

Modelo experimental para treinamento com dispositivo de assistência ventricular pulsátil

Maurício GALANTIER *, Geisha MOREIRA *, José Luiz GHIOTTO *, João GALANTIER *,
Selma Aparecida A. IANONI *, Lorinaldo Lopes de MORAES *, Jozef FÉHER *

RBCCV 44205-269

GALANTIER, M.; MOREIRA, G.; GHIOTTO, J. L.; GALANTIER, J.; IANONI, S. A. A.; MORAES, L. L.; FÉHER, J. - Modelo experimental para treinamento com dispositivo de assistência ventricular. *Rev. Bras. Cir. Cardiovasc.*, 10 (3): 133-138, 1995.

RESUMO: Os dispositivos de Assistência Ventricular (D A V) têm sido utilizados para permitir a manutenção de condições cardiocirculatórias em dois tipos de situações: 1-) Como ponte para transplante cardíaco em paciente candidato e que, na espera de doador apropriado, tem suas condições cardiocirculatórias muito deterioradas. 2-) Como suporte circulatório em situações agudas em que se prevê uma possível recuperação funcional do coração, como em miocardites agudas, miocardiopatia puerperal, falência miocárdica pós cardiectomia, rejeição aguda pós transplante cardíaco etc. Entre os vários dispositivos utilizados, o modelo descrito por Pierce-Donachy, desenvolvido pela Thoratec Laboratories Corporation, consiste em aparelho de fluxo pulsátil, pneumático, externo, podendo ser usado como suporte uni ou biventricular. O ventrículo artificial é acionado por um módulo que permite vários ajustes manuais ou mesmo automáticos para melhor adequação às diferentes condições clínicas do paciente. O treinamento para utilização do dispositivo implica na integração de vários setores, como cirurgiões, intensivistas, enfermeiras, biomédicos e eletrotécnicos, necessitando laboratório especializado, com o uso de animais de maior porte, de custo elevado e manuseio complicado, dificultando a repetição freqüente dos experimentos. Os autores desenvolveram um modelo experimental, constituído por um coração bovino conectado pelo átrio esquerdo e pela aorta a um circuito de circulação extracorpórea. Através de técnica cirúrgica padronizada, são instaladas as cânulas apropriadas; as mesmas são conectadas ao ventrículo artificial e este ao módulo de acionamento. Com este modelo pode-se, de maneira simples, didática e reproduzível, efetuar o treinamento de aspectos técnicos de implante, manuseio de módulo de acionamento e simulação de situações clínicas e emergenciais.

DESCRIPTORES: Assistência ventricular, experimental. Circulação assistida, mecânica, experimental.

INTRODUÇÃO

Os Dispositivos de Assistência Ventricular (D A V) vêm sendo utilizados desde 1963¹⁰, para permitir a manutenção das condições cardiocirculatórias em pacientes candidatos a transplante cardíaco, em fase crítica de sua evolução, e que não têm, de imediato, um doador disponível (ponte para transplante cardíaco)^{1, 3, 8, 15}, ou em pacientes com

quadro agudo de falência miocárdica (miocardiopatia aguda, infarto agudo do miocárdio, falência na recuperação pós correção cirúrgica adequada, rejeição pós transplante^{2, 9, 14, 20}), permitindo um período de readaptação após o qual as condições miocárdicas venham a se recuperar, possibilitando a retirada do sistema (Quadro 1).

Existem, basicamente, dois sistemas mecânicos

Trabalho realizado na Escola de Enfermagem do Hospital Israelita Albert Einstein. São Paulo, SP, Brasil.

Apresentado ao 22º Congresso Nacional de Cirurgia Cardíaca. Brasília, DF, 30 de março a 1º de abril, 1995.

* Do Hospital Israelita Albert Einstein.

Endereço para correspondência: Maurício Galantier, Rua Constantino de Souza, 1025 - 14º andar - CEP: 04605-003, São Paulo, SP, Brasil. Tel.: [011] 543.1640 / 842.3265.

QUADRO 1

DISPOSITIVOS DE ASSISTÊNCIA VENTRICULAR

- 1 - Ponte para transplante cardíaco
 - 2 - Recuperação Miocárdica
- Miocardopatia Aguda
 Infarto Agudo do Miocárdio
 Falência Miocárdica Pós Cardiotomia
 Rejeição Aguda Pós Transplante

cos para assistência circulatória: os de fluxo contínuo e os de fluxo pulsátil¹³, sendo que, para estes últimos, o sistema de acionamento pode ser pneumático ou eletromagnético. Mais recentemente, tem-se procurado desenvolver sistemas totalmente implantáveis⁷, permitindo ao paciente em ponte para transplante maior autonomia, inclusive possibilitando sua vida fora do ambiente hospitalar (Quadro 2).

QUADRO 2

DISPOSITIVOS DE ASSISTÊNCIA VENTRICULAR

- Fluxo Contínuo
 Bombas de Roletes
 Bombas Centrifugas
- Fluxo Pulsátil
 Pneumáticos
 Eletromagnéticos
 Externos
 Parcialmente Implantáveis
 Totalmente Implantáveis

Um dos sistemas utilizados em estudos experimentais e, mesmo, em um número significativo de pacientes⁴ é aquele originariamente descrito por Pierce-Donachy (desenvolvido pela Thoratec Laboratories Corporation), modelo de fluxo pulsátil, pneu-

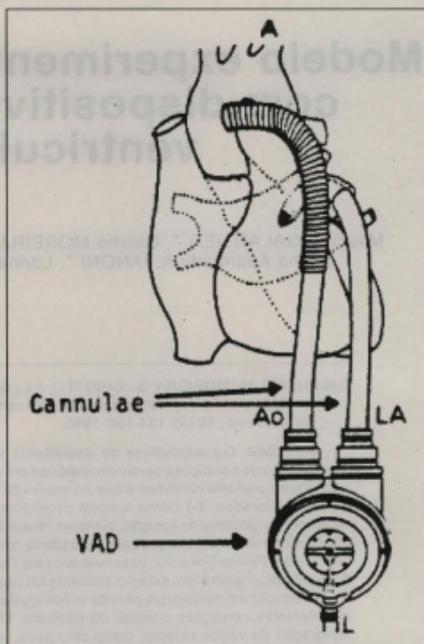


Fig. 1

mático e externo, para suporte uni ou biventricular. É constituído por um ventrículo protético, cânuas para conexão atrial, ventricular e arterial e um módulo de acionamento pneumático.

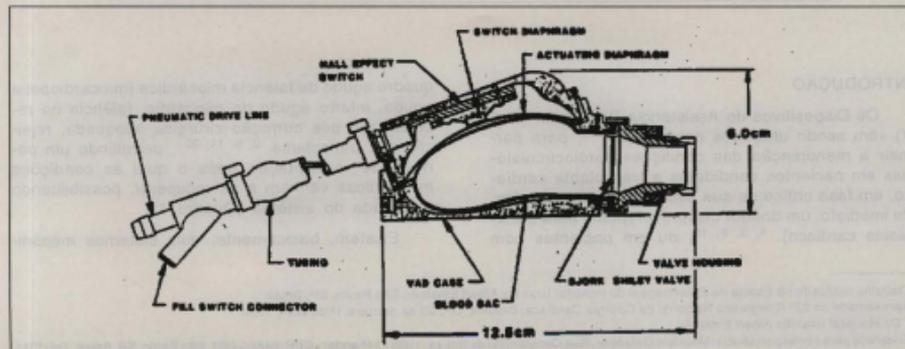


Fig. 2



Fig. 3



Fig. 4

O ventrículo propriamente dito (Figuras 1 e 2) é composto por um envoltório rígido de polissulfona, contendo duas câmaras. Uma sangüínea, sacular, elástica, com volume de 65 ml e paredes de um multipolímero (BPS 215), e outra pneumática. Ambas são separadas por um diafragma de poliuretano. Sobre este diafragma há um sensor eletromagnético que é acionado toda vez que a câmara sangüínea é totalmente preenchida, determinando uma sistole mecânica imediata (quando o sistema está regulado para volume). O ventrículo apresenta duas valvulas

mecânicas tipo Björk-Shiley com disco pivotante de Delrin.

O módulo de acionamento pneumático (Figuras 3 e 4) permite injeção ou aspiração de ar para a câmara pneumática, com conseqüente esvaziamento (sístole) e enchimento (diástole) da câmara sangüínea. Apresenta três modos de acionamento, o assíncrono (frequência fixa ou regulável), o síncrono (praticamente em desuso, com sincronismo ao QRS ou a uma fonte externa de estímulo) e o de volume (Fill-to-Empty). Este último ajuda automaticamente a frequência do D A V de acordo com o retorno venoso ⁶. O módulo dispõe de duas unidades de acionamento (para assistência uni ou biventricular) e sistema de baterias permitindo autonomia de cerca de 40 min em caso de falta de energia, ou para deambulação do paciente.

O treinamento para utilização desse equipamento ¹⁸, ou de outros modelos, requer a participação não só da equipe cirúrgica mas também de médicos (intensivistas, cardiologistas) e paramédicos (enfermeiras, biomédicos, eletrotécnicos), devendo ser considerados não só os aspectos técnicos de implante, como também manuseio e controle do equipamento durante a evolução do paciente. Esse treinamento em laboratórios de cirurgia experimental requer a utilização de animais de maior porte (bezerros, carneiros etc), os quais, além de custo elevado, são de obtenção e manuseio complicados, não permitindo o uso freqüente, com o qual haveria reciclagem adequada para os diferentes participantes.

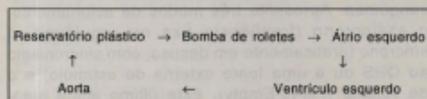
Visando permitir esse treinamento em condições mais simples, no qual aspectos técnicos de implante, retirada de ar do circuito, manuseio do módulo de acionamento, reprodução de situações clínicas e emergenciais com o uso do equipamento, os autores desenvolveram um modelo experimental.

MATERIAL E MÉTODOS

1) Descrição do Modelo Experimental

Utiliza-se coração bovino, retirado de tal forma a preservar veias cavas, veias pulmonares, tronco pulmonar, aorta ascendente e croça de aorta. O mesmo é dissecado cuidadosamente e as veias pulmonares são suturadas com Prolene 5.0, exceto uma, através da qual é introduzida cânula 51 F, fixada por sutura em bolsa com fio 2.0. A seguir, a aorta, após emergência do tronco braquiocefálico, é canulada com conector de 1/2 polegada, fixado com várias ligaduras de cordoné.

A linha arterial (tubo de 3/8 de polegada) vai a um reservatório plástico e a cânula venosa é conectada através de tubo de 3/8 de polegada a bomba de roletes de máquina de circulação extracorpórea, a qual recebe tubo de retorno do reservatório plástico, fechando o circuito:



Pode-se monitorar pressão em átrio esquerdo e aorta.

2) Aspectos Técnicos de Implante do D A V

2a - Canulação do ventrículo esquerdo

Coloca-se um ponto de reparo na ponta do ventrículo esquerdo. São passados cerca de oito a dez pontos em U de Ethibond 1, com agulha de 4 cm, todos ancorados em placas de Dacron, de modo circular em redor do ponto de reparo, procurando penetrar no miocárdio a cerca de 5 cm do ápex e sair a 1.5-2 cm do mesmo. Abertura da cavidade ventricular com bisturi, exame da cavidade para verificação e eliminação de coágulos. Introdução de cânula especial, a qual tem um anel de Teflon para colocação dos pontos ventriculares. Esses pontos, amarrados, fixam a cânula em posição adequada.

2b - Anastomose do tubo à aorta

Como a origem do tronco braquiocefálico bovino é baixa em relação à aorta, costumamos utilizar sua abertura para sutura de tubo de Dacron. Na realidade, por questões de hemostasia, utilizamos, neste modelo experimental, um tubo adaptado de pericárdio bovino (*).

3) Retirada do Ar do Sistema - Conexão das Cânulas

3a - Retirada de ar do circuito extracorpórea-coração bovino

É feita por recirculação, manuseio e massagem do coração.

3b - Enchimento do ventrículo artificial

O mesmo é preenchido com solução fisiológica, lentamente e variando as posições para retirada de bolhas maiores.

3c - Conexão da cânula do VE (cânula de entrada do ventrículo artificial)

Esta conexão é feita simultaneamente à injeção de solução fisiológica para remoção parcial do ar contido no tubo e no conector do ventrículo artificial. Cuidado especial deve ser tomado para não danificar o material plástico do tubo e para que o mesmo encaixe perfeitamente na conexão, antes de apertar a rosca plástica de fixação.

3d - Conexão da cânula de aorta (cânula de saída do ventrículo artificial) e retirada final ao ar

Inicialmente, faz-se pequena abertura no tubo arterial, coloca-se um ponto em U de Prolene 5.0 e introduz-se um cateter 6F até o ventrículo artificial, deixando a válvula de saída insuficiente. A conexão da cânula ao ventrículo obedece aos mesmos cuidados da conexão de entrada. Solta-se, então, a pinça que ocluía o tubo arterial. Com movimentação e percussão do ventrículo artificial identificam-se bolhas que são aspiradas pelo cateter. Quando se certificar que o ventrículo não apresenta nenhuma bolha, o cateter é lentamente mobilizado e as eventuais bolhas do tubo são eliminadas pela abertura previamente realizada.

Completadas todas essas etapas, o sistema estará em condições de ser acionado.

4) Manuseio do Módulo de Acionamento

Após a conexão do sensor eletromagnético e do tubo de ar ao ventrículo artificial, aciona-se a bomba arterial da máquina de extracorpórea com um fluxo de 3,5 l/min a 4,0 l/min e abre-se a pinça da cânula do VE. Regula-se a pressão positiva do módulo em 150 mmHg a 180 mmHg e a pressão de vácuo em 20 mmHg a 25 mmHg.

4a - Funcionamento em modo assíncrono

É o sistema habitualmente utilizado no início do procedimento e também antes da interrupção do sistema, em casos de recuperação miocárdica adequada. Normalmente, inicia-se com uma frequência fixa mais baixa (40 a 50 sístoles/min) e com uma porcentagem de sístole correspondente à metade da frequência (20% a 25%), com a qual teremos um

* Pericárdio bovino, Blocor.

tempo de ejeção em torno de 300 mseg. Ligado o sistema, observa-se que a sístole e a diástole do ventrículo artificial ocorrem adequadamente. O sistema é mantido nessas condições por um período de 5 min a 10 min, quando se aumenta, progressivamente, a frequência para 55 até 60 sístoles por minuto e a porcentagem de sístole até 30%.

4b - Funcionamento em modo volume (fill to empty)

Uma vez atingida uma frequência fixa de 60 sístoles/min e com funcionamento estável (pode-se elevar o fluxo da bomba para 4,0 l/min - 4,5 l/min ou aumentar o vácuo para 30 mmHg - 35 mmHg), procura-se verificar, no painel do módulo, se o sinal de enchimento do ventrículo artificial está presente de modo constante (sinal Fill), o mesmo acontecendo com o número 65 (volume sistólico). Isso significa que o ventrículo artificial, para essa frequência, está se enchendo totalmente em cada sístole. Nessas condições, passa-se ao modo de acionamento por volume, observando-se as alterações de frequência (e, automaticamente, da porcentagem de sístole) em diversas condições de funcionamento do sistema (aumento ou redução do fluxo da bomba arterial, aumento ou diminuição do vácuo, aumento ou redução da resistência periférica etc).

5) Reprodução de Situações Clínicas e Emergenciais

Com o sistema funcionando em todo volume, certas situações clínicas, como hipovolemia, hipovolemia, aumento da resistência periférica, redução da resistência periférica etc, ou situações emergenciais (acotovelamento de entrada e saída, desconexão do sistema Hall, desconexão do tubo pneumático, falha na energia etc) podem ser simuladas.

RESULTADOS

A montagem do modelo experimental, os detalhes técnicos de implante, conexões, retirada de ar e o entendimento do manuseio do módulo de acionamento puderam ser realizados de forma reprodutível e com baixo custo. O laboratório não requer recursos especializados. A reprodução de situações clínicas, principalmente no que se refere ao auto-ajuste da frequência e débito também foi possível, notando-se aumento da frequência do ventrículo artificial quando do aumento do débito

pela bomba arterial, com o aumento da resistência, com o aumento da pressão negativa, ou, ainda, quando se massageava o coração e, ao, contrário, redução desta frequência em situações inversas. Verificação dos diferentes alarmes (falha de enchimento, pressão baixa, sinal e etc) em situações artificiais também foi nitidamente observada.

COMENTÁRIOS

O Dispositivo de Assistência Ventricular Pneumático Thoratec vem sendo utilizado clinicamente desde 1982 (Pennington - St. Louis) e, em maio de 1994, já havia mais de 400 pacientes que receberam suporte tanto como ponte para transplante (289 pacientes, sendo 180-62 (3%) submetidos a transplante, dos quais sobreviveram 153 (85%) como em assistência circulatória em situações agudas (118 pacientes, sendo que 44 (37,3%) puderam ser desconectados do sistema - dos quais 26 (22%) sobreviveram⁵. Inúmeros pacientes usaram o D A V por mais de 1 mês. Os resultados animadores com esse e outros tipos de sistema têm levado vários pesquisadores a procurar modelos implantáveis de tal forma a manter o paciente em espera de transplante ou da recuperação do seu coração, até mesmo fora do ambiente hospitalar, em convívio social e familiar mais adequado^{11, 12, 16, 19}.

Em nosso meio, os trabalhos pioneiros do InCór, no desenvolvimento de um sistema pneumático externo, evoluíram para utilização clínica em alguns pacientes, sendo o primeiro deles sustentado por alguns dias, recebendo transplante a seguir e com bom resultado¹⁷. Também são relatadas tentativas isoladas com uso de bombas centrífugas, quer em suporte pós cardiectomia ou como ponte para transplante, porém os resultados não foram favoráveis. Acreditamos que a indicação para utilização clínica deva ser reestruturada, visando, principalmente, à precocidade na mesma, quando as condições do paciente sejam mais satisfatórias.

Por outro lado, as dificuldades para treinamento em animais de maior porte, em laboratórios especializados, contribuem para que não se alcance uma padronização adequada para manuseio e controle dos pacientes. O método descrito, por permitir o treinamento em condições bastante simples e com acesso aos vários tipos de profissionais envolvidos no sistema, pode permitir não só essa padronização adequada, como também uma divulgação mais eficiente e uma possibilidade de reciclagem periódica de todo o sistema.

GALANTIER, M.; MOREIRA, G.; GHOTTO, J. L.; GALANTIER, J.; IANONI, S. A. A.; MORAES, L. L.; FÉHER, J. - Experimental ventricular assist device to maintain cardiocirculatory conditions. *Rev. Bras. Cir. Cardiovasc.*, 10 (3): 133-138, 1995.

ABSTRACT: The Ventricular Assist Devices (VAD) have been used to maintain the cardiocirculatory conditions in patients waiting for a heart transplantation (bridge to transplant) or in patients with an acute myocardial failure during a period enough to allow a myocardial recovery. The Pierce-Donachy System (Thoratec Laboratories Corporation) is one of those devices, a pulsatile flow model, pneumatic, external, used as uni or biventricular support. The training program for different groups of surgeons, physicians, nurses and technicians is difficult in many situations, mainly when it is necessary to repeat those experiences several times to permit to those groups to be more familiar with the equipment. The authors developed an experimental model (utilizing a bovine heart and an arterial pump for extracorporeal circulation) to allow a simplified way of training, analysing surgical aspects, use of the drive console and simulating clinical and emergencies situations.

DESCRIPTORS: Ventricular assistance, experimental. Assisted circulation, mechanic, experimental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 COOLEY, D. A.; LIOTTA, D.; HALLMAN, G. L.; MILAM, J. D. - Orthotopic cardiac prosthesis for two-staged cardiac replacement. *Am. J. Cardiol.*, 24: 723-730, 1969.
- 2 CURTIS, J. J. - Centrifugal mechanical assist for post cardiomy ventricular failure. *Semin. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 6: 140-146, 1994.
- 3 DONACHY, J. H.; LANDIS, D. L.; ROSEMBERG, G.; PIERCE, W. S. - Design and evaluation of a left ventricular assist device: the angle port pump. In: UNGER, F. (ed.) - *Assisted circulation*. Berlin, Springer - Verlag, 1979.
- 4 FARRAR, D. J. - 500 VAD patients. *Thoratec's Heartbeat*, 8: 1-6, 1994.
- 5 FARRAR, D. J. - Thoratec VAD. Clinical Summary, May 1994. *Thoratec's Heartbeat*, 8: 2-6, 1994.
- 6 FARRAR, D. J.; COMPTON, P. G.; LANSON, J. H.; HERSHON, J. J.; HILL, J. D. - Control modes of a clinical ventricular assist device. *IEEE Eng. Med. Biol. Magazine*, p. 19-25, March 1986.
- 7 FRAZIER, O. H. - The development of an implantable, portable, electrically powered left ventricular assist devices. *Semin. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 6: 181-187, 1994.
- 8 HILL, J. D.; FARRAR, D. J.; HERSHON, J. J.; COMPTON, P. G.; AVERY, G. J.; BRENT, B. N. - Use of a prosthetic ventricle as a bridge to cardiac transplantation for post infarction cardiogenic shock. *New Engl. J. Med.*, 314: 626-628, 1986.
- 9 HOLMAN, W. L.; BOURGE, R. C.; KIRKLIN, J. L. - Circulatory support for seventy days with resolution of acute heart failure. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 102: 932-934, 1991.
- 10 LIOTTA, D.; HALL, C. N.; WALTER, S. H.; DE BAKEY, M. E. - Prolonged assisted circulation during and after cardiac or aortic surgery. *Am. J. Cardiol.*, 12: 399-405, 1963.
- 11 LOISANCE, D.; DELEUZE, P. H.; MAZZUCOTELLI, J. P.; ABE, Y.; BERNERAIS, P.; DUBOIS-RANDE, J. L. - The initial experience with the wearable Baxter Novacor ventricular assist system - *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 108: 176-177, 1994.
- 12 MCCARTHY, P. M. & SABIK, J. F. - Implantable circulatory support devices as a bridge to heart transplantation - *Semin. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 6: 174-180, 1994.
- 13 MILLER, L. N. - Mechanical assist devices in intensive cardiac care. *Am. Heart J.*, 121: 1887-1892, 1991.
- 14 PAE JR., W. E. & PIERCE, W. S. - Temporary ventricular assistance in acute myocardial infarction and cardiogenic shock. *Chest*, 79: 692-695, 1981.
- 15 PENNINGTON, D. G.; KANTER, K. R.; Mc BRIDE, L. R.; WILLMAN, V. - Seven years experience with the Pierce Donachy ventricular assist device. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 96: 901-911, 1988.
- 16 SAPIRSTEN, J. S.; PAE, W. E.; ROSENBERG, G.; PIERCE, W. S. - The development of permanent circulatory support systems. - *Semin. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 6: 188-194, 1994.
- 17 STOLF, N. A. G.; LERNER, A. A.; FERNANDES, P. M. P.; JATENE, A. D. - Circulação assistida mecânica como ponte para transplante. In: *25 anos de transplante cardíaco no Brasil*. São Paulo, Departamento Científico do Centro Acadêmico Oswaldo Cruz - Faculdade de Medicina da USP, 1993. p. 29-35.
- 18 THORATEC LABORATORIES CORPORATION: *VAD Training Course*. Califórnia, Thoratec, 1990.
- 19 VETTER, H. O.; SCHMITZ, C.; KAULBACH, H. G.; FRATER, R. W. M. - Experience with the Novacor left ventricular assist system as a bridge to cardiac transplantation, including the new wearable system. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 109: 74-80, 1995.
- 20 ZUMBRO, G. L.; SHEARER, G.; KITCHENS, W. R.; GALLOWAY, R. F. - Mechanical assistance for biventricular failure following coronary bypass operation and heart transplantation. *Heart Transplant.*, 4: 348-352, 1985.