir a reação inflamatória pós-circulação extracorpórea, fato que necessita um número maior de estudos específicos, comparando-se os dois métodos. Na atualidade, outros

autores têm procurado efetuar abordagens da via de saída do ventrículo direito para ampliação transanular sem circulação extracorpórea [23] e troca da valva pulmonar com circulação extracorpórea e o coração batendo [24], visando à realização de procedimentos menos invasivos, o que nos leva a pensar na importância da busca de novos métodos.

Realizamos estudo em nove suínos sob visualização direta através de esternotomia e medimos parâmetros hemodinâmicos. Após esta avaliação, foi possível realizar o último experimento no décimo suíno através de miniincisão no 2º espaço intercostal esquerdo, como acesso à canulação do tronco pulmonar e drenagem das veias cavas, sem visão direta, pela utilização dos parâmetros obtidos com os experimentos anteriores em suínos de porte semelhante, o que deverá ser tema de um próximo estudo, dando-se maior ênfase às possíveis variações na circulação pulmonar durante o desvio direito.

CONCLUSÃO

Concluimos que, neste estudo experimental preliminar, conseguimos reproduzir a abordagem da valva pulmonar através do uso de desvio direito e testar uma nova cânula bicaval com balonetes utilizando-se acesso periférico.

AGRADECIMENTOS

À Braile Biomédica S/A, pela elaboração e desenvolvimento da cânula venosa bicaval utilizada neste experimento. À perfusionista Ana Beth de Araújo Caldas, pela realização da circulação extracorpórea em todos os experimentos deste trabalho. A toda equipe de técnicos e enfermagem da Unidade de Cirurgia Experimental da Faculdade de Ciências Médicas da Santa Casa de São Paulo.

REFERÊNCIAS

1. D'Oliveira LG, Felipozzi HJ, Santos RG. Surgery under direct vision for the correction of pulmonary stenosis with intact ventricular septum. *Surgery*. 1957;41(2):227-35.
2. Dodrill FD. Experience with the mechanical heart. *J Am Med Assoc*. 1954;154(4):299-304.
3. Anderson AT, Watson F. Experimental cardiovascular surgery the azygos factor. *Brit J Surg*. 1952;29:548.
4. Cohen M, Lillehei CW. A quantitative study of the azygos factor during vena cava occlusion in the dog. *Surg Gynecol Obstet*. 1954;98(2):225-32.
5. Tevaearai HT, Mueller XM, Jegger D, Ruchat P, von Segesser LK. Venous drainage with a single peripheral bicaval cannula for less invasive atrial septal defect repair. *Ann Thorac Surg*. 2001;72(5):1772-3.
6. Shimpo H, Shimamoto A, Fujinaga K, Kanemitsu S, Miyake Y, Onoda K, et al. Use of a new venous cannula for minimally invasive cardiac surgery. *ASAIO J*. 2002;48(1):116-8.
7. Demirsoy E, Arbatli H, Unal M, Yagan N, Tukenmez F, Sonmez B. Atrial septal defect repair with minithoracotomy using two stage single venous cannula. *J Cardiovasc Surg (Torino)*. 2004;45(1):21-5.
8. Darling EM, Kaemmer D, Lawson DS, Jaggars JJ, Ungerleider RM. Use of ECMO without the oxygenator to provide ventricular support after Norwood Stage I. *Ann Thorac Surg*. 2001;71(2):735-6.
9. Schmid C, Radovancevic B. When should we consider right ventricular support? *Thorac Cardiovasc Surg*. 2002;50(4):204-7.
10. Rodefeld MD, Boyd JH, Myers CD, LaLone BJ, Bezruczko AJ, Potter AW, et al. Cavopulmonary assist: circulatory support for the univentricular Fontan circulation. *Ann Thorac Surg*. 2003;76(6):1911-6.
11. Rodefeld MD, Boyd JH, Myers CD, Presson RG Jr, Wagner WW Jr, Brown JW. Cavopulmonary assist in the neonate: an alternative strategy for single-ventricle palliation. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2004;127(3):705-11.
12. Moazami N, Pasque MK, Moon MR, Herren RL, Bailey MS, Lawton JS, et al. Mechanical support for isolated right ventricular failure in patients after cardiomy. *J Heart Lung Transplant*. 2004;23(12):1371-5.
13. Chen JM, Levin HR, Rose EA, Addonizio LJ, Landry DW, Sistino JJ, et al. Experience with right ventricular assist devices for perioperative right-sided circulatory failure. *Ann Thorac Surg*. 1996;61(1):305-10.
14. Kestin I. Peripheral venous cannulae. *Br J Hosp Med*. 1987;37(1):42-3.
15. al-Ebraim KE, el Shafei H. Cuffed venous return cannula in minimally invasive cardiac operations. *Ann Thorac Surg*. 1998;65(5):1509.
16. Jegger D, Corno AF, Mucciolo A, Mucciolo G, Boone Y, Horisberger J, et al. A prototype paediatric venous cannula with shape change in situ. *Perfusion*. 2003;18(1):61-5.

-
17. Scheld HH, Hammel D, Görlach G. A newly designed venous cannula for use during total cardiac bypass in the closed chest by femoro-femoral perfusion. *Eur J Cardiothorac Surg.* 1990;4(2):114.
 18. Lima LE, Sabatovics N, Rezende MC, Paniagua P, Franceschini IA, Carranza R, et al. Assistência ventricular direita facilitando revascularização de vasos posteriores com coração batendo: experiência clínica inicial. *Rev Bras Cir Cardiovasc.* 2000;15(4):279-84.
 19. Myers CD, Boyd JH, Presson RG Jr, Vijay P, Coats AC, Brown JW, et al. Neonatal cavopulmonary assist: pulsatile versus steady-flow pulmonary perfusion. *Ann Thorac Surg.* 2006;81(1):257-63.
 20. Davila RM, Rawles T, Mack MJ. Venoarterial air embolus: a complication of vacuum-assisted venous drainage. *Ann Thorac Surg.* 2001;71(4):1369-71.
 21. Murai N, Cho M, Okada S, Chiba T, Saito M, Shioyuchi S, et al. Venous drainage method for cardiopulmonary bypass in single-access minimally invasive cardiac surgery: siphon and vacuum-assisted drainage. *J Artif Organs.* 2005;8(2):91-4.
 22. Shivaprakasha K, Rameshkumar I, Kumar RK, Nair SG, Koshy S, Sunil GS, et al. New technique of right heart bypass in congenital heart surgery with autologous lung as oxygenator. *Ann Thorac Surg.* 2004;77(3):988-93.
 23. Levi DS, Glotzbach JP, Williams RJ, Myers JL, Laks H. Right ventricular outflow tract transannular patch placement without cardiopulmonary bypass. *Pediatr Cardiol.* 2006;27(1):149-55.
 24. Mitropoulos F, Kanakis M, Davlouros P, Dellos C. Beating heart replacement of the pulmonary valve in a patient with surgically corrected Tetralogy of Fallot. *Hellenic J Cardiol.* 2006;47(3):180-3.